

Торайғыров университетінің хабаршысы  
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ  
Вестник Торайғыров университета

---

# Торайғыров университетінің ХАБАРШЫСЫ

Энергетикалық сериясы  
1997 жылдан бастап шығады



## ВЕСТНИК Торайғыров университета

Энергетическая серия  
Издается с 1997 года

ISSN 2710-3420

№ 4 (2021)

---

Павлодар

**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ**  
**Вестник Торайгыров университета**

**Энергетическая серия**  
выходит 4 раза в год

---

**СВИДЕТЕЛЬСТВО**

о постановке на переучет периодического печатного издания,  
информационного агентства и сетевого издания  
№ 14310-Ж

выдано

Министерство информации и общественного развития  
Республики Казахстан

**Тематическая направленность**

публикация материалов в области электроэнергетики,  
электротехнологии, автоматизации, автоматизированных и  
информационных систем, электромеханики и теплоэнергетики

**Подписной индекс – 76136**

<https://doi.org/10.48081/CTNS7211>

---

**Бас редакторы – главный редактор**

Кислов А. П.

*к.т.н., доцент*

Заместитель главного редактора

Талипов О. М., *доктор PhD, доцент*

Ответственный секретарь

Приходько Е. В., *к.т.н., профессор*

**Редакция алқасы – Редакционная коллегия**

Клецель М. Я.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Новожилов А. Н.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Никитин К. И.,	<i>д.т.н., профессор (Россия)</i>
Никифоров А. С.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Новожилов Т. А.,	<i>к.т.н., доцент (Россия)</i>
Оспанова Н. Н.,	<i>к.п.н., доцент</i>
Нефтисов А. В.,	<i>доктор PhD, доцент</i>
Шокубаева З. Ж.	<i>технический редактор</i>

---

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели

Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов

При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник Торайгыров университета» обязательна

© Торайгыров университет

**МАЗМҰНЫ**

<b>Акаев А. М., Жумжуман Е. Ж.</b> Синхронды қарымталағыштың синхронды жылдамдықты жоғалтудан қорғау .....	6
<b>Балабеков Т. К., Сиргетаева Г. Е., Шәріп М. М., Қоңқыбаева А. Н., Хасан А. Қ.</b> Жел энергетикалық қондырғыларға әсер етуші факторларды зерттеу мәселелері .....	11
<b>Азимбаев Ж. Р., Төлебай Н. Ж., Баубекөв К. Т., Мерғалимова А. К.</b> Құс тамшыларын жою мәселесі бойынша .....	21
<b>Картджанов Н. Р., Жумагулов М. Г., Садықова С. Б.</b> Газ турбиналарының жану камерасы модулінің ішіндегі аэродинамикалық ағындар .....	33
<b>Мельников В., Талипов О., Кибартене Ю., Исенов Е.</b> Өнеркәсіптік жылу электр станцияларын жаңғырту үшін зияткерлік және жаңартылатын технологиялардың мүмкіндіктерін зерттеу .....	44
<b>Никифоров А. С., Кинжибекова А. К., Приходько Е. В., Карманов А. Е.</b> Қазандық қондырғыларының қалдық өміріне әсер ететін жұмыс жағдайларын талдау .....	57
<b>Новожилов А. Н., Садықова А. К., Новожилов Т. А.</b> Оқшауланған бейтарабы қосылумен желілердегі бір фазалық жерге тұйықталу токтарын жанама әдіспен өлшеу .....	67
<b>Оспанова Н. Н., Даутова А. З., Ақанова А. С., Бектұрсын А. Ж.</b> Мобильді қосымшаны әзірлеу және қолдаудың технологиялық тәсілдері ...	75
<b>Сарсикеев Е. Ж., Кузнецова Н. С., Оразбекова А. К.</b> Разряд режимінің, генератор параметрлерінің және материалдың қасиеттерінің жарықшақтардың пайда болуына және қатты орталардың бұзылуына әсері .....	87
<b>Терещенко Н. А., Мирошник В. Ю., Холмов М. А., Никитин К. И., Ковержин Б. Н.</b> Істік оқшаулағыштардың диагностикалық құрылғысы .....	98
<b>Хацевский В. Ф., Хацевский К. В., Руди Д. Ю.</b> Омбы облысының аумағында жел электр станцияларын пайдалануды бағалау .....	112
Авторлар туралы ақпарат .....	122
Авторларға арналған ережелер .....	133
Жарияланым этикасы .....	144

**СОДЕРЖАНИЕ**

<b>Акаев А. М., Жумжуман Е. Ж.</b> Защита синхронного компенсатора от потери синхронизма.....	6
<b>Балабеков Т. К., Сиргетаева Г. Е., Шәріп М. М., Қоңқыбаева А. Н., Хасан А. Қ.</b> Проблемы изучения факторов, влияющих на ветроэнергетические учреждения .....	11
<b>Азимбаев Ж. Р., Толбай Н. Ж., Баубекоев К. Т., Мергалимова А. К.</b> О некоторых аспектах утилизации птичьего помета.....	21
<b>Картджанов Н. Р., Жумагулов М. Г., Садыкова С. Б.</b> Аэродинамические потоки внутри модуля камеры сгорания газовых турбин .....	33
<b>Мельников В., Талипов О., Кибартене Ю., Исенов Е.</b> Изучение возможностей интеллектуальных и возобновляемых технологий для модернизации промышленных тепловых электростанций .....	44
<b>Никифоров А. С., Кинжибекова А. К., Приходько Е. В., Карманов А. Е.</b> Анализ условий эксплуатации, влияющих на остаточный ресурс обмуровки котельных агрегатов.....	57
<b>Новожилов А. Н., Садыкова А. К., Новожилов Т. А.</b> Измерение токов однофазного замыкания на землю в сетях с изолированной нейтралью косвенным методом .....	67
<b>Оспанова Н. Н., Даутова А. З., Аканова А. С., Бектурсын А. Ж.</b> Технологические подходы разработки и сопровождения мобильного приложения .....	75
<b>Сарсикеев Е. Ж., Кузнецова Н. С., Оразбекова А. К.</b> Влияние режима разряда, параметров генератора и свойств материала на трещинообразование и разрушение твердых сред .....	87
<b>Терещенко Н. А., Мирошник В. Ю., Холмов М. А., Никитин К. И., Коврижин Б. Н.</b> Диагностические устройства штырьевых изоляторов .....	98
<b>Хацевский В. Ф., Хацевский К. В., Руди Д. Ю.</b> Оценка применения ветроэнергетических установок на территории Омской области .....	112
Сведения об авторах.....	122
Правила для авторов .....	133
Публикационная этика .....	144

**CONTENT**

<b>Zhumzhuman E. Zh., Akaev A. M.</b> Protection of the synchronous compensator from loss of synchronism .....	6
<b>Balgabekov T. K., Sirgetayeva G. E., Sharip M. M., Kongkybayeva A. N., Khasan A. Q.</b> Problems of studying factors affecting wind power institutions .....	11
<b>Azimbayev Zh. R., Tolebai N. Zh., Baubekov K. T., Mergalimova A. K.</b> On the problem of disposal of bird droppings.....	21
<b>Kartjanov N. R., Zhumagulov M. G., Sadykova S. B.</b> Aerodynamic flows inside gas turbine combustion chamber module .....	33
<b>Melnikov V., Talipov O., Kibartene Yu., Isenov Ye.</b> Exploring the possibilities of smart and renewable technologies for the modernization of industrial heat power plants.....	44
<b>Nikiiforov A. S., Kinzhibekova A. K., Prikhodko E. V., Karmanov A. E.</b> Analysis of operating conditions affecting the residual life of the boiler units.....	57
<b>Novozhilov N., Sadykova A. K., Novozhilov T. A.</b> Measurement of single-phase earth fault currents in networks with isolated neutral indirect method .....	67
<b>Ospanova N. N., Dautova A. Z., Akanova A. S., Bektursyn A. Zh.</b> Technological approaches to developing and supporting a mobile app .....	75
<b>Sarsikeyev Y. Zh., Kuznetsova N. S., Orazbekova A. K.</b> Influence of discharge mode, generator parameters and material properties on cracking and destruction of solid media.....	87
<b>Tereshchenko N. A., Miroshnik V. Yu., Kholmov M. A., Nikitin K. I., Kovrizhin B. N.</b> Diagnostic device for pin insulators .....	98
<b>Khatsevskiy V. F., Khatsevskiy K. V., Rudi D. Y.</b> Assessment of the use of wind power plants in the Omsk region .....	112
 Information about the authors.....	122
 Rules for authors .....	133
 Publication ethics .....	144

<https://doi.org/10.48081/LWRG5245>

**\*А. М. Акаев<sup>1</sup>, Е. Ж. Жумжуман<sup>2</sup>**

<sup>1,2</sup>Торайғыров университеті,

Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

## **СИНХРОНДЫ ҚАРЫМТАЛАҒЫШТЫҢ СИНХРОНДЫ ЖЫЛДАМДЫҚТЫ ЖОҒАЛТУДАН ҚОРҒАУ**

*Бұл мақалада синхронды қарымталағыштың асинхронды режимге түсуден қорғайтын сұлбаның жұмысы келтірілген сонымен қатар жалпы релелік қорғаныға қатысты кейбір ойлар келтірілген.*

*Кілтті сөздер: синхронды қарымталағыш, ток трансформаторы, асинхронды режим, қоздыру орамасы, статор орамасы.*

### **Кіріспе**

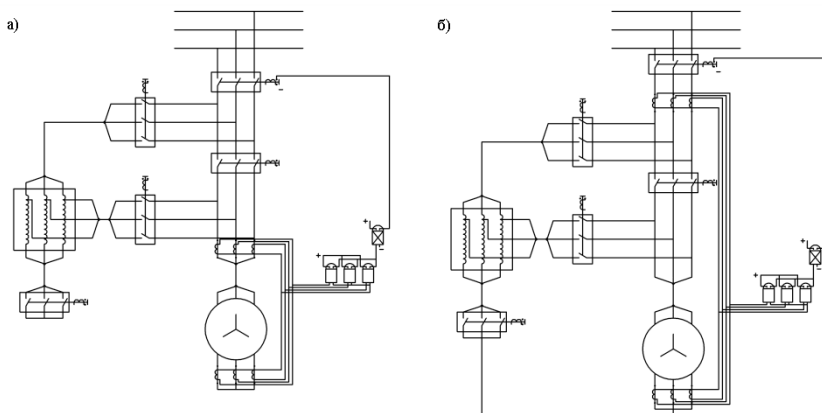
Синхронды қарымталағыштарды қауіпсіз пайдалану және сенімді жұмыс істеуі көбінесе олардың релелік қорғаныс мүмкіндіктеріне байланысты. Қазіргі уақытта қарымталағыштарды қорғау сұлбалары синхронды генераторлар мен қозғалтқыштар сияқты орындалады, сондықтан осы машиналардың коммутациялық сұлбаларының кейбір ерекшеліктері ескерілмейді. Мұнда іске қосу құрылғыларының болуын және қарымталағыштың синхронизмнен шығу мүмкіншілігін ескеру қажет. Синхронды қарымталағышты дәстүрлі қорғау сұлбасы бойынша, яғни бойлық деффеинциалды қорғанысы 1-сурете келтірілген жағдайды қарастырамыз [3]. 5000 кВт-тан асатын қуат үшін синхронды машиналарға дифференциалды қорғаныс қолданылады. Егер ток кесу қорғанысы сезімталдықты қанағаттандырмаса, оны 3500 кВт қуаттан бастап пайдалануға болады. Кейде синхронды қарымталағышқа, оның құны мен қондырғыға арттырылған жауапкершілікке байланысты қосыша дифференциалды қорғау орнатылуы мүмкін

### **Материалдар мен әдістер**

Бойлық дифференциалды қорғаныс 1а суреттегі сұлба бойынша орындалады, бірақ қорғаныс аймағына тек синхронды қарымталағыш кірген, іске қосу құрылғысының қорғанысы жоқ.

Іске қосу құрылғысында фазааралық зақымданудың әсері кері салдарға әкелуі мүмкін. Бойлық дифференциалды қорғаныс аймағы барлық іске қосу құрылғысы кіретін есеппен өзгертілуі керек. Ол үшін синхронды

қарымталағышта орнатылған ток трансформаторларын вакуумдық ажыратқышқа дейін орнату қажет, қарымталағыш пен автотрансформатордың нөлдік нүктелерін біріктіру керек (сурет 1б) [4].



Сурет 1 – Тек синхронды қарымталағыштың бойлық дифференциалдық қорғанысы (а), автотрансформатор және синхронды қарымталағыштың нөлдік нүктелері қосылған синхронды қарымталағыш және оның қосу құрылғысының дифференциалдық қорғаныс сұлбасы (б)

Автотрансформатор және оған қосылатын кабельдерде фазааралық қысқа тұйықталу болған жағдайда дифференциалды қорғаныс қарымталағышты бірден өшіреді.

Қарымталағышты автотрансформатор арқылы іске қосу статор орамаларында тұрақсыз режим тоқтарының пайда болуымен бірге жүреді. Бұл тоқтар машинаның номиналды тогынан әлдеқайда жоғары. Іске қосу тогы, теңгерімсіздік тоқтарын сөзсіз, арттырады. Бұл синхронды машинаға кері әсерін тигізеді, бірақ ол қорғаныс тогының мәніне жетпейді және компенсатордың селективті емес ажыратылуын тудырмайды деп айтуға толық негіз бар.

Қарымталағыштарды синхронизмді жоғалтудан релелік қорғау мәселесіне тоқталатын болсақ, олардың синхронизмнен шығып кетуі және тұрақты асинхронды режимге ауысуы жүйе параметрлерінің белгілі бір қатынастарында өзін-өзі синхрондау (синхронизмге тарту) мүмкіндігіне қарамастан, мүмкін екендігін атап өткен жөн [2].

Қарымталағыштардың асинхронды режимге өтуі бірқатар себептерге байланысты қауіпті болып саналады. Біріншіден, статор орамасында,

демпферлік тізбектерде және қоздыру орамасында айтарлықтай үлкен токтар ағады, бұл орамалардың қызуына және машинаның жылу режимін бұзуға әкелуі мүмкін. Екіншіден, асинхронды режимнің сырғу кезеңінде қарымталағыштың қуат мәндерінің өзгеруіне байланысты қауіпті механикалық импульсті күштер пайда болады. Үшіншіден, өрісті сөндіру құрылғысы дұрыс жұмыс істемеген немесе қоздыру тізбегі үзілген жағдайда, үлкен сырғанау кезінде қоздыру орамасының қысқыштарындағы кернеу айтарлықтай мәнге жетуі мүмкін. Соңында, төртіншіден, егер қарымталағыштың қуаты үлкен болса, онда оның қалыпты жұмыс режимі бұзылған кезде пайда болатын тербелістер жақын орналасқан станциялардың тербелістеріне және олардың қалыпты жұмысының бұзылуына әкелуі мүмкін.

Осылайша, жоғарыда келтірілген барлық ойлар синхронды қарымталағыштарды синхронды жылдамдығын жоғалуынан арнайы қорғауды құру туралы ойға әкеледі, ол қорғаныс тұрақты асинхронды режимге өткен қарымталағыштарды желіден ажыратуы керек. Мұндай қорғаныс сұлбасын қарастырылған жағдайда қоздыру орамасында пайда болатын индукцияланған айнымалы тоқты қолдана отырып, ток принципіне жүзеге асыруға болады.

Егер қарымталағыш синхронизмде болса, онда қоздыру орамасында тек тұрақты ток жүреді. Бұл орамада асинхронды режим пайда болған кезде сырғанау жиілігі бар айнымалы ток пайда болады. Бұл айнымалы тоқты бастапқы орамасы қоздыру орамасының тізбегіне қосылған және электромагниттік ток релесі екінші орамаға қосылған ток трансформаторымен сүзуге болады [1].

Осылайша, қарастырылған қорғаныс сұлбасы синхронды жылдамдығын жоғалтқан қарымталағыштың желіден ажыратылуын қамтамасыз етеді және машинаның синхронды жылдамдығына енуіне мүмкіндік береді. Шын мәнінде, қарымталағыш асинхронды режимнің бірінші циклінде синхрондауға мүмкіндігі болған кезде, қорғаныс сұлбасы бұл үшін қажетті уақыт ұстауын қамтамасыз етеді және лезде өшірмейді. Машинаның айналу саны синхронды жылдамдықтан аздап ауытқыған кезде қорғаныс әрекет етпеуі керек, өйткені реледегі ток тұрақты асинхронды режимнен таңдалған реленің іске қосылу тогының мәніне жетпейді. Бұл компенсаторларды желіден жалған ажырату мүмкіндігін жояды.

Релені іске қосу тогын дұрыс таңдаған кезде қорғаныс жеткілікті сезімталдыққа ие болуы керек және салыстырмалы түрде аз индукцияланған айнымалы токтан іске қосылады.

Қорғаныс әрекетінің селективтілігі оның тек қарымталағыштардың асинхронды режимнен қорғауымен сипатталады.



Желідегі симметриялық және асимметриялық қысқа тұйықталу жағдайында қоздыру орамасында зақымдану процесінің жүруіне байланысты индукцияланған айналымы ток тар да пайда болады.

Синхронизмнен түсуден қорғау қарымталағыштарды асинхронды іске қосу кезінде машинаның синхронды жылдамдыққа дейін жеткенше қажетсіз ажырату мүмкіндігін болдырмау үшін әрекеттен шығарылуы тиіс. Осы мақсатта операциялық токты қолмен басқару контакторы арқылы немесе негізгі вакуумдық ажыратқыштың шайба блогы арқылы өткізу керек [4].

### **Қорытынды**

Нөлдік нүктелері біріктірілген сұлбаларды синхронды қозғалтқыштардан табуға болады, бірақ әдебиетте оларды синхронды қарымталағыштарға қолдану туралы нұсқаулар жоқ, сол себепті бұл мақалада осы әдісті синхронды қарымталағыштарда қолдану ұсынылған.

Барлық қорғаныстарға қойылатын негізгі талаптар: сұлбаның қарапайымдылығы, сенімділігі, әрекет жылдамдығы, сезімталдық және әрекеттің селективтілігі. Берілген сұлбаның қарапайымдылығы оның сенімділігін қамтамасыз етеді, себебі элементтер неғұрлым аз болған сайын, сұлба соғұрлым сенімді болады.

## **ПАЙДАЛАНҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ**

1 **Лебедев, С. А., Жданов, П. С.** Устойчивость синхронных компенсаторов (Бюллетень ВЭИ № 5, 1941).

2 **Пинес, Н. М.** Защита генераторов от выпадения из синхронизма. Сборник трудов КИИ №2. – 1937.

3 **Новожилов, А. Н., Акаев, А. М., Новожилов, Т. А., Волгина, Е. М.** Обзор защит от витковых замыканий в синхронных машинах // Вестник ПГУ (Энергетическая серия). – Павлодар, 2014. – № 3. – С. 262–268.

4 **Неболюбов, Ю. Е.** К вопросу о релейной защите синхронных компенсаторов. – 113– 117 с.

## **REFERENCES**

1 **Lebedev, S. A., Zhdanov, P. S.** Ustoichivost sinchronnich kompensatorov // Bulletin VEI. – № 5. – 1941.

2 **Pines, N. M.** Zashchita generatorov ot vypadeniya iz sinchronizma. Sbornik trudov KII № 2. – 1937.

3 **Novozhilov, A. N., Akaev, A. M., Novozhilov, T. A., Volgina, E. M.** Obzor zashchit vitkovich zamikanii v sinchronnyh machinah // Vestnik PGU (Energeticheskaya seriya). – Pavlodar, 2014. – № 3. – P. 262–268.

4 **Nebolubov, U. E.** К вопросу о релеяной зашите синхронных компенсаторов – 113–117 р.

Материал 28.11.21 баспаға түсті.

\*А. М. Акаев<sup>1</sup>, Е. Ж. Жумжуман<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Торайғыров университет,

Республика Казахстан, г. Павлодар.

Материал поступил в редакцию 28.11.21.

### **ЗАЩИТА СИНХРОННОГО КОМПЕНСАТОРА ОТ ПОТЕРИ СИНХРОНИЗМА**

*В данной статье показана схема защиты синхронного компенсатора от выпадения в асинхронный режимов, а также даны некоторые соображения, касающиеся развития релейной защиты.*

*Ключевые слова: синхронный компенсатор, трансформатор тока, асинхронный режим, обмотка возбуждения, обмотка статора.*

\*А. М. Акаев<sup>1</sup>, Е. Zh. Zhumzhuman<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Toraighyrov University,

Republic of Kazakhstan, Pavlodar.

Material received on 28.11.21.

### **PROTECTION OF THE SYNCHRONOUS COMPENSATOR FROM LOSS OF SYNCHRONISM**

*This article shows the protection scheme of the synchronous compensator from falling into asynchronous modes, as well as some considerations concerning the development of relay protection.*

*Keywords: synchronous compensator, current transformer, asynchronous mode, excitation winding, stator winding.*

<https://doi.org/10.48081/RHZB7232>

**\*Ж. Р. Азимбаев<sup>1</sup>, Н. Ж. Толебай<sup>2</sup>, К. Т. Баубекоев<sup>3</sup>,  
А. К. Мерғалимова<sup>4</sup>**

<sup>1,2,3,4</sup>Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина,  
Республика Казахстан, г. Нур-Султан

## **О НЕКОТОРЫХ АСПЕКТАХ УТИЛИЗАЦИИ ПТИЧЬЕГО ПОМЕТА**

*В данной статье рассматриваются некоторые теоретические и практические аспекты утилизации птичьего помета. Современные птицеводческие комплексы являются производителями не только мяса и яиц птицы, но и отходов, причем в количестве гораздо большем, чем основной продукции. Наибольший удельный вес среди них принадлежит помету. Вопрос переработки птичьего помета является с одной стороны загрязняющим среду отходом, а с другой стороны - сбалансированным с экологической точки зрения углеродным топливом, получаемым из вторичной биомассы. Рассмотрены режимы известных способов утилизации отходов птичьего помета птицеферм анаэробным сбраживанием, в которых от 30 до 50 % полученного биогаза расходуется на подогрев биореакторов, а продолжительность переработки помета может длиться до 90 суток. Выполненный анализ способов утилизации отходов птицеферм показывает преимущество технологии термической газификации, позволяющей быстро и экономически эффективно решить вопрос утилизации биомассы, получив в качестве дополнительного продукта золу помета, являющуюся готовым высококонцентрированным калий-фосфатным удобрением.*

*Выявлены неоспоримые преимущества данной технологии перед анаэробным сбраживанием (биопереработкой в метатенках) – компактность, сокращение времени и капитальных затрат (в разы или даже на порядки), отсутствие токсичных отходов как таковых.*

*Ключевые слова: биомасса, птичий помет, утилизация биомассы, биоэнергетическая переработка, термическая газификация, анаэробное сбраживание.*

## **Введение**

В связи с быстрым ростом населения земли, растет антропогенная нагрузка на биосферу. В результате процессов жизнедеятельности человечества в окружающую среду поступает различное количество отходов, приводящих к ее деградации и, как следствие, ухудшению условий жизни людей. Одной из сложных экологических проблем современного общества является утилизация подобного вида отходов.

Вторичная биомасса – «отходы жизнедеятельности», такие как навоз КРС, свиной навоз, куриный помет подстилочного и клеточного содержания, а также иловый кек очистных сооружений являются помимо прочего биологически опасными отходами.

Состав микрофлоры куриного помета весьма разнообразен: грибы, дрожжи, бактерии, черви, личинки насекомых. Бактерии санитарной обработки куриного помета являются источниками таких заболеваний, как брюшной тиф, дизентерия, инфекционный гепатит.

Как показал наш анализ переработка биомассы с целью выработки газа, получившая наибольшую популярность методом метанового брожения в метантенках, не всегда технически оптимален и, в ряде случаев, убыточен. При этом не все виды биомасс оптимально подходят для этого метода, в частности куриный помет является наихудшим сырьём для получения биогаза, так как в нем много аммиака, который препятствует процессу метанового брожения. Например, при температуре 33 °С для разложения 55 % сухой биомассы куриного помёта время его удержания в реакторе должно составлять 50 суток. При непрерывном процессе сбраживания на 1 м<sup>3</sup> реактора можно загружать 1,5 кг помёта в сутки. Если расход жидкого помета с влажностью 80 % составляет 100 т/сутки, а сухой массы помёта 20 т/сутки, то объём реактора должен составлять довольно большую величину – приблизительно 13000 м<sup>3</sup>. С другой стороны, если температуры увеличить до 50–55 °С, то объём реактора можно уменьшить приблизительно в 2 раза. Для практически полного сбраживания помёта в метан время удержания надо увеличить до 150 суток и, соответственно, надо в 3 раза увеличить объём реактора. При сбраживании подстилочного помёта, содержащего солому, время удержания сырья в реакторе может составлять 20 суток. При этом, объём реакторов периодического действия будет на 25–30 % больше реакторов непрерывного действия. Сбраживание других биомасс дает несколько лучшие, но, к сожалению, сопоставимые с вышеприведенным результаты. Жидкую массу в реакторе надо подогревать и перемешивать, остаток помета надо выводить из реактора и утилизировать, т.е. для сбраживания помёта нужны не только большие капитальные затраты на оборудование, но какие-то еще эксплуатационные расходы. Однако, если

говорить об экономической эффективности, в среднем стоимость биогаза по сравнению с природным газом будет выше, так как будут еще большие расходы на теплоизоляцию реактора и его подогрев зимой, с учетом того, что в северных районах продолжительное холодное время года, эффективность использования биогаза может быть вообще отрицательной.

Вопрос переработки птичьего помета один из актуальнейших в мире с точки зрения экологии. Современные птицеводческие комплексы являются производителями не только мяса и яиц птицы, но и отходов, причем в количестве гораздо большем, чем основной продукции. Наибольший удельный вес среди них принадлежит помету. По данным государственной статистики поголовье птицы в 2015 г. в хозяйствах всех категорий составляет в РК 503063,6 тыс. гол. В настоящее время в функционируют свыше 600 птицеводческих хозяйств. Они различны по своей мощности, производят от 50 тыс. до 1,5 млрд яиц и от 20 тыс. до 460 тыс. т мяса [1–3]. На территории птицефабрик и других предприятий ежедневно скапливается помет. Утилизация птичьего помета превратилась в трудно решаемую проблему, поскольку переработка требует денежных средств, наличия площадей под хранение помета и сельскохозяйственных угодий под внесение полученных удобрений и др.

В Республике за последние 10 лет произошло увеличение поголовья птиц в 1,5 раза, и предполагается, что рост в перспективе будет продолжен.

На данный момент функционируют много птицекомплексов, в результате чего образуется, в зависимости от содержания птицы, как твердый помет с влажностью 65–76 %, так и жидкий с влажностью 95–96 % [7]. Известно, что в среднем одна особь в сутки производит 50–150 г и более помета. При выращивании бройлеров на каждый 1 кг полученного мяса дополнительно получают 3 кг помета [8]. Если за один год от одной курицы-несушки получают 250–300 шт. яиц (15–18 кг), то за тот же период курица выделяет более 18–55 кг помета влажностью 65–75 %. Масса производимого помета на порядок превышает массу мясной или яичной продукции. Это природное сырьё представляет реальную опасность загрязнения окружающей среды. При несвоевременной переработке помет становится источником загрязнения окружающей среды (атмосферы, водоемов, почв, подземных вод).

### **Материалы и методы**

Рассмотрим основные способы биоэнергетической переработки, которые позволяют получить из помета кроме ценного органического удобрения, энергоносители. Данный способ заключается в анаэробном сбраживании исходного органического сырья (птичьего помета), в процессе которого органические вещества помета под воздействием анаэробной микрофлоры частично разлагаются с образованием углеводов (горючих газов метановой группы, этанола, метанола), углекислого газа и других веществ. При

этом, в той или иной степени также происходит обезвреживание патогенной микрофлоры, потеря всхожести семенами сорняков, дегельминтизация.

Способ предусматривает выполнение следующих основных операций: транспортировку помета к месту переработки, очистку сырья от крупных посторонних предметов, измельчение и гомогенизацию материала, нормализацию поступающего сырья по влажности и температуре, загрузку сырья в биореактор (метантенк), в котором и производится анаэробное сбраживание, очистку вырабатываемого биогаза от посторонних примесей (влага, углекислый газ), отправку биогаза потребителям, при необходимости – его хранение в газгольдерах, последующую переработку или использование в качестве удобрения образовавшегося после анаэробного сбраживания жидкого шлама.

Оптимальная влажность помета, подвергаемого сбраживанию, составляет 90...92 %. Чтобы довести исходное сырье до такой влажности, его обычно смешивают с перебродившей массой помета. При этом обеспечивается хорошая текучесть продукта, а также равномерное распределение в нем метановых бактерий. Анаэробное сбраживание помета может осуществляться в мезофильном (температура 33...35 °С) или термофильном (53...55 °С) режимах. Большая скорость процесса анаэробного сбраживания и степень разложения питательных веществ достигается при термофильном режиме. В условиях низких температур промышленные биогазовые установки для обеспечения необходимого температурного режима нуждаются в подогреве. В связи с этим, от 30 до 50 % полученного биогаза расходуется на подогрев биореакторов. В зависимости от конструкции оборудования, продолжительность переработки помета составляет от 1 до 90 суток. Обратите внимание, что это очень большой срок и, следовательно, большой недостаток.

Выделяющийся при сбраживании газ содержит 60...75 % метана [15], 26...34 % углекислого газа, 1...3 % азота, 1...3 % водорода, до 1 % сероводорода. Теплотворная способность такого газа – 21000...27500 кДж/м<sup>3</sup>, 1000 м<sup>3</sup> его заменяют 0,8 т условного топлива. Из тонны помета влажностью 75% можно получить до 135 м<sup>3</sup> биогаза [12].

По данным Малофеева В. И. (1986 г.), одна тонна птичьего помета влажностью 65...70 %, содержит около 290...250 кг сухого органического вещества, полная потенциальная энергия сгорания которого составляет примерно 7083830...6106750 кДж., что эквивалентно 241...208 кг условного топлива. Как показал опыт, при анаэробном сбраживании можно обеспечить распад до 2/3 органических веществ помета и тем самым получить от каждой тонны сырья влажностью 65...70 % энергию в виде биогаза, равноценную 140...160 кг условного топлива [8].

После анаэробного сбраживания бактериальная обсемененность шлама снижается в 8 раз, достигается 50 % эффект дегельминтизации,

теряют всхожесть семена сорняков. Шлам используют в качестве удобрения непосредственно или разделяют при помощи центрифуг или пресс-фильтров на полужидкую фракцию влажностью 65...75 % и жидкую, содержащую 1...2 % взвешенных веществ. Жидкую фракцию направляют на разбавление свежего помета перед загрузкой его в биореактор, полив и орошение полей, полужидкую – непосредственно для внесения в почву или на сушку.

### **Результаты и обсуждения**

Баланс типового технологического процесса переработки помета методом анаэробного сбраживания можно описать следующим образом. При поступлении на переработку 1 тонны свежего помета 70 % влажности (содержание а.с.в. 300 кг), для доведения его до 90 % влажности к исходному сырью добавляют 2 тонны жидкой фракции сброженного помета влажностью 99 % (20 кг а.с.в.). После сбраживания данной смеси получают около 175 м<sup>3</sup> биогаза, что эквивалентно 140 кг условного топлива. Остается примерно 2700 кг жидкого шлама, содержащего около 140 кг а.с.в. При условии разделения шлама на полужидкую фракцию, влажностью 70 % (примерно 390 кг, содержащую 117 кг а.с.в.) и жидкую, 99 % влажности (примерно 2310 кг, содержащей 23 кг а.с.в.), 2000 кг жидкой фракции опять направляют на разбавление свежего поступающего помета, 310 кг для орошения полей, полужидкую фракцию на сушку. После сушки данной фракции получают сухой помет 14 % влажности в количестве 136 кг.

Получаемый биогаз используется следующим образом: примерно 64 м<sup>3</sup> (40 %) расходуется на подогрев пометной массы в биореакторе, 35 м<sup>3</sup> расходуется на сушку полужидкой фракции помета, 52 м<sup>3</sup> может быть направлено на другие цели. Если на переработку поступает помет большей влажности, на его разбавление расходуется меньшее количество жидкой фракции шлама, излишек которой, в данном случае, направляется на очистку или полив полей.

Как видно из описания это довольно сложный технологический процесс.

По данному принципу работает способ, разработанный ПО «Выбор» (г. Киев), а проектирование, поставку оборудования для производства биогаза из органических отходов, его шефмонтаж и пуско-наладочные работы может осуществлять Украинский научный центр технической экологии (УкрНТЭК, г. Донецк). Стоимость капитальных вложений в установку производительностью 10 т исходного сырья в сутки составляет примерно 10 тыс. долларов США, 100 т в сутки – 50 тыс. долларов.

Необходимо отметить, что существуют три основных вида термохимической переработки – пиролиз, газификация и сжигание. Пиролиз – процесс термической деструкции органической массы, протекающий при температурах 300–700 °С в бескислородной среде. В результате пиролиза образуется пиролизная жидкость, твердый остаток (биоуголь)

и НПП (неконденсируемые пиролизные газы). Газификация – процесс термохимического разложения органической массы с целью получения газообразного топлива, обычно состоящего из  $H_2$ ,  $CO$ ,  $CO_2$ ,  $CH_4$  и примесей, таких как  $N_2O$ ,  $SOx$  [16]. Процесс протекает при высоких температурах (800–900 °C и выше) в среде с недостатком кислорода. В качестве газифицирующей среды используется воздух, кислород, водяной пар или их смесь [17]. Основной целью газификации является получение максимального выхода горючего газа.

Рассмотрим теперь менее распространенную технологию, которая позволяет быстро и экономически эффективно решить вопрос утилизации биомассы, получив в качестве дополнительного продукта золу помета, являющуюся готовым высококонцентрированным калий-фосфатным удобрением.

Технология газификации, позволяет экономически эффективно газифицировать помет и навоз, заменив часть природного газа, а также получить в качестве дополнительного продукта золу помета (которая является ценным калий-фосфатным удобрением, активно используемым в сельском хозяйстве). Состав топочного газа – смесь  $CH_4$ ,  $H_2$ ,  $CO$ . Низшая теплота сгорания – 20–25 МДж/кг (у природного газа до 35,88 МДж/кг, у биогаза до 23 МДж/кг). Из 1 т сухого вещества помета может быть получено ориентировочно до 1790 м<sup>3</sup> газа и до 0,33 т золы. Полученный газ может быть использован для замены природного в целях отопления и теплогенерации. Дополнительно, при очистке топочного газа от избытка влаги, путем конденсации на поверхности теплообменника, можно подогреть воду для горячего водоснабжения или отопления. Для термической газификации не требуется дополнительных количеств каких-либо товарных топлив. Потребление электричества минимально – только на питание системы управления и работу вентиляторов. Схема представлена на рисунке 1.

Из загрузочного бункера биомасса (помет) с помощью обогреваемого горячими газами шнека подается в газификатор, где за счет неполного сгорания реализуется процесс воздушной и паровой конверсии органического вещества помета в горючий газ.

Вихревая топка выполнена в виде расширяющегося к низу конуса, в который сверху по оси конуса вбрасывают помет и продукты его термического разложения. В нижней части конуса тангенциально вдувают воздух. При запуске газификатора смесь помета с воздухом поджигают с помощью газовой (пропановой) горелки.



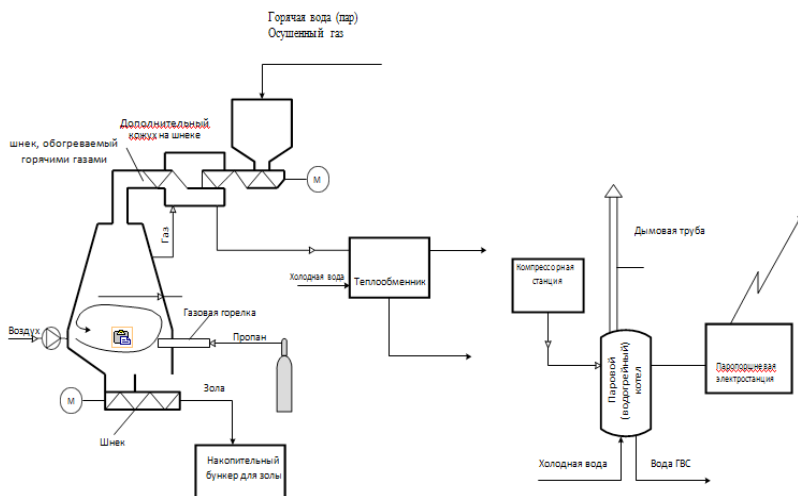


Рисунок 1 – Схема термической газификации помета

После поджига смеси продуктов сгорания и увеличения температуры до 800–1000 °С выключают газовую горелку, уменьшают подачу воздуха и производят газификацию помета и продуктов его термического разложения при недостатке окислителя (воздуха). При этом образуются горючий газ и зола.

Тепловая напряженность газификатора составляет 500–1500 кВт/м<sup>3</sup>. Часть теплоты сгорания помета из периферии вихря передается в струю помета, падающего по оси вихря, и окончательно высушивает его.

Образующаяся при газификации зола в автоматическом непрерывном режиме выгружается в накопительный бункер. Большая часть золы (более 95 %) выпадает внизу топки и удаляется шнеком в бункер. При этом вихревая топка выполняет функции циклона.

Горючий газ с температурой 800–1000 °С сначала подается во внешний дополнительный кожух обогреваемого шнека для того, чтобы поддерживать температуру помета на входе в топку в пределах 300–500 °С. Из кожуха шнека горючий газ с температурой более 500 °С, содержащий большое количество водяных паров, поступает в теплообменный аппарат, где охлаждается, отдавая свое тепло холодной воде. Вода используется для нужд горячего водоснабжения (ГВС) или отопления. В случае отсутствия потребителей отопления и ГВС охлаждающая вода циркулирует по контуру через градирню.

Газ, охлаждаясь в теплообменном аппарате, осушается за счет конденсации большей части паров воды.

Конденсат выводится из теплообменника и может быть использован в качестве технической воды либо безопасно сброшен в канализацию.

Осушенный газ поступает на компрессорную станцию, входящую в комплект базового оборудования, где осуществляется его сжатие до необходимого давления с целью подачи потребителю для замены природного газа.

В качестве дополнительного оборудования могут быть поставлены электрогенерирующие установки, работающие на газе.

### **Выводы**

Из сравнительного анализа способов утилизации помета видны преимущества данной технологии газификации перед анаэробным сбраживанием (биопереработкой в метатенках) – компактность, сокращение времени и капитальных затрат (в разы или даже на порядки), отсутствие отходов как таковых.

В результате термической газификации получаем:

1 Решение проблемы утилизации помета и навоза.

2 Биогаз с возможностью замены природного газа.

3 Компактное оборудование линии термической газификации в сравнении с биогазовыми установками, вся биомасса трансформируется в газ.

4 Зольное удобрение с полным набором всех необходимых растениям микроэлементов.

5 Низкие требования к обслуживающему персоналу, связанные с легкостью эксплуатации оборудования.

## **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1 **Лысенко, В. П.** Птичий помет-отход или побочная продукция // Птицеводство. – 2015. – № 6. – С. 55–56.

2 **Семенченко, С. В., Нефедова, В. Н., Савинова, А. А.** Утилизация и переработка помета в условиях птицефабрики // Вестник Донского гос. аграр. ун-та. – 2015. – № 4–1 (18). – С. 28–36.

3 Поголовье скота и птицы (годовые данные) [Электронный ресурс].

4 Федеральный закон «Об отходах производства и потребления» [Электронный ресурс].

5 Патенты на изобретения РФ и патентный поиск по библиотеке патентов России [Электронный ресурс].

6 Патентный поиск, поиск патентов на изобретения, зарегистрированные в РФ и СССР [Электронный ресурс].

7 **Тарханов, О. В.** Главная проблема птицепрома. Экономический аспект. [Электронный ресурс].

8 **Антонова, О. И., Чихарин, А. А., Андреев, М. Е.** Эффективность органо-минеральных удобрений на основе помета под яровую пшеницу // *Аграрная наука – сельскому хозяйству: сборник статей: в 3 кн. / XI Международная научно-практическая конференция (4–5 февраля 2016 г.)*. – Барнаул : РИО Алтайского ГАУ, 2016. – Кн. 2. – С. 3–4.

9 **Эрнст, Л. К., Злочевский, Ф. И., Ерастов, Г. И.** Переработка отходов животноводства и птицеводства // *Животноводство России*. – 2004. – № 9. – С. 23.

10 **Неверова, О. П., Зуева, Г. В., Сарапулова, Т. В.** Экосистемный подход к утилизации помета // *Аграрный вестник Урала*. – 2014. – № 8 (126). – С. 38–41.

11 **Запечалов, М. В., Запечалов, С. М.** Технология приготовления органоминерального удобрения на основе птичьего помета // *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. – 2011. – № 5 (78). – С. 84–90.

12 **Аверьянов, Ю. И., Старунов, А. В., Зонова, И. А.** Анализ существующих способов утилизации птичьего помета // *АПК России*. – 2010. – Т. 56. – С. 11–14.

13 Утилизация подстилки после содержания бройлеров [Электронный ресурс].

14 New biogas plant for poultry manure [Электронный ресурс].

15 Канадская технология утилизации куриного помета [Электронный ресурс].

16 **Damartzis, T.** Thermochemical conversion of biomass to second generation biofuels through integrated process design – A review / T. Damartzis, A. Zabaniotou // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. – 2011. – Vol. 15. – P. 366–378.

17 **Syed-Hassan, Syed Shatir A.** Thermochemical processing of sewage sludge to energy and fuel: Fundamentals, challenges and considerations / A. Syed Shatir Syed-Hassan, Yi Wang, Song Hua, Sheng Sua, Jun Xiang // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. – 2017. – Vol. 80. – P. 888–913.

## REFERENCES

1 **Lysenko, V. P.** Ptichij pomet-othod ili pobochnaya produkciya [Bird droppings -waste or by-products] // *Poultry farming*. – 2015. – No. 6. – P. 55–56.

2 **Semenchenko, S. V., Nefedova, V. N., Savinova, A. A.** Utilizaciya i pererabotka pometa v usloviyah pticefabriki [Utilization and processing of litter in a poultry farm] // *Bulletin of the Don State Agrarian University*. – 2015. – № 4-1 (18). – P. 28–36.

3 Pogolov'e skota i pticy (godovye dannye) [Livestock and poultry (annual data)] [Electronic resource].

4 Federal'nyj zakon «Ob othodah proizvodstva i potrebleniya» [Federal Law «On Production and Consumption Waste»] [Electronic resource].

5 Patenty na izobreteniya RF i patentnyj poisk po biblioteke patentov Rossii [Patents for inventions of the Russian Federation and patent search in the library of patents of Russia] [Electronic resource].

6 Patentnyj poisk, poisk patentov na izobreteniya, zaregistrirovannye v RF i SSSR [Patent search, search for patents for inventions registered in the Russian Federation and the USSR] [Electronic resource].

7 **Tarkhanov, O. V.** Glavnaya problema pticeproma. Ekonomicheskij aspekt. [The main problem of the poultry industry. The economic aspect]. [Electronic resource].

8 **Antonova, O. I., Chicherin, A. A., Andreev, M. E.** Effektivnost' organo-mineral'nyh udobrenij na osnove pometa pod yarovuyu pshenicu [Efficiency of organo-mineral fertilizers on the basis of litter under spring wheat] // Agrarian science – to agriculture: a collection of articles : 3 vol. // XI international scientific-practical conference (February 4-5, 2016). – Barnaul : RIO Altai state agrarian UNIVERSITY, 2016. – KN. 2. – P. 3–4.

9 **Ernst, L. K., Zlochevsky, F. I., Erastus, G. I.** Pererabotka othodov zhivotnovodstva i pticevodstva [Processing of waste of livestock and poultry] // Animal of Russia. – 2004. – No. 9. – P. 23.

10 **Neverova, O. P., Zueva, G. V., Sarapulova, T. V.** Ekosistemnyj podhod k utilizacii pometa [Ecosystem approach to litter utilization] // Agrarian Bulletin of the Urals. – 2014. – № 8 (126). – P. 38–41.

11 **Zapevalov, M. V., Zapevalov, S. M.** Tekhnologiya prigotovleniya organomineral'nogo udobreniya na osnove ptich'ego pometa [Technology of preparation of organomineral fertilizer based on bird droppings] // Bulletin of the Altai State Agrarian University. – 2011. – № 5 (78). – P. 84–90.

12 **Averyanov, Yu. I., Starunov, A. V., Zonova, I. A.** Analiz sushchestvuyushchih sposobov utilizacii ptich'ego pometa [Analysis of existing methods of utilization of bird droppings] // Agroindustrial Complex of Russia. – 2010. – Vol. 56. – P. 11–14.

13 Utilizaciya podstilki posle sodержaniya brojlerov [Utilization of litter after keeping broilers] [Electronic resource].

14 New biogas plant for poultry manure [Electronic resource].

15 Kanadskaya tekhnologiya utilizacii kurinogo pometa [Canadian technology of chicken manure disposal] [Electronic resource].

16 **Damarczis, T.** Termokhimicheskaya konversiya biomassy` v biotoplivo vtorigo pokoleniya posredstvom kompleksnogo proektirovaniya

tehnologicheskikh processov – Obzor / T. Damarczis, A. Zabaniotu. [Thermochemical conversion of biomass to second generation biofuels through integrated process design – A review / T. Damarczis, A. Zabaniotu // Obzory` vozobnovlyaemy`kh i ustojchivy`kh istochnikov e`nergii [Renewable and Sustainable Energy Reviews]. – 2011. – Vol. 15. – P. 366–378]

17 **Syed-Hassan, Syed Shatir A.** Termokhimicheskaya pererabotka osadka stochny`kh vod v e`nergiyu i toplivo: osnovy`, problemy` i soobrazheniya [Thermochemical processing of sewage sludge to energy and fuel: Fundamentals, challenges and considerations] / A. Syed Shatir Syed-Hassan, Yi Wang, Song Hua, Sheng Sua, Jun Xiang // Obzory` vozobnovlyaemy`kh i ustojchivy`kh istochnikov e`nergii [Renewable and Sustainable Energy Reviews]. – 2017. – T. 80. – P. 888–913.

Материал поступил в редакцию 28.11.21.

\*Ж. Р. Азимбаев<sup>1</sup>, Н. Ж. Төлебай<sup>2</sup>, К. Т. Баубеков<sup>3</sup>, А. К. Мерғалимова<sup>4</sup>  
<sup>1,2,3,4</sup>С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті,  
Қазақстан Республикасы, Нұрсұлтан қ.  
Материал 28.11.21 баспаға түсті.

## ҚҰС ТАМШЫЛАРЫН ЖОЮ МӘСЕЛЕСІ БОЙЫНША

*Бұл мақалада құс тамшыларын жою мәселесі қарастырылады. Құс тамшыларын өңдеу мәселесі экология тұрғысынан әлемдегі ең өзекті мәселелердің бірі болып табылады. Дайын жоғары концентрацияланған калий-фосфат тыңайтқышы болып табылатын қоқыс күлін қосымша өнім ретінде алу арқылы биомассаны кәдеге жарату мәселесін тез және үнемді шешуге мүмкіндік беретін технология ұсынылады. Метатенкалардағы биоөңдеуден осы технологияның артықшылығы-ықшамдылық, күрделі шығындарды барынша азайту (есе немесе тіпті ретімен), осындай қалдықтардың болмауы.*

*Кілтті сөздер: Биомасса, құс кешендері, биомассаны кәдеге жарату, биоэнергетикалық өңдеу, термиялық газдандыру, анаэробты ашыту.*

\*Zh. R. Azimbayev<sup>1</sup>, N. Zh. Tolebai<sup>2</sup>, K. T. Baubekov<sup>3</sup>, A. K. Mergalimova<sup>4</sup>  
<sup>1,2,3,4</sup>S. Seifullin Kazakh AgroTechnical University,  
Republic of Kazakhstan, Nur-Sultan.  
Material received on 28.11.21.

**ON THE PROBLEM OF DISPOSAL OF BIRD DROPPINGS**

*This article discusses the issue of disposal of bird droppings. The issue of processing bird droppings is one of the most urgent in the world from the point of view of ecology. A technology is proposed that allows to quickly and cost-effectively solve the issue of biomass utilization by obtaining manure ash as an additional product, which is a ready-made highly concentrated potassium phosphate fertilizer. The advantages of this technology over bio-processing in metatanks are compactness, minimization (at times or even by orders of magnitude) of capital costs, and the absence of waste as such.*

*Keywords: biomass, poultry complexes, biomass utilization, bioenergetic processing, thermal gasification, anaerobic digestion.*

<https://doi.org/10.48081/OLSV5265>

**\*Т. К. Балзабеков<sup>1</sup>, Г. Е. Сиргетаева<sup>2</sup>, М. М. Шәріп<sup>3</sup>,  
А. Н. Қоңқыбаева<sup>4</sup>, А. Қ. Хасан<sup>5</sup>**

<sup>1,2,3,4,5</sup>С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті,  
Қазақстан Республикасы, Нұр-Сұлтан қ.

## **ЖЕЛ ЭНЕРГЕТИКАЛЫҚ ҚОНДЫРҒЫЛАРҒА ӘСЕР ЕТУШІ ФАКТОРЛАРДЫ ЗЕРТТЕУ МӘСЕЛЕЛЕРІ**

*Қазақстан әлемде қалтына келтірілмейтін энергетикалық ресурстардың бай қорлары бар ел ретінде байланысты. Ол мұнай, газ, көмір және оларға ілеспе көмірсутекті компоненттер. Олардың қорлары бойынша ҚР әлемнің алғашқы ондығына кіреді. Алайда, оларды пайдалану қоршаған ортаны өндіру кезінде де, жағу кезінде де ластайды. Бұл ретте олар жер қойнауынан толығымен емес, ал олардың жану өнімдері-көмірқышқыл газы («Парник газы») және басқа да шығарымдар-атмосфера ластануының негізгі эмитенттері болып табылады. Көрсетілген жаңартылмайтын ресурстар қоры үлкенемеседі, бірақ әлі детауссылу қаупінде. Қазіргі уақытта әлемде көмірсутектерді тұтыну қарқыны олардың қорларын барлау қарқынынан озып келеді. Қазақстанның мұнай мен газдың алынатын қоры 25–30 жылдан кейін, ал көмір – 100–120 жылдан кейін аяқталады. Сондықтан олар тек қана энергетикалық кәдеге жарату тұрғысынан емес, болашақ ұрпақ үшін бай шикізат ресурстары ретінде қызығушылық білдіруі тиіс. Эксперименталды-зерттеу жұмысы барысында: жел-энергетикалық қондырғының конструкциясы және ЖЭҚ жұмыс принципі, жел генераторлары, жел электрресурстарының жұмыс ерекшеліктері, жел және гидроэнергетикалық қондырғылардың бірлескен энергия жүйелерінің құрылысы мен режимдері қарастырылды.*

*Кілтті сөздер: жел энергетикалық қондырғылар (ЖЭҚ), жел электр станциясы (ЖЭС), жылу аккумуляторы (ЖА), пайдалы әсер коэффициенті (ПЭК), асинхронды қозғалтқыш (АҚ), іштен жану қозғалтқышы (ІЖҚ), электр қозғаушы күші (ЭҚК), жылу беру үрдісі.*

## Кіріспе

Жел энергетикалық қондырғы энергияны жинақтайтын жел агрегатынан немесе қуаттың резервтейтін құрылғысынан және бірқатар жағдайларда көмекші қозғалтқыштан, сондай-ақ қондырғының жұмысрежимдерін автоматты басқару жүйелерінен тұрады. Жел энергетикалық қондырғылар арнайы қолданылатын Жел энергетикалық қондырғылар және кешенді қолданылатын Жел энергетикалық қондырғылар ретінде ажыратылуы мүмкін. Жел электрстанциясы – желдің кинетикалық энергиясын электр энергиясына түрлендіретін құрылғы. Ол жел қозғалтқышынан, электр тогының генераторынан, олардың жұмысын автоматты басқару құрылғысынан, құрылымдардан, оларды орнатуға және ұстауға арналған ғимараттардан тұрады. Желсіз күндерде жұмыс істеу үшін резервтік жылу қозғалтқыштары батареялармен, күн қондырғыларымен толықтырылады. Әдетте, жел электрстанциясы тұрақты ток генераторларымен жабдықталады. Ол қайта зарядталатын батареяларды зарядтайды [1].

Соңғы онжылдықтарда әлемдік жел энергетикасы өте оптимистік сценарий бойынша дамуда. Орташа алғанда, әрбір үш жыл сайын әлемде жел электрстанцияларының (ЖЭС) белгіленген қуаты екіеселенеді, ал электр энергиясын өндірудегі жел энергиясының үлесі үздіксіз өсуде. 2009 жылы әлемде белгіленген ЖЭС қуаты 157,4 ГВт-қа жетті, ал электр энергиясын өндіру шамамен 340 ТВт-сағ немесе әлемде өндірілген барлық электр энергиясының шамамен 2 %-ын құрады. Өткен ғасырдың 70-ші жылдарынан бастап гидроэнергетика жоғары тиімділікпен бірге тепе-теңдік пен резервті қамтамасыз ететін жел энергиясы үшін тамаша серіктес ретінде қарастырылды. Жел энергиясын гидроаккумуляциялау мәселелерімен Шефтер Я. И., Елистратов В. В., Бальзаников М. И., Минин В. А., Акер Т. және т. б. ғалымдар, сондай-ақ Канададағы ұйымдар, Австралия, АҚШ (Arizona Power Authority) және Еуро одақтың бірқатар елдерінде. Бұл ретте елдің энергетикалық инфрақұрылымы мен нарығының ерекшелігін ескере отырып, СЭС-ЖЭС-тің әртүрлі елдердегі бірлескен жұмысы мәселелері әр түрлі шешіледі және іске асырылады. Алайда, энергетикалық жүйенің операторларының тепе-теңдігін қамтамасыз ете отырып, жүйелік шектеулер мен маневрлік ресурстарды қарастыратын энергетикалық жүйеде ЖЭС-пен бірлескен жұмыс туралы көптеген зерттеулерден айырмашылығы, бұл жұмыста ЖЭС-тің энергиясын жалпы электр және ақпараттық байланыстармен энергия кешеніне біріктіру арқылы ГЭС су қоймасы арқылы жинақтау ұсынылады [1,2].

Тұтынушы үшін энергия кешені гидро және жел электр қондырғыларының бірлескен жұмысын басқаратын біртұтас энергетикалық объект ретінде әрекет етеді. Бұл тәсіл мүмкіндік береді:



- жүйелік қызметтердің шығындарын азайту;
- алдағы кезеңге ЖЭС өндіруге кепілдік беру;
- тұтынушыға тікелей кепілдендірілген энергияны беріңіз.

Аумақтарды қосымша су басудың қажеті жоқ қолданыстағы ГЭС және су қоймалары базасында осындай энергия кешендерін құру мүмкіндігі энергия жинақтаудың кез келген басқа тәсілдерімен салыстырғанда экономикалық артықшылықтар береді.

Электр станцияларында генераторлық немесе жоғары кернеулі жалпы шиналарға параллель жалғанауда бірлесіп жұмыс істейтін бірнеше турбо немесе гидроагрегаттар әрқашан орнатылады. Генераторлардың параллель жұмысы:

1 Электр станциялары мен қосалқы станциялардың жабдықтарын пайдаланудың икемділігін арттырады, генераторлардың, негізгі жабдықтардың және қажетті резервтің минимумында тиісті ТҚ жоспарлы алдын алу жөндеулерін жүргізуді жеңілдетеді;

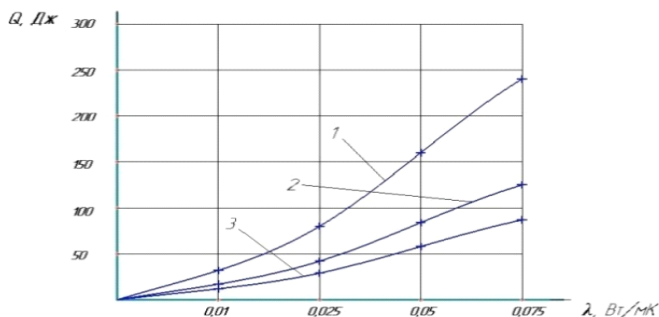
2 Электр станциясы жұмысының үнемділігін арттырады, өйткені агрегаттар арасында ең тиімді тәуліктік жүктеме кестесін бөлуге мүмкіндік береді, қуатты ең жақсы пайдалануға қол жеткізгеннен және К. Б. жоғарылатудан; СЭС су тасқыны және жазғы және қысқы сел кезеңінде су ағынының қуатын барынша толық пайдалануға мүмкіндік береді;

3 Электр станциялары мен тұтынушыларды электрмен жабдықтау жұмысының сенімділігімен үздіксіздігін арттырады. Электр энергиясын өндіруді арттыру және таратуды жақсарту үшін көптеген электр станциялары қуатты энергетикалық жүйелерге параллель жұмыс істеу үшін біріктіріледі. Генераторды желіге қосу бұл аспапта қажеттілік генераторды айнымалы ток желісіне немесе басқа генераторға параллель қосылған кезде туындайды. Бұл процесс синхрондау деп аталады [2,3].

### **Материалдар мен тәсілдер**

Бірқатар елдерде, электр энергиясын өндіруде жел энергиясының үлесі өте жоғары: Дания – 20 %, Португалия – 15 %, Испания – 14 %, Германия – 9 %. Алайда, әлемдік тәжірибе көрсеткендей, жел энергиясы үлесінің өсуі проблемаларға алып келуі мүмкін. 1 с-оны беру және тарату желісінде, электр энергиясының сапасымен және энергиямен жабдықтаудың сенімділігімен, бұл жалпы ЖЭС өндірісінің төмендеуіне және ЖЭС-тен сатылатын электр энергиясының нарықтық құнына әсеретеді. Мысалы, 2000-шы жылдардың басында Техас штатында (АҚШ) жел энергетикасының айтарлықтай дамуымен және желілік құрылыспен артта қалумен, ЖЭС генерацияланатын қуатын беруге елеулі шектеулер пайда болды. Бұл жағдайда электр энергиясын жеткізудегі проблемалардан басқа, оның сапасына жәнессоның салдарынан жел электр энергиясының нарықтық құнына қатысты проблемалар туындады, өйткені оған кепілдік берілмейді. Осы өзекті

мәселелерді шешу үшін халықаралық энергетикалық агенттік шеңберінде № 24 – «Жел және гидроэнергетикалық жүйелерді интеграциялау» және № 25 – «жел энергетикасы дамыған елдердегі 25-тен астам энергетикалық компаниялар мен орталықтарды біріктіретін «ЖЭС үлесі үлкен энергия жүйелерін жобалау және пайдалану» бағдарламалары құрылды [3, 4].



1 – изоляциялық бөліктің қалыңдығы – 10 мм; 2 – изоляциялық бөліктің қалыңдығы - 15 мм; 3 - изоляциялық бөліктің қалыңдығы – 20 мм;

Сурет 1 – Оқшаулағыш қабаттың қалыңдығына қатысты жылу өткізгіштік коэффициентіне байланысты жылу мөлшерінің жоғалуы

Ресей аумағында жалпы белгіленген қуаты шамамен 13 МВт болатын 11 ЖЭС және жел энергетикалық қондырғылары (ЖЭУ) жұмыс істейді, олардың тек төртеуі ғана қуаты 1 МВт-тан жоғары ЖЭС. Дегенмен, соңғы уақытта Ресейде жаңартылатын энергетикаға деген қызығушылық артып келеді. Орталықтандырылған энергия жүйелерінде ЖЭС-тің жабық энергиясын шығарумен және орталықтандырылмаған электрстанцияларында өндіріс процестерін тұтыну процестерімен үйлестіру қажеттілігімен байланысты бұл проблемаларды энергияны сақтау арқылы шешу ұсынылады. Қазіргі уақытта энергияны сақтау тікелей арнайы жасалған сақтау жүйелерімен де, энергия жүйесіндегі жоғары қуатты электрстанцияларымен энергия өндірісін реттеумен де жүзеге асырылады. Су қоймасы бар ГЭС электр энергиясын қайта бөлуді және сақтауды қамтамасыз ететіндіктен, оны сақтау жүйесі ретінде жіктеуге болады. Осы жұмыста қарастырылған теориялық зерттеулер мен гидравликалық жинақталуы бар энергия кешендерінің бұрын жасалған жобалары негізінде қуат пен энергия сыйымдылығы бойынша АС жіктеуішіндегі орын анықталды. Болашақта ЖЭС энергиясын, оның ішінде ЖЭС-ті жинақтау үшін қолданылатын және қолданылуы мүмкін жинақтау жүйелерінің негізгі сипаттамалары келтірілген [5,6].

Энергияның бірнеше түрлері бар. Олар мақсаты бойынша автономды және стационарлы болып бөлінеді, құрастырылатын энергияның құрылымы мен түрі бойынша – механикалық, жылу, электр және индуктивті болып бөлінеді. Энергия аккумуляторларын екі негізгі сыныпқа бөлуге болады: химиялық және физикалық. Бірінші сыныпқа жататын энергия аккумуляторлары энергияны химиялық реакциялардың өтуі есебінен, екіншіге – физикалық құбылыстар есебінен жинайды [7].

### **Нәтижелер мен пікірталас**

Қазіргі уақытта, энергия сыйымдылығына байланысты электр энергиясының техникалық іске асырылатын жинақтауыштарының функцияларын бөлу туралы жеткілікті жалпы түсінік қалыптасты. Жүктеменің өзгеруі кезінде қосалқы станцияларда жергілікті кернеуді ұстап тұру үшін, сондай-ақ әуе желілерінің кенеттен ажыратылуы немесе кернеудің 30–90 %-ға қысқа мерзімді төмендеуі салдарынан тұтынушыларды электрмен жабдықтаудың қысқа мерзімді авариялық үзілістері кезінде энергия сыйымдылығы 1–3 кВт – сағ жинақтағыштар түрлерін жіктеу келтірілген.

Қазіргі заманғы энергия жүйелерінде энергияны сақтау, энергияны өндіру мен таратудың барлық кезеңіне байланысты жинақтаудың келесі принциптері қолданылады.

Энергиямен жабдықтау үшін:

1 Жүктемені теңестіре отырып, энергияны уақыт бойынша қайта бөлу, тұтынушыларды кепілді энергиямен жабдықтауды қамтамасыз ету;

2 Электр энергиясын беру жүйесінің өткізу қабілетіне қойылатын талаптарды төмендету мен ЭБЖ түсіру;

3 Электр энергиясын беру және оны тұтынушыларға тарату процестерін уақыт бойынша бөлу.

Желінің тұрақтылығы үшін:

4 Жиілікті реттеу және қуат резервін қамтамасыз ету;

5 Кернеудің төмендеуін және субсинхронды резонансты жою мақсатында ЭБЖ қолдану және жергілікті тұтынушыларды энергиямен үздіксіз жабдықтауды қамтамасыз ету қажет. ЖЭК үшін энергия жүйесінде ЖЭК пайдаланған кезде сенімді және сапалы энергиямен жабдықтауды қамтамасыз ету үшін жинақтау жүйелерінің рөлі едәуір артады [7, 8].

Жел энергиясы барлық басқа ЖЭК түрлерімен салыстырғанда ең жоғары тұрақсыздыққа ие. Бір мегаваттық турбина үшін қазбаны тегістеу және микрореттеу үшін жинақтаудың ең аз энергия сыйымдылығы 5–10 кВт-сағ/МВт (10 мин), 50 кВт-сағ (30 мин), АС қуаты 400 кВт/МВт құрайды. Мұндай қуат пен қысқа мерзімді энергияны сақтау кезінде СМ, СК, СПИНЭ және ПАБ негізіндегі жүйелер үлкен қызығушылық тудыруы мүмкін. Көрсетілген жинақтау жүйелері олардағы жауап беру кезеңі желідегі жиілік циклінен

(5 мс-тан аз) аз болуымен сипатталады және оларды ЖЭК өндіруді тегістеу және желі жиілігін реттеу үшін қолданылады [8].

Жүктемені орта мерзімдіреттеу және қайта бөлу үшін жинақтаудағы ең төменгі талаптар бірнеше МВтч/МВт құрайды. Осылайша, белгіленген қуаты ондаған және жүздеген МВт болатын ірі жел паркі үшін ЖЭС-тің қысқа мерзімді өтемі бірнеше МВт – сағ және одан жоғары, ал орта мерзімді және ұзақ мерзімдіреттеу үшін бірнеше жүз МВт-сағ-тан бірнеше мың МВт-сағ-қа дейін энергияны үнемдеуді талап етеді. Сонымен қатар, ірі жел паркінің энергиясын орта мерзімді және ұзақ мерзімдісақтау (бірнеше сағат, тәулік) болашақта қуатты электрохимиялық батареялармен жүзеге асырылуы мүмкін. Электрохимиялық жүйелерден энергияның үлкен көлемін сақтау үшін күкірт-натрий аккумуляторлары мен ағынды батареяларды пайдалануға болады [9].

«Қуат және энергия нарықтарындағы» бағалардың көмегімен электр энергиясын тұтынуды реттеу және ГТЭС мен ГЭС-те «Маневрлік қуаттарды» пайдалану энергия жүйесінің маневрлігін қамтамасыз ету үшін ең аз шығындарды талап етеді. Энергия жүйесіндегі ЖЭК үлесінің өсуімен қандай да бір сәтте энергия жүйесінің қолданыстағы маневрлігі жеткіліксіз болуы мүмкін. Жасырын резервтерді пайдаланудың балама жолдары қолданылады. Бұл жағдайда төмен бағамен маневрлік резервтер құрылады. Қосымша әсер электр станцияларындағы операциялық шығындарды оңтайландыруға мүмкіндік береді. ЖЭК станцияларының жұмыс режимдерін реттеу, мысалы, ЖЭС-те өндіруді 1–2 % шегінде төмендету энергия жүйесінің маневрлік қуаттарын босатудың өте тиімді көзі болуы мүмкін. Осылайша, жоғарыда келтірілген жинақтау жүйелеріне қарағанда икемділікті аз шығынмен қамтамасыз ететін көптеген шаралар бар. Энергияны сақтаудың жоғары құны Жаңасақтау жүйелерінің бүгінде кеңінен қолданылмауының басты себебі болып табылады [10].

### **Қорытынды**

1 Жел-Энергетикалық қондырғының конструкциясы және ЖЭК жұмыс принципі қарастырылған. Жел генераторларын таңдау және типтері қарастырылды.

2 Жел электр ресурстарының жұмыс ерекшеліктері, сондай-ақ жел және электр қондырғыларының бірлескен жұмысының себептері көрсетілген, гидро және жел электр қондырғыларының параллель жұмысы қарастырылды.

3 Жел және гидроэнергетикалық қондырғылардың бірлескен энергия жүйелерінің құрылысы ұсынылды және ЖЭС параметрлері үшін қолайлы жер қарастырылды.

4 Жел-электр қондырғыларын жинақтау және жіктеу және режимдерді моделдеу қарастырылған.

## ПАЙДАЛАНҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

1 **Ричард, Б. Н., Филипп, Ш. П.** ДВС двигателя внутреннего сгорания при холодном запуске : Обзор проблем, причин и потенциальных решений, преобразование энергии и управление [Текст]. – 2016. – № 82. – С. 35.

2 **Сайдалин, Е. Н.** Облегчение запуска двигателя в отрицательной температуре при помощи теплового аккумулятора // Материалы Республиканской научно-теоретической конференции «Сейфуллинские чтения-12 : Молодежь в науке - инновационный потенциал будущего» [Текст]. – 2016. – № 1. – С. 132.

3 **Абдрахманов, А. Б.** К методике теплового расчета устройства теплообменника и пути интенсификации теплоотдачи [Текст]. – 2017. – С. 414.

4 **Костюченко, Н. В.** Особенности расчета теплообмена трубчатых теплообменников // Сборник статей по материалам III Международной научно-практической конференции [Текст]. – 2019. – С. 183.

5 Представлен на ИГЕУ 10 [Текст] // Ковентри, Великобритания. – 2013.

6 **Гольстрем, В. А.** Аккумуляция тепла [Текст]. Техника. – 2012. – № 2. – С. 112.

7 **Козлов, И. Т.** Пропускная способность транспортных систем [Текст]. – М. : Транспорт. - 2014. – С. 216.

8 **Резер, С. М.** Взаимодействие транспортных систем [Текст]. – М. : Наука, 2013. – № 2. – С. 246.

9 **Смирнова, С. Н., Бекмагамбетов, М. М.** Транспортная система Республики Казахстан : Современное состояние и проблемы развития [Текст]. – Алматы, 2014. – С. 446.

10 **Клеменс, Ж. М.** Теплопроводность воздуха при пониженных давлениях и масштабах длины [Текст]. – 2013. – № 1. – С. 45.

## REFERENCES

1 **Richard, B. N., Philip, Sh. P.** DVS dvigatelya vnutrennego sgoraniya pri holodnom zapuske : Obzor problem, prichin i potencialnyh reshenii, preobrazovanie energii i upravlenie [Internal combustion engine cold-start efficiency : A review of the problem, causes and potential solutions energy conversion and management] [Text]. – 2016. – P. 35.

2 **Saidalin, E. N.** Oblegchenie zapuska dvigatelya v otricatelnoitemperature pri pomoshi teplovogo akkumulyatora. [Facilitation of starting the engine in negative temperatures using a heat accumulator] // Materialy Respublikanskoi nauchno-teoreticheskoi konferencii «Seifullinskie chteniya – 12 : Molodezh v nauke – innovacionnyi potencial budushego» [Materials of the Republican

Scientific and Theoretical Conference «Seifullin Readings-12: Youth in Science – Innovative Potential of the Future» [Text]. – 2016. – V. 1, 2. – P. 132.

3 **Abdrakhmanov, A. B.** К методике теплового расчёта устройства теплообменника и пути интенсификации теплоотдачи [To the method of thermal calculation of a heat exchanger device and ways to intensify heat transfer] [Text]. – 2017. – P. 414.

4 **Kostyuchenkov, N. V.** Особенности расчёта теплообмена трубчатых теплообменников. [Features of the calculation of heat transfer of tubular heat exchangers] // Сборник статей по материалам III Международной научно-практической конференции [Collection of articles on materials OR International scientific and practical conference] [Text]. – 2019. – P. 183.

5 Представлен на IGEU 10 [Presented at VTMS 10] [Text]. – Coventry, Великобритания. – 2013.

6 **Golstrem, V. A.** Akkumulirovanie tepla [Heat storage] [Text]. – К. : «Техника», 2012. – P. 112.

7 **Kozlov, I. T.** Propusknaya sposobnost transportnyh system [The capacity of transport systems] [Text]. – Moscow : Transport, 2014. – P. 216.

8 **Rezer, S. M.** Vzaimodeistvie transportnyh system [Interaction of transport systems] [Text]. – 2013. – P. 246.

9 **Smirnova, S. N., Bekmagambetov, M. M.** Transportnaya sistema Respubliki Kazakhstan : sovremennoe sostoyanie i problem razvitiya [Transport system of the Republic of Kazakhstan : current state and development problems] [Text]. – Almaty. – 2014. – P. 446.

10 **Clemens, J. M.** Teplovodnost vozduha pri ponizhennyh davleniyah i masshtabah dliny [The Thermal Conductivity of Air at Reduced Pressures and Length Scales. Test and measurement] [Text]. – 2013.– P. 45.

Материал 28.11.21 баспаға түсті.

\*Т. К. Балгабеков<sup>1</sup>, Г. Е. Сиргетаева<sup>2</sup>, М. М. Шәріп<sup>3</sup>, А. Н. Қоңқыбаева<sup>4</sup>, А. Қ. Хасан<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4,5</sup>Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, Республика Казахстан, г. Нур-Султан.

Материал поступил в редакцию 28.11.21.

## ПРОБЛЕМЫ ИЗУЧЕНИЯ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УЧРЕЖДЕНИЯ

*Казахстан обладает богатыми мировыми запасами невозобновляемых энергоресурсов. Он входит в состав нефти, газа, угля и попутных*

*углеводородов. По его словам, КП входит в десятку лучших в мире. Однако его использование замедляется как при производстве, так и при сжигании. В то же время это не основной источник продуктов сгорания, а основной источник углекислого газа («газовый газ») и других выбросов от продуктов сгорания. Количество невозобновляемых продуктов не увеличивается, есть риск их недоступности. В настоящее время уровень потребления углеводородов в мире превышает уровень мирового потребления. Добыча нефти и газа в Казахстане будет завершена через 25–30 лет, а захоронение – через 100–120 лет. Следовательно, он должен представлять интерес не только с точки зрения этической утилизации, но и как источник сырья для будущих поколений. В ходе опытно-исследовательской работы были получены: освещается конструкция ветряной электростанции и принцип работы возобновляемых источников энергии, эффективность ветряных турбин, а также причины совместной работы ветроэнергетических установок, гидроэнергетических и ветряных турбин, комбинированные энергетические системы ветряных и гидроэлектростанций и моделирование.*

*Ключевые слова: ветряные электроприборы (ВЭП), ветряные электростанции (ВЭС), аккумулятор тепла (АТ), коэффициент эффективности (КЭ), асинхронный двигатель (АД), двигатель внутреннего сгорания (ДВС), электродвижущая сила (ЭДС), процесс теплопередачи.*

*\*Т. К. Balgabekov<sup>1</sup>, G. E. Sirgetayeva<sup>2</sup>, M. M. Sharip<sup>3</sup>, A. N. Kongkybayeva<sup>4</sup>, A. Q. Khasan<sup>5</sup>*

*<sup>1,2,3,4,5</sup>S. Seifullin Kazakh AgroTechnical University,*

*Republic of Kazakhstan, Nur-Sultan.*

*Material received on 28.11.21.*

## **PROBLEMS OF STUDYING THE FACTORS AFFECTING WIND POWER INSTITUTIONS**

*Kazakhstan possesses rich world reserves of non-renewable energy resources. It is part of oil, gas, coal and associated hydrocarbons. According to him, KP is one of the ten best in the world. However, its use is slowing down both during production and incineration. At the same time, it is not the main source of combustion products, but the main source of carbon dioxide («gas gas») and other emissions from combustion products. The number of non-renewable products is not increasing, there is a risk of their unavailability. At present, the level of consumption of hydrocarbons in the*

*world exceeds the level of world consumption. Oil and gas production in Kazakhstan will be completed in 25–30 years, and burial in 100–120 years. Therefore, it should be of interest not only from the point of view of ethical disposal, but also as a source of raw materials for future generations. During the experimental research work, the following results were obtained: the structure of the wind farm and the principle of operation of renewable energy sources are highlighted, the efficiency of wind turbines and the reasons why wind turbines, hydropower and wind turbines work together; combined wind and hydroelectric power systems have been proposed that are suitable for the operation of thermal power plants and modeling.*

*Keywords: wind power appliances (WPA), wind farms (WF), heat accumulator (HA), efficiency ratio (ER), asynchronous motor (AM), internal combustion engine (ICE), electromotive force (EF), heat transfer process.*



<https://doi.org/10.48081/QRFA5104>**N. R. Kartjanov<sup>1</sup>, \*M. G. Zhumagulov<sup>2</sup>, S. B. Sadykova<sup>3</sup>**<sup>1,2,3</sup>L. N. Gumilyov Eurasian National University,  
Republic of Kazakhstan, Nur-Sultan

## **AERODYNAMIC FLOWS INSIDE GAS TURBINE COMBUSTION CHAMBER MODULE**

*The article contains the results of experiments on the research of aerodynamic parameters in the cylindrical module of the combustion chamber in a gas turbine. The intensity of turbulence and flow velocity are considered in the article as the main factors affecting the efficiency of the formation of the fuel-air mixture and, as a consequence, the efficiency of its subsequent combustion. The air flow is studied under isothermal conditions inside two cylindrical channels of different diameters with swirl blades at the inlet. Turbulence intensity and flow velocity are obtained for various points inside the channel. The graphical format for the result presenting was chosen as the most convenient for understanding. The factors influencing the value of intensity and speed are given on the basis of the analysis of experimental data. The study of the structure of the air flow in the channels gives us the opportunity to determine the fuel injection zones. The article may be of interest to researchers and specialists in the field of power and aerodynamics.*

*Keywords: fuel-air mixture, turbulence intensity, gas turbine engine, swirler blades, combustion chamber.*

### **Introduction**

The environmental friendliness and efficiency of modern gas turbine engines and units are determined mainly by the operation of their combustion chambers. The main toxic compounds during fuel combustion are nitrogen oxides NO<sub>x</sub>. Their generation proceeds according to the Zel'dovich mechanism [1] under the conditions of a combustion chamber.

Analysis of works [2, 3] shows that the values of various parameters affect the formation of NO<sub>x</sub>: such as temperature – T, pressure – P, time – t of the stay of reaction products in the combustion zone, concentration of reactants – Z and their fluctuation. Many methods of suppressing nitrogen oxides are aimed at reducing the temperature level of the flame. Some of them are not effective enough, since

the products of incomplete combustion of CO, CnHm, etc. increase (for example, increasing  $\alpha$  in the combustion zone). It affects not only the environmental aspects of the combustion chamber, but also the economic. Other methods have reached the limit of their perfection and cannot meet modern requirements for the emission of harmful emissions. A combination of known methods is microflaring and «lean» combustion. The combination will give good efficient and environmental parameters in new devices. The formation of a «lean» fuel-air mixture depends on the flow structure [7] in such devices.

Physical and chemical processes take place in the combustion chambers of gas turbine engines and have the following difficulties: the need to take into account the specifics of turbulent flows, the multi-phase and multi-component nature of the medium, heat and mass transfer, radiation transfer, etc. All this does not allow building rigorous models of the flow structure in fuel-burning devices and requires experimental studies under isothermal flow conditions.

Turbulence intensity and flow velocity are among the main parameters characterizing the flow. The flow has a speed  $u = \bar{u} + u'$  at any fixed point of the turbulent flow. The speed consists of two components:  $\bar{u}$  – average, constant in time, and  $u'$  – deviation from the average speed  $\bar{u}$ , which is called pulsation. The ratio of the RMS pulsation velocity to the average flow velocity is called the turbulence intensity:

$$\varepsilon = \frac{\sqrt{u'^2}}{\bar{u}} \times 100\% \quad (1)$$

Turbulence intensity is usually expressed in %.

### **Materials and methods**

This article describes the results of the experimental study of the parameters of an isothermal air flow inside two cylindrical channels with different diameters and swirl blades at the inlet. Considered flow parameters: turbulence intensity and velocity. The general design of the investigated cylindrical channels (thickness  $d = 2$  mm) is shown in Figure 1, which consists of a cylindrical body with an inner diameter  $D=46$  mm and a length  $L=150$  mm the first, and the second –  $D=71$  mm and a length  $L=250$  mm. Cylindrical channels at the inlet have a swirler with eight blades with the same rotation angles  $\beta=30^\circ$ . The blades are surrounded by an annular rim with a width (height)  $h=3$  mm.

Such a channel is used as an air nozzle for the preparation of fuel-air mixtures in the front devices of the combustion chamber, so the flow structure in them is of practical value in the design of similar devices.

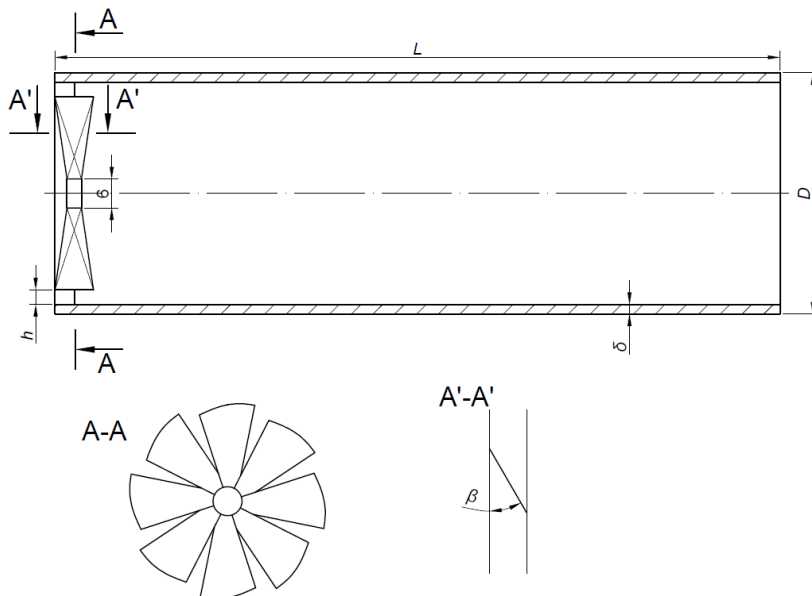


Figure 1 – Channel with inlet swirler

The experiment was carried out on a stand. The scheme of the stand is shown in Figure 2. The stand consists of a fan for air supply; a wind tunnel, at the outlet of which the test samples with a calibration tube (Witoszinski nozzle) and a hot-wire anemometer of constant temperature are installed. The sensitive element of the hot-wire anemometer is a tungsten filament sensor.

The hot-wire anemometer was calibrated [6] at the beginning of the experiment at different flow rates at the exit from the Witoszinski nozzle in front of the samples under study. The Pitot tube was placed in the center of the measurement nozzle. Dependence  $E=f(u)$  was determined by the value of the Pitot tube at different fan performance.

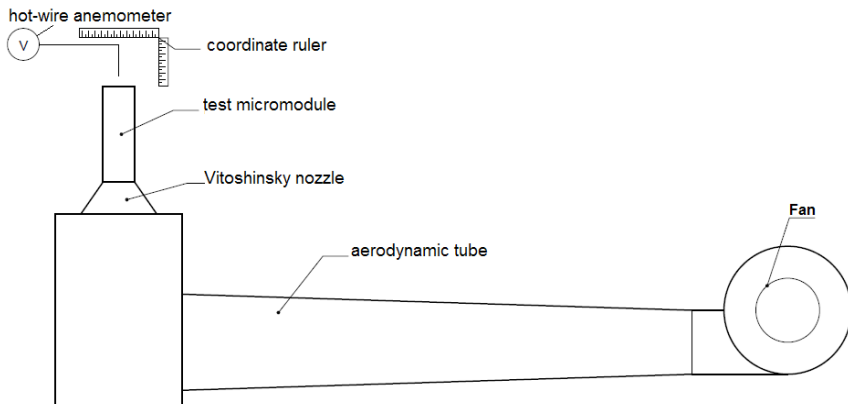


Figure 2 – Scheme of the experimental stand

Hot-wire anemometer readings at the points under study make it possible to calculate the intensity of turbulence from the following equation [4, 5]

$$\varepsilon = \frac{4\bar{E}(\bar{e} - e_0)}{\bar{E}^2 - \bar{E}_0^2} \times 100\% \quad (2)$$

where  $\bar{E}_0$  – bridge voltage in the absence of flow in the pipe, V;

$\bar{E}$  – constant component of the bridge voltage with flow in the pipe, V;

$\bar{e}$  – ripple component of the bridge voltage with flow in the pipe, V;

$e_0$  – system error, V.

The average flow velocity  $\bar{u}$  of selected points inside the channel was determined based on the function  $E=f(u)$  by the following equation

$$\bar{u} = \left( \frac{\bar{E}^2 - A}{B} \right)^2 \quad (3)$$

where A, B – coefficients of calibration dependence, which are determined from the graph  $E=f(u)$  [4,5].

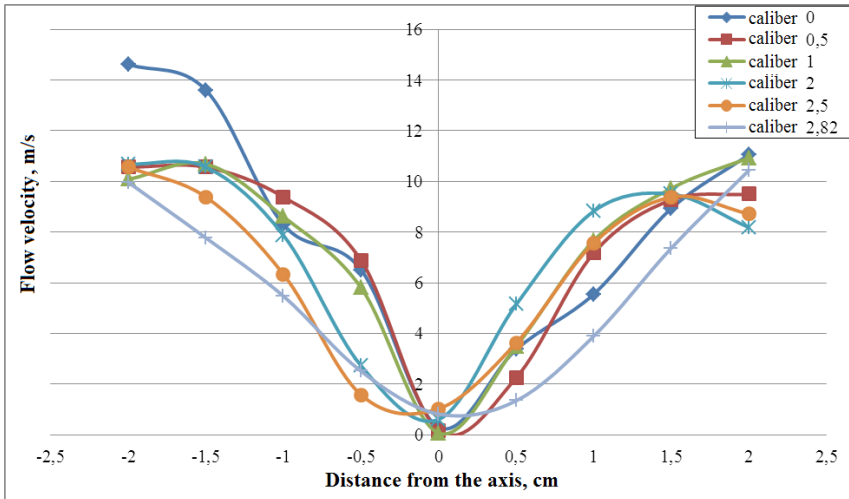


Figure 3 – Flow velocity inside the channel Dins=46 mm

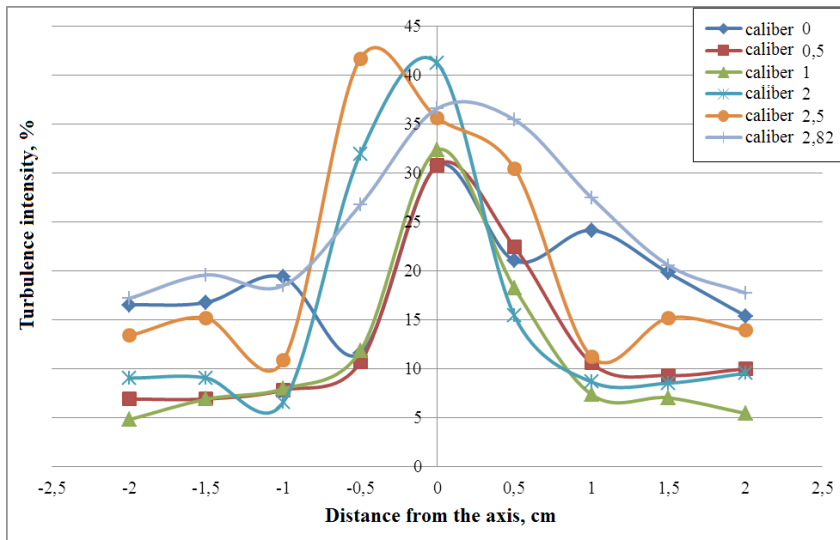


Figure 4 – Turbulence intensity inside the channel Dins=46 mm

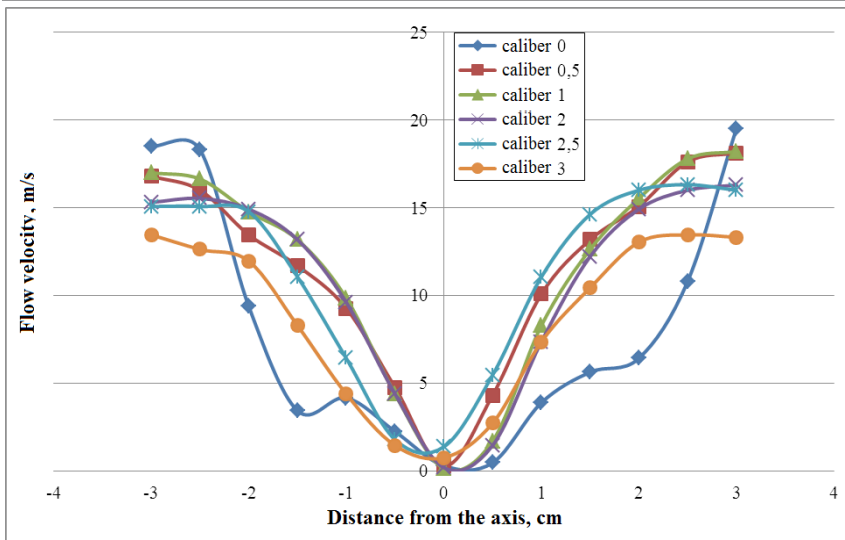


Figure 5 – Flow rate inside the channel Dins =71 mm

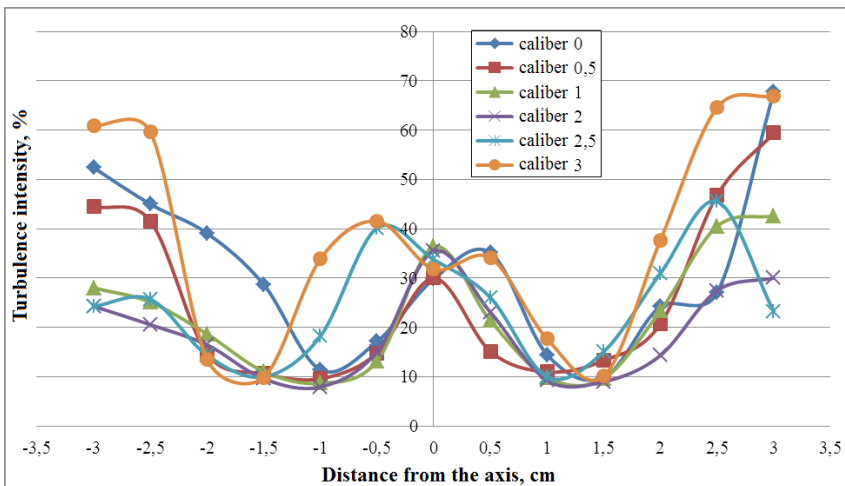


Figure 6 – Turbulence intensity inside the channel Dins =71 mm

## Results and Discussion

Processing of the experimental data shows that the flow velocity has a similar cross-sectional gradient in both channels, i.e. the air flow velocity inside the channel increases from the center to the periphery (toward the wall). This form of

change in the velocity graph is due to the fact that the inlet swirl swirls the air flow, increasing the tangential component of the velocity, which is concentrated on the periphery of the channel due to the centrifugal forces of the flow, thereby creating a zone of low pressure and low velocity in the center of the cylindrical channel.

We see in Figure 3 that the flow velocity is 0.3 m/s on average inside the channel with  $D=46$  mm in the center at a distance of up to the caliber 2, and the velocity reaches 13 m/s at the periphery. The speed is 1 m/s at calibers 2.5 and 2.82 in the center, and near the walls – 9 m/s, i.e. the flow velocity towards the channel outlet tends to balance over the cross section. A similar picture is observed at  $D=71$  mm (Fig. 5.), but due to the fact that the diameter of the channel is larger, the swirler blades create less aerodynamic resistance, so the flow velocity is higher than at  $D=46$  mm. Figure 5 shows that the velocity in the center increases from 0.3 to 1.3 m/s along the calibers, and closer to the wall it decreases from 18 to 13 m/s.

The study of the turbulence intensity ( $\varepsilon$ ) shows that its maximum value takes place in the center of the channel at  $D=46$  mm and close to the wall at  $D=71$  mm. The achievement of such values at these points is due to various reasons. A large value in the center of the channel (near the axis) is achieved by the fact that a zone with a reduced average velocity is formed in the center of the channel due to the peripheral movement of the swirling flow. As we see from equation (1), the intensity is characterized by a pulsation of the average velocity, and therefore the oncoming flows from the center to the wall and vice versa create high pulsations in the center. In addition, the dependence of the intensity of turbulence is inversely proportional to the average speed. As a result, the layer that has a high average velocity at the periphery has a lower turbulence intensity compared to the center.

However, a high value of  $\varepsilon$  is noticed at  $D=71$  mm, on the periphery closer to the wall. The boundary layer appears when a flow flows on the surface of a solid wall, in which small eddies and flow velocity pulsations are formed due to friction, which leads to an increase in the intensity of turbulence. This phenomenon is called «wall» turbulence.

The chart of  $\varepsilon$  in Figure 4 shows that the intensity of turbulence increases from the inlet to the outlet of the channel, along the axis from 30 to 36 %, and along the periphery from 5 to 17 %. The large value of  $\varepsilon$  15–16 % in caliber 0 near the wall is due to the fact that the rim circled around the blades creates a velocity pulsation.

The measurement results of  $\varepsilon$  in the channel  $D=71$  mm (Fig. 6) show that the intensity of turbulence from the center to the walls of the channel decreases to a distance from the axis  $r=10$  mm, then increases from  $r=15$  mm to the wall. Here, also the influence of the annular rim on  $\varepsilon$  is observed in the zero caliber. The value of  $\varepsilon$  varies in all calibers: from 29 to 36 % on the axis, from 9 to 20 % at a distance  $r=10$ –20 mm, from 23 to 60 % at the wall. More developed «wall» turbulence is observed at  $D=71$  mm compared to  $D=46$  mm, which is associated

with the following factors: larger diameter, larger surface area of contact with the flow; channel length, long path acting on the flow; high speed, which creates a significant flow disturbance along the wall.

### **Conclusion**

The following conclusions were drawn from the work done:

1) As the length and diameter of the channel affects the intensity of the flow turbulence inside the channel, so does the inlet swirler. But the selection of the optimal channel dimensions should be carried out taking into account the flow velocity, since the «wall» turbulence also depends on the flow velocity.

2) Channels with an inlet swirler are used in the front devices of the combustion chamber to create a fuel-air mixture. Therefore, it is necessary to focus on experimental data on the study of the flow structure to ensure effective mixing when designing such devices, i.e. take into account the velocity field and the intensity of turbulence inside the channel.

3) The study of the structure of the air flow in the channels gives us the opportunity to determine the fuel injection zones.

4) The results of this work can be a scientific basis for research in the design or creation of efficient micromodular injectors.

### **Information about financing**

This research is funded by the Grant «The best university teacher of 2021 in the Republic of Kazakhstan» (Zhmagulov M. G.).

## REFERENCES

1 **Anetor, L., Odetunde, Ch., Osakue, E. E.** Computational analysis of the extended Zeldovich mechanism // Arabian Journal for Science and Engineering. – 2014. – № 39. – P. 8287–8305.

2 **Достияров, А. М., Умышев, Д. Р., Туманов, М. Е.** Классификация методов подавления NOx и возможности их уменьшения за счет улучшения смесеобразования топливоздушнoй смеси // Вестник Казахского нац. техн. ун-та им. К. И. Сатпаева (КазНТУ). – 2015. – № 3. – С. 85–92.

3 **Konnov, A. A., Javed, M. T., Kassman, H., Irfan, N.** NOx formation, control and reduction techniques // Handbook of Combustion. V.2 : Combustion Diagnostics and Pollutants. – NYC : Wiley, 2010. – P. 439–464.

4 **Bernard, P. S., Wallace, J. M.** Turbulent flow : analysis, measurement and prediction. – NYC : Wiley, 2002. – 497 p.

5 **Абрамович, Г. Н.** Теория турбулентных струй. – Минск : Эколит, 2011. – 720 с.

6 **Исатаев, С. И., Аскарова, А. С., Болегенова, С. А., Толеуов, Г., Лаврищев, О. А., Исатаев, М. С., Шакиров, А. Л.** Специальный физический



практикум по физической гидро- и аэродинамике : Учебное пособие. – Алматы : КазНУ им. Аль-Фараби, 2015. – 226 с.

7 **Достияров, А. М., Достиярова, А. М., Садыкова, С. Б., Картджанов, Н. Р.** Микромодульные воздушные форсунки для кольцевой камеры сгорания ГТД // Вестник КазНУ. – 2019. – № 6. – С. 451–456.

8 **Samal B. Sadykova, Abay M. Dostiyarov, Mikhail G. Zhumagulov, Nurlan R. Kartjanov.** Influence of turbulence on the efficiency and reliability of combustion chamber of the gas turbine // Thermal Science Journal (Q4, percentile 41). – 2021. – № 25 (6 Part A). – P. 4321–4332.

9 **Достияров, А. М., Садыкова, С. Б., Яманбекова, А. К., Картджанов, Н. Р.** Изотермическое исследование влияния угла закрутки входного потока на интенсивность турбулентности // Вестник ПГУ. – 2020. – № 2. – С. 127–136.

10 **Sadykova, S. B., Dostiyarov, A. M., Dostiyarova, A. M., Kartjanov, N. R.** Simulation of the operating conditions in a gas turbine engine combustion chamber // Вестник Евразийского национального университета имени Л. Н. Гумилева. Серия Технические науки и технологии. – 2020. – № 1 (130). – С. 71–77.

## REFERENCES

1 **Anetor, L., Odetunde, Ch., Osakue, E. E.** Computational analysis of the extended Zeldovich mechanism // Arabian Journal for Science and Engineering. – 2014. – № 39. – P. 8287–8305.

2 **Dostiyarov, A. M., Umyshev, D. R., Tumanov, M. Ye.** Klassifikatsiya metodov podavleniya NOx i vozmozhnosti ikh umen'sheniya za schet uluchsheniya smeseobrazovaniya toplivovozdushnoy smesi [Classification of methods for reducing NOx and the possibility of their reduction by improving air-fuel mixture formation] // Bulletin of Satpaev University. – 2015. – No 3. – P. 85–92.

3 **Konnov, A. A., Javed, M. T., Kassman, H., Irfan, N.** NOx formation, control and reduction techniques // Handbook of Combustion. V.2 : Combustion Diagnostics and Pollutants. – NYC : Wiley, 2010. – P. 439–464.

4 **Bernard, P. S., Wallace, J. M.** Turbulent flow : analysis, measurement and prediction. – NYC : Wiley, 2002. – 497 p.

5 **Abramovich, G. N.** Teoriya turbulentykh struy [Theory of turbulent jets]. – Minsk : Ekolot, 2011. – 720 p.

6 **Isatayev, S. I., Askarova, A. S., Bolegenova, S. A., Toleuov G., Lavrishchev, O. A., Isatayev, M. S., Shakirov, A. L.** Spetsial'nyy fizicheskiy praktikum po fizicheskoy gidro- i aerodinamike [Special physical workshop on physical hydro- and aerodynamics]. – Almaty : Al-Farabi university, 2015. – 226 p.

7 **Dostiyarov, A. M., Dostiyarova, A. M., Sadykova, S. B., Kartdzhанov, N. R.** Mikromodul'nyye vozduzhnyye forsunki dlya kol'tsevoy kamery sgoraniya GTD

[Micromodular air nozzles for the annular combustion chamber of gas turbine engines] // Bulletin of Satpaev University. – 2019. – No 6. – P. 451–456.

8 **Samal B. Sadykova, Abay M. Dostiyarov, Mikhail G. Zhumagulov, Nurlan R. Kartjanov.** Influence of turbulence on the efficiency and reliability of combustion chamber of the gas turbine // Thermal Science Journal (Q4, percentile 41). – 2021. – № 25 (6 Part A). – P. 4321–4332.

9 **Dostiyarov, A. M., Sadykova, S. B., Yamanbekova, A. K., Kartdzhahanov, N. R.** Izotermicheskoye issledovaniye vliyaniya ugla zakrutki vkhodnogo potoka na intensivnost' turbulentnosti [Isothermal study of the influence of the swirl angle of the inlet flow on the intensity of turbulence] // Bulletin of Pavlodar State University. – 2020. – No 2. – P. 127–136.

10 **Sadykova, S. B., Dostiyarov, A. M., Dostiyarova, A. M., Kartjanov, N. R.** Simulation of the operating conditions in a gas turbine engine combustion chamber // Bulletin of Eurasian national university. Engineering science and technology Series. – 2020. – No 1 (130). – P. 71–77.

Material received on 28.11.21.

*Н. Р. Картджанов<sup>1</sup>, \*М. Г. Жумагулов<sup>2</sup>, С. Б. Садыкова<sup>3</sup>*  
<sup>1,2,3</sup>Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті,  
Қазақстан Республикасы, Нұр-Сұлтан қ.  
Материал 28.11.21 баспаға түсті.

## ГАЗ ТУРБИНАЛАРЫНЫҢ ЖАНУ КАМЕРАСЫ МОДУЛІНІҢ ІШІНДЕГІ АЭРОДИНАМИКАЛЫҚ АҒЫНДАР

*Мақалада газ турбинасының жану камерасының цилиндрлік модуліндегі аэродинамикалық параметрлерді зерттеу эксперименттерінің нәтижелері келтірілген. Турбуленттіліктің қарқындылығы мен ағынның жылдамдығы мақалада отын-ауа қоспасының түзілу тиімділігіне және кейіннен жанудың тиімділігіне әсер ететін негізгі факторлар ретінде қарастырылады. Аэропоток әр түрлі диаметрдегі, кіре берісте бұралмалы қалақшадар бар екі цилиндрлік каналдың ішіндегі изотермиялық жағдайда зерттеледі. Турбуленттіліктің қарқындылығы мен ағынның жылдамдығы арна ішіндегі әртүрлі нүктелер үшін алынады. Нәтижелерді ұсынудың графикалық форматы түсінуге ыңғайлы болып таңдалады. Қарқындылық пен жылдамдықтың мәніне әсер ететін факторлар эксперименттік деректерді талдау негізінде келтіріледі. Каналдардағы ауа ағынының құрылымын зерттеу*

*бізге жанармай құю аймағын анықтауға мүмкіндік береді. Мақала энергетика және аэродинамика саласындағы зерттеушілер мен мамандар үшін қызықты болуы мүмкін.*

*Кілтті сөздер: отын-ауа қоспасы, турбуленттік қарқындылығы, газ турбины қозғалтқыш, құйындатқыш қалақшалар, жану камерасы.*

*Н. Р. Қартджанов<sup>1</sup>, \*М. Г. Жумагулов<sup>2</sup>, С. Б. Садыкова<sup>3</sup>*

<sup>1,2,3</sup>Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева,

Республика Казахстан, г. Нур-Султан.

Материал поступил в редакцию 28.11.21.

## **АЭРОДИНАМИЧЕСКИЕ ПОТОКИ ВНУТРИ МОДУЛЯ КАМЕРЫ СГОРАНИЯ ГАЗОВЫХ ТУРБИН**

*Статья содержит результаты экспериментов по исследованию аэродинамических параметров в цилиндрическом модуле камеры сгорания газовой турбины. Интенсивность турбулентности и скорость потока рассматриваются в статье как основные факторы, влияющие на эффективность образования топливно-воздушной смеси и как следствие на эффективность последующего горения. Аэропоток изучается в изотермических условиях внутри двух цилиндрических каналов различного диаметра с завихрительными лопатками на входе. Интенсивность турбулентности и скорость потока получены для различных точек внутри канала. Графический формат предоставления результатов выбран как наиболее удобный для понимания. Факторы, влияющие на значение интенсивности и скорости, приводятся на основе анализа экспериментальных данных. Исследование структуры течения воздуха в каналах дает нам возможность определить зоны впрыска топлива. Статья может представлять интерес для исследователей и специалистов в области энергетики и аэродинамики.*

*Ключевые слова: топливно-воздушная смесь, интенсивность турбулентности, газотурбинный двигатель, завихрительные лопатки, камера сгорания.*

<https://doi.org/10.48081/MHHO1100>**\*V. Melnikov<sup>1</sup>, O. Talipov<sup>2</sup>, Yu. Kibartene<sup>3</sup>, Ye. Isenov<sup>4</sup>**<sup>1,2,3,4</sup>Toraighyrov University,

Republic of Kazakhstan, Pavlodar

## **EXPLORING THE POSSIBILITIES OF SMART AND RENEWABLE TECHNOLOGIES FOR THE MODERNIZATION OF INDUSTRIAL HEAT POWER PLANTS**

*The article considers issues related to the modernization of energy technologies. To increase the efficiency of energy resources, operational reliability, loss reduction and environmental safety, the possibilities of trigeneration using fuel cells, hydrogen technologies and RES components, which is expedient to use for the production of additional electricity, are considered. The possibilities of innovative energy components for their integration into traditional power generation systems are shown, simulation schemes and calculation results are given. Modernization of the technological scheme of the traditional industrial thermal power system (ITPS), such as CHP type, to increase its efficiency to 55–65 %. Figure 1 shows the structure of the integrated system, which provides efficiency up to 55 to 65 %. In this integrated system, which makes full use of the available RES resources and other components adopted in the scheme in the figure, the increase in efficiency is achieved through two new factors: a more flexible, intelligent control of the flow of electric energy through the introduction of a new digital smart block «Flexible Electricity» and a new additional technological connection from this block to the block «Mobility», which carries out an effective supply of electric energy of all available mobile devices ITPS.*

*Keywords: energy, coal-fired industrial thermal power system, efficiency, modernization, cogeneration, trigeneration, fuel cell, energy storage systems, RES, simulation, MatlabSimulink.*

### **Introduction**

Modernization of the technological scheme of the traditional industrial thermal power system (ITPS), such as CHP type, to increase its efficiency to

55–65 %. Figure 1 shows the structure of the integrated system, which provides efficiency up to 55 to 65 %. In this integrated system, which makes full use of the available RES resources and other components adopted in the scheme in the figure, the increase in efficiency is achieved through two new factors: a more flexible, intelligent control of the flow of electric energy through the introduction of a new digital smart block «Flexible Electricity» and a new additional technological connection from this block to the block «Mobility», which carries out an effective supply of electric energy of all available mobile devices ITPS.

**Materials and methods**

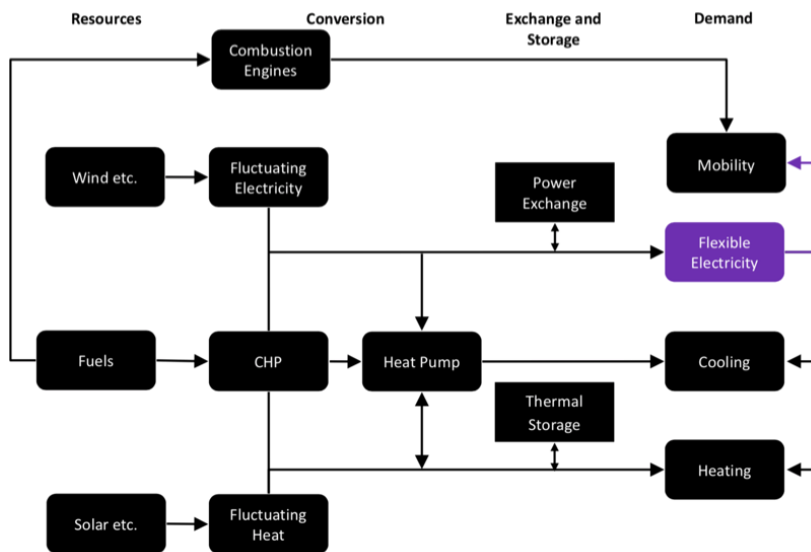


Figure 1 – Modernization by increasing up to (55...65) % of ITPS efficiency by smart energy management technologies

The integrated ITPS also uses the available RES resources: wind, solar and other technologically available from potentially available for the given conditions of ITPS digital smart components.

Simulation models of elements of technological schemes of ITPS with digital, smart and renewable energy components. Figure 2 shows a diagram of a digital model of the cooling system, which can be used for simulation calculations of thermal processes of ITPS, for example, to study the processes of use of secondary heat resources in the ITPS elements to create useful energy in the own needs of ITPS components, as shown, in particular, in the schemes in the figures in the previous sections of this paper.

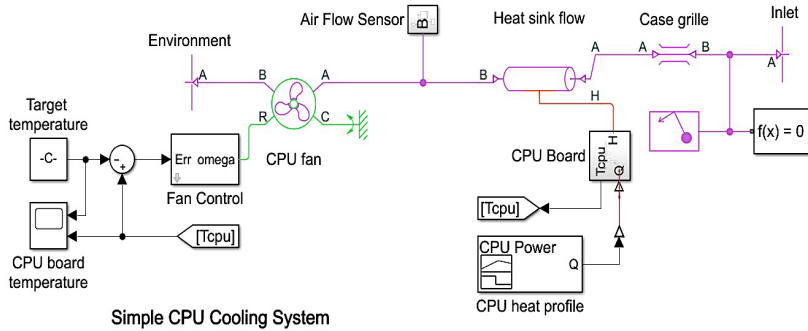
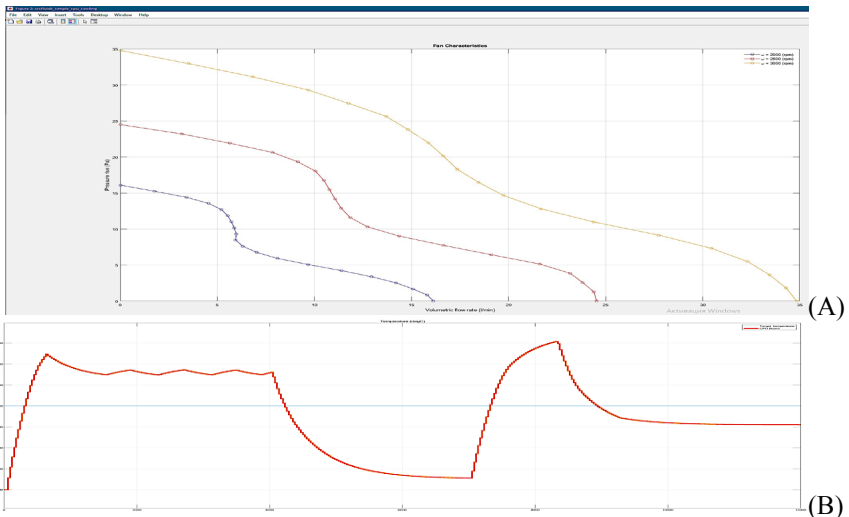


Figure 2 – Schematic of the simulation model for the beneficial use of the secondary heat of the ITPS elements

And in Figure 3, from top to bottom, the calculated curves are shown as illustrations:

- blower fan characteristics (curves A) for the removal and further beneficial use of secondary heat, presented as a family of pressure-volume curves of the pumped air heat transfer fluid, calculated for various operating steady-state fan speeds of 3000 rpm, 2500 rpm, and 2000 rpm for the heat exchanger;
- dependences of temperatures, degC for three variants (respectively, curves B, D, F) of varying and below cyclic control laws (respectively, curves C, E, G) of the power controller of the fan, which carries out useful heat removal of the ITPS element.



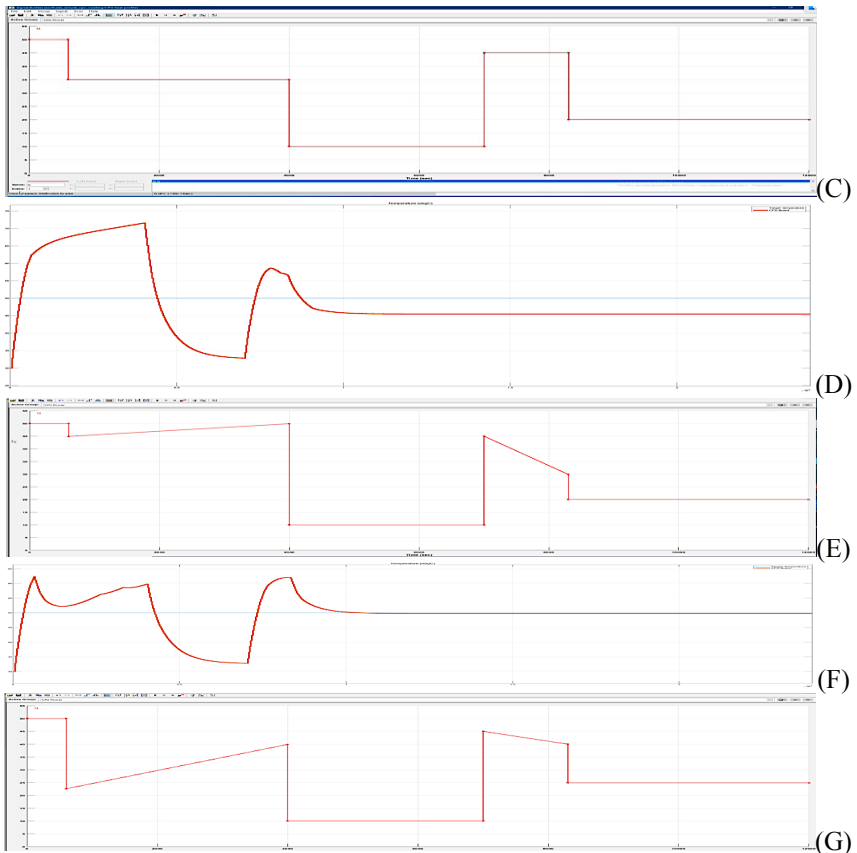
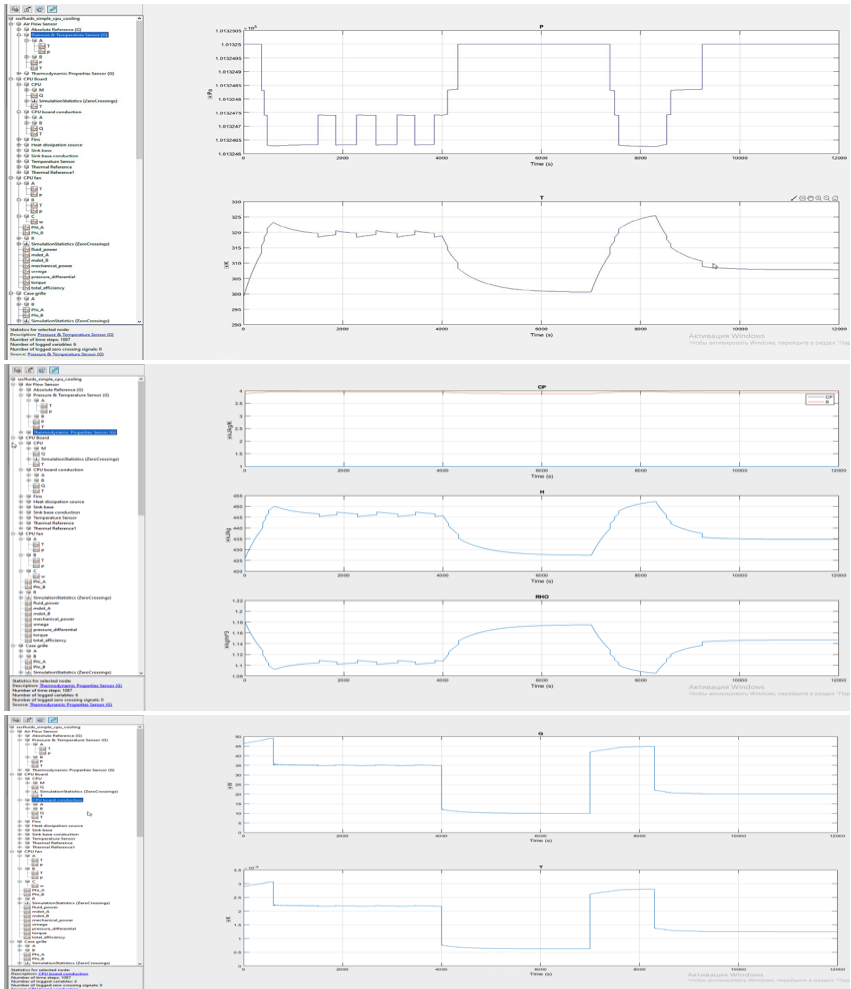


Figure 3 – Calculated curves of dynamic processes of the simulation model for the beneficial use of secondary heat of the ITPS elements at various parameters of the air-gas flow of the heat exchanger and various laws of digital control

Figure 4 shows, for example, curves (from top to bottom) of dynamic processes in various elements of the power and, especially, information part, including digital information sensors, digital controllers and other elements of the digital system; the scheme of the simulation model is shown in the figure above. A detailed description of the parameters of each curve is shown in the figure, column on the left. These curves are given here only to illustrate all the possibilities of the above simulation model. A detailed, detailed description of these curves is not given in the work. However, if necessary, all processes of interest and curves describing them can be easily obtained from this model, including for

other, requiring more detailed study of various options of parameters of a particular digitally controlled ITPS technological installation, both traditional and when using smart and RES components.

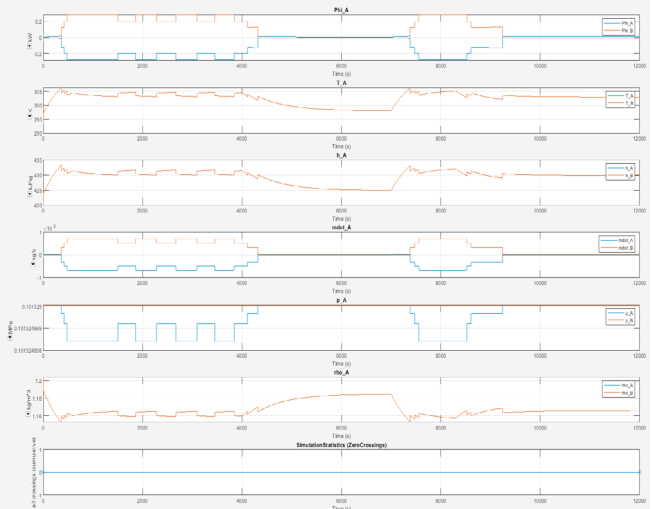






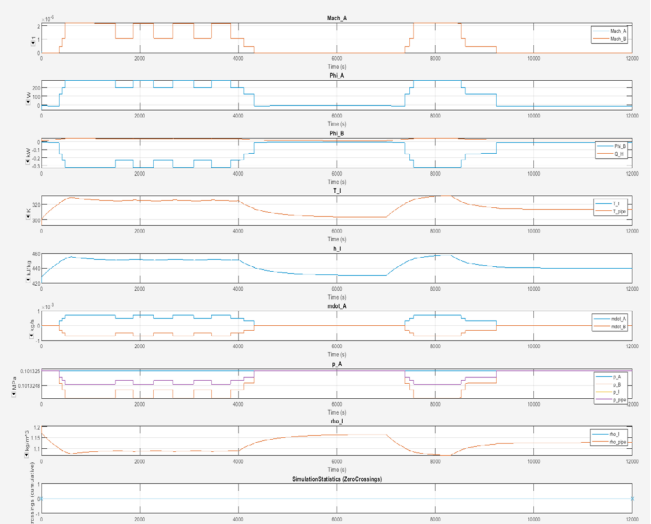
- [-] workbench\_simplx\_pmu\_coding
- [-] Air Flow Sensor
- [-] Absolute Reference (G)
- [-] Pressure & Temperature Sensor (S)
- [-] Thermodynamic Properties Sensor (S)
- [-] CPU Board
- [-] CPU Fan
- [-] J1
- [-] J2
- [-] J3
- [-] J4
- [-] J5
- [-] J6
- [-] J7
- [-] J8
- [-] J9
- [-] J10
- [-] J11
- [-] J12
- [-] J13
- [-] J14
- [-] J15
- [-] J16
- [-] J17
- [-] J18
- [-] J19
- [-] J20
- [-] J21
- [-] J22
- [-] J23
- [-] J24
- [-] J25
- [-] J26
- [-] J27
- [-] J28
- [-] J29
- [-] J30
- [-] J31
- [-] J32
- [-] J33
- [-] J34
- [-] J35
- [-] J36
- [-] J37
- [-] J38
- [-] J39
- [-] J40
- [-] J41
- [-] J42
- [-] J43
- [-] J44
- [-] J45
- [-] J46
- [-] J47
- [-] J48
- [-] J49
- [-] J50
- [-] J51
- [-] J52
- [-] J53
- [-] J54
- [-] J55
- [-] J56
- [-] J57
- [-] J58
- [-] J59
- [-] J60
- [-] J61
- [-] J62
- [-] J63
- [-] J64
- [-] J65
- [-] J66
- [-] J67
- [-] J68
- [-] J69
- [-] J70
- [-] J71
- [-] J72
- [-] J73
- [-] J74
- [-] J75
- [-] J76
- [-] J77
- [-] J78
- [-] J79
- [-] J80
- [-] J81
- [-] J82
- [-] J83
- [-] J84
- [-] J85
- [-] J86
- [-] J87
- [-] J88
- [-] J89
- [-] J90
- [-] J91
- [-] J92
- [-] J93
- [-] J94
- [-] J95
- [-] J96
- [-] J97
- [-] J98
- [-] J99
- [-] J100

Statistics for selected node:  
 Description: **cpu\_board**  
 Number of nodes: 107  
 Number of tagged nodes: 16  
 Number of tagged nodes using graphs: 4  
 Source: **cpu\_board**



- [-] workbench\_simplx\_pmu\_coding
- [-] Air Flow Sensor
- [-] Absolute Reference (G)
- [-] Pressure & Temperature Sensor (S)
- [-] Thermodynamic Properties Sensor (S)
- [-] CPU Board
- [-] CPU Fan
- [-] Case Profile
- [-] Environment
- [-] Fan Control
- [-] Fan Properties (G)
- [-] J1
- [-] J2
- [-] J3
- [-] J4
- [-] J5
- [-] J6
- [-] J7
- [-] J8
- [-] J9
- [-] J10
- [-] J11
- [-] J12
- [-] J13
- [-] J14
- [-] J15
- [-] J16
- [-] J17
- [-] J18
- [-] J19
- [-] J20
- [-] J21
- [-] J22
- [-] J23
- [-] J24
- [-] J25
- [-] J26
- [-] J27
- [-] J28
- [-] J29
- [-] J30
- [-] J31
- [-] J32
- [-] J33
- [-] J34
- [-] J35
- [-] J36
- [-] J37
- [-] J38
- [-] J39
- [-] J40
- [-] J41
- [-] J42
- [-] J43
- [-] J44
- [-] J45
- [-] J46
- [-] J47
- [-] J48
- [-] J49
- [-] J50
- [-] J51
- [-] J52
- [-] J53
- [-] J54
- [-] J55
- [-] J56
- [-] J57
- [-] J58
- [-] J59
- [-] J60
- [-] J61
- [-] J62
- [-] J63
- [-] J64
- [-] J65
- [-] J66
- [-] J67
- [-] J68
- [-] J69
- [-] J70
- [-] J71
- [-] J72
- [-] J73
- [-] J74
- [-] J75
- [-] J76
- [-] J77
- [-] J78
- [-] J79
- [-] J80
- [-] J81
- [-] J82
- [-] J83
- [-] J84
- [-] J85
- [-] J86
- [-] J87
- [-] J88
- [-] J89
- [-] J90
- [-] J91
- [-] J92
- [-] J93
- [-] J94
- [-] J95
- [-] J96
- [-] J97
- [-] J98
- [-] J99
- [-] J100

Statistics for selected node:  
 Description: **heat\_sink\_fan**  
 Number of nodes: 107  
 Number of tagged nodes: 17  
 Number of tagged nodes using graphs: 17  
 Source: **heat\_sink\_fan**



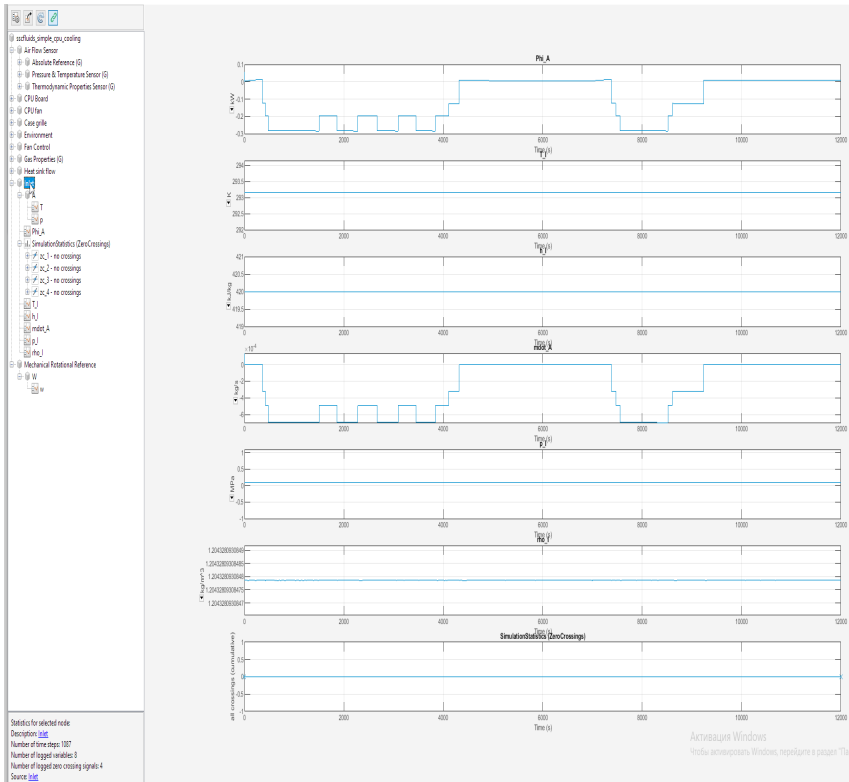
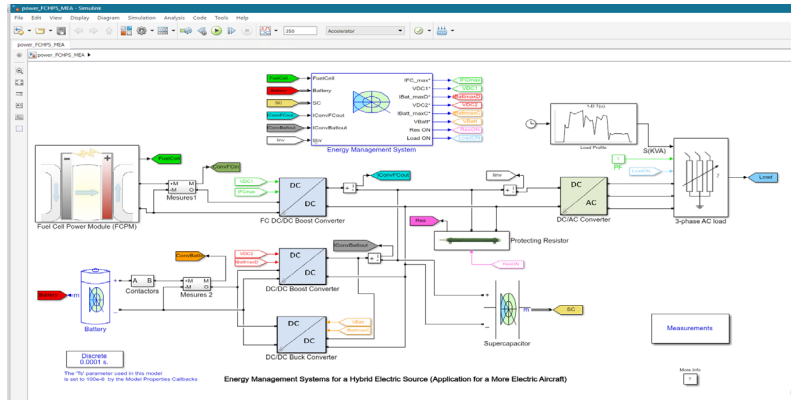


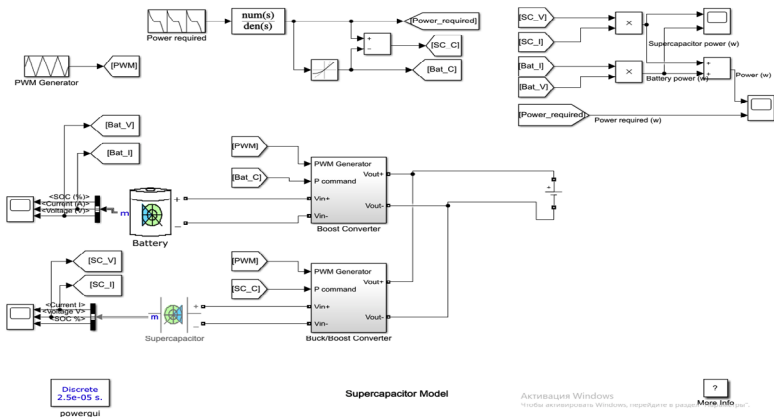
Figure 4 – Illustrative calculated values of dynamic parameters

### Results and discussion

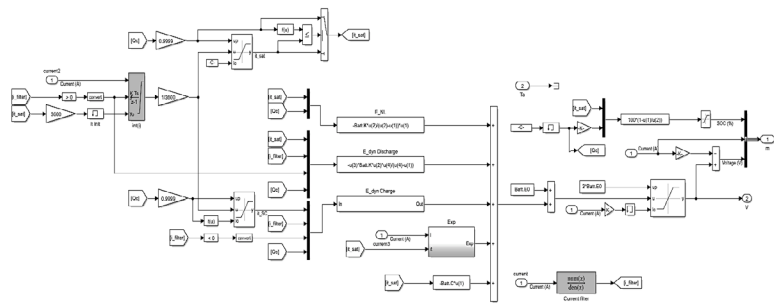
Figure 5 shows the design diagram of the model of digital energy system with fuel cells of energy generation, energy storage and storage systems based on a supercapacitor and battery, digital power semiconductor energy converters, three-phase AC load, simulating own needs of ITPS, and information and control electronic devices that coordinate all subsystems: generation, transmission-distribution, storage and control of load of own needs of ITPS.



(A)



(B)



(C)

Figure 5 – Model of digital energy system with fuel cells and energy storage systems

## Conclusions

Figure 6 shows from top to bottom screen copies of oscillograms of calculated curves: power (curves A), capacitor power, battery power (curves B), current and voltage (curves C). These curves were obtained for the model of energy storage system with supercapacitor and battery, which is RES, smart and digital component of ITPS. The model of digital energy system with fuel cells and energy storage systems is shown in Figure 5.

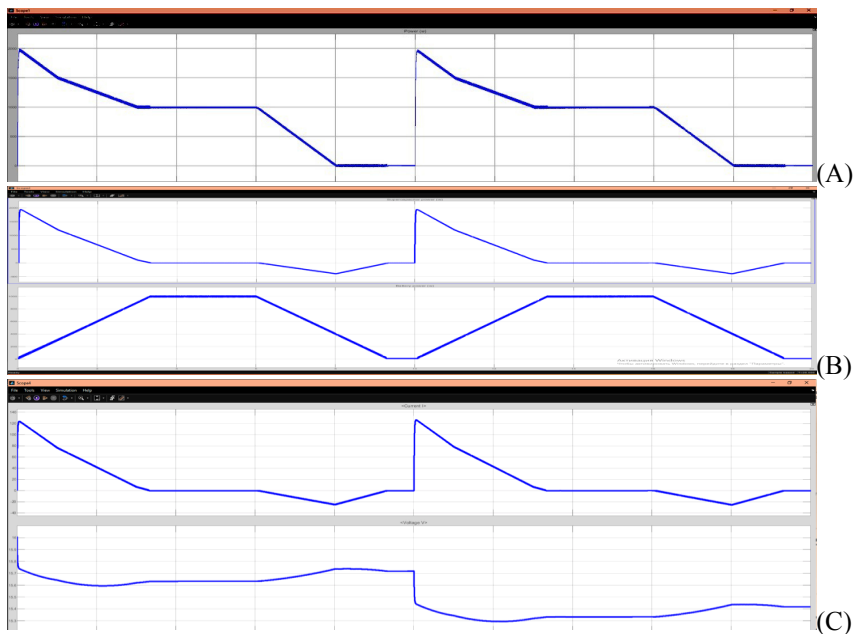


Figure 6 – Calculated oscillograms of dynamic processes in the energy storage system with a supercapacitor and a storage battery

## REFERENCES

- 1 **Montecucco, A., Siviter, J., Knox, AR.** A combined heat and power system for solid-fuel stoves using thermoelectric generators // *Energy Procedia* 2015; 75:597–602. – <http://dx.doi.org/10.1016/j.egypro.2015.07.462>.
- 2 **Codecasa, MP., Fanciulli, C., Gaddi, R., Gomez-Paz, F., Passaretti, F.** Design and development of a TEG cogenerator device integrated into a self-standing natural combustion gas stove // *J Electron Mater* 2015; 44:377–83. – <http://dx.doi.org/10.1007/s11664-014-3297-9>.

3 **Chen, W-H., Wang, C-C., Hung, C-I., Yang C-C., Juang, R-C.** Modeling and simulation for the design of thermal-concentrated solar thermoelectric generator // *Energy* 2014;64:287–97. – <http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2013.10.073>.

4 **Remeli, MFb., Date, A., Orr, Bb., Ding, LC., Singh, B., Affandi, NDN., et al.** Experimental investigation of combined heat recovery and power generation using a heat pipe assisted thermoelectric generator system // *Energy Convers Manage* 2016; 111:147–57. – <http://dx.doi.org/10.1016/j>.

5 **Chávez Urbiola, E. A., Vorobiev, Y.** Investigation of solar hybrid electric/thermal system with radiation concentrator and thermoelectric generator // *Int J Photoenergy*. – 2013. – <http://dx.doi.org/10.1155/2013/704087>.

6 **Remeli MFb, Date A., Orr, Bb., Ding LC., Singh, B., Affandi, NDN. et al.** Experimental investigation of combined heat recovery and power generation using a heat pipe assisted thermoelectric generator system // *Energy Convers Manage* 2016; 111:147–57. – <http://dx.doi.org/10.1016/j>.

7 Full Bridge Multilevel Converter [Electronic resource]. – <https://www.hitachiabb-powergrids.com/offering/product-and-system/semiconductors/semis-models/>

8 Selection Guide Battery powered motor drives. [Electronic resource]. – [https://www.infineon.com/dgdl/Infineon-ApplicationBrochure\\_BatteryPoweredMotorDrives-ApplicationBrochure-v02\\_00-EN.pdf?fileId=db3a30433d1d0bbe013d21560eba4a17](https://www.infineon.com/dgdl/Infineon-ApplicationBrochure_BatteryPoweredMotorDrives-ApplicationBrochure-v02_00-EN.pdf?fileId=db3a30433d1d0bbe013d21560eba4a17).

9 Every switch needs a driver. Gate driver application matrix [Electronic resource]. – [https://www.infineon.com/dgdl/Infineon-Application\\_Matrix\\_Gate\\_Driver\\_ICs-ABR-v01\\_00-EN.pdf?fileId=5546d4626102d35a016102e1cee20036](https://www.infineon.com/dgdl/Infineon-Application_Matrix_Gate_Driver_ICs-ABR-v01_00-EN.pdf?fileId=5546d4626102d35a016102e1cee20036).

10 Motor Handbook [Electronic resource]. – [https://www.infineon.com/dgdl/Infineon-motorcontrol\\_handbook-AdditionalTechnicalInformation-v01\\_00-EN.pdf?fileId=5546d4626bb628d7016be6a9aa637e69](https://www.infineon.com/dgdl/Infineon-motorcontrol_handbook-AdditionalTechnicalInformation-v01_00-EN.pdf?fileId=5546d4626bb628d7016be6a9aa637e69).

Material received on 28.11.21.

*\*В. Мельников<sup>1</sup>, О. Талипов<sup>2</sup>, Ю. Кибартене<sup>3</sup>, Е. Исенов<sup>4</sup>*

<sup>1,2,3,4</sup>Торайғыров университеті,

Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

Материал 28.11.21 баспаға түсті.

## **ӨНЕРКӘСПТІК ЖЫЛУ ЭЛЕКТР СТАНЦИЯЛАРЫН ЖАҢҒЫРТУ ҮШІН ЗИЯТКЕРЛІК ЖӘНЕ ЖАҢАРТЫЛАТЫН ТЕХНОЛОГИЯЛАРДЫҢ МҮМКІНДІКТЕРІН ЗЕРТТЕУ**

*Мақалада энергетикалық технологияларды жаңғыртуға байланысты мәселелер қарастырылады. Энергия ресурстарын*

пайдалану тиімділігін, пайдалану сенімділігін арттыру, шығындарды азайту және экологиялық қауіпсіздікті арттыру үшін қосымша электр энергиясын өндіру үшін пайдалану орынды отын элементтерін, сутегі технологияларын және ЖЭК компоненттерін пайдалана отырып, үшгенерация мүмкіндіктері қарастырылады. Инновациялық энергетикалық компоненттердің оларды электр энергиясын өндірудің дәстүрлі жүйелеріне интеграциялау мүмкіндіктері көрсетілген, модельдеу схемалары мен есептеу нәтижелері келтірілген. ЖЭО сияқты дәстүрлі Өнеркәсіптік жылу-энергетикалық жүйенің (ИТЭС) технологиялық схемасын оның тиімділігін 55–65 %-ға дейін арттыру үшін жаңғырту. 1-суретте тиімділігі 55–65 % дейін қамтамасыз ететін интеграцияланған жүйенің құрылымы көрсетілген. Қол жетімді ЖЭК ресурстарын және суреттегі схемада қабылданған басқа компоненттерді толық пайдаланатын осы интеграцияланған жүйеде тиімділіктің жоғарылауына екі жаңа фактор әсер етеді: жаңа сандық ақылды «икемді электр» блогын енгізу арқылы электр энергиясының ағынын негүрлым икемді интеллектуалды басқару және осы блоктан Жаңа қосымша технологиялық қосылу, барлық қол жетімді ИТЭС мобильді құрылғыларына электр энергиясын тиімді жеткізуді жүзеге асыратын «ұтқырлық» блогы.

*Кілтті сөздер:* энергетика, көмірмен жұмыс істейтін өнеркәсіптік жылу энергетикалық жүйе, тиімділік, жаңғырту, когенерация, тригенерация, отын элементі, энергияны сақтау жүйелері, ЖЭК, модельдеу, MatlabSimulink.

\*В. Мельников<sup>1</sup>, О. Талипов<sup>2</sup>, Ю. Кибартене<sup>3</sup>, Е. Исеинов<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Торайгыров университет,

Республика Казахстан, г. Павлодар.

Материал поступил в редакцию 28.11.21.

## **ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ МОДЕРНИЗАЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ**

*В статье рассматриваются вопросы, связанные с модернизацией энергетических технологий. Для повышения эффективности использования энергоресурсов, эксплуатационной надежности, снижения потерь и экологической безопасности рассматриваются возможности тригенерации с использованием топливных элементов, водородных технологий и компонентов ВИЭ, которые целесообразно*

использовать для производства дополнительной электроэнергии. Показаны возможности инновационных энергетических компонентов для их интеграции в традиционные системы выработки электроэнергии, приведены схемы моделирования и результаты расчетов. Модернизация технологической схемы традиционной промышленной теплоэнергетической системы (ИТЭС), такой как ТЭЦ, для повышения ее эффективности до 55–65 %. На рисунке 1 показана структура интегрированной системы, которая обеспечивает КПД до 55–65 %. В этой интегрированной системе, которая в полной мере использует доступные ресурсы ВИЭ и другие компоненты, принятые в схеме на рисунке, повышение эффективности достигается за счет двух новых факторов: более гибкого интеллектуального управления потоком электроэнергии за счет внедрения нового цифрового интеллектуального блока «Гибкое электричество» и нового дополнительного технологического подключения от этого блока к блоку «Мобильность», который осуществляет эффективную подачу электроэнергии всех доступных мобильных устройств ITPS.

*Ключевые слова:* энергетика, промышленная теплоэнергетическая система, работающая на угле, эффективность, модернизация, когенерация, тригенерация, топливный элемент, системы хранения энергии, ВИЭ, моделирование, MatlabSimulink.



<https://doi.org/10.48081/DQZB7257>

**\*А. С. Никифоров<sup>1</sup>, А. К. Кинжибекова<sup>2</sup>,  
Е. В. Приходько<sup>3</sup>, А. Е. Карманов<sup>4</sup>**

<sup>1,2,3,4</sup>Торайгыров университет,

Республика Казахстан, г. Павлодар

## **АНАЛИЗ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ, ВЛИЯЮЩИХ НА ОСТАТОЧНЫЙ РЕСУРС ОБМУРОВКИ КОТЕЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ**

*В статье производится анализ условий эксплуатации котельных агрегатов и оценка их влияния на их остаточный ресурс.*

*Обмуровка предназначена для уменьшения тепловых потерь и обеспечения газовой плотности. Она имеет свою продолжительность работы до ремонта или аварии. Этот срок определяется остаточным ресурсом, то есть суммарной наработкой агрегата от момента проведения контроля его технического состояния, до перехода в предельное состояние. Для оценки остаточного ресурса обмуровки котельного агрегата необходимо провести анализ условий эксплуатации, оказывающих влияние на разрушение обмуровки.*

*Проведённый анализ показывает, что среди всех эксплуатационных факторов для основных видов котлов можно выделить четыре основных условия, определяющие возможность разрушения обмуровки. К ним относятся: перепады температур по сечению обмуровки и температурные напряжения, вызванные этими перепадами, температура внутренней поверхности обмуровки, качество производимых обмуровочных работ и материалов, а также взрывы в топочной камере и газоходах котла.*

*На основании выполненного обследования котла ДКВР-20-13, работающего на газообразном топливе были определены факторы эксплуатации, влияющие на стойкость обмуровки, это: воздействие температурных напряжений на обмуровку и качество производимых обмуровочных работ и качество используемых материалов.*

*Ключевые слова: остаточный ресурс, обмуровка, условия эксплуатации, котельные агрегаты, надежность.*

## **Введение**

Обмуровка – это система огнеупорных и теплоизоляционных ограждений котельного агрегата, предназначенных для уменьшения тепловых потерь и обеспечения газовой плотности. Как и каждый элемент котла, обмуровка имеет свою продолжительность работы до ремонта или аварии. Этот срок определяется остаточным ресурсом, то есть суммарной наработкой агрегата от момента проведения контроля его технического состояния, до перехода в предельное состояние.

При эксплуатации оборудования различных отраслей производства определяется наиболее «слабое звено» (или несколько звеньев), которое, как правило, и определяет ресурс работы. При этом возможен выход из строя других элементов, который будет также приводить к останову оборудования.

Остаточный ресурс котельных агрегатов определяется, в большинстве случаев, наработкой на отказ труб поверхностей нагрева. Так, согласно [1, 2] повреждения котельного оборудования блоков 300 МВт происходят в основном по причине выхода из строя поверхностей нагрева – 79,2 %; автоматики – 7,4 %; арматуры – 4,9 %; обмуровки – 0,3 %, воздухоподогревателей – 0,1 %.

Между тем, специфика работы ряда котлов предполагает более благоприятные условия работы труб поверхностей нагрева. В таких случаях усиливается важность отказов остальных элементов. В работе [3] показано, что эксплуатация судовых паровых котлов показывает, что разрушение обмуровочных поверхностей топок остается одной из самых распространенных причин аварий, которые сопровождаются, как правило, выходом котлов из строя и большими экономическими потерями, обусловленными простоем судна и ремонтом установки.

Как видно из приведённых данных – выход из строя обмуровки не является частой причиной для аварийного останова котельных агрегатов, но стоит отметить, что неудовлетворительное состояние обмуровки котлов может приводить не только к останову котлов по причине недопустимых параметров работы, но и к снижению энергоэффективности их работы при частичном разрушении обмуровки.

На рисунке 1 показана часть обмуровки парового котла, имеющая сквозные разрушения.



Рисунок 1 – Разрушение обмуровки котельного агрегата

При этом, согласно [4] котел немедленно останавливается и отключается: при взрыве в топке, взрыве или загорании горючих отложений в газоходах и золоулавливающей установке, разогреве докрасна несущих балок каркаса или колонн котла, при обвале обмуровки, а также других повреждениях, угрожающих персоналу или оборудованию. Таким образом, ресурс работы обмуровки является важным показателем при работе котельного агрегата, причём для ряда оборудования он является определяющим фактором при их работе.

Анализируя способы контроля толщины обмуровки, как важнейшего показателя остаточного ресурса, можно выделить способ замера температур на поверхности обмуровки. По данным значениям определяют потери котла в окружающую среду. Температуры на поверхности контролируются постоянно или периодически с помощью пирометров или тепловизоров. Использование тепловизоров даёт наглядную картину тепловых полей, которая отображается в режиме «on-line» и позволяет оценить тепловые потери [5, 6, 7]. Кроме этого, использование данных, полученных при замерах температуры на поверхности обмуровки позволяет оценить скрытые дефекты, возникшие в процессе эксплуатации, что позволяет оценить текущее состояние обмуровки. В работе [8] на основе тепловизионного обследования котельного агрегата КЕ-25-14 °С установили состояние и процент разрушения обмуровки, который равен 20 %.

Приведённые примеры показывают, что на основании данных, полученных при диагностировании температур поверхности обмуровки,

возможно получение данных о действительном состоянии обмуровки, в частности о её толщине. Это важная информация для оценки остаточного ресурса, но для точного прогнозирования состояния обмуровки необходим учёт факторов, оказывающих на неё влияние. Таким образом, для оценки остаточного ресурса обмуровки котельного агрегата необходимо провести анализ условий эксплуатации, оказывающих влияние на разрушение обмуровки.

### **Материалы и методы**

Для анализа условий эксплуатации, влияющих на остаточный ресурс обмуровки котельных агрегатов используются общие методы: измерение температурных полей обмуровки; фундаментальные положения теории теплопроводности; математики, определение коэффициента теплоотдачи и тепловых потерь.

### **Результаты и обсуждения**

Рассмотрим условия эксплуатации, влияющие на остаточный ресурс котельных агрегатов. Первым условием, оказывающим наибольшее влияние на состояние обмуровки, является температура. В данном случае это условие имеет два аспекта.

Во-первых, это перепады температур по сечению обмуровки и температурные напряжения, вызванные этими перепадами. Температурные напряжения возникают при резких изменениях температур, как правило, в процессе разогрева и охлаждения агрегата. Эта ситуация возникает по причине отсутствия в графике разогрева (или охлаждения) зависимости скорости разогрева от температуры обмуровки, так как разогрев ведётся относительно температуры металла барабана котла; температуры вырабатываемого пара и др. Учёт данного условия при оценке остаточного ресурса возможен, при замерах температур обмуровки и вычислении температурных напряжений.

Во-вторых, это температура внутренней поверхности обмуровки. Согласно [4] повышение температуры в топке на 50–60 °С выше расчетной в течение часа способно привести к такому износу, который происходит при расчетных режимах обычно через 2–3 месяца. Повышение температуры на поверхности обмуровки может являться следствием ряда причин, среди которых наиболее часто имеют место: пролив мазута на поверхность обмуровки; смещение факела вследствие неправильной работы горелок; сгорание недогоревших частиц топлива вне зоны горения и др. Учёт данного условия при оценке остаточного ресурса также возможен за счёт анализа статистических данных по эксплуатации, количества и качественных характеристик повышения температуры [9].

Вторым условием, которое нужно учитывать для оценки остаточного ресурса, является разъедание обмуровки шлаками. Соединения Са,

Na, Mg, входящие в состав шлаков, при попадании шлака на кладку разъедают её, растворяя огнеупорный материал. Не для всех котельных агрегатов химическое воздействие шлаков является важным условием продолжительности работы обмуровки. Так, при жидком шлакоудалении и сжигании угля с легкоплавкой золой будут иметь место значительные зоны обмуровки (и не только в топочной камере) подвергающиеся воздействию расплавленного шлака. При сжигании же топлив с тугоплавкой золой, значительного разъедания огнеупоров шлаками не наблюдается.

Третьим условием необходим учёт качества производимых обмуровочных работ и материалов. Качество производимых обмуровочных работ можно повышать и доводить до нормируемого посредством контроля самих работ. Снижение качества поставляемых материалов можно учитывать при оценке остаточного ресурса по отклонению (снижению) прочности используемых огнеупорных материалов [10].

Четвёртым условием эксплуатации, влияющим на остаточный ресурс обмуровки можно считать взрывы в топочной камере и газоходах котла, которые могут привести не только к частичному разрушению обмуровки (снижению её толщины), но и к нарушению газовой плотности путём образования незначительных трещин. Этот фактор эксплуатации необходимо учитывать при зафиксированных взрывах в котлах посредством контроля тепловых полей на поверхности обмуровки и содержания кислорода на выходе дымовых газов из котла.

В качестве примера анализа условий эксплуатации приведём пример обследования котла ДКВР-20-13. Тепловизионное обследование поверхности обмуровки котла показало значительные превышения расчётных температур, которые в ряде случаев доходили до 219 °С (рисунок 2).

Анализируя тепловизионные снимки, можно сказать, что имеет место разрушение обмуровки котла в первую очередь в топочной камере. Средняя температура на поверхности обмуровки около 75 °С. Характер разрушения равномерный за исключением стыков, которые можно охарактеризовать как нарушение газоплотности обмуровки вследствие отсутствия температурных швов.

Переходной газоход из топки в конвективную часть выполнен из металла, покрытого обмазкой, поэтому разрушений обмуровки в нём не наблюдается. Состояние же обмуровки конвективного газохода – удовлетворительное, что обосновывается более низким уровнем температур газов и говорит о значительном влиянии температуры, как условия эксплуатации, на остаточный ресурс обмуровки.

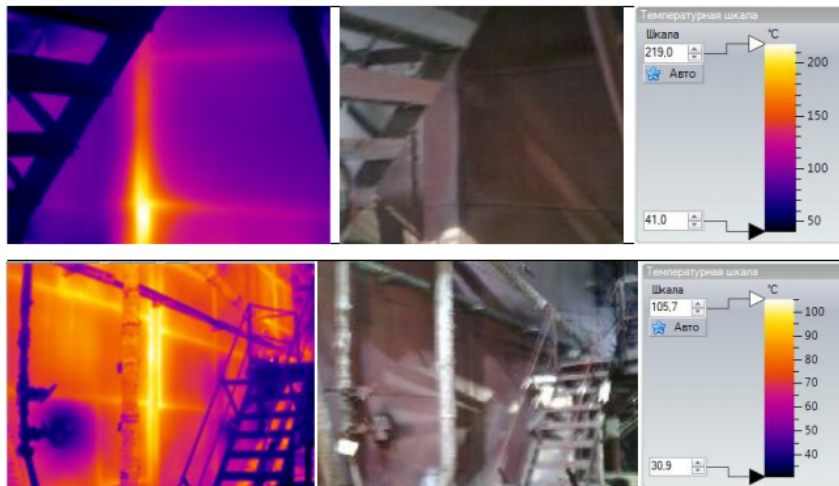


Рисунок 2 – Тепловизионные снимки поверхности нагрева котла

Рассмотрим условия эксплуатации, влияющие на остаточный ресурс обмуровки. Самое важное значение, в данном случае, имеет температурное воздействие на обмуровку, возникающее вследствие перепадов температур. Локального повышения температуры не наблюдается, доказательством чего служит равномерный износ огнеупоров.

Разъедание обмуровки шлаками отсутствует вследствие сжигания газообразного топлива. Влияние продуктов горения при сжигании мазута (резервного топлива) не обнаружено.

Качество производимых обмуровочных работ и качество используемых материалов необходимо учитывать для оценки остаточного ресурса. Температурные швы, несоответствующие огнеупорным материалам и условиям его применения привели к нарушению газоплотности, выявленной при тепловизионном обследовании. Кроме этого, замеры прочности применяемых огнеупорных материалов показали меньшее значение предела прочности на сжатие до 2 % относительно паспортной.

Согласно журналам эксплуатации, за период, прошедший с момента последнего ремонта обмуровки, взрывов в котле не было зафиксировано, таким образом этот фактор эксплуатации не повлиял на остаточный ресурс.

### **Выводы**

Проведённый анализ показал, что имеется ряд условий эксплуатации котельных агрегатов, учёт которых возможен при оценке остаточного ресурса обмуровок. Важнейшим фактором для большинства котлов являются

температурные воздействия. Для котлоагрегата ДКВР-20-13, работающем на газообразном топливе, такими факторами эксплуатации являются:

- воздействие температурных напряжений на обмуровку;
- качество производимых обмуровочных работ и качество используемых материалов.

*Исследование финансируется Комитетом науки Министерства образования и науки Республики Казахстан (грант № AP09561854).*

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Беляев, С. А., Литвак, В. В., Солод, С. С.** Надежность теплоэнергетического оборудования ТЭС. – Томск : Изд-во НТЛ, 2008. – 218 с.

2 **Хаванов, П. А.** Водогрейные котлоагрегаты малой мощности. Теплотехнические особенности применения АВОК. – 2011. – № 5. – С. 66–76.

3 **Петров, А. И.** Оценка причин повреждений обмуровок в топках судовых паровых котлов // Вестник МГТУ. – 2015. – Том 18. – № 1. – С. 17–19.

4 Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей. Утверждены постановлением Правительства Республики Казахстан от 24 октября 2012 года № 1352.

5 **Тюлюканов, В. Д.** Тепловизионная съемка как инструмент оценки энергосберегающего потенциала // Энергосовет. – 2009. – № 3. – С. 14–17.

6 **Мурин, Г. А.** Теплотехнические измерения : учебник для техникумов. – изд. 5-е, перераб. и доп. – М. : Энергия, 1979. – 424 с.

7 **Никифоров, А. С., Приходько, Е. В., Карманов, А. Е.** Физическое моделирование процесса разогрева футеровок высокотемпературных агрегатов // Энергетика и топливные ресурсы Казахстана. – 2012. – № 9–10. С. 88–89.

8 Исследование эффективности работы котельного агрегата в зависимости от состояния обмуровки / Е. Н. Мясоедова, И. Н. Коротецкий, О. А. Степанова [и др.] // Молодой ученый. – 2014. – № 6 (65). – С. 203–207.

9 **Никифоров, А. С., Приходько, Е. В., Карманов, А. Е., Кинжибекова, А. К.** Модернизация обмуровки водогрейных котлов малой мощности с целью снижения тепловых потерь // Вестник ПГУ, 2013. – № 2. – С. 89–92.

10 **Приходько, Е. В., Кинжибекова, А. К.** Разработка комплекса мер по увеличению тепловой эффективности и экономичности высокотемпературных установок. – Энергетика, 2010 – № 1. – С. 14–16.

## REFERENCES

- 1 **Belyaev, S. A., Litvak, V. V., Solod, S. S.** Nadejnost teploenergeticheskogo oborudovaniya TES [Reliability of thermal power equipment of thermal power plants]. – Tomsk : Izd-vo NTL. – 2008. – 218 p.
- 2 **Havanov, P. A.** Vodogrejnnye kotloagregaty maloj moshchnosti. Teplotekhnicheskie osobennosti primeneniya AVOK. – 2011. – № 5. – P. 66–76.
- 3 **Petrov, A. I.** Ocenka prichin povrezhdenii obmurovok v topkakh sudovih parovih kotlov [Assessment of the causes of damage to lining in the furnaces of ship steam boilers] // Vestnik MGTU. – 2015. – Tom 18. – № 1. – P. 17–19.
- 4 Pravila tehniceskoi ekspluatatsii elektricheskikh stancii i setei [Rules for the technical operation of power plants and networks]. Utverjdeni postanovleniem Pravitelstva Respubliki Kazahstan ot 24 oktyabrya 2012 goda № 1352.
- 5 **Tyulyukanov, V. D.** Teplovizionnaya semka kak instrument ocenki energosberegayuschego potentsiala [Thermal imaging as a tool for assessing energy-saving potential] // Energosovet. – 2009. – № 3. – P. 14–17.
- 6 **Murin, G. A.** Teplotekhnicheskie izmereniya: uchebnik dlya tekhnikumov [Thermal measurements: a textbook for technical schools]. – izd. 5-e, pererab. i dop. – Moscow : Energiya, 1979. – 424 p.
- 7 **Nikiforov, A. S., Prihod'ko, E. V., Karmanov, A. E.** Fizicheskoe modelirovanie processa razogreva futerovok vysokotemperaturnyh agregatov [Physical modeling of the process of heating the lining of high-temperature units] // Energetika i toplivnye resursy Kazahstana. – 2012. – № 9–10. – P. 88–89.
- 8 Issledovanie effektivnosti raboti kotel'nogo agregata v zavisimosti ot sostoyaniya obmurovki [Study of the efficiency of the boiler unit depending on the state of the lining] / E. N. Myasoedova, I. N. Koroteckii, O. A. Stepanova, i dr. // Molodoi uchenii. – 2014. – № 6 (65). – P. 203–207.
- 9 **Nikiforov, A. S., Prihod'ko, E. V., Karmanov, A. E., Kinzhibekova, A. K.** Modernizatsiya obmurovki vodogrejnnyh kotlov maloj moshchnosti s cel'yu snizheniya teplovyh poter' [Modernization of the lining of low-power hot water boilers in order to reduce heat losses] // Vestnik PGU, 2013. – № 2. – P. 89–92.
- 10 **Prihod'ko, E. V., Kinzhibekova, A. K.** Razrabotka kompleksa mer po uvelicheniyu teplovoj effektivnosti i ekonomichnosti vysokotemperaturnyh ustanovok [Development of a set of measures to increase the thermal efficiency and economy of high-temperature installations]. – Energetika, 2010 – № 1. – P. 14–16.

Материал поступил в редакцию 28.11.21.



\*А. С. Никифоров<sup>1</sup>, А. К. Кинжибекова<sup>2</sup>, Е. В. Приходько<sup>3</sup>, А. Е. Карманов<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Торайғыров университеті,

Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

Материал 28.11.21 баспаға түсті.

## **ҚАЗАНДЫҚ ҚОНДЫРҒЫЛАРЫНЫҢ ҚАЛДЫҚ ӨМІРІНЕ ӘСЕР ЕТЕТІН ЖҰМЫС ЖАҒДАЙЛАРЫН ТАЛДАУ**

*Мақалада қазандық қондырғыларының жұмыс жағдайлары талданады және олардың қалдық мерзіміне әсері бағаланады.*

*Қаптама жылу шығынын азайтуға және газдың тығыздығын қамтамасыз етуге арналған. Оның жөндеу немесе апатқа дейін өзіндік ұзақтығы бар. Бұл кезең қалдық ресурспен анықталады, яғни қондырғының техникалық күйін бақылау сәтінен бастап шекті күйге көшуге дейінгі жалпы жұмыс уақыты. Қазандық қондырғысының қаптамасының қалдық қызмет мерзімін бағалау үшін қаптаманың бұзылуына әсер ететін жұмыс жағдайын талдау қажет.*

*Талдау көрсеткендей, қазандықтардың негізгі түрлеріне арналған барлық жұмыс факторларының ішінде төсеніштің бұзылу мүмкіндігін анықтайтын төрт негізгі шартты бөлуге болады. Оларға: қаптаманың көлденең қимасындағы температуралық айырмашылықтар мен осы өзгерістер әсерінен туындайтын температуралық кернеулер, қаптаманың ішкі бетінің температурасы, қаптау жұмыстары мен орындалатын материалдардың сапасы, сонымен қатар жану камерасы мен қазандық газ құбырларындағы жарылыстар жатады.*

*Газ тәрізді отынмен жұмыс істейтін DKVR-20-13 қазандығын зерттеу негізінде қаптаманың төзімділігіне әсер ететін жұмыс факторлары анықталды: температуралық кернеулердің қаптамаға әсері және қаптау жұмыстарының сапасы мен материалдардың сапасы қолданылған.*

*Кілтті сөздер: қалдық мерзімі, қаптама, пайдалану шарттары, қазандық қондырғылары, сенімділік.*

\*A. S. Nikiforov<sup>1</sup>, A. K. Kinzhibekova<sup>2</sup>, E. V. Prikhodko<sup>3</sup>, A. E. Karmanov<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Toraighyrov University,

Republic of Kazakhstan, Pavlodar.

Material received on 28.11.21.

## **ANALYSIS OF OPERATING CONDITIONS AFFECTING THE RESIDUAL LIFE OF THE BOILER UNITS**

*The article analyzes the operating conditions of boiler units and evaluates their impact on their residual life.*

*The lining is designed to reduce heat losses and ensure gas density. It has its own duration until repair or accident. This period is determined by the residual resource, that is, the total operating time of the unit from the moment of monitoring its technical condition, to the transition to the limit state. To assess the residual life of the lining of the boiler unit, it is necessary to analyze the operating conditions that affect the destruction of the lining.*

*The analysis shows that among all the operating factors for the main types of boilers, four main conditions can be distinguished that determine the possibility of destruction of the lining. These include: temperature differences over the lining cross-section and temperature stresses caused by these changes, the temperature of the lining inner surface, the quality of the lining works and materials performed, as well as explosions in the combustion chamber and boiler gas ducts.*

*Based on the examination of the DKVR-20-13 boiler operating on gaseous fuel, the operating factors influencing the resistance of the lining were determined: the effect of temperature stresses on the lining and the quality of the lining works and the quality of the materials used.*

*Keywords: residual life, lining, operating conditions, boiler units, reliability.*

**\*А. Н. Новожилов<sup>1</sup>, А. К. Садыкова<sup>2</sup>, Т. А. Новожилов<sup>3</sup>**

<sup>1,2</sup>Торайгыров университет,

Республика Казахстан, г. Павлодар;

<sup>3</sup>Омский государственный технический университет,

Российская Федерация, г. Омск

## **ИЗМЕРЕНИЕ ТОКОВ ОДНОФАЗНОГО ЗАМЫКАНИЯ НА ЗЕМЛЮ В СЕТЯХ С ИЗОЛИРОВАННОЙ НЕЙТРАЛЬЮ КОСВЕННЫМ МЕТОДОМ**

*Предложены два метода измерения емкости фазы кабельной сети с изолированной нейтралью относительно земли и токов однофазного замыкания на землю в сети. Приведены результаты измерения этих величин и дана оценка точности измерений.*

*Ключевые слова: сеть с изолированной нейтралью, емкость фазы относительно земли, ток однофазного замыкания на землю, погрешность измерения.*

### **Введение**

Сети с изолированной нейтралью являются сетями с малым током замыкания на землю [1]. Как правило, это кабельные сети промышленных предприятий на напряжение 6 и 10кВ. Иногда, в случае необходимости, в таких сетях токи однофазного замыкания на землю (ОЗЗ) измеряют напрямую, замыкая с помощью резервного выключателя через амперметр на землю одну из фаз [2]. Точность измерения токов ОЗЗ по такой схеме определена только точностью измерительного прибора. Однако, такое измерение может вызвать срабатывания устройств релейной защиты от ОЗЗ с нарушением рабочего цикла производства. А потому его осуществление связано с известным риском.

Кроме того, при прямом замыкании на землю одной из фаз кабельной сети на двух других фазах потенциал относительно земли с величины равной фазному напряжению возрастет до линейного напряжения. Что перегружает изоляцию по напряжению в  $\sqrt{3}$  раз [3]. Что может спровоцировать возникновения ОЗЗ в одной из этих фаз. Поэтому на практике измерения токов ОЗЗ по такой схеме избегают.

### Материалы и методы

Этого можно избежать, если осуществлять однофазное замыкание на землю (ОЗЗ) через шунт [1]. В этом случае в качестве шунта может использоваться активное сопротивление, индуктивность или емкость, рассчитанные на напряжение сети и способные рассеять тепло от токов, протекающих через шунт в процессе измерения. С этой точки зрения наиболее проста и доступна схема измерения, в которой качестве шунта используют емкость. В этом случае процессы, протекающие в сети при подключении шунта, исследуются с помощью схемы на рисунке 1, где  $C_{ш}$  – емкость шунта; PA1 – амперметр для измерения токов в шунте; PV1 – вольтметр для измерения смещения нейтрали.

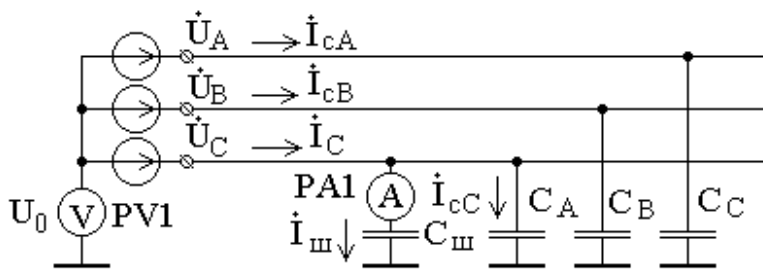


Рисунок 1 – Схема распределения емкостных токов при ОЗЗ через шунт в сети с изолированной нейтралью

Из схемы на рисунке 1 видно, что величина тока  $I_{ш}$  в шунте и напряжение  $U_0$  смещения нейтрали при известном напряжении сети и заданной емкости  $C_{ш}$  шунта будут зависеть только от емкостей фаз  $C_A$ ,  $C_B$  и  $C_C$  относительно земли. В связи с этим возникает возможность определения емкости фазы сети и тока ОЗЗ двумя способами. В первом способе определение этих величин осуществляется по результатам измерения тока  $I_{ш}$  в шунте, а во втором случае – по результатам измерения напряжения  $U_0$  в нейтрали.

### Результаты и обсуждения

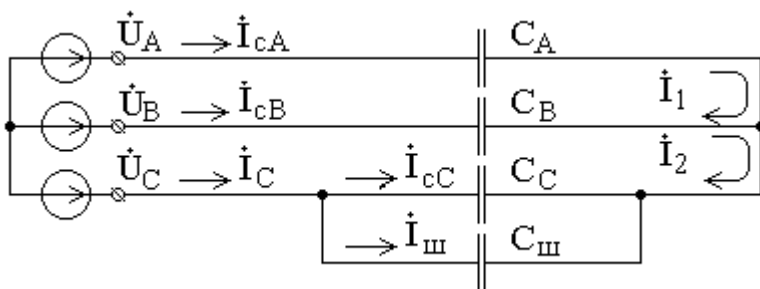


Рисунок 2 – Расчетная схема емкостных токов при ОЗЗ через шунт

Для исследования процессов в трехфазной сети с изолированной нейтралью при ОЗЗ можно воспользоваться математической моделью, в основе которой лежит метод контурных токов [4]. Расчетная схема для этого метода приведена на рисунке 2. Ей соответствуют уравнения

$$\left. \begin{aligned} \dot{I}_1(jX_{cA} + jX_{cB}) + \dot{I}_2(-jX_{cB}) &= -\dot{U}_A + \dot{U}_B; \\ \dot{I}_1(-jX_{cB}) + \dot{I}_2(jX_{cB} + jX_{\text{эКВ}}) &= -\dot{U}_B + \dot{U}_C. \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где  $\dot{U}_A$ ,  $\dot{U}_B$  и  $\dot{U}_C$  – напряжение фаз А, В и С сети относительно нейтрали в нормальном режиме работы сети;  $jX_{cA} = jX_{cB} = jX_{cC} = 1/2\pi f C_{\phi}$  – величины реактивных сопротивлений емкостей фаз А, В и С относительно земли;  $X_{\text{эКВ}} = 1/2\pi f (C_{\phi} + C_{\text{ш}})$ ;  $f$  – частота сети;  $C_{\text{ш}}$  – емкость измерительного шунта.

При этом контурные токи определяются как

$$\dot{I}_1 = \frac{\begin{vmatrix} (-\dot{U}_A + \dot{U}_B) & (-jX_{cB}) \\ (-\dot{U}_B + \dot{U}_C) & (jX_{cB} + jX_{\text{эКВ}}) \end{vmatrix}}{\Delta}, \quad (2)$$

$$\dot{I}_2 = \frac{\begin{vmatrix} (jX_{cA} + jX_{cB}) & (-\dot{U}_A + \dot{U}_B) \\ (-jX_{cB}) & (-\dot{U}_B + \dot{U}_C) \end{vmatrix}}{\Delta}, \quad (3)$$

а определитель системы

$$\Delta = \begin{vmatrix} (jX_{cA} + jX_{cB}) & (-jX_{cB}) \\ (-jX_{cB}) & (jX_{cB} + jX_{эКВ}) \end{vmatrix}. \quad (4)$$

В связи с тем, что сети 6 и 10кВ промышленных предприятий в основном являются кабельными, то для таких сетей вполне допустимо принимать  $C_A = C_B = C_C = C_\phi$ . Тогда по известным значениям контурных токов и с учетом схемы на рисунке 2 токи через емкости фаз А, В и С сети на землю рассчитываются как

$$\dot{I}_{cA} = \dot{I}_1; \quad \dot{I}_{cB} = \dot{I}_2 - \dot{I}_1; \quad \dot{I}_C = -\dot{I}_2, \quad \dot{I}_{cC} = \frac{\dot{I}_C X_{ш}}{X_{эКВ}}, \quad \dot{I}_{cC} = \frac{\dot{I}_C X_\phi}{X_{эКВ}}. \quad (5)$$

Напряжение смещения нейтрали при подключении шунта емкостью  $C_{ш}$  определяется выражением

$$\dot{U}_0 = \dot{U}_C - jX_{эКВ} \dot{I}_C. \quad (6)$$

В связи с этим реализация первого способа заключается в том, что для заданной величине емкости  $C_{ш}$  используемого шунта строится зависимость  $I_{ш} = f(C_\phi)$ . Затем по измеренной величине тока  $I_{ш}$  и построенной зависимости  $I_{ш} = f(C_\phi)$  определяется емкость  $C_\phi$  фазы сети. Далее по полученной величине емкости  $C_\phi$  фазы сети рассчитывается величина тока ОЗЗ как

$$I_0 = 3\omega U_\phi C_\phi, \quad (7)$$

где  $U_\phi$  – фазное напряжение сети.

Расчет зависимости  $I_{ш} = f(C_\phi)$  по приведенным математическим выражениям вручную представляет собой трудоемкую задачу. Ее можно упростить, если воспользоваться для этой цели разработанной специально для этого случая на кафедре «Электроэнергетика» в Торайғыров Университет программой в редакторе БЕЙСИК [5].

Результаты расчета зависимости  $I_{ш} = f(C_\phi)$  с помощью этой программы для отдельной подстанции Павлодарского нефтехимического завода с линейным напряжением в сети 6кВ при емкости шунта равной 0,5 мкф приведены на рисунке 3.

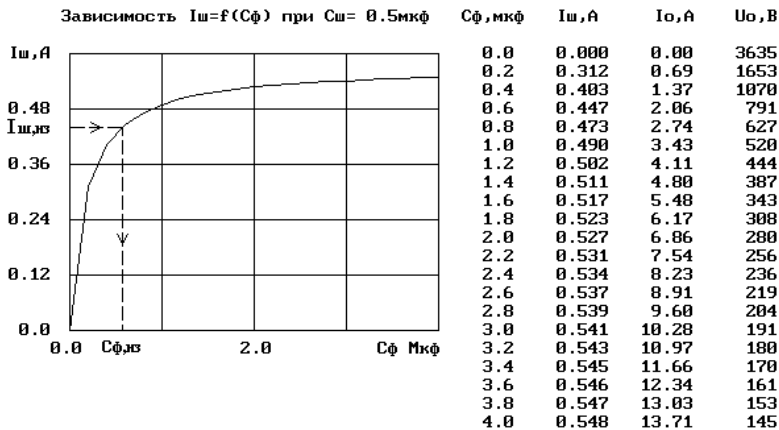


Рисунок 3 – Форма вывода результатов расчета зависимости

$$I_{ш} = f(C_{\phi})$$

Емкость  $C_{\phi}$  фазы подстанции относительно земли определяется по зависимости  $I_{ш} = f(C_{\phi})$  следующим образом. Если допустить, что величина тока  $I_{ш}$ , из в шунте при измерении равна 0,44А, то ее откладывают по оси тока шунта  $I_{ш}$ . Затем через нее как показано на рисунке 3 проводят горизонтальную линию до пересечения с зависимостью  $I_{ш} = f(C_{\phi})$ . Далее из полученной точки пересечения опускается вертикальная линия и по оси емкости  $C_{\phi}$  определяется емкость фазы сети. В данном случае в соответствии с рисунком 3 она равна 0,35 мкф. Погрешность определения  $C_{\phi}$  в этом случае определена точностью измерительного прибора и метода расчета зависимости  $I_{ш} = f(C_{\phi})$ . Как показали эксперименты, погрешность определения тока ОЗЗ этим способом не превышает 5%. Однако, реализация этого метода достаточно сложна. Это вызвано подключением амперметра к фазе сети через шунт и необходимостью обеспечения безопасности персонала при измерениях.

Реализация второго способа заключается в том, что для заданной величине емкости шунта  $C_{ш}$  строится зависимость  $U_0 = f(C_{\phi})$ . Затем по измеренной величине напряжения  $U_0$  смещения нейтрали и построенной зависимости  $U_0 = f(C_{\phi})$  определяется емкость  $C_{\phi}$  фазы сети относительно земли. Далее по полученной величине емкости  $C_{\phi}$  фазы сети определяется величина тока ОЗЗ.

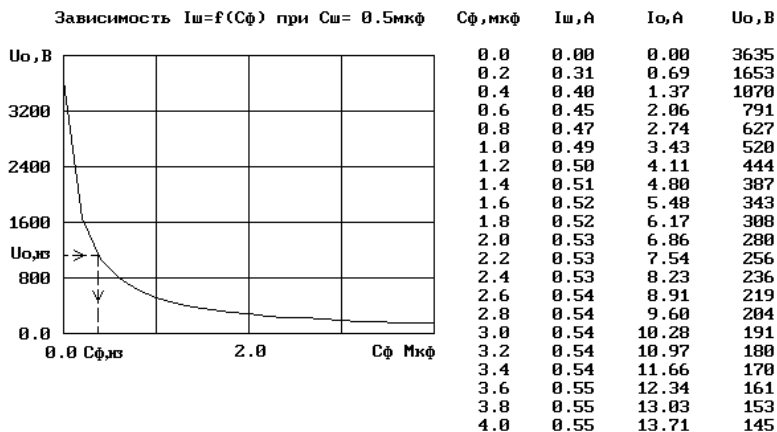


Рисунок 4 – Форма вывода результатов расчета зависимости

$$U_0 = f(C_{\phi})$$

Результаты расчета зависимости  $U_0 = f(C_{\phi})$  для той же подстанции Павлодарского нефтехимического завода при емкости шунта равной 0,5 мкф приведены на рисунке 4.

Емкость  $C_{\phi}$  фазы подстанции относительно земли и ток ОЗЗ определяется с помощью зависимости  $U_0 = f(C_{\phi})$  так же, как это делалось при реализации первого способа. Погрешность определения  $C_{\phi}$  и  $I_0$  и в этом случае не превышает 5%. При этом для реализации этого способа достаточно показаний стационарного вольтметра предназначенного для измерения напряжения нулевой последовательности.

### Выводы

1 Предложенные способы косвенного измерения тока ОЗЗ в сетях с изолированной нейтралью на работающем оборудовании достаточно просты и позволяют измерить эти токи с погрешностью не превышающей 5%.

2 С практической точки зрения при измерении тока ОЗЗ предпочтение следует отдать второму способу, так как для его реализации не требуется особых мероприятий по защите обслуживающего персонала от поражения электрическим током.



## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 **Корогодский, В. И., Кужеков, С. Л., Паперно, Л. Б.** Релейная защита электродвигателей напряжением выше 1 кВ. – М. : Энергоатомиздат, 1987. – 248 с.
- 2 **Гладилин, Л. В., Щуцкий, В. И., Бацезhev, Ю. Г., Чеботаев, Н. И.** Электробезопасность в горнодобывающей промышленности. – М. : «Недра», 1977. – 327 с.
- 3 **Меньшов, Б. Г.** Расчет тока замыкания на землю в карьерных электрических сетях. Горные машины и автоматика. – 1970. – № 4. – С. 65–67.
- 4 **Бессонов, Л. А.** Теоретические основы электротехники. – М. : Высшая школа, 1967. – 775 с.
- 5 **Бороденко, В. А.** Программирование в среде Turbo Basic (учебное пособие). – Павлодар : Кереку, 2003. – 81 с.

## REFERENCES

- 1 **Korogodskiy, V. I., Kuzhekov, S. L., Paperno, L. B.** Releynaya zashchita elektrodvigatelay napryazheniyem vyshe 1 kV. – Moscow : Energoatomizdat, 1987. – 248 p.
- 2 **Gladilin, L. V., Shchutskiy, V. I., Batsezhev, Yu. G., Chebotayev, N. I.** Elektrobezopasnost' v gornodobyvayushchey promyshlennosti. – Moscow : «Nedra», 1977. – 327 p.
- 3 **Men'shov, B. G.** Raschet toka zamykaniya na zemlyu v kar'yernykh elektricheskikh setyakh. Gornyye mashiny i avtomatika. – 1970. – № 4. – P. 65–67.
- 4 **Bessonov, L. A.** Teoreticheskiye osnovy elektrotekhniki. – Moscow : Vysshaya shkola, 1967. – 775 p.
- 5 **Borodenko, V. A.** Programmirovaniye v srede Turbo Basic : Textbook. – Pavlodar : Kereku, 2003. – 81 p.

Материал поступил в редакцию 28.11.21.

\**А. Н. Новожилов<sup>1</sup>, А. К. Садыкова<sup>2</sup>, Т. А. Новожилов<sup>3</sup>*

<sup>1,2</sup>Торайгыров университеті,

Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

<sup>3</sup>Омбы мемлекеттік техникалық университеті,

Ресей Федерациясы, Омбы қ.

Материал 28.11.21 баспаға түсті.

**ОҚШАУЛАНҒАН БЕЙТАРАБЫ ҚОСЫЛУМЕН  
ЖЕЛІЛЕРДЕГІ БІР ФАЗАЛЫҚ ЖЕРГЕ ТҰЙЫҚТАЛУ  
ТОКТАРЫН ЖАНАМА ӘДІСПЕН ӨЛШЕУ**

*Жерге қатысты оқшауланған бейтарап кабельдік желі фазасының сыйымдылығын және желідегі бір фазалы жерге тұйықталу токтарын өлшеудің екі әдісі ұсынылады. Бұл шамаларды өлшеу нәтижелері беріледі және өлшеу дәлдігіне баға беріледі.*

*Кілтті сөздер: оқшауланған бейтарабы қосылумен желі, жерге қатысты фазалық сыйымдылық, бір фазалы жерге тұйықталу тогы, өлшеу қателігі.*

\*N. Novozhilov<sup>1</sup>, A. K. Sadykova<sup>2</sup>, T. A. Novozhilov<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>Toraighyrov University,  
Republic of Kazakhstan, Pavlodar.

<sup>3</sup>Omsk State Technical University,  
Russian Federation, Omsk.

Material received on 28.11.21.

**MEASUREMENT OF SINGLE-PHASE EARTH FAULT CURRENTS  
IN NETWORKS WITH ISOLATED NEUTRAL INDIRECT METHOD**

*Two methods of measuring the capacitance of the phase of a cable network with an isolated neutral relative to earth and single-phase earth fault currents in the network are proposed. The results of measurements of these quantities are given and an estimate of the measurement accuracy is given.*

*Keywords: network with isolated neutral, phase capacitance relative to earth, single-phase earth fault current, measurement error.*

<https://doi.org/10.48081/QQNB5392>

**\*Н. Н. Оспанова<sup>1</sup>, А. З. Даутова<sup>2</sup>,  
А. С. Аканова<sup>3</sup>, А. Ж. Бектурсын<sup>4</sup>**

<sup>1,2,3,4</sup>Торайгыров университет,  
Республика Казахстан, г. Павлодар

## **ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ РАЗРАБОТКИ И СОПРОВОЖДЕНИЯ МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ**

*В данной статье постарались показать, что мобильные технологии являются важной частью нашего быта, уже нельзя представить себе, что мы не пользуемся мобильным телефоном или планшетом, и тем более интернетом, эти технологии окружают нас повсюду, они известны маленькому ребенку и пенсионеру. Это расширяет возможности донесения целенаправленной информации о достопримечательностях и услугах широким массам населения, рост прибыли, и снижение расходов.*

*В статье приведены результаты практической реализации мобильного приложения «Travel PVL», которое могло быть полезным для туристов. Данное мобильное приложение разработано для операционных систем Android и iOS и соответственно размещены в GooglePlay и AppStore для окончательного использования пользователями. Разработанное мобильное приложение в виде электронной справочно-информационной базы о туристско-рекреационных ресурсах Павлодарской области, включающую в себя онлайн карту и мобильное приложение степени благоприятности развития туризма и рекреации на территории Павлодарской области, с нанесенными туристскими объектами, навигационной картой сакральных мест.*

*В ходе разработки мобильного приложения сформированы административные панели – базы данных, упрощающие добавление информации в реальном времени в мобильное приложение*

*Объектом исследования является показ процесса разработки программного обеспечения с применением современных языков и технологий программирования.*

*Предметом исследования является технологии проектирования и разработки программного обеспечения, т.е. мобильного приложения.*

*Ключевые слова: мобильное приложение, технология проектирования, программное обеспечение, операционные системы, администрирование базы данных, разработка мобильного приложения.*

## **Введение**

Актуальность разработки мобильного приложения обусловлена необходимостью повышения интереса аудитории и продвижения бизнеса наряду с развитием мобильных или веб-сервисов. Сегодня создание приложений для Android или iOS является оптимальным решением по предоставлению пользователю легкой и доступной альтернативы онлайн-ресурса.

## **Материалы и методы**

У разработчиков на сегодняшний день есть широкий выбор для разработки мобильных приложений в плане языков программирования, а также в плане выбора платформы. Команда разработчиков может разделить и делать мобильные приложения с одним дизайном на разных платформах в разных средах разработки, а могут выбрать одну разработку приложения на ReactNative, Flutter + Dart с использованием одной кодовой базы для двух платформ одновременно. В современное время имеется несколько основных платформ для которых разрабатываются мобильные приложения, такие как: iOS, Android, HarmonyOS. Последняя операционная система основывается на базе ОС Android, но поставляется со сервисами Huawei, а не сервисами google, что не позволяет использовать смартфоны с данной операционной системы во многих странах. Все они основываются на базе ядра Linux, то есть они являются Unix-подобными операционными системами. Это связано с тем, что для различных мобильных устройств приходится использовать различные языки программирования, это связано с тем, что мобильные устройства имеют различные операционные системы.

Разработка мобильного приложения – подразумевает комплексный и детально проработанный процесс в котором каждый этап разработки идет согласно четко поставленному плану, техническому заданию, соблюдение сроков и постоянное взаимодействие заказчика и разработчика для внесения необходимых изменений, возникающих во время разработки. Весь процесс от идеи до реализации разделяют на несколько ключевых этапов.

## **Результаты и обсуждение**

В рамках исследования технологических подходов разработки и сопровождения мобильных приложений была реализовано мобильное приложение «Travel PVL», которое могло быть полезным туристам Павлодарской области. Данное мобильное приложение разработано для

операционных систем Android и iOS и соответственно размещены в GooglePlay и AppStore для окончательного использования пользователями.

Разработаны ранние версии мобильных приложений, показанных на рисунках 1 и 2.

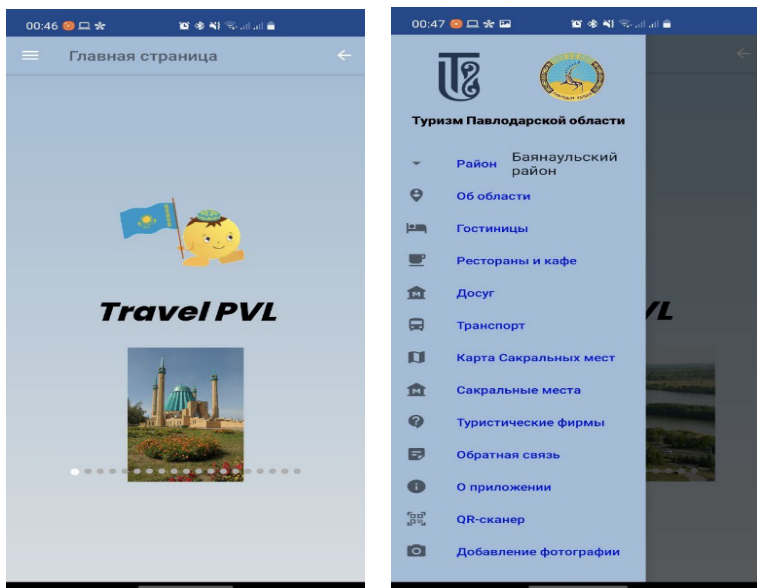


Рисунок 1 – Главная страница и боковое меню на базе Samsung S10 Plus

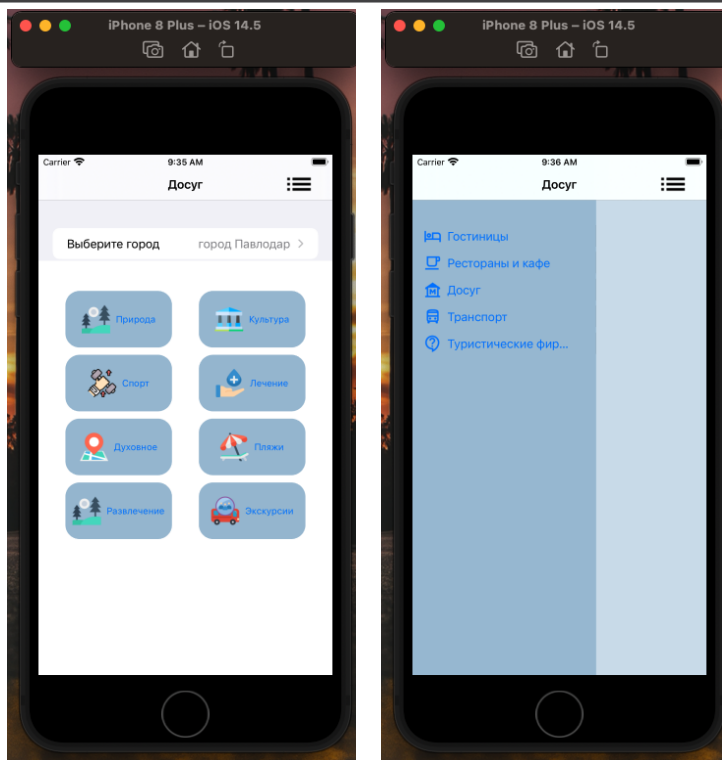


Рисунок 2 – Главная страница и боковое меню на базе Apple iPhone 8 Plus

Для работы и обработки данных в мобильных приложениях используется архитектура Model-View-ViewModel (MVVM). Данная архитектура позволяет разделить модель и ее представление, что позволяет производить изменения отдельно друг от друга. Подход позволяет более детально и эффективно работать в команде, так как дизайнер имеет возможность работать с пользовательским интерфейсом, а разработчик полностью рассматривает и прорабатывает логику работу с данными.

Разделение модели и ее представления способствует повышению удобства работы в команде, во время того пока один член команды работает над компоновкой и стилизацией экрана, другой, в это время, описывает логику получения данных и их обработки;

Описание структуры архитектуры MVVM.

Model – это логика, которая связанная с данными приложения, то есть классы работы с API, базой данных и пр.

View – это layout экрана, в котором располагаются все необходимые компоненты для отображения информации.

ViewModel – объект, в котором описывается логика поведения View. Это может быть, как форматирование текста, так и логика управления видимостью компонентов или отображения состояний, таких как загрузка, ошибка, пустые экраны и т.д. Также в ней описывается поведение.

Для начала рассмотрим пример реализации части мобильного приложения на базе Android. Выбор языка программирования остановим на Kotlin. Kotlin представляет современный, статически типизированный и один из самых быстроразвивающихся языков программирования, который создал и развивает компания JetBrains. При помощи языка Kotlin можно разрабатывать приложения для мобильных устройств – Android, iOS. Kotlin позволяет писать кроссплатформенный код, применяющийся на всех платформах таких, как веб-приложения, причем как серверные приложения, которые отработывают на стороне сервера – бекэнда, так и браузерные клиентские приложения – фронтенд. Kotlin помимо этого можно использовать для проектирования десктопных приложений, для Data Science и так далее.

Windows, Linux, Mac OS, iOS, Android – это круг платформ, для которых можно создавать приложения на Kotlin.

Самым популярным направлением, где применяется Kotlin, является прежде всего разработка под ОС Android. Причем настолько популярным, что компания Google на конференции Google I/O 2017 провозгласила Kotlin одним из официальных языков для разработки под Android (наряду с Java и C++), а инструменты по работе с данным языком были по умолчанию включены в функционал среды разработки Android Studio начиная с версии 3.0.

Kotlin испытал влияние многих языков: Java, Scala, Groovy, C#, JavaScript, Swift и позволяет писать программы как в объектно-ориентированном, так и в функциональном стиле. Он имеет ясный и понятный синтаксис и довольно легок для обучения.

Но Kotlin – это не просто очередной язык программирования. На сегодняшний день это целая экосистема:

Ядро этой экосистемы – Common Kotlin, включающая в себя сам язык, основные библиотеки и базовые инструменты для построения программ (Рисунок 3).

Для взаимодействия с конкретной платформой имеются предназначенные для этой платформы версия Kotlin: Kotlin/JVM, Kotlin/J и Kotlin/Native. Эти специфические версии представляют расширения для языка Kotlin, а также специфичные для конкретной платформы библиотеки и инструменты разработки.

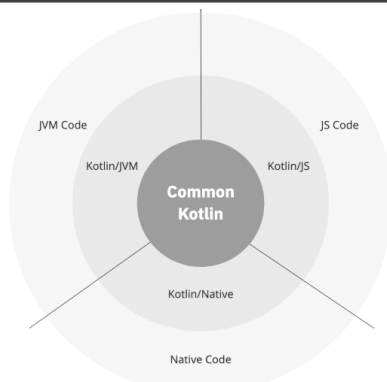


Рисунок 3 – Экосистема

В будущем вся эта экосистема будет объединена в единую платформу Kotlin Multiplatform, которая на данный момент находится в альфа-версии.

Также стоит отметить, что Kotlin развивается как opensource, исходный код проекта можно посмотреть в репозитории на github по адресу <https://github.com/JetBrains/kotlin/>.

Остановимся на главных достоинствах и преимуществах Kotlin:

- возможность компиляции в байткод JVM (JavaScript);
- возможность использования программами всех Java-фреймворков и библиотек. Интеграция Kotlin с Maven, Gradle и другими системами сборки;
- несложный язык для обучения;
- открытость исходного кода;
- доступность автоматической конвертации Java-кода в Kotlin и обратно;
- безопасность языка null –NullPointerException остались в Java;
- легко читаемый синтаксис не составит проблем при code review.

Преимущества языка программирования Kotlin в возможности расширения функциональности имеющихся классов, за счет применения функций-расширений. Для объявления такой функции к её имени нужно приписать префикс в виде расширяемого типа.

Kotlin – это следующий этап развития Java, с которой он полностью совместим. Это делает его отличным инструментом для мобильных и энтерпрайз-приложений.

Пример работы фрагментов MuseumFragment и MuseumSelectFragment (Рисунок 4).





Рисунок 4 – Работа фрагмента MuseumSelectFragment и MuseumFragment

Фрагмент программы MuseumSelectFragment, получающий данные с базы данных, посредством php файла, расположенном на виртуальном хостинге посредством get-запросов. При обращении к хостингу формируется get запрос вида «<https://sitename.kz/main.php?options=getMuseimInCity&id=1>», где options = принимает наименование запроса, а id = идентификатор города.

Фрагмент MuseumFragment необходим для отражения детальной информации по культурно-досуговым объектам, выбранных во фрагменте MuseumSelectFragment. Данный фрагмент содержит следующие элементы: Button, TextView, TabLayout, MapView, ImageView.

TabLayout – содержит три вкладки, такие как: «Описание», «Фото», «Карта».

Пример работы фрагмента MuseumFragment продемонстрирован на рисунке 4.

Для проектирования экрана мобильного приложения на базе SwiftUI используются три разновидности stack, которые позволяют позиционировать остальные элементы друг за другом.

HStack – является горизонтальной разметкой, то есть добавленные элементы будут позиционироваться по горизонтали.

VStack – является вертикальной разметкой, то есть добавленные элементы будут позиционироваться по вертикали.

ZStack – является разметкой в которой можно заниматься наложением элементов друг на друга.

При проектировании макета возникает необходимость в комплексном использовании всех разновидностей stack.

Имеется элемент Spacer() он отвечает за заполнение оставшегося пространства неиспользуемого View-элементом.

Для каждого View-элемента имеются модификаторы, которые позволяют задавать различные параметры.

Благодаря модификаторам мы задали для Image View высоту и ширину, а также она изображение изменится из-за модификатора «.resizable()»

Главный экран приложения содержит View-элемент picker для выбора региона, button для каждой категории досуга, а также button в навигационной верхней панели для вызова бокового меню (рисунок 5).

Файл TourismPVLApp.swift отвечает за запуск нужного макета приложения при его запуске.

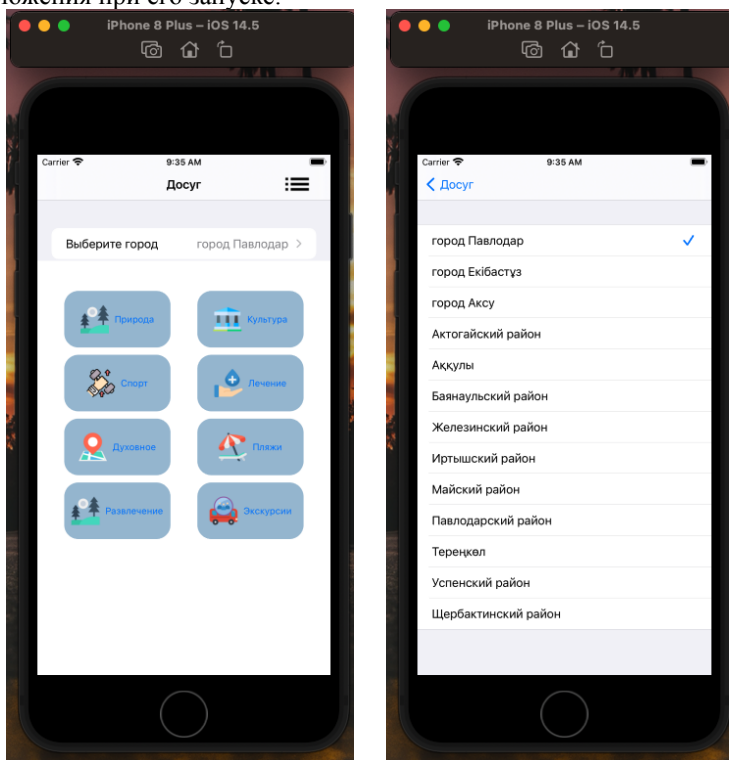


Рисунок 5 – Главная страница приложения на iOS

Пример описания структуры модели представления и получение данным посредством get-запроса представлен ниже и располагаются в классах AllModel.swift и AllViewModel.swift.

## Выводы

Актуальность разработки мобильного приложения обусловлена необходимостью повышения интереса аудитории и продвижения бизнеса наряду с развитием мобильных или веб-сервисов. Сегодня создание приложений для Android или iOS является оптимальным решением по предоставлению пользователю легкой и доступной альтернативы онлайн-ресурса.

Для достижения поставленной цели выполнили следующие задачи:

- Рассмотрены модели жизненного цикла разработки программного обеспечения.
- Изучены технологий разработки веб-приложений и мобильных приложений.
- Реализованы этапы жизненного цикла ПО для разрабатываемого программного решения, описал его структуры и компоненты.
- Разработаны мобильные приложения и размещены в GooglePlay и AppStore.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Голощанов, А. Л.** Google Android : системные компоненты и сетевые коммуникации [Текст] – СПб. : БХВ-Петербург, 2012. – 236 с.

2 **Гриффитс, Д., Гриффитс, Д. Head First.** Программирование для Android. 2-е изд. [Текст] – СПб. : Питер, 2018. – 423 с.

3 **Дейтел, П., Дейтел, Х., Уолд, А.** Android для разработчиков. 3-е изд. – СПб. : Питер, 2016

4 **Вендров, А. М.** Case-технологии. Современные методы и средства проектирования информационных систем [Текст] – М. : Финансы и статистика, 2006. – 544 с.

5 **Гудов, А. М., Завозкин, С. Ю., Трофимов, С. Н.** Спецкурс. Технология разработки программного обеспечения : Учебно-методический комплекс. [Электронный ресурс]. – [http://unesco.kemsu.ru/study\\_work/method/ro/UMK](http://unesco.kemsu.ru/study_work/method/ro/UMK). – Кемерово, КГУ, 2009.

6 **Сенина, А. А.** Обзор основных современных технологий разработки веб-приложений / А. А. Сенина // XIII Всероссийская научно-практическая конференция «Технологии Microsoft в теории и практике программирования». Технологии разработки и проектирования информационных систем. – Томск : ТНИПУ, 2010. – Секция 6. – 233–235 с.

7 **Талипов, С. Н.** Электронные учебные курсы [Электронный ресурс]. – URL: <https://github.com/tsnsoft?q=android>.

8 **Талипов, С. Н.** Электронный мобильный учебник «Java для NetBeans и Android» [Электронный ресурс]. – URL: <https://play.google.com/store/apps/details?id=kz.proffix4.tsnproff.lectnb>.

9 **Джош, С., Дэвид, Г.** Kotlin. Программирование для профессионалов [Текст]. – СПб. : Питер, 2020. – 285 с.

10 **Филлипс, Б., Стюарт, К., Марсикано, К.** Android. Программирование для профессионалов. 3-е изд. [Текст]. – СПб. : Питер, 2017. – 165 с.

## REFERENCES

1 **Goloshchapov, A. L.** Google Android : sistemnye komponenty i seteveye kommunikacii [Google Android : system components and network communications] [Text]. – St. Petersburg : BHV-Peterburg, 2012. – 236 p.

2 **Griffits, D., Griffits, D. Head First.** Programmirovanie dlya Android. 2-e izd. [Head First. Programming for Android. 2nd ed.] [Text] – St. Petersburg : Peter, 2018. – 423 p.

3 **Dejtel, P., Dejtel, H., Uold, A.** Android dlya razrabotchikov. 3-e izd. [Android for Developers. 3rd ed.] – St. Petersburg : Peter, 2016.

4 **Vendrov, A. M.** Case-tehnologii. Sovremennye metody i sredstva proektirovaniya informacionnyh sistem [Case-technologies. Modern methods and tools for designing information systems] [Text]. – Moscow : Finance and Statistics, 2006. – 544 p.

5 **Gudov, A. M., Zavozkin, S. Yu., Trofimov, S. N.** Spekurs. Tekhnologiya razrabotki programmogo obespecheniya [Spetskurs. Software development technology : Educational-methodical complex] [Electronic resource]. – [http://unesco.kemsu.ru/study\\_work/method/po/UMK](http://unesco.kemsu.ru/study_work/method/po/UMK). – Kemerovo, KSU, 2009.

6 **Senina, A. A.** Obzor osnovnyh sovremennyh tekhnologij razrabotki veb-prilozhenij [Overview of the main modern technologies for developing web applications] / A. A. Senina // XIII All-Russian Scientific and Practical Conference “Microsoft Technologies in the Theory and Practice of Programming”. Technologies for the development and design of information systems. – Tomsk, TNIPU, 2010. – Section 6. – P. 233–235.

7 **Talipov, S. N.** Elektronnye uchebnye kursy [Electronic training courses] [Electronic resource]. – URL: <https://github.com/tsnsoft?q=android>.

8 **Talipov, S. N.** Elektronnyj mobil'nyj uchebnyk «Java dlya NetBeans i Android» [Electronic mobile tutorial “Java for NetBeans and Android”] [Electronic resource]. – URL: <https://play.google.com/store/apps/details?id=kz.proffix4.tsnproff.lectnb>.

9 **Dzhosh, S., Devid, G.** Kotlin. Programmirovanie dlya professionalov [Kotlin. Programming for professionals] [Text]. – St. Petersburg : Peter, 2020. – 285 p.

10 **Phillips, B., Styuart, K., Marsikano, K. Android.** Programmirovaniye dlya professionalov. 3-e izd. [Android. Programming for professionals. 3rd ed.] [Text]. – St. Petersburg : Peter, 2017. – 165 p.

Материал поступил в редакцию 28.11.21.

\*Н. Н. Оспанова<sup>1</sup>, А. З. Даутова<sup>2</sup>, А. С. Ақанова<sup>3</sup>, А. Ж. Бектұрсын<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Торайғыров университет,

Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

Материал 28.11.21 баспаға түсті.

## **МОБИЛЬДІ ҚОСЫМШАНЫ ӘЗІРЛЕУ ЖӘНЕ ҚОЛДАУДЫҢ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ТӘСІЛДЕРІ**

*Бұл мақалада біз мобильді технологиялар біздің өміріміздің маңызды бөлігі екенін көрсетуге тырыстық, біз ұялы телефонды немесе планшетті пайдаланбайтынымызды елестету мүмкін емес, тіпті Интернет, бұл технологиялар бізді барлық жерде қоршап алады, оларды кішкентай бала мен зейнеткер біледі. Бұл жалпы халыққа аттракциондар мен қызметтер туралы мақсатты ақпаратты жеткізу, кірісті арттыру және шығындарды азайту мүмкіндіктерін кеңейтеді.*

*Мақалада туристер үшін пайдалы болуы мүмкін Travel PVL мобильді қосымшасын практикалық енгізу нәтижелері берілген. Бұл мобильді қосымша Android және iOS операциялық жүйелері үшін әзірленген және сәйкесінше пайдаланушылардың түпкілікті пайдалануы үшін GooglePlay және AppStore дүкендерінде орналастырылған. Павлодар облысының туристік-рекреациялық ресурстары туралы электрондық анықтамалық-ақпараттық база түріндегі әзірленген мобильді қосымша, оның құрамына онлайн-карта және облыс аумағында туризм мен рекреацияны дамытуға қолайлылық дәрежесінің мобильді қосымшасы кіреді. туристік орындар белгіленген Павлодар облысы, киелі орындардың навигациялық картасы.*

*Мобильді қосымшаны әзірлеу барысында әкімшілік панельдер – мобильді қосымшаға нақты уақыттағы ақпаратты қосуды жеңілдететін мәліметтер базасы қалыптастырылды.*

*Зерттеудің мақсаты қазіргі заманғы бағдарламалау тілдері мен технологияларын пайдалана отырып, бағдарламалық қамтамасыз етуді жасау процесін көрсету болып табылады.*

*Зерттеу пәні бағдарламалық қамтамасыз етуді жобалау және әзірлеу технологиясы, яғни. мобильді қосымша.*

*Кілтті сөздер: мобильді қосымша, дизайн технологиясы, бағдарламалық қамтамасыз ету, операциялық жүйелер, мәліметтер базасын басқару, мобильді қосымшаларды әзірлеу.*

*\*N. N. Ospanova<sup>1</sup>, A. Z. Dautova<sup>2</sup>, A. S. Akanova<sup>3</sup>, A. Zh. Bektursyn<sup>4</sup>*

*<sup>1,2,3,4</sup>Toraighyrov University,*

*Republic of Kazakhstan, Pavlodar.*

*Material received on 28.11.21.*

## **TECHNOLOGICAL APPROACHES TO DEVELOPING AND SUPPORTING A MOBILE APP**

*In this article, we tried to show that mobile technologies are an important part of our life, it is no longer possible to imagine that we do not use a mobile phone or tablet, and even more so the Internet, these technologies surround us everywhere, they are known to a small child and a pensioner. This expands the possibilities of delivering targeted information about attractions and services to the general population, increasing profits, and reducing costs.*

*The article presents the results of the practical implementation of the Travel PVL mobile application, which could be useful for tourists. This mobile application is developed for the Android and iOS operating systems and respectively placed on GooglePlay and AppStore for the final use of users. The developed mobile application in the form of an electronic reference and information base about the tourist and recreational resources of the Pavlodar region, which includes an online map and a mobile application of the degree of favorableness for the development of tourism and recreation in the territory of the Pavlodar region, with marked tourist sites, a navigation map of sacred places.*

*During the development of the mobile application, administrative panels were formed - databases that make it easier to add real-time information to the mobile application*

*The object of the study is to show the process of software development using modern programming languages and technologies.*

*The subject of the study is the technology of designing and developing software, i.e. mobile application.*

*Keywords: mobile application, design technology, software, operating systems, database administration, mobile application development.*

<https://doi.org/10.48081/WJYX3628>

**\*Е. Ж. Сарсикеев<sup>1</sup>, Н. С. Кузнецова<sup>2</sup>, А. К. Оразбекова<sup>3</sup>**

<sup>1,3</sup>С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті,  
Қазақстан Республикасы, Нұр-Сұлтан қ.

<sup>2</sup>Ұлттық зерттеу Томск политехникалық университеті,  
Ресей Федерациясы, Томск қ.

## **РАЗРЯД РЕЖИМИНІҢ, ГЕНЕРАТОР ПАРАМЕТРЛЕРІНІҢ ЖӘНЕ МАТЕРИАЛДЫҢ ҚАСИЕТТЕРІНІҢ ЖАРЫҚШАҚТАРДЫҢ ПАЙДА БОЛУЫНА ЖӘНЕ ҚАТТЫ ОРТАЛАРДЫҢ БҰЗЫЛУЫНА ӘСЕРІ**

*Бұл мақалада қатты электр разрядының әсерінен бұзылу механизмі зерттелген.*

*Біртекті емес ортадағы электрлік жарылысы күшті электр өрістеріндегі материалдардың әрекетін анықтайтын диэлектриктердің электрофизикасындағы іргелі құбылыс болып табылады. Зерттеудің өзектілігі материалдарды ұсақтау, әсер үсті шөгінділерінен тазарту және беткі қабаттарды жою, тау-кен және құрылыстарды қайта құру кезінде габаритті емес материалдарды жою, туннельдер салу, бұрғыланған қадаларды өндіру және т.б. үшін электр разрядтық технологияларының келешегімен түсіндіріледі. Теориялық қиындықтар стохастикалық дамып келе жатқан разрядтық каналдар мен жарықтардың аналитикалық сипаттамасының күрделілігіне, сондай-ақ электрлік және механикалық процестерді бірлесіп қарау проблемасына байланысты. Сонымен қатар, ағызу арналары мен жарықтар үш өлшемді құрылымдарды құрайды, олардың пішіні бұзылу процесіне айтарлықтай әсер етуі мүмкін.*

*Соққы толқынының параметрлеріне байланысты материал құрылымында пайда болатын механикалық кернеулердің әсеріне талдау жасалды. Жұмыстың жаңалығы уақытша диаграммалар мен диаграммалар алынған толқындық бөліну процесіне плазмалық арнаға энергия енгізу молиері мен уақытының әсерін бағалау болып табылады. Жылжымалы кавернадағы келесі сипаттамаларды зерттеу нәтижелері келтірілген: радиалды және тангенциалды кернеулер, қатты дененің бетін*

*плазмалық арнадан көтеру, қысу, созылу және ығысу деформациясы, генерациялайтын сыйымдылықтың салыстырмалы энергия ағымының тоғы және арнаға енгізу энергиясының қуаты. Жұмыс нәтижелерін электр генераторының параметрлерін анықтау және бұзылатын материалдың түрі мен құрылымын ескере отырып, оның жұмысының оңтайлы режимдерін қалыптастыру үшін пайдалануға болады.*

*Кілтті сөздер: бетон, сыну, электр разряды, канал жасарылыс, кернеу генераторы, импульс, кернеу, электродтар.*

## **Кіріспе**

Бүгінгі күні ғимараттар мен құрылыстарды жөндеу, бөлшектеу, кейіннен кәдеге жарату кезінде берік және аса берік бетон және темірбетон құрылыстары мен конструкцияларын бұзу және кәдеге жарату қажеттілігі артып келеді. Бұл негізінен бетон және темірбетон бұйымдарын бұзудың механикалық әдісі қолданылған кезде материалдық-техникалық шығындарды және экологиялық жүктемені азайту үшін техника және технологиялар саласындағы зерттеулердің өзектілігін анықтайды. Алайда, негізгі проблемалар механикалық бұзылумен сипатталады, оның ішінде бұзушы құралдың тез тозуы, жеткілікті энергияны кенжарға беру қиындықтары және бұзылудың төмен тиімділігі. Осыны ескере отырып, механикалық бұзылу саласындағы жетістіктермен қатар ұсақтау мен бөлудің жаңа тәсілдерін іздеу және зерттеу жүргізілуде. Осындай жою әдістерінің бірі, ол электрлік разряд әдісі. Электрлік разряд әдісінің тиімділігін бағалау үшін эксперименттік жағдайлардың кең спектрінде бетон және темірбетон конструкцияларының электрлік разрядты бұзылуын жан-жақты зерттеу қажет.

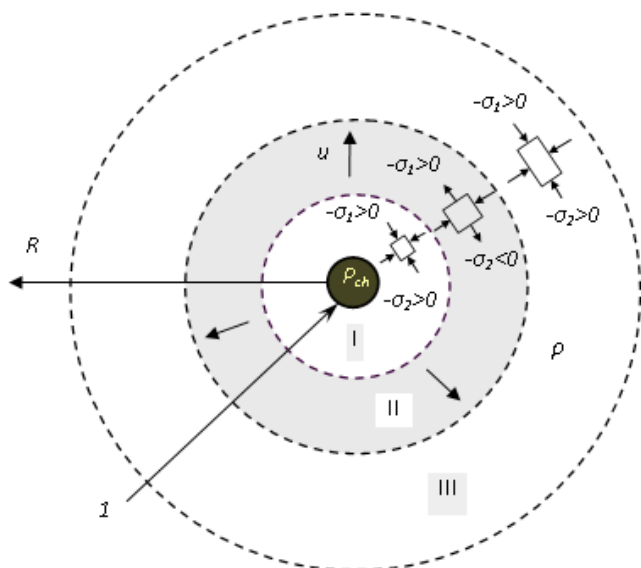
## **Материалдар мен әдістер**

Тізбекте жинақталған энергияны толқын энергиясына электрлік жарылыс сценарийі және қатты диэлектрлік орталардың жойылу сипаты үш негізгі фактормен анықталады: арнадағы энергияның жоғары концентрациясы, толқындағы энергияның біркелкі бөлінбеуі, толқынның әсерінен пайда болатын механикалық кернеулер өрісінің ерекшелігі. Арнаның кіші радиусы оның радиалды бағыттағы дивергенциясынан туындаған каналдың төңірегіндегі толқын амплитудасының күрт төмендеуіне әкеледі. Екінші ерекшелігі энергия қоймасы арқылы разряд каналының айналасындағы механикалық кернеулер өрісінің қалыптасуына әсер ету мүмкіндігімен байланысты және осылайша разрядтың ең тиімді режимін таңдап, жойылуды басқарады.

Разряд режиміне (энергия мөлшері мен оны арнаға енгізу қуатына) байланысты канал айналасындағы механикалық кернеулердің толқындық өрісі қарқындылығымен ғана емес, сонымен қатар толқындардағы кернеулердің таралу сипатымен де ерекшеленуі мүмкін [1–3]. Генерациялайтын сыйымдылықта сақталатын энергия тәртібі (30–120) кДж және оны арнаға енгізу қуаты



(2–3) ГВт кезінде механикалық берік материалдарда белгіленген уақыт сәтінде толқындағы кернеулердің таралуы схемалық түрде 1-суретті көрсетеді. Арнаның жанында (радиалды өлшемі  $\sim (2-3)$  мм-ден аспайтын I аймақ) радиалды  $\sigma_R$  және тангенциалды  $\sigma_t$  кернеулер сығымдайды, мұнда материалдың қысылуына байланысты ұсақталады. Арнадағы энергия бөліну режимі неғұрлым қарқынды болса, бұл аймақтың көлемі соғұрлым үлкен болады [2–4]. Толқын тараған сайын II аймақтағы  $\sigma_t$  тангенциалды кернеулер созылмалы түрге айналады. Арнаға жақын жерде пайда болған бұл аймақ толқындық фронттың таралуына қарай шетке қарай жылжиды және жарықтардың басталуына жағдай жасайды. Интенсивті энергия бөліну жағдайында радиалды кернеулер де созылатын болады. Толқынның бас бөлігінде (III аймақ)  $\sigma_R$  және  $\sigma_t$  кернеулері қысу болып табылады. Арнаға енгізілген энергия мөлшерінің және оны енгізу уақытының ұлғаюымен I аймақтың өлшемдері өседі, ал II аймақ не әлдеқайда кейінірек көрінеді, не тек толқынның қатты дене шекарасынан шағылысу нәтижесінде көрінуі мүмкін.

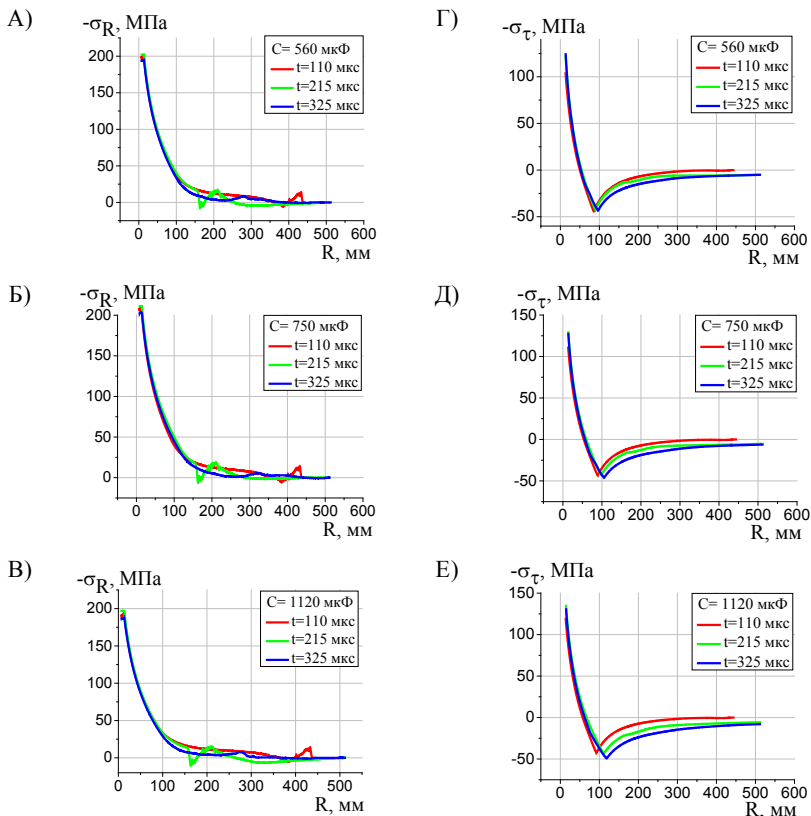


$\rho$  – материалдың тығыздығы,  $u$  – массаның жылдамдығы,  
 I – бұзылу арнасы, I – пластикалық деформация ауданы, II – созылу  
 жанама кернеулер ауданы, III – серпімді толқынның таралу ауданы.

Сурет 1 – Арна маңындағы кимада радиалды  $\sigma_R$  және  
 тангенциалды  $\sigma_t$  кернеулердің таралуы

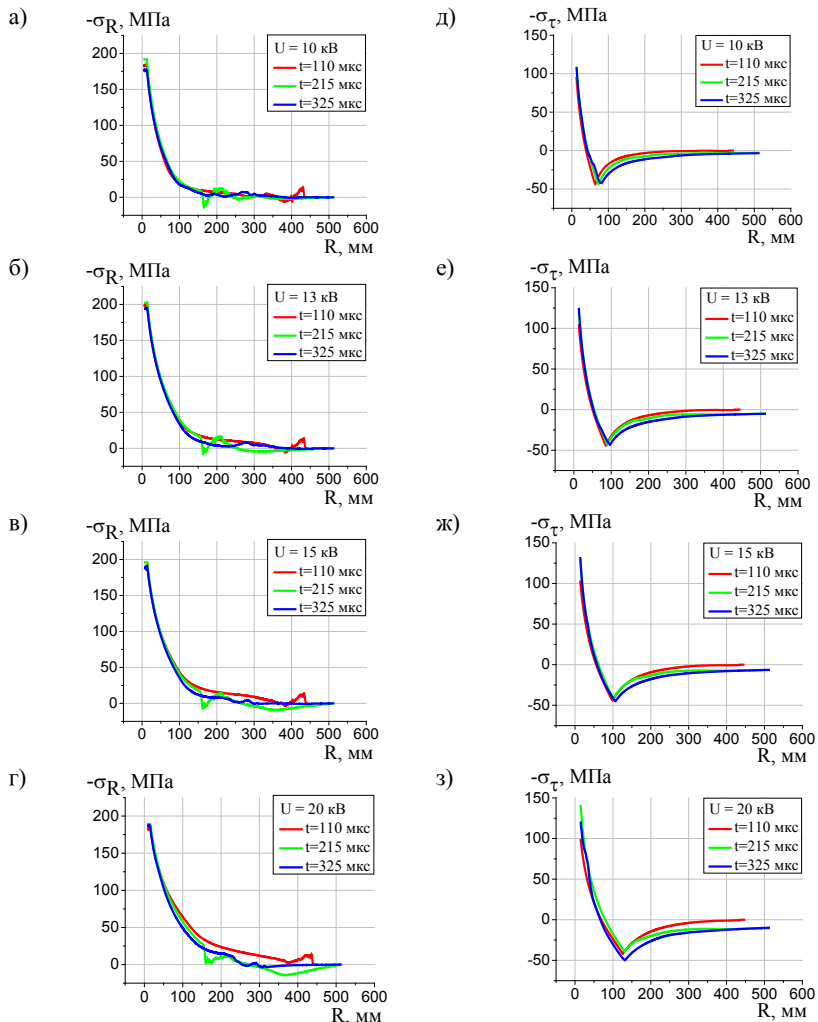
## Нәтижелер мен талқылаулар

Модельдеу нәтижелерін талдау электр жарылысының зақымдаушы әсерінің сипаты мен дәрежесі разрядтың энергетикалық параметрлерімен (энергия мөлшері және оны арнаға енгізу қуаты) және пайда болған толқынның сипаттамасымен анықталатынын көрсетті. Осы параметрлердің комбинациясына байланысты толқынмен жабылған аймақта кернеу өрісін қалыптастырудың әртүрлі нұсқалары болуы мүмкін (2 және 3-суреттер).



Сурет 2 – Бетондағы радиалды  $\sigma_R$  (а–с) және тангенциалды  $\sigma_T$  (д–е) кернеулердің генератор қуатына тәуелділігі

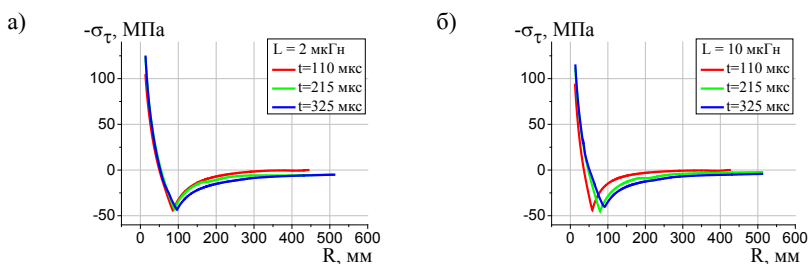
Шағылысқан толқынның сыну үлгісіне әсері қызығушылық тудырады, бұл материалдағы тура және шағылысқан толқындардың суперпозициясы созылу кернеулерінің әсерін күшейтеді деген болжамға байланысты, олар үшін материалдар қысылғанға қарағанда созылу күші төмен болады.



Сурет 3 – Радиалды  $\sigma_R$  (а–д) және тангенциалды  $\sigma_T$  (е–ж) кернеулердің бастапқы кернеуге тәуелділігі

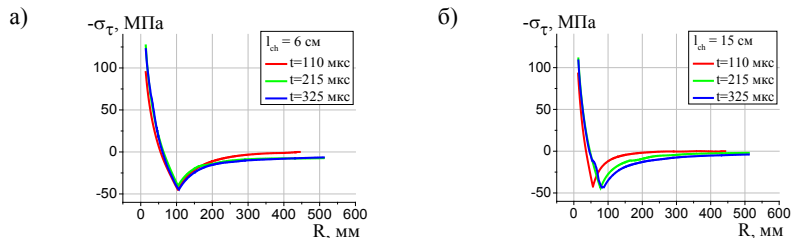
2 (а–в) суреттеріне сәйкес, радиалды бағытта бос бетінен шағылысқан толқын электр жарығымен созылу күштерінің амплитудасына әсер етпейді, ал уақыт кезінде  $t=215$  мкс тең (үлгінің перифериялық толқынына жету уақыты), тұзу толқынында сіз материалда шамамен 250 мм қашықтықта пайда болатын созылу кернеулерінің аймағын көре аласыз ( $c=1120$  мксФ), бұл арнадан

осы қашықтықта жарықшақтың пайда болуы мен өсуін ынталандырады. 2-суреттен (г-е) шағылысқан толқынның тангенциалды бағытта созылу кернеулерінің аймағына әсері көрінеді, созылу кернеулерінің аймағы ертерек пайда болады (разряд каналынан 70 мм қашықтықта). Механикалық кернеулердің профильдеріне генератордың кернеуіне байланысты (3-сурет) бірдей жағдай байқалады. Зерттелетін материал ретінде В22 класының бетоны қолданылды, оның сығымдауға беріктігі 22 МПа, ал созылу күші 2,2 МПа. Осыған сүйене отырып, біз тікелей толқынның әсерінен де ( $t = 215$  мкс) жарықшақ ұзындығы бос бетке дейінгі қашықтыққа сәйкес келеді, бұл осы бағытта бөлінуді болжауға негіз бола алады, ал С және U0 мәндерінің жоғарылауымен негізгі жарықшақтың пайда болу ықтималдығы артады. Генератордың индуктивтілігінің (4-сурет) және өткізгіштің ұзындығының (5-сурет) соққы толқындарының динамикасына әсері тек тангенциалды кернеулер үшін келтірілген, өйткені олар созылу кернеулері аймағының дамуына, яғни электрлік жарылыстың бұзылуына үлкен үлес қосады.



Сурет 4 – тангенциалды  $\sigma_{\tau}$  кернеу профильдерінің генератордың индуктивтілігіне тәуелділігі

4-суреттен 2 мкГн және 10 мкГн индуктивтілік мәндері үшін бұл түзу және шағылысқан толқынның созылу кернеулерінің амплитудасына әсер ететіндігін көруге болады, бірақ индуктивтіліктің жоғарылауымен созылу кернеулерінің аймағы материалдың аз аймағын қамтиды, бұл радиалды жарықтардың өсуіне жол бермейді. Жарылыс басталған өткізгіштің ұзындығының бетонға таралатын механикалық кернеулердің толқындарының профильдеріне әсері 5-суретте көрсетілген.



Сурет 5 – тангенциалды от кернеу профильдерінің өткізгіштің ұзындығына тәуелділігі

Өткізгіштің ұзындығының ұлғаюымен толқындағы созылатын тангенциалды кернеулердің амплитудасы аздап өсетіні байқалады. Алайда, бұл әсер өткізгіш ұзындығының үлкен мәні бар (15 см) шағылысқан толқынның профиліне айтарлықтай әсер етеді.

### Қорытынды

Осылайша, электр жарылысының деструктивті әсерінің сипаты мен ауқымы разрядтың энергетикалық параметрлерімен (энергия мөлшері мен оны арнаға енгізу қуаты) және пайда болған толқынның сипаттамасымен анықталатындығы көрсетілген. Өткізгіштің ұзындығының ұлғаюымен толқындағы созылатын тангенциалды кернеулердің амплитудасы аздап артады. Алайда, бұл әсер өткізгіш ұзындығының үлкен мәні бар шағылысқан толқынның профиліне айтарлықтай әсер етеді. Контурдың параметрлерін өзгерту арқылы электрлік разрядтың тиімділігін арттыру үшін созылу кернеулерінің ауданын көбейтуге болады.

Зерттеулер Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігі Ғылым комитетінің қаржыландыруымен негізінде С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университетінде жүргізілді. (AP09058149 гранты. Қайта өңдеу мен кәдеге жаратудың мобильді кешенін әзірлеу үшін темір-бетон бұйымдары мен қатты қалдықтардың электр разрядты бұзылуын зерттеу).

### ПАЙДАЛАНҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

1 Кузнецова, Н. С., Буркин, В. В., Лопатин, В. В. Моделирование электровзрыва в твердых диэлектриках в электроразрядных технологиях // Известия Томского политехнического университета. – Том 309. – № 2. – 2006. – С. 70–75.

2 Кузнецова, Н. С., Буркин, В. В., Лопатин, В. В. Волновая динамика электровзрыва в твердых диэлектриках // Журнал технической физики. – Т. 79. – Вып. 5. – 2009. – С. 42–48.

3 **Буркин, В. В.** Особенности взрывного воздействия при импульсном электрическом пробое прочных сред // Физика горения и взрыва. – № 4. – 1985. – С. 113–118.

4 **Kuznetsova, N. S., Burkin, V. V., Lopatin, V. V.** Dynamics of electro burst in solids. II. Characteristics of wave process // Journal of Physics D: Applied Physics. – 2009. – Vol. 42. – № 23. – P. 235209.

5 **Протасов, Ю. И.** Разрушение горных пород. – М. : Изд-во МГГУ, 2001. – 453 с.

6 **Bluhm, H., Frey, W., Giese, H., Hoppe, P., Schultheis, C., Sträbner, R.** Application of Pulsed HV Discharges to Material Fragmentation and Recycling. // IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation. – 2000. – Vol. 7, No. 5. – P. 625–636.

7 **Jaе-Ou Chae, Young-Jun Jeong, Shmelev, V. M., Denicaev, A. A., Poutchkov, V. M., Ravi, V.** Plasma Discharge Initiation of Explosives in Rock Blasting Application: A Case Study // Plasma Science & Technology. – 2006. – Vol. 8. – No. 4. – DOI: 10.1088/1009-0630/8/4/16.

8 **Сарсикеев, Е. Ж.** Моделирование электровзрыва в системе накладных электродов с формированием откольной воронки // Аллея науки. – 2019. – № 8 (35). – С. 1–7.

9 **Кузнецова, Н. С., Мустафина, Р. М., Сарсикеев, Е. Ж.** Численная реализация физико-математической модели электровзрыва в конденсированных средах // Вестник Павлодарского государственного университета. Серия Энергетическая. – 2016. – № 3. – С. 87–97.

10 **Сарсикеев, Е. Ж., Кузнецова, Н. С., Мустафина, Р. М.** Волновая динамика и разрушение при электровзрыве в твердых телах в электроразрядных технологиях // Вестник Павлодарского государственного университета. Серия Энергетическая. – 2015. – № 3. – С. 63–72.

## REFERENCES

1 **Kuznetsova, N. S., Burkin, V. V., Lopatin, V. V.** Modelirovanie elektrovzryva v tverdykh dielektrikakh v elektrorazryadnykh texnologiyax [Modeling of electric explosion in solid dielectrics in electric discharge technologies] // Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. – Volume 309. – No. 2. – 2006. – С. 70–75.

2 **Kuznetsova, N. S., Burkin, V. V., Lopatin, V. V.** Volnovaia dinamika elektrovzryva v tverdykh dielektrikakh [Wave dynamics of electric explosion in solid dielectrics] // Journal of technical physics. – Т. 79. – Issue. 5. – 2009. – P. 42–48.

3 **Burkin, V. V.** Osobennosti vzryvnogo vozdeistviya pri impýlsnom elektricheskom probое prochnykh sred [Peculiarities of explosive action during pulsed electrical breakdown of strong media] // Fizika goreniya i vzryva. – No. 4. – 1985. – P. 113–118.

4 **Kuznetsova, N. S., Burkin, V. V., Lopatin, V. V.** Dynamics of electroburst in solids. II. Characteristics of wave process // Journal of Physics D: Applied Physics. – 2009. – Vol. 42. – No. 23. – P. 235209.

5 **Protasov, Yu. I.** Razrýshenie gornyh porod [Destruction of rocks] – Moscow : Publishing House of Moscow State University for the Humanities, 2001. – 453 p.

6 **Bluhm, H., Frey, W., Giese, H., Hoppe, P., Schultheis, C., Strábner, R.** Application of Pulsed HV Discharges to Material Fragmentation and Recycling. // IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation. – 2000. – Vol. 7. – No. 5. – P. 625–636.

7 **Jae-Ou Chae, Young-Jun Jeong, Shmelev, V. M., Denicaev, A. A., Poutchkov, V. M., Ravi V.** Plasma Discharge Initiation of Explosives in Rock Blasting Application: A Case Study // Plasma Science & Technology. – 2006. – Vol. 8. – No. 4. – DOI: 10.1088/1009-0630/8/4/16.

8 **Sarsikeev, E. Zh.** Modelirovaniye elektrovzryva v sisteme nakladnyh elektrodov s formirovaniem otkolnoi voronki [Simulation of an electric explosion in a system of overhead electrodes with the formation of a spall funnel] // Alley of Science. – 2019. – No. 8 (35). – P. 1–7.

9 **Kuznetsova, N. S., Mustafina, R. M., Sarsikeev, E. Zh.** Chislennaya realizatsiya fiziko-matematicheskoi modeli elektrovzryva v kondensirovannykh sredah [Numerical implementation of the physical and mathematical model of electric explosion in condensed media] // Bulletin of Pavlodar State University. Series Energy. – 2016. – No. 3. – P. 87–7.

10 **Sarsikeev, E. Zh., Kuznetsova, N. S., Mustafina R. M.** Volnovaya dinamika i razrýshenie pri elektrovzryve v tverdyh telah v elektrorazriadnykh tehnologiakh [Wave dynamics and fracture during electric explosion in solids in electric discharge technologies] // Bulletin of Pavlodar State University. Series Energy. – 2015. – № 3. – P. 63–72.

Материал 28.11.21 баспаға түсті.

\**Е. Ж. Сарсикеев<sup>1</sup>, Н. С. Кузнецова<sup>2</sup>, А. К. Оразбекова<sup>3</sup>*

<sup>1,3</sup>Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, Республика Казахстан, г. Нур-Султан;

<sup>2</sup>Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Российская Республика, г. Томск.

Материал поступил в редакцию 28.11.21.

## **ВЛИЯНИЕ РЕЖИМА РАЗРЯДА, ПАРАМЕТРОВ ГЕНЕРАТОРА И СВОЙСТВ МАТЕРИАЛА НА ТРЕЩИНООБРАЗОВАНИЕ И РАЗРУШЕНИЕ ТВЕРДЫХ СРЕД**

*В настоящей статье исследован механизм разрушения твердого под воздействием электрического разряда.*

*Электровзрыв в неоднородных средах является фундаментальным явлением электрофизики диэлектриков, определяющим поведение материалов в сильных электрических полях. Актуальность исследований обусловлена перспективностью электроразрядных технологий для дробления материалов, очистки от поверхностных отложений и снятия поверхностных слоев, разрушения негабаритов при добыче полезных ископаемых и реконструкции сооружений, строительства туннелей, производстве буронабивных свай и др. Теоретические трудности обусловлены как сложностью аналитического описания стохастически развивающихся разрядных каналов и трещин, так и проблемой совместного рассмотрения электрических и механических процессов. Кроме того, разрядные каналы и трещины образуют трехмерные структуры, форма которых может существенно влиять на процесс разрушения.*

*Проведен анализ влияния механических напряжений, возникающих в структуре материала в зависимости от параметров ударной волны. Новизна работы заключается в оценке влияния количества и времени ввода энергии в плазменный канал на волновой процесс откола, для которого получены временные диаграммы и этюры. Приведены результаты изучения следующих характеристик в откольной каверне: радиальные и тангенциальные напряжения, подъем поверхности твердого тела над плазменным каналом, деформации сжатия, растяжения и сдвига, силы тока относительного расхода энергии генерирующей емкости и мощности энергии ввода в канал. Результаты работы могут быть использованы для определения параметров электрического генератора и формирования оптимальных режимов его работы с учетом вида и структуры разрушаемого материала.*

*Ключевые слова: бетон, разрушение, электрический разряд, канал, взрыв, генератор напряжения, импульс, напряжение, электроды.*



\*Y. Zh. Sarsikeyev<sup>1</sup>, N. S. Kuznetsova<sup>2</sup>, A. K. Orazbekova<sup>3</sup>

<sup>1,3</sup>S. Seifullin Kazakh AgroTechnical University,

Republic of Kazakhstan, Nur-Sultan;

<sup>2</sup>National Research Tomsk Polytechnic University,

Russian Federation, Tomsk.

Material received on 28.11.21.

## **INFLUENCE OF DISCHARGE MODE, GENERATOR PARAMETERS AND MATERIAL PROPERTIES ON CRACKING AND DESTRUCTION OF SOLID MEDIA**

*In this article, the mechanism of destruction of a solid under the influence of an electric discharge is investigated.*

*Electrical explosion in inhomogeneous media is a fundamental phenomenon in the electrophysics of dielectrics, which determines the behavior of materials in strong electric fields. The relevance of research is due to the prospects of electric discharge technologies for crushing materials, cleaning from surface deposits and removing surface layers, destroying oversized objects during mining and reconstructing structures, building tunnels, producing bored piles, etc. Theoretical difficulties are due to both the complexity of the analytical description of stochastically developing discharge channels and cracks, and the problem of joint consideration of electrical and mechanical processes. In addition, discharge channels and cracks form three-dimensional structures, the shape of which can significantly affect the fracture process.*

*The influence of mechanical stresses arising in the structure of the material is analyzed depending on the parameters of the shock wave. The novelty of the work lies in the assessment of the influence of the amount and time of energy input into the plasma channel on the spall wave process, for which time diagrams and diagrams have been obtained. The results of studying the following characteristics in a spall cavity are presented: radial and tangential stresses, rise of the surface of a solid body above the plasma channel, compressive, tensile, and shear deformations, current strength, relative energy consumption of the generating vessel, and energy input power into the channel. The results of the work can be used to determine the parameters of the electric generator and the formation of optimal modes of its operation, taking into account the type and structure of the destroyed material.*

*Keywords: concrete, destruction, electric discharge, channel, explosion, voltage generator, pulse, voltage, electrodes.*

<https://doi.org/10.48081/CXLU2622>

**\*Н. А. Терещенко<sup>1</sup>, В. Ю. Мирошник<sup>2</sup>,  
М. А. Холмов<sup>3</sup>, К. И. Никитин<sup>4</sup>, Б. Н. Коврижин<sup>5</sup>**

<sup>1,2,3,4,5</sup>Омский государственный технический университет,  
Российская Федерация, г. Омск

## **ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА ШТЫРЬЕВЫХ ИЗОЛЯТОРОВ**

*В статье описаны причины выхода из строя изоляторов высокого напряжения и влияние такого вида повреждений на системы передачи электрической энергии высокого напряжения. Рассмотрены все известные на сегодняшний день методы выявления неисправности изоляторов высокого напряжения. Проведено сравнение методов между собой, выявлены наиболее оптимальные из них. В статье предложены схема и устройство, на которое получен патент на изобретение, позволяющее диагностировать повреждающийся изолятор, находящийся под рабочим напряжением воздушной линии электропередачи (ВЛЭП), за счет измерения тока утечки. Изготовлен опытный образец устройства диагностирования изоляторов высокого напряжения. Проведены эксперименты с изготовленным устройством диагностирования изоляторов высокого напряжения. В ходе экспериментов была доказана работоспособность экспериментального образца и его пригодность к внедрению. Ток утечки, снимаемый с конструкции шунта предложенного устройства диагностирования изоляторов высокого напряжения, преобразуется в цифровой сигнал для обработки, передачи и дальнейшей обработки на диспетчерском пункте подстанции. Предложенные схема и устройство диагностирования изоляторов высокого напряжения позволяют не только вести контроль тока утечки изолятора, но и отслеживать величину сопротивления изоляции.*

*Ключевые слова: ток утечки, штырьевой изолятор, светодиод, переменное напряжение, диагностика.*

## **Введение**

Одной из важнейших задач повышения надежности энергосистемы является разработка способов и средств диагностики изоляторов под рабочим напряжением. В системах передачи электроэнергии высокого напряжения изоляторы являются незаменимым оборудованием. Причин выхода из строя изоляторов достаточно много: механические разрушения, сколы, воздействие окружающей среды (загрязнение, трещины и т. д.), длительное воздействие электрического поля и пр. Вероятность электрического отказа не превышает 0,001 [1–4], поэтому на ВЛЭП – 10 кВ длиной 10 км содержащей около 150...200 опор и соответственно 450...600 изоляторов, можно с большой уверенностью ожидать повреждение одного из изоляторов в течение двух лет. Если учесть длины всех ЛЭП энергосистемы для разных уровней напряжения, то получаются довольно внушительные цифры, как по количеству изоляторов, так и по частоте их выхода из строя. Для выявления их дефектов производят периодический осмотр, который является важной процедурой технического обслуживания.

Для эффективности диагностики и безопасности жизни людей большинство научных разработок, исследований и патентов направлены на создание устройств для выявления неисправных изоляторов, что является актуальным в настоящее время [5–7].

Известны различные методы выявления неисправных изоляторов [8–11].

1) Визуальный осмотр является основным методом диагностики выявления дефектных изоляторов. С помощью данного способа легко могут быть обнаружены коррозия, брызги краски на изоляторах и другие формы тяжелого загрязнения. Этот способ легкий и не затратный, но некоторые дефекты не видно даже с близкого расстояния, и тогда применяют разную технику. Однако недостатком такого способа является обход всех электроустановок с изоляторами с затратой большого рабочего времени.

2) Измерения тока утечки. Метод основан по принципу, что при старении и загрязнении, сопротивление изолятора уменьшается, из-за чего увеличивается ток утечки. Характеристиками тока утечки являются величина тока, содержание гармоник, частота повторения импульсов. По ним определяют характер и серьезность ухудшения изоляции. Недостаток данного метода в том, что техника не обнаруживает трещины и пустоты [12].

3) Измерение сопротивления изоляции. Рабочие изоляторы обладают высоким сопротивлением (порядка несколько десятков...сотен тераом), что позволяет использовать при диагностике тераомметры. Если при наблюдении изолятор имеет низкое сопротивление, то он считается дефектным. Полученные показания могут обладать высокой погрешностью, т. к. сопротивление измерения изолятора зависят от атмосферных условий,

чаще всего от загрязнения и влажности. Недостатком такого метода является проведение измерения при отключенном напряжении.

4) Картирование электрического поля включает в себя измерение распределения электрического поля на поверхности изолятора или вдоль ряда изоляторов. Затем полученное изображение сравнивают с картиной, отражающей бездефектные условия. Недостатком такого метода является, как и в первом – обход всех электроустановок с изоляторами.

5) Съёмка в инфракрасном спектре. Увеличение тока утечки в изоляторе проявляется повышенным выделением тепла в соответствии с законом Джоуля–Ленца. В результате увеличенное выделение тепла можно наблюдать с помощью инфракрасного сканирования. Это видится с помощью тепловизоров и пирометров, которые идентифицируют и определяют зону дефекта. Нормальные изоляторы приобретают температуру окружающей среды, их называют нулевыми, остальные разделяют на исправные и дефектные. Разница температур между исправным и поврежденным изоляторами составляет от 0,3–0,5 °С и более. Недостаток такого способа – измерения могут быть неточные, т.к. чувствительность техники зависит от времени года, погоды и освещения, которые могут быть весьма динамичным [13].

6) Существует система контроля [14] с использованием мобильного робота, который движется по линии электропередачи. Он имеет три микрофона, с помощью которых улавливает звуковой сигнал, чтобы определить положение неисправных изоляторов. Микрофоны расположены в одну линию с фиксированным интервалом, которые получают частичный звук дуги в разное время. Частичные разряды короны вырабатывают шумовые звуковые сигналы. Поскольку между микрофонами существует интервал, то звуковой сигнал поступает на каждый микрофон с определенной разницей по времени. С помощью этой разницы времени прибытия звукового сигнала распознают расстояние и ориентацию неисправного изолятора. Абсолютные координаты неисправного устройства могут быть определены по относительным координатам устройства мобильного робота. Микрофонные решетки позволяют фильтровать шумы от ветра, пения птиц. Недостаток способа заключается в обработке отраженного сигнала, который ухудшает достоверность данных. Но использование мобильного робота, который может выполнять систему контроля в реальное время, позволяет уменьшить затраты энергокомпаний и обезопасить работу бригад.

7) Оптический ультрафиолетовый контроль. Суть способа заключается в обнаружении излучения в спектральной зоне ультрафиолетового света (УФ), которое возникает при короне и поверхностном частичном разряде (ПЧР). Длина электромагнитной волны составляет от 280 нм до 400 нм. Выпускается

электронно–оптический дефектоскоп «Филин–6», способный определять степень загрязнения изоляторов, наличие микротрещин, характеристики и зависимость от напряжения ПЧР и коронных разрядов. Также известны зарубежные аналоги: двухспектральная солнечно–слепая система DayCor SUPERB OD|XD, которую выпускает израильская фирма OPHIL; Coro–Cam (ЮАР) [15–17]. Однако такой метод позволяет определить поверхностные разряды при перенапряжениях и с помощью него невозможно выявить утечку тока только по поверхности изолятора.

8) Испытание повышенным напряжением. Способ заключается в подаче высокого потенциала через изолятор. При наличии дефекта, изолятор пробивается. Это единственный метод, который имеет 100 % эффективность в выявлении всех дефектных изоляторов, в том числе тех, которые выдержали нормальное рабочее напряжение. Испытательные устройства высокого напряжения могут быть конденсаторными. Конструкции разряда обеспечивают однонаправленное или затухающее синусоидальное испытательное напряжение. Напряжение пробоя на поверхности изолятора определяет верхний предел испытательного напряжения. Недостатком такого способа является трудоемкость – раздельное испытание каждого изолятора с его демонтажем или его отключением от сети, путем снятия проводника.

9) Определение разности в падении напряжении на изоляторах. Суть способа заключается в том, что потенциал через неисправные изоляторы будет отличаться от здоровых из них. Но осуществлять такое измерение под напряжением довольно опасно и тоже трудоемко.

10) Определение дефектов ультразвуком. Ультразвуковая диагностика заключается в обнаружении импульсного эха, либо акустической эмиссии. Акустические волны распространяются в материале через молекулярное взаимодействие и, следовательно, любой дефект, такой как трещины и пустоты в материале приводят к характерным изменениям: ослабление сигнала, скорости и направления волны. Электрические разряды в дефектах изолятора создают акустические волны, которые могут быть обнаружены датчиками, передающими информацию о природе дефектов [18, 19]. Преимущества заключаются в том, что в любое время под рабочим напряжением возможно дистанционно снимать показания. Но метод используют как дополнительный [20].

### **Материалы и методы**

Устройство и принцип работы диагностического устройства. Диагностическое устройство устанавливается на заземленной траверсе и снимает падение напряжения с шунта [21]. В нормальном режиме, когда изолятор исправен и обладает высоким сопротивлением, ток утечки небольшой, в пределах нормы. Этот ток протекает от провода или шины

ЛЭП через изолятор и шунт к заземленной траверсе. На шунте возникает падение напряжения в соответствии с законом Ома, которое поступает на диагностическое устройство. Так как ток утечки мал, диагностическое устройство не передает оператору сигнал. В режиме повреждения изолятора его сопротивление снижается. Ток утечки увеличивается и достигает критической величины, а пропорционально ему увеличивается падение напряжения на шунте, которое контролируется диагностическим устройством. Так как напряжение на шунте будет соответствовать аварийному значению, то оно будет зафиксировано диагностическим устройством, устройство срабатывает и посылает сигнал оператору. Это означает, что на воздушной линии электропередачи диагностируется недопустимо высокая утечка напряжения, изолятор поврежден и требует замены.

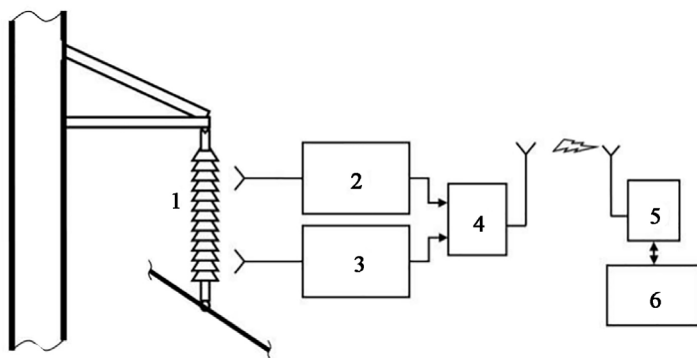


Рисунок 1 – Блок-схема измерительного устройства:

1 – изолятор высокого напряжения; 2 – приемник электромагнитных сигналов; 3 – приемник акустических сигналов; 4 – аналого-цифровой преобразователь с модулем WNPA; 5 – модуль WNPA с USB интерфейсом; 6 – персональный компьютер

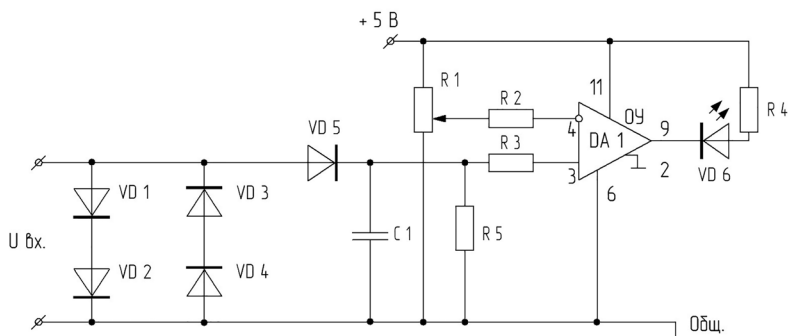


Рисунок 2 – Схема предлагаемого диагностического устройства

Авторы предлагают схему диагностического устройства (рис. 2), на вход которой с шунта подается сигнал на диодный мост (VD1-VD4), необходимый для защиты устройства; выпрямительный диод VD5 и конденсатор C1 для сглаживания однополупериодного сигнала. Далее выпрямленный сигнал  $U_{BX}$  поступает на неинвертирующий вход компаратора DA1 через резистор R3. На инвертирующий вход компаратора DA1 через резистор R2 подается сигнал с делителя напряжения резистора R1, который формирует опорный сигнал  $U_{оп}$  уставки срабатывания. При превышении  $U_{BX} > U_{оп}$  компаратор DA1 срабатывает и через токоограничивающий резистор R4 на светодиод VD6 подается напряжение, он светится. Питание устройства в экспериментальном образце идет от батареи 5 В.

Экспериментальные исследования. Представленная схема (рис. 2) была экспериментально проверена в лаборатории. Для проведения эксперимента был использован источник переменного напряжения АИД-70М, штырьевой изолятор ШФ-10Г, высокоомный шунт  $R=17,9$  кОм, диагностическое устройство, вольтметр и провода с электрическими зажимами (рис. 3).

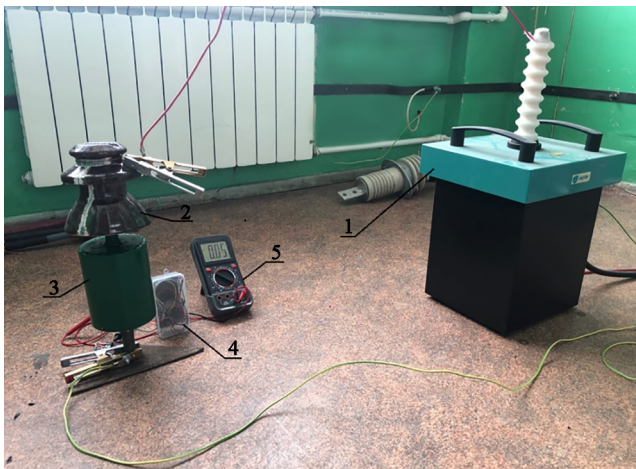


Рисунок 3 – Экспериментальная установка:

1 – установка АИД–70М, 2 – изолятор ШФ–10Г, 3 – высокоомный шунт, 4 – диагностическое устройство, 5 – вольтметр



Рисунок 4 – Рабочее состояние диагностического устройства при поврежденном изоляторе

С помощью установки АИД–70М подавалось переменное напряжение от 0 до 10 кВ. Изолятор ШФ–10Г, подключенный последовательно с АИД–70М, заранее был дефектным и был подключен последовательно с шунтом. Вольтметр показывал входное переменное напряжение, которое



поступало на диагностическое устройство. В момент подачи напряжения 10 кВ на установку АИД-70М, вольтметр зафиксировал напряжение  $U_V=0,2$  В и диагностическое устройство сработало, загорелся светодиод (Рис. 4).

Расчет протекающего тока утечки через дефектный изолятор при сработавшем ДУ (1):

$$I_{\text{утак}} = \frac{U_V}{R} = \frac{0,2}{17900} = 1,117 \cdot 10^{-5} \text{ А.} \quad (1)$$

### Результаты и обсуждение

В процессе проведения эксперимента, на входе ДУ зафиксировано напряжение тока утечки повреждённого изолятора. Таким образом, показана работоспособность экспериментального образца и его пригодность к внедрению.

### Выводы

В работе произведен обзор существующих диагностических устройств, используемых для диагностики и мониторинга изоляторов ВЛЭП и выявлены их недостатки. Авторами предложена схема диагностического устройства, описан её принцип действия и проведены эксперименты с опытным образцом.

Представленное в статье диагностическое устройство ведет контроль тока утечки изолятора и, соответственно, за величиной сопротивления изоляции.

С помощью проведённого эксперимента показана работоспособность предложенного принципа.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Овсянников, А., Тарасов, А., Яншин, Э.** Тарельчатые изоляторы на воздушных линиях // *Новости электротехники*. – 2010. – № 6 (66). [Электронный ресурс]. – URL: <http://news.elteh.ru/arh/2010/66/09.php> (Дата обращения: 14.04.2021).

2 ГОСТ 6490-2017. Изоляторы линейные подвесные тарельчатые. Общие технические условия (ИУС 3-2018). Введ. 2018–09–01. – М. : Стандартинформ, 2018. – 31 с.

3 **Новиков, В. П., Скобейдо, А. И.** Исследование механической прочности подвесных изоляторов из закаленного стекла в зависимости от длительности воздействия нагрузки // *Известия НИИПТ*. – 1970. – № 16. – С. 263–266.

4 **Скобейдо, А. И., Тюрин, Э. А.** Оценки показателей надежности и изменения механической прочности изоляторов из закаленного стекла по опыту их эксплуатации // *Изоляция воздушных линий электропередачи 110–1150 кВ: сб. науч. тр. НИИПТ*. – Ленинград : Энергоатомиздат, Ленинградское отделение, 1989. – С. 22–28.

5 **Балобанов, Р. Н., Зарипов, Д. К., Насибуллин, Р. А. и др.** Устройство оптической индикации дефекта высоковольтной изолирующей конструкции // Известия высших учебных заведений. – Проблемы энергетики. – 2017. – Т. 19. – №. 3–4. – С. 119–125.

6 **Ivanov, D. A., Golenishchev-Kutuzov, A. V., Yaroslavsky, D. A. et al.** Portable complex for remote control of high-voltage insulators using wireless data collection and transmission module // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. – 2018. – Vol. 13. – № 6. – P. 2358–2362.

7 **Несенюк, Т. А.** Непрерывная диагностика опорно-штыревых изоляторов на воздушных линиях 6–10 кВ // Энергобезопасность и энергосбережение. – 2013. – № 5 [Электронный ресурс]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/nepreryvnaya-diagnostika-oporno-shtyrevykh-izolyatorov-na-vozdushnyh-liniyah-6-10-kv> (Дата обращения: 01.04.2021).

8 **Yaowen, L.** Analysis of the detection method of insulators deterioration based on optical electric field sensors // IOP Conference Series : Earth and Environmental Science. – 2021. – Vol. 714. – № 4. – 042047. – DOI:10.1088/1755-1315/714/4/042047.

9 **Liu, X., Miao, X., Jiang, H. [et al.].** Box-Point Detector : A Diagnosis Method for Insulator Faults in Power Lines Using Aerial Images and Convolutional Neural Networks // IEEE Transactions on Power Delivery. – 2021. – DOI:10.1109/TPWRD.2020.3048935.

10 **Rahman, E. U. et al.** Autonomous Vision-Based Primary Distribution Systems Porcelain Insulators Inspection Using UAVs // Sensors. – 2021. – Vol. 21 (3). – 974. – DOI: 10.3390/s21030974.

11 **Tan, J.** Automatic Insulator Detection for Power Line Using Aerial Images Powered by Convolutional Neural Networks // Journal of Physics: Conference Series. – 2021. – Vol. 1748 (4). – 042012. – DOI:10.1088/1742-6596/1748/4/042012.

12 **Плешков, П. Г., Котыш, А. И.** Диагностика состояния опорных изоляторов 10–35 кВ по их токам утечки. 2006. [Электронный ресурс]. – URL: <http://pnpbolid.com/wp-content/uploads/2019/10/iv-conference-2006-07.pdf> (Дата обращения: 01.04.2021).

13 **Wu, Y. et al.** Application of Image Processing Techniques in Infrared Detection of Faulty Insulators // Chinese Conference on Pattern Recognition. – Springer, Berlin, Heidelberg, 2014. – P. 189–198.

14 **Ha, H., Han, S., Lee, J.** Fault detection on transmission lines using a microphone array and an infrared thermal imaging camera // IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement. – 2011. – Vol. 61. – Issue 1. – P. 267–275. – DOI: 10.1109/TIM.2011.2159322.

15 Электронно–оптический дефектоскоп «ФИЛИН–6». [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.ndtural.ru/razdel.html?gc=4&ci=57&ir=8390> (Дата обращения: 14.04.2021).

16 Range of products / Ofil. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.ofilsystems.com/products/index.html> (Дата обращения: 14.04.2021).

17 Ультрафиолетовая камера (дефектоскоп) COROCAM 8. [Электронный ресурс]. – URL: [http://www.corocam-uv.ru/cam\\_10.html](http://www.corocam-uv.ru/cam_10.html) (Дата обращения: 14.04.2021).

18 **Nyamupangedengu, C., Luhlanga, L. P., Letlape, T.** Acoustic and HF detection of defects on porcelain pin insulators // 2007 IEEE Power Engineering Society Conference and Exposition in Africa–PowerAfrica. – 2007. – P. 1–5. – DOI:10.1109/PESAfr.2007.4498111.

19 **Samaitis, V. et al.** Detection and Localization of Partial Discharge in Connectors of Air Power Lines by Means of Ultrasonic Measurements and Artificial Intelligence Models // Sensors. – 2021. – Vol. 21 (1). – 20. – DOI: 10.3390/s21010020.

20 **Рейх, Е. Н., Сыченко, В. Г., Ким, Е. Д.** Анализ методов и средств диагностирования для оценки состояния изоляторов контактной сети // Электрификация транспорта. – 2012. – № 4. – С. 54–60.

21 Пат. 201395 Российская Федерация, МПК Н 01 С 3/00, G 01 R 19/00. Конструкция шунта для диагностики подвесных изоляторов воздушной линии электропередач / Терещенко Н. А., Мирошник В. Ю., Поляков Д. А., Никитин К. И. № 2020134446; заявл. 21.10.2020; опубл. 14.12.2020., Бюл. № 35.

## REFERENCES

1 **Ovsyannikov, A., Tarasov, A., YAnshin, E.** Tarel’chatye izolyatory na vozdushnyh liniyah [Disk insulators on overhead lines] // Novosti elektrotehniki. 2010. № 6 (66) [Electronic resource]. – URL: <http://news.elteh.ru/arh/2010/66/09.php> (Access date 14.04.2021).

2 GOST 6490-2017. Izolyatory linejnye podvesnye tarel’chatye. Obshchie tekhnicheskie usloviya (IUS 3-2018). [Insulators linear suspended plate-shaped. General specifications] Vved. 2018–09–01. Moscow : Standartinform, 2018. – 31 p.

3 **Novikov, V. P., Skobejdo, A. I.** Issledovanie mekhanicheskoy prochnosti podvesnyh izolyatorov iz zakalennogo stekla v zavisimosti ot dlitel’nosti vozdejstviya nagruzki [Investigation of the mechanical strength of tempered glass suspension insulators depending on the duration of the load] // Izvestiya NIPT. – 1970. – № 16. – P. 263–266.

4 **Skobejdo, A. I., Tyurin, E. A.** Ocenki pokazatelej nadezhnosti i izmeneniya mekhanicheskoy prochnosti izolyatorov iz zakalennogo stekla po opyту ih

eksploatatsii [Estimates of reliability indicators and changes in the mechanical strength of tempered glass insulators based on their operating experience] // Izolyatsiya vozdushnyh liniy elektroperedachi 110–1150 kV : sb. nauch. tr. NIPT. – Leningrad : Energoatomizdat, Leningradskoe otdelenie, 1989. – P. 22–28.

5 **Balobanov, R. N., Zaripov, D. K., Nasibullin, R. A. [i dr.].** Ustrojstvo opticheskoy indikatsii defekta vysokovol'tnoj izoliruyushchej konstrukcii [Device for optical indication of a defect in a high-voltage insulating structure] // Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Problemy energetiki. – 2017. – T. 19. – №. 3–4. – P. 119–125.

6 **Ivanov, D. A., Golenishchev-Kutuzov, A. V., Yaroslavsky, D. A. [et al.].** Portable complex for remote control of high-voltage insulators using wireless data collection and transmission module // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. – 2018. – Vol. 13. – № 6. – P. 2358–2362.

7 **Nesenyuk, T. A.** Nepreryvnaya diagnostika oporno-shtyrevykh izolyatorov na vozdushnykh liniyakh 6–10 kV [Continuous diagnostics of post-pin insulators on overhead lines 6–10 kV] // Energobezопасnost' i energosberezhenie. – 2013. – № 5. [Electronic resource]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/nepreryvnaya-diagnostika-oporno-shtyrevykh-izolyatorov-na-vozdushnykh-liniyakh-6-10-kv> (Access date 01.04.2021).

8 **Yaowen, L.** Analysis of the detection method of insulators deterioration based on optical electric field sensors // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2021. – Vol. 714. – № 4. – 042047. – DOI:10.1088/1755-1315/714/4/042047.

9 **Liu, X., Miao, X., Jiang, H. [et al.].** Box-Point Detector: A Diagnosis Method for Insulator Faults in Power Lines Using Aerial Images and Convolutional Neural Networks // IEEE Transactions on Power Delivery. – 2021. – DOI:10.1109/TPWRD.2020.3048935.

10 **Rahman, E. U. [et al.].** Autonomous Vision-Based Primary Distribution Systems Porcelain Insulators Inspection Using UAVs // Sensors. – 2021. – Vol. 21 (3). – 974. – DOI: 10.3390/s21030974.

11 **Tan, J.** Automatic Insulator Detection for Power Line Using Aerial Images Powered by Convolutional Neural Networks // Journal of Physics : Conference Series. – 2021. – Vol. 1748 (4). – 042012. – DOI:10.1088/1742-6596/1748/4/042012.

12 **Pleshkov, P. G., Kotysh, A. I.** Diagnostika sostoyaniya opornykh izolyatorov 10–35 kV po ih tokam utechki [Diagnostics of the condition of 10–35 kV support insulators by their leakage currents]. – 2006. [Electronic resource]. – URL: <http://pnpbolid.com/wp-content/uploads/2019/10/iv-conference-2006-07.pdf> (Access date 01.04.2021).

13 **Wu, Y. et al.** Application of Image Processing Techniques in Infrared Detection of Faulty Insulators // Chinese Conference on Pattern Recognition. – Springer, Berlin, Heidelberg, 2014. – P. 189–198.

14 **Ha, H., Han, S., Lee, J.** Fault detection on transmission lines using a microphone array and an infrared thermal imaging camera // IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement. – 2011. – Vol. 61. – Issue 1. – P. 267–275. – DOI: 10.1109/TIM.2011.2159322.

15 Elektronno–opticheskij defektoskop «FILIN–6». [Electron-optical flaw detector «FILIN–6»] [Electronic resource]. – URL: <http://www.ndtural.ru/razdel.html?gc=4&ci=57&ir=8390> (Access date 14.04.2021).

16 Range of products / Ofil. [Electronic resource]. – URL: <http://www.ofilsystems.com/products/index.html> (Access date 14.04.2021).

17 Ul'traioletovaya kamera (defektoskop) COROCAM 8 [Ultraviolet camera (flaw detector) COROCAM 8]. [Electronic resource]. – URL: [http://www.corocam-uv.ru/cam\\_10.html](http://www.corocam-uv.ru/cam_10.html) (Access date 14.04.2021).

18 **Nyamupangedengu, C., Luhlanga, L. P., Letlape, T.** Acoustic and HF detection of defects on porcelain pin insulators // 2007 IEEE Power Engineering Society Conference and Exposition in Africa–PowerAfrica. – 2007. – P. 1–5. – DOI:10.1109/PESAfr.2007.4498111.

19 **Samaitis, V. et al.** Detection and Localization of Partial Discharge in Connectors of Air Power Lines by Means of Ultrasonic Measurements and Artificial Intelligence Models // Sensors. – 2021. – Vol. 21 (1). – 20. – DOI: 10.3390/s21010020.

20 **Rejh, E. N., Sychenko, V. G., Kim, E. D.** Analiz metodov i sredstv diagnostirovaniya dlya ocenki sostoyaniya izolyatorov kontaktnoj seti [Analysis of methods and diagnostic tools for assessing the state of contact network insulators] // Elektrifikatsiya transporta. – 2012. – № 4. – P. 54–60.

21 Pat. 201395 Rossijskaya Federatsiya, MPK H 01 C 3/00, G 01 R 19/00. Konstruktsiya shunta dlya diagnostiki podvesnyh izolyatorov vozduшной linii elektroperedach [Shunt design for diagnosing suspension insulators of overhead power lines] / Tereshchenko N. A., Miroshnik V. Yu., Polyakov D. A., Nikitin K. I. № 2020134446; zayavl. 21.10.2020; opubl. 14.12.2020., Byul. № 35.

Материал поступил в редакцию 28.11.21.

\*Н. А. Терещенко<sup>1</sup>, В. Ю. Мирошник<sup>2</sup>, М. А. Холмов<sup>3</sup>,  
К. И. Никитин<sup>4</sup>, Б. Н. Коврижин<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4,5</sup>Омбы мемлекеттік техникалық университеті,

Ресей Федерациясы, Омбы қ.

Материал 28.11.21 баспаға түсті.

## ІСТІК ОҚШАУЛАҒЫШТАРДЫҢ ДИАГНОСТИКАЛЫҚ ҚҰРЫЛҒЫСЫ

*Мақалада жоғары кернеулі оқшаулағыштардың істен шығу себептері және зақымданудың бұл түрінің жоғары кернеулі электр энергиясын беру жүйелеріне әсері сипатталған. Бүгінгі таңда жоғары кернеулі оқшаулағыштардың ақауларын анықтаудың барлық белгілі әдістері қарастырылған. Әдістерді бір-бірімен салыстыру жүргізілді, олардың ең оңтайлы түрлері анықталды. Мақалада ағып кету тогын өлшеу арқылы электр беру әуе желісінің (ЭБЖ) жұмыс кернеуіндегі зақымдалған оқшаулағышты диагностикалауға мүмкіндік беретін өнертабысқа патент алынған схема мен құрылғы ұсынылған. Жоғары кернеулі оқшаулағыштарды диагностикалау құрылғысының прототипі жасалды. Жоғары кернеулі оқшаулағыштарды диагностикалаудың дайындалған құрылғысымен эксперименттер жүргізілді. Эксперименттер барысында эксперименттік үлгінің жұмыс қабілеттілігі және оның енгізуге жарамдылығы дәлелденді. Ұсынылған жоғары кернеулі оқшаулағыштарды диагностикалау құрылғысының шунт конструкциясынан алынатын ағып кету тогы қосалқы станцияның диспетчерлік пунктінде оңдеу, беру және одан әрі оңдеу үшін цифрлық сигналға айналады. Ұсынылған жоғары кернеулі оқшаулағыштарды диагностикалау схемасы мен құрылғысы оқшаулағыштың ағып кету тогын бақылауға ғана емес, оқшаулау кедергісінің мөлшерін бақылауға мүмкіндік береді.*

*Кілтті сөздер: ағып кету тогы, істікшелі оқшаулағыш, жарық диоды, ауыспалы кернеу, диагностика.*

*\*N. A. Tereshchenko<sup>1</sup>, V. Yu. Miroshnik<sup>2</sup>, M. A. Kholmov,<sup>3</sup>*

*K. I. Nikitin<sup>4</sup>, B. N. Kovrizhin<sup>5</sup>*

*<sup>1,2,3,4,5</sup>Omsk State Technical University,*

*Russian Federation, Omsk.*

*Material received on 28.11.21.*

## DIAGNOSTIC DEVICE FOR PIN INSULATORS

*The article describes the causes of failure of high voltage insulators and the impact of this type of damage on high voltage electrical energy transmission systems. All currently known methods for detecting a malfunction of high voltage insulators are considered. The methods were compared with each other, the most optimal of them were identified. The article proposes a*

*circuit and a device for which a patent for an invention has been received, which allows diagnosing a damaged insulator under the operating voltage of an overhead power transmission line (OHTL) by measuring the leakage current. A prototype device for diagnosing high voltage insulators was made. Experiments were carried out with the manufactured device for diagnosing high voltage insulators. During the experiments, the performance of the experimental sample and its suitability for implementation was proved. The leakage current taken from the shunt structure of the proposed device for diagnosing high voltage insulators is converted into a digital signal for processing, transmission and further processing at the control room of the substation. The proposed scheme and device for diagnosing high-voltage insulators allow not only to control the leakage current of the insulator, but also to monitor the value of the insulation resistance.*

*Keywords: leakage current, pin insulator, LED, alternating voltage, diagnostics.*

<https://doi.org/10.48081/AUQF4297>

**В. Ф. Хацевский<sup>1</sup>, \*К. В. Хацевский<sup>2</sup>, Д. Ю. Руду<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Торайғыров университет,

Республика Казахстан, г. Павлодар;

<sup>2,3</sup>Омский институт водного транспорта,

Российская Федерация, г. Омск

## **ОЦЕНКА ПРИМЕНЕНИЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК НА ТЕРРИТОРИИ ОМСКОЙ ОБЛАСТИ**

*Суммарная кинетическая энергия ветра на Земле оценивается величиной порядка  $0,7 \cdot 10^{21}$  Дж. В России энергия ветра может быть эффективно использована в следующих регионах – области: Архангельская, Астраханская, Волгоградская, Калининградская, Камчатская, Ленинградская, Магаданская, Мурманская, Омская, Новосибирская, Пермская, Ростовская, Сахалинская, Тюменская; края: Краснодарский, Приморский, Хабаровский; а также: Дагестан, Калмыкия, Карелия, Коми, Ненецкий автономный округ, Таймырский автономный округ, Хакасия, Чукотка, Якутия, Ямало-Ненецкий автономный округ. Перспективными являются и другие отдельные районы многих краев, областей и республик РФ. Если выясняется, что на интересующей территории нет достаточных ветроэнергетических ресурсов, не имеет никакого смысла проводить дальнейшие действия по решению задачи применения ВЭУ в этом месте.*

*В работе представлен краткий анализ перспективности применения современных ветроэнергетических установок на территории Омской области. Рассмотрены характерные типы генераторных систем для ветроэнергетических установок и проанализированы достоинства и недостатки использования различных типов электрических машин в качестве генерирующих устройств ВЭУ. Выполнено исследование применимости возобновляемых источников электроэнергии, определено направление развития ветроэнергетических установок. Дана комплексная оценка эффективности применения альтернативных источников электроэнергии на территории Омской области.*

*Ключевые слова: ветроэнергетическая установка, альтернативная энергетика, ветроэнергетика, система генерации, энергосистема.*



## **Введение**

Целью разработки проекта подстанции с использованием ветряной энергетической установки является, внедрение в энергосистему новых методов уменьшения затрат на производство электроэнергии, а следовательно уменьшение стоимости электроэнергии для населения, и уменьшение влияния загрязнения окружающей среды энергосистемой России.

Суммарная кинетическая энергия ветра на Земле оценивается величиной порядка  $0,7 \times 10^{21}$  Дж. Однако большая часть этой энергии выделяется над океанами [1–3]. Тем не менее, как уже отмечалось, над равнинами, не покрытыми лесами, энергия ветра также довольно высока. Кроме того в такой местности ветер отличается большей устойчивостью, что особенно важно для работы ВЭУ.

В перспективных для применения ветроэнергетических установок (ВЭУ) регионах среднегодовая скорость ветра должна быть от 4 до 6 м/с и более. Россия располагает значительными ресурсами ветровой энергии, они сосредоточены главным образом в тех регионах, где отсутствует централизованное энергоснабжение. Такая ситуация характерна для всего Арктического побережья от Кольского полуострова до Чукотки, а также для побережья и островных территорий Берингова и Охотского морей. География распределения ветроэнергетических ресурсов позволяет рационально их использовать как автономными ВЭУ, так и крупными ветроэнергетическими станциями в составе местных энергетических систем [4].

В России энергия ветра может быть эффективно использована в следующих регионах – области: Архангельская, Астраханская, Волгоградская, Калининградская, Камчатская, Ленинградская, Магаданская, Мурманская, Омская, Новосибирская, Пермская, Ростовская, Сахалинская, Тюменская; края: Краснодарский, Приморский, Хабаровский; а также: Дагестан, Калмыкия, Карелия, Коми, Ненецкий автономный округ, Таймырский автономный округ, Хакасия, Чукотка, Якутия, Ямало-Ненецкий автономный округ. Перспективными являются и другие отдельные районы многих краев, областей и республик РФ. Если выясняется, что на интересующей территории нет достаточных ветроэнергетических ресурсов, не имеет никакого смысла проводить дальнейшие действия по решению задачи применения ВЭУ в этом месте [5-7].

Таблица 1 – Среднемесячные данные скорости ветра (м/сек) в Омской области

Месяцы												Среднее за год
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
6,3	6,1	6,4	5,8	5,9	5,5	4,6	4,4	4,8	5,8	5,8	6,3	5,6

В связи с недостатком площадей в самом городе, заслонением ветровых потоков застройками, а также в связи с некоторыми недостатками конструкции самой ветроэнергетической установки. Ветроэнергетическая установка производит два вида шума: от лопастей (свистящий звук) и механический шум от вращающихся элементов оборудования. Этот шум необходимо учитывать при строительстве ВЭУ, выдерживая определенные расстояния до жилых помещений. Вмешательство в системы телекоммуникаций, ВЭУ могут влиять на телевизионные и СВЧ сигналы. Проблем, касающихся СВЧ связи, можно избежать путем изменения положения ВЭУ или СВЧ связи. А также потенциальной опасности для низко пролетающих самолетов предлагается вынесение ВЭУ за пределы черты города.

#### **Материалы и методы**

Для более рационального использования ВЭУ, нужно правильно выбрать месторасположение ветряного агрегата, с учетом ландшафта выбранной местности. ВЭУ устанавливается на самом высоком пустынном «продуваемом» месте ландшафта. Высота мачты должна быть не менее 12-ти метров для увеличения ветрового потока.

ВЭУ должна бесперебойно поставлять электроэнергию к транзитной подстанции для этого должно быть предусмотрено аварийное и резервное питание. Для безопасности обслуживающего персонала и самой ВЭУ на случай штормового предупреждения, ВЭУ должна иметь механизм спуска и подъема мачты установки.

Все ВЭУ можно классифицировать следующим образом. К ветроустановкам с вертикальной осью вращения относятся установки карусельного типа. Наиболее эффективной из них по использованию энергии ветра является ВЭУ типа ротора Савониуса, в которой ветер воспринимается приблизительно 2/3 рабочей поверхности ветроколеса. К достоинствам установок такого типа относятся:

- простота конструкции;
- не требуется ориентация по ветру;
- для некоторых конструкций (например, ротор Савониуса) довольно значительный вращающий момент.

К недостаткам относятся:

- низкая скорость вращения, не более скорости ветра;
- значительная зависимость крутящего момента от скорости ветра.

Так как ВЭУ с вертикальной осью вращения являются тихоходными, то для привода генератора требуются редукторы с большим передаточным числом. Кроме того, сильно выраженная зависимость их крутящего момента и скорости вращения от скорости ветра требуют ряда усовершенствований, увеличивающих их сложность и стоимость (маховик, шторы для уменьшения потока ветра и т.п.). В этой связи ВЭУ карусельного типа применяются, в основном, для водоподъема, где не требуется поддержания стабильной скорости вращения [8].

Ветроэнергетические установки с горизонтальной осью вращения, расположенной параллельно ветру, называются ВЭУ пропеллерного типа и могут быть тихоходными (с числом лопастей более шести) и быстроходными (с числом лопастей до шести). Тихоходные установки менее эффективны для выработки электроэнергии, т.к. необходимы редукторы с большим передаточным числом. Поэтому они здесь не рассматриваются.

Быстроходные ВЭУ пропеллерного типа разделяются по способу расположения ветроколеса: за башней (самоустанавливающиеся на ветер) и перед башней (требующие устройства установки на ветер). В качестве устройства установки на ветер для маломощных ВЭУ применяется флюгер. Если рассматривать ветроустановку в качестве двигателя электрогенератора, то быстроходные установки пропеллерного типа по сравнению с другими обладают следующими преимуществами:

- высокая скорость вращения, что позволяет применять редуктор с малым передаточным числом или вообще обходиться без редуктора;
- наиболее высокий к.п.д.;
- наименее выражена зависимость крутящего момента от силы ветра;
- возможность авторегулирования скорости вращения.

К недостаткам ВЭУ пропеллерного типа можно отнести более сложную конструкцию и значительный гироскопический момент. Однако, современное состояние техники изготовления В-установок пропеллерного типа позволяет значительно упростить расчеты крыла и уменьшить влияние гироскопического момента [9].

Мощность ветрового потока ( $S_v$ ) через единичную площадку ( $F_0$ ) определяется по формуле:

$$S_{\dot{a}} = \frac{W_{\dot{a}}}{t} = \frac{m \cdot V^2 r}{2t} = \frac{F_0 V \cdot V^2}{2} = kV^3, \quad (1)$$

где  $W_v$  – кинетическая энергия ветра, Дж;

$t$  – время действия ветра, с;

$m$  – масса воздуха, перемещенная ветром через площадку  $F_0$  за время  $t$ , кг;

$\rho$  – плотность воздуха, кг/м<sup>3</sup>;

$V$  – скорость ветра, м/с;

$k$  – коэффициент энергии ветра, кг/м.

Таким образом, мощность ветра пропорциональна его скорости в третьей степени, и для оценки этой мощности достаточно иметь информацию о скорости ветра.

В России имеются метеорологические службы, занимающиеся регистрацией скорости ветра, следовательно имеются достаточно достоверные статистические данные о его скорости. Однако при этом следует помнить, что на метеостанциях скорость ветра измеряется на высоте 10 м над поверхностью Земли в данной местности. Поэтому если ветроколесо находится на другой высоте, то скорость ветра следует пересчитать по следующей эмпирической формуле:

$$V_h = V + 0.1h \cdot b, \quad (2)$$

где  $V_h$  – скорость ветра на высоте  $h$ , м/с;

$V$  – скорость ветра по данным метеостанции, м/с;

$h$  – высота оси ветроколеса, м;

Наиболее вероятные скорости ветра равны 4...12 м/с.

Удельная мощность, при этом, определялась с учетом вероятностного характера скорости ветра по формуле:

$$S_t = k \cdot S \cdot V_i \cdot p_i(t), \quad (3)$$

где:  $S_t$  – удельная мощность ветра во время  $t$ , Вт;

$V_i$  –  $i$ -тая скорость ветра, м/с;

$p_i(t)$  – вероятность действия  $i$ -той скорости ветра во время  $t$ .

Для проектирования электроснабжения важным параметром является продолжительность шторма ( $V \geq 1$  м/с). Из таблицы 1. определяем, что вероятность практического шторма в нашей зоне составляет 0,14...0,30 м/с, в зависимости от времени года, однако максимальное количество идущих подряд штормовых дней для Омской области равно четырем. Это обстоятельство следует учитывать при проектировании ветроэлектрических установок и определения глубины аккумуляирования электроэнергии.

### Результаты и обсуждения

Исходя из изложенного, для привода электрогенератора принимается быстрходная ВЭУ пропеллерного типа. Справедливость такого решения

подтверждается мировой практикой использования энергии ветра для электроснабжения.

### **Выводы**

Как считают специалисты, развитие этого направления энергетики является государственной задачей с точки зрения экономики и для решения социальных проблем [10]. Для создания благоприятного инвестиционного климата в этой области необходимо в первую очередь принятие целевой государственной программы, подкрепленной соответствующей законодательной базой, а также решить проблемы, связанные с подключением объектов малой энергетики к централизованной системе энергоснабжения.

### **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1 Перспективы ветроэнергетического рынка в России : Исследование / Фонд имени Фридриха Эберта; Всемирная ветроэнергетическая ассоциация; Штефан Гзенгер, Денисов Р.С. – 2017. – 29 с.

2 **Старков, А. Н.** Атлас ветров России / Старков А. Н. [и др.] – М. : «Можайск-Терра», 2000. – 558 с.

3 **Николаев, В. В.** Обоснование параметров ветродизельных энергокомплексов с учетом местного ветропотенциала и графиков нагрузки : дис. ... канд. тех. наук : 05.14.08: защищена 06.09.2016 / Николаев Василий Владимирович. – М., 2016. – 147 с.

4 **Николаев, В. Г.** Оценка ветроэнергетического потенциала России / Николаев В. Г. // Энергетик. – 2011. – № 9. – С. 37–49.

5 **Бубенчиков, А. А.** Проблемы применения ветроэнергетических установок в регионах с малой ветровой нагрузкой / А. А. Бубенчиков и др. // Международный научно-исследовательский журнал. – 2015. – № 5–2 (36). – С. 39–43.

6 **Лисицын, А. Н.** О перспективах ветроэнергетики в современном мире / А. Н. Лисицын, Н. М. Задорожная // Инновационные технологии в науке и образовании: Сборник статей V Междунар. науч.-практ. конф. – Пенза, 2017. – С. 36–42.

7 **Серебряков, Р. А.** Современное состояние, проблемы и перспективы развития ветроэнергетики / Р. А. Серебряков, С. С. Доржиев, Е. Г. Базарова // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2016. – № 3. – С. 13–20.

8 **Шагаров, Д. В.** Проблемы выбора и применения электрогенераторов для ветроэнергетической установки / Д. В. Шагаров, Е. М. Приходько, К. В. Хацевский // Актуальные вопросы энергетики: материалы всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. – Омск : Изд-во ОмГТУ, 2018. – С. 188–192.

9 **Лебедев, И. С.** Оптимизация конструкции конфузора ветро-энергетической установки для регионов с нестабильно-малым ветровым давлением / И. С. Лебедев, А. А. Бубенчиков, В. Н. Горюнов, К. В. Хацевский // Вестник МЭИ. – 2019. – № 1. – С. 14–19. – DOI: 10.24160/1993-6982-2019-1-14-19.

10 **Хацевский, К. В.** Политические аспекты внедрения ветроэлектростанций в энергосистему России / К. В. Хацевский, Е. А. Кукарекин, М. В. Куц, А. В. Симаков // Научное сообщество студентов XXI столетия. Технические науки : сб. ст. по мат. LX междунар. студ. науч.-практ. конф. – Новосибирск : Изд. АНС «СибАК». – 2017. – № 12 (59). – С. 450–454.

## REFERENCES

1 Perspektivy vetroenergeticheskogo rynka v Rossii : Issledovanie / Fond imeni Fridriha Eberta; Vsemirnaya vetroenergeticheskaya asociaciya; Shtefan Gzenger, Denisov R. S. [Prospects of the Wind Energy Market in Russia : Research / Friedrich Ebert Foundation; World Wind Energy Association; Stefan Gzenger, Denisov R. S.] – 2017. – 29 p.

2 **Starkov, A. N.** Atlas ветров России [Atlas of the winds of Russia] / Starkov A. N. et al. – Moscow : Mozhaisk-Terra, 2000. – 558 p.

3 **Nikolaev, V. V.** Obosnovanie parametrov vetrodizel'nyh energokompleksov s uchetom mestnogo vetropotenciala i grafikov nagruzki : dis. ... kand. tekhn. nauk : 05.14.08 : zashchishchena 06.09.2016 / Nikolaev Vasilij Vladimirovich [Justification of the parameters of wind-diesel power complexes taking into account the local wind potential and load schedules : dis. ... Candidate of Technical Sciences : 05.14.08 : defended 06.09.2016 / Nikolaev Vasily Vladimirovich]. – M., 2016. – 147 p.

4 **Nikolaev, V. G.** Ocenka vetroenergeticheskogo potenciala Rossii / Nikolaev V. G. // Energetik [Evaluation of the wind energy potential of Russia / Nikolaev V. G. // Energetik] – 2011. – № 9. – P. 37–49.

5 **Bubenchikov, A. A.** Problemy primeneniya vetroenergeticheskikh ustanovok v regionah s maloj vetrovoj nagruzkoj / A. A. Bubenchikov i dr. [Problems of the application of wind turbines in areas with low wind load / A. Bubenchikov A. et al. // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal [International research journal]. – 2015. – № 5–2 (36). – P. 39–43.

6 **Lisicyn, A. N.** O perspektivah vetroenergetiki v sovremennom mire / A. N. Lisicyn, N. M. Zadorozhnaya [About the prospects of wind energy in the modern world / A. N. Lisitsyn, N. M. Zadorozhnaya] // Innovacionnye tekhnologii v nauke i obrazovanii : Sbornik statej V Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii [Innovative technologies in science and education : Collection of articles of the V International Scientific and Practical Conference]. – Penza – 2017. – P. 36–42.

7 **Serebryakov, R. A.** Sovremennoe sostoyanie, problemy i perspektivy razvitiya vetroenergetiki / R. A. Serebryakov, S. S. Dorzhiev, E. G. Bazarova // Aktual'nye problemy gumanitarnyh i estestvennyh nauk [Serebryakov R. A. Modern state, problems and prospects of wind power development / R. A. Serebryakov, S. S. Dorzhiev, E. G. Bazarova // Actual problems of the humanities and natural sciences]. – 2016. – №. 3. – P. 13–20.

8 **Shagarov, D. V.** Problemy vybora i primeneniya elektrogeneratorov dlya vetroenergeticheskoy ustanovki / D. V. Shagarov, E. M. Prihod'ko, K. V. Khatsevskiy [Problems of selection and application of electric generators for a wind power plant / D. V. Shagarov, E. M. Prikhodko, K. V. Khatsevskiy] // Aktual'nye voprosy energetiki : materialy vsrossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii s mezhdunarodnym uchastiem [Actual issues of power engineering : Materials of the All-Russian scientific and practical conference with international participation] – Omsk : Izd-vo OmSTU, 2018. – P. 188–192.

9 **Lebedev, I. S.** Optimizaciya konstrukcii konfuzora vetroenergeticheskoy ustanovki dlya regionov s nestabil'no-malym vetrovym davleniem / I. S. Lebedev, A. A. Bubenchikov, V. N. Goryunov, K. V. Khatsevskiy [Lebedev I. S. Design optimization of a confuser windmills to regions with unstable low wind pressure / I. Lebedev, A. A. Bubenchikov, V. N. Goryunov, K. V. Khatsevskiy] // Vestnik MEI [MPEI Bulletin]. – 2019. – No. 1. – P. 14–19. – DOI: 10.24160/1993-6982-2019-1-14-19.

10 **Khatsevskiy, K. V.** Politicheskie aspekty vnedreniya vetroelektrostantsij v energosistemu Rossii / K. V. Khatsevskiy, E. A. Kukarekin, M. V. Kuc, A. V. Simakov [Political aspects of the introduction of wind power plants in the energy system of Russia / K. V. Khatsevskiy, E. A. Kukarekin, M. V. Kuts, A. V. Simakov] // Nauchnoe soobshchestvo studentov XXI stoletiya. Tekhnicheskie nauki : sb. st. po mat. LX mezhdunarodnoj studencheskoj nauchno-prakticheskoy konferencii [Scientific community of students of the XXI century. Technical sciences : LX International Student Scientific and Practical Conference]. –Novosibirsk : SibAK Publishing House, 2017. – № 12 (59). – P. 450–454.

Материал поступил в редакцию 28.11.21.

*В. Ф. Хацевский<sup>1</sup>, \*К. В. Хацевский<sup>2</sup>, Д. Ю. Руди<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Торайгыров университеті,  
Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.;

<sup>2,3</sup>Омбы су көлігі институты,  
Ресей Федерациясы, Омбы қ.

Материал 28.11.21 баспаға түсті.

## ОМБЫ ОБЛЫСЫНЫҢ АУМАҒЫНДА ЖЕЛ ЭЛЕКТР СТАНЦИЯЛАРЫН ПАЙДАЛАНУДЫ БАҒАЛАУ

*Жердегі желдің жалпы кинетикалық энергиясы шамамен 0,7-ден 1021 Дж-ға дейін бағаланады. Ресейде жел энергиясын келесі аймақтарда тиімді пайдалануға болады – аудандар: Архангельск, Астрахань, Волгоград, Калининград, Камчатка, Ленинград, Магадан, Мурманск, Омск, Новосибирск, Пермь, Ростов, Сахалин, Тюмень; аймақтар: Краснодар, Приморск, Хабаровск; сонымен қатар: Дағыстан, Қалмақия, Карелия, Коми, Ненец автономиялық округі, Таймыр автономиялық округі, Хакасия, Чукотка, Якутия, Ямало-Ненец автономиялық округі. Ресей Федерациясының көптеген аймақтарының, облыстарының және республикаларының басқа да жекелеген аудандары перспективалы болып табылады. Егер айқындалса, бұл қызықтыратын аумақта жоқ жеткілікті жел энергетикалық ресурстар, ешқандай мағынасы жүргізу әрекеттері бойынша шешуге қолдану ЖЭҚ бұл жерде.*

*Жұмыста Омбы облысының аумағында заманауи жел электр станцияларын қолдану перспективасына қысқаша талдау келтірілген. Жел энергетикасы қондырғыларына арналған генераторлық жүйелердің типтік түрлері қарастырылады және электр машиналарының әртүрлі түрлерін электр энергиясын өндіретін құрылғылар ретінде пайдаланудың артықшылықтары мен кемшіліктері талданады. Жаңартылатын электр энергиясы көздерінің қолданылуы зерттеліп, Жел энергетикалық қондырғылардың даму бағыты анықталды. Омбы облысының аумағында баламалы электр энергиясын пайдалану тиімділігіне кешенді баға берілді.*

*Кілтті сөздер: жел энергетикасы қондырғысы, баламалы энергетика, жел энергетикасы, генерациялау жүйесі, энергожүйесі*

*V. F. Khatsevskiy<sup>1</sup>, \*K. V. Khatsevskiy<sup>2</sup>, D. Y. Rudi<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Toraigyrov University,

Republic of Kazakhstan, Pavlodar;

<sup>2,3</sup>Omsk Institute of Water Transport,

Russian Federation, Omsk.

Material received on 28.11.21.



## ASSESSMENT OF THE USE OF WIND POWER PLANTS IN THE OMSK REGION

*The total kinetic energy of wind on Earth is estimated to be of the order of  $0.7 \cdot 10^{21}$  J. In Russia, wind energy can be effectively used in the following regions: Arkhangelsk, Astrakhan, Volgograd, Kaliningrad, Kamchatka, Leningrad, Magadan, Murmansk, Omsk, Novosibirsk, Perm, Rostov, Sakhalin, Tyumen; areas: Krasnodar, Primorsky, Khabarovsk; and also: Dagestan, Kalmykia, Karelia, Komi, Nenets Autonomous Okrug, Taimyr Autonomous Okrug, Khakassia, Chukotka, Yakutia, Yamalo-Nenets Autonomous Okrug. Other separate areas of many territories, regions and republics of the Russian Federation are also promising. If it turns out that there are not sufficient wind energy resources in the area of interest, it makes no sense to carry out further actions to solve the problem of using wind turbines in this place.*

*The paper presents a brief analysis of the prospects for the use of modern wind power plants in the Omsk region. The characteristic types of generator systems for wind power plants are considered and the advantages and disadvantages of using various types of electric machines as wind turbine generating devices are analyzed. The study of the applicability of renewable sources of electricity was carried out, the direction of development of wind power plants was determined. A comprehensive assessment of the effectiveness of the use of alternative sources of electricity in the Omsk region is given.*

*Keywords: wind power plant, alternative energy, wind power, generation system, power system.*

**АВТОРЛАР ТУРАЛЫ АҚПАРАТ**

**Азимбаев Жангир**, магистрант, С. Сейфуллин атындағы Агротехникалық университеті, Нұр-Сұлтан қ., 010011, Қазақстан Республикасы

**Акаев Айбек Мұратбекович**, PhD, қауымд. профессор, «Электроэнергетика» кафедрасы, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: aybek.akaev.vko\_81@mail.ru

**Аканова Акерке Сапаровна**, аға оқытушы, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Нұр-Сұлтан қ., 010011, Қазақстан Республикасы, e-mail: akerkegansaj@mail.ru

**Балғабеков Төлеу Күнжолұлы**, техника ғылымдарының кандидаты, доцент, Техникалық факультеті, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Нұр-Сұлтан қ., 010000, Қазақстан Республикасы, e-mail: tdi\_kstu@mail.ru

**Баубеков К. Т.**, техника ғылымдарының докторы, қауымд. профессор, «Жылу энергетикасы» кафедрасы, С. Сейфуллин атындағы Агротехникалық университеті, Нұр-Сұлтан қ., 010011, Қазақстан Республикасы, e-mail: baubekov52@mail.ru

**Бектурсын Адилет Жамбулатұлы**, программист, Инновациялық Еуразия университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: bektursyn04@gmail.com

**Даутова Айгуль Зейнуллиновна**, аға оқытушы, Торайғыров университеті, Computer Science факультеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: aigul67\_03@mail.ru

**Жумагулов Михаил Григорьевич**, PhD, қауымд. профессор, доцент, «Жылуэнергетика» кафедрасы, Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан қ., 010008 Қазақстан Республикасы, e-mail: zhmg\_9@mail.ru

**Жумжуман Ержан Жанатұлы**, магистрант, «Электроэнергетика» мамандығы, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: zhumzhumanov.erzhan1@gmail.com

**Карманов Амангельды Ерболович**, PhD, доцент, «Жылуэнергетика» кафедрасы, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: aman270685@mail.ru

**Картджанов Нурлан Режепбаевич**, докторант, «Жылуэнергетика» кафедрасы, Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан қ., 010008, Қазақстан Республикасы, e-mail: nurlanke16@gmail.com

**Кибартене Юлия Викторовна**, техника ғылымдарының кандидаты, қауымд. профессор, Энергетикалық факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: juvk@yandex.ru

**Кинжибекова Акмарал Кабиденовна**, техника ғылымдарының кандидаты, доцент, «Жылуэнергетика» кафедрасы, Торайгыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: akmaral70@mail.ru

**Коврижин Борис Николаевич**, техника ғылымдарының кандидаты, доцент, «Теориялық және жалпы электротехника» кафедрасы, Омбы мемлекеттік техникалық университеті, Омбы қ., 644050, Ресей Федерациясы, e-mail: boriskovrizhin@mail.ru

**Кузнецова Наталья Сергеевна**, физика-математика ғылымдарының кандидаты, Материалтану бөлімі, Ұлттық зерттеу Томск политехникалық университеті, Томск қ., 634000, Ресей Федерациясы, e-mail: natalia\_kuznetsova@tpu.ru

**Қоңқыбаева Арайлым Ниязбекқызы**, техника ғылымдарының магистрі, ассистент, Техникалық факультеті, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Нұр-Сұлтан қ., 010000, Қазақстан Республикасы, e-mail: arai\_janaarka@mail.ru

**Мельников Виктор Юрьевич**, техника ғылымдарының кандидаты, профессор, Энергетикалық факультеті, Торайгыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: S-melnik@yandex.ru

**Мерғалимова А. К.** PhD, аға оқытушы, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Нұр-Сұлтан қ., 010011, Қазақстан Республикасы, e-mail: almagul\_mergalimova@mail.ru

**Мирошник Вадим Юрьевич**, аспирант, «Теориялық және жалпы электротехника» кафедрасы, Омбы мемлекеттік техникалық университеті, Омбы қ., 644050, Ресей Федерациясы, e-mail: miroshnikovad@gmail.com

**Никитин Иван Иванович**, техника ғылымдарының докторы, доцент (Ресей), «Теориялық және жалпы электротехника» кафедрасы, Омбы мемлекеттік техникалық университеті, Омбы қ., 644050, Ресей Федерациясы, e-mail: nki@ngs.ru

**Никифоров Александр Степанович**, техника ғылымдарының докторы, профессоры, «Жылуэнергетика» кафедрасы, Торайгыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: aleke4599@mail.ru

**Новожилов Александр Николаевич**, техника ғылымдарының докторы, профессор, Энергетика факультеті, Торайгыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: novozhilova\_on@mail.ru

**Новожилов Тимофей Александрович**, техника ғылымдарының кандидаты, доцент, Энергетикалық институты, Омбы мемлекеттік техникалық университеті, Омбы қ., 644011, Ресей Федерациясы, e-mail: timokvey@mail.ru

**Оразбекова Әсем Қамбарқызы**, техника ғылымдарының магистрі, Энергетикалық факультеті, С. Сейфуллина атындағы Қазақ агротехникалық

**Оспанова Назира Нургазыевна**, педагогика ғылымдарының кандидаты, доцент, профессор, Computer Science факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: nazira\_n@mail.ru

**Приходько Евгений Валентинович**, техника ғылымдарының кандидаты, профессоры, «Жылуэнергетика» кафедрасы, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: john1380@mail.ru

**Руди Дмитрий Юрьевич**, аға оқытушы, Техникалық факультеті, Омбы су көлігі институты, Омбы қ., 644000, Ресей Федерациясы, e-mail: dima\_rudi@mail.ru

**Садыкова Айгерім Қанатқызы**, магистрант, «Электрэнергетика» мамандығы, Энергетика факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: shakenova@list.ru

**Садыкова Самал Бекболатовна**, аға оқытушы, «Жылуэнергетика» кафедрасы, Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан қ., 010008, Қазақстан Республикасы, e-mail: kundyzdy@mail.ru

**Сарсикеев Ермек Жасланұлы**, PhD, Энергетикалық факультеті, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Нұр-Сұлтан қ., 010011, Қазақстан Республикасы, e-mail: sarsikeev.ermek@yandex.ru

**Сиргетаева Гульжан Ермековна**, PhD, аға оқытушы, Техникалық факультеті, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Нұр-Сұлтан қ., 010000, Қазақстан Республикасы, e-mail: gulzhan\_karakeev@mail.ru

**Талипов Олжас Манарбекович**, PhD, қауымд. профессор (доцент), Энергетикалық және компьютерлік ғылымдар факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: talipov1980@mail.ru

**Терещенко Надежда Андреевна**, аспирант, «Теориялық және жалпы электротехника» кафедрасы, Омбы мемлекеттік техникалық университеті, Омбы қ., 644050, Ресей Федерациясы, e-mail: nadezhda.tereshchenko@mail.ru

**Төлебай Нұржол**, магистрант, С. Сейфуллин атындағы Агротехникалық университеті, Нұр-Сұлтан қ., 010011, Қазақстан Республикасы

**Хасан Ақылбек Құламанұлы**, магистрант, «Тасымалдауды, қозғалысты ұйымдастыру және көлікті пайдалану» мамандығы, Техникалық факультеті, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Нұр-Сұлтан қ., 010000, Қазақстан Республикасы, e-mail: akyl.r12@mail.ru

**Хацевский Владимир Филатович**, техника ғылымдарының докторы, профессор, Энергетика факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: xvf5@mail.ru

**Хацевский Константин Владимирович**, техника ғылымдарының докторы, профессор, Техникалық факультеті, Омбы су көлігі институты, Омбы қ., 644000, Ресей Федерациясы, e-mail: xkv-post@rambler.ru

**Холмов Михаил Александрович**, студент, «Теориялық және жалпы электротехника» кафедрасы, Омбы мемлекеттік техникалық университеті, Омбы қ., 644050, Ресей Федерациясы, e-mail: misha97h@gmail.com

**Шәріп Мейіржан Мейрамбекұлы**, техника ғылымдарының магистрі, бас инженер, «Магистральдық желінің Қарағанды филиалы» АҚ ҰК ҚТЖ, Қарағанды қ., 100000, Қазақстан Республикасы, e-mail: meirzhan.sharipov93@mail.ru

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ**

**Азимбаев Жангир**, магистрант, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Нур-Султан, 010011, Республика Казахстан

**Акаев Айбек Мұратбекович**, PhD, ассоц. профессор, кафедра «Электроэнергетика», Торайғыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: aybek.akaev.vko\_81@mail.ru

**Аканова Акерке Сапаровна**, ст. преподаватель, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Нур-Султан, 010011, Республика Казахстан, e-mail: akergekansaj@mail.ru

**Балгабеков Толеу Кунжолович**, кандидат технических наук, доцент, Технический факультет, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан, e-mail: tdi\_kstu@mail.ru

**Баубеков К. Т.**, доктор технических наук, ассоц. профессор, кафедра «Теплоэнергетики», Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Нур-Султан, 010011, Республика Казахстан, e-mail: baubekov52@mail.ru

**Бектурсын Адилет Жамбулатұлы**, программист, Инновационный Евразийский университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: bektursyn04@gmail.com

**Даутова Айгуль Зейнуллиновна**, ст. преподаватель, Торайғыров университет, Факультет Computer Science, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: aigul67\_03@mail.ru

**Жумагулов Михаил Григорьевич**, PhD, ассоц. профессор, доцент, кафедра «Теплоэнергетика», Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Нур-Султан, 010008 Республика Казахстан, e-mail: zhmg\_9@mail.ru

**Жумжуман Ержан Жанатұлы**, магистрант, специальность «Электроэнергетика», Торайғыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: Zhumzhumanov.erzhan1@gmail.com

**Карманов Амангельды Ерболович**, PhD, ассоц. профессор, кафедра «Теплоэнергетика», Торайғыров университет, г. Павлодар, 140003, Республика Казахстан, e-mail: aman270685@mail.ru

**Картджанов Нурлан Режепбаевич**, докторант, кафедра «Теплоэнергетика», Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Нур-Султан, 010008, Республика Казахстан, e-mail: nurlanke16@gmail.com

**Кибартене Юлия Викторовна**, кандидат технических наук, ассоц. профессор, Факультет энергетики, Торайгыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: juvk@yandex.ru

**Кинжибекова Акмарал Кабиденовна**, кандидат технических наук, ассоц. профессор, кафедра «Теплоэнергетика», Торайгыров университет, г. Павлодар, 140003, Республика Казахстан, e-mail: akmaral70@mail.ru

**Коврижин Борис Николаевич**, кандидат технических наук, доцент, кафедра «Теоретическая и общая электротехника», Омский государственный технический университет, г. Омск, 644050, Российская Федерация, e-mail: boriskovrizhin@mail.ru

**Кузнецова Наталья Сергеевна**, кандидат физико-математических наук, Отделение материаловедения, Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, 634000, Российская Федерация, e-mail: natalia\_kuznetsova@tpu.ru

**Қоңқыбаева Арайлым Ниязбекқызы**, магистр технических наук, ассистент, Технический факультет, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан, e-mail: arai\_janaarka@mail.ru

**Мельников Виктор Юрьевич**, кандидат технических наук, профессор, Факультет энергетики, Торайгыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: S-melnik@yandex.ru

**Мерғалимова А. К.**, PhD, ст. преподаватель, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Нур-Султан, 010011, Республика Казахстан, e-mail: almagul\_mergalimova@mail.ru

**Мирошник Вадим Юрьевич**, аспирант, кафедра «Теоретическая и общая электротехника», Омский государственный технический университет, г. Омск, 644050, Российская Федерация, e-mail: miroshnikovad@gmail.com

**Никитин Константин Иванович**, доктор технических наук, доцент (Россия), зав. кафедрой «Теоретическая и общая электротехника», Омский государственный технический университет, г. Омск, 644050, Российская Федерация, e-mail: nki@ngs.ru

**Никифоров Александр Степанович**, доктор технических наук, профессор, кафедра «Теплоэнергетика», Торайгыров университет, г. Павлодар, 140003, Республика Казахстан, e-mail: aleke4599@mail.ru

**Новожилов Александр Николаевич**, доктор технических наук, профессор, Энергетический факультет, Торайгыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: novozhilova\_on@mail.ru

**Новожилов Тимофей Александрович**, кандидат технических наук, доцент, Энергетический институт, Омский государственный технический университет, г. Омск, 644050, Российская Федерация, e-mail: timokvey@mail.ru

**Оразбекова Асем Камбаровна**, магистр технических наук, Энергетический факультет, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Нур-Султан, 010011, Республика Казахстан, e-mail: Oka-a7@mail.ru

**Оспанова Назира Нургазыевна**, кандидат педагогических наук, доцент, профессор, Факультет Computer Science, Торайғыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: nazira\_n@mail.ru

**Приходько Евгений Валентинович**, кандидат технических наук, профессор, кафедра «Теплоэнергетика», Торайғыров университет, г. Павлодар, 140003, Республика Казахстан, e-mail: john1380@mail.ru

**Руди Дмитрий Юрьевич**, ст. преподаватель, Технический факультет, Омский институт водного транспорта, г. Омск, 644000, Российская Федерация, e-mail: dima\_rudi@mail.ru

**Садыкова Айгерим Канатовна**, магистрант, специальность «Электроэнергетика», Энергетический факультет, Торайғыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: shakenova@list.ru

**Садыкова Самал Бекболатовна**, ст. преподаватель, кафедра «Теплоэнергетика», Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Нур-Султан, 010008 Республика Казахстан, e-mail: kundyzdy@mail.ru

**Сарсиев Ермак Жасланович**, PhD, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, Энергетический факультет, г. Нур-Султан, 010011, Республика Казахстан, e-mail: sarsikejev.ermek@yandex.ru

**Сиргетаева Гульжан Ермаковна**, PhD, ст. преподаватель, Технический факультет, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан, e-mail: gulzhan\_karakeev@mail.ru

**Талипов Олжас Манарбекович**, PhD, ассоц. профессор (доцент), Факультет энергетики и компьютерных наук, Торайғыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: talipov1980@mail.ru

**Терещенко Надежда Андреевна**, аспирант, кафедра «Теоретическая и общая электротехника», Омский государственный технический университет, г. Омск, 644050, Российская Федерация, e-mail: nadezhda.tereshchenko@mail.ru

**Толебай Нуржол**, магистрант, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Нур-Султан, 010011, Республика Казахстан

**Хасан Ақылбек Құламанұлы**, магистрант, специальность «Организация перевозок, движение и эксплуатация транспорта», Технический факультет, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан, e-mail: akyl.r12@mail.ru



**Хацевский Владимир Филатович**, доктор технических наук, профессор, Энергетический факультет, Торайгыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: xvf5@mail.ru

**Хацевский Константин Владимирович**, доктор технических наук, профессор, Технический факультет, Омский институт водного транспорта, г. Омск, 644000, Российская Федерация, e-mail: xkv-post@ Rambler.ru

**Холмов Михаил Александрович**, студент, кафедра «Теоретическая и общая электротехника», Омский государственный технический университет, г. Омск, 644050, Российская Федерация, e-mail: misha97h@gmail.com

**Шәріп Мейіржан Мейрамбекұлы**, магистр технических наук, ведущий инженер, АО НК КТЖ «Карагандинское отделение магистральной сети», г. Караганда, 100000, Республика Казахстан, e-mail: meirzhan.sharipov93@mail.ru

**INFORMATION ABOUT THE AUTHORS**

**Akaev Aibek Muratbekovich**, PhD, associate professor, Department of Electric Power Engineering, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: aybek.akaev.vko\_81@mail.ru

**Akanova Akerke Saparovna**, senior lecturer, S. Seifullin Kazakh AgroTechnical University, Nur-Sultan, 010011, Republic of Kazakhstan, e-mail: akerkegansaj@mail.ru

**Azimbayev Zhangir**, undergraduate student, S. Seifullin Kazakh AgroTechnical University, Nur-Sultan, 010011, Republic of Kazakhstan

**Balgabekov Toleu Kunzholovich**, Candidate of Technical Sciences, associate professor, Technical faculty, S. Seifullin Kazakh AgroTechnical University, Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan, e-mail: tdi\_kstu@mail.ru

**Baubekov K. T.**, Doctor of Technical Sciences, associate professor, Department of Thermal Power Engineering, S. Seifullin Kazakh AgroTechnical University, Nur-Sultan, 010011 Republic of Kazakhstan, e-mail: baubekov52@mail.ru

**Bektursyn Adilet Zhambulatuly**, programmer, Innovative Eurasian University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: bektursyn04@gmail.com

**Dautova Aigul Zeinullinovna**, senior lecturer, Toraighyrov University, Faculty of Computer Science, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: aigul67\_03@mail.ru

**Karmanov Amangeldy Erbolovich**, PhD, associate professor, Department of Heat Power Engineering, Toraighyrov University, Pavlodar, 140003, Republic of Kazakhstan, e-mail: aman270685@mail.ru

**Kartjanov Nurlan R.**, doctoral student, «Thermal power engineering» department, L. N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, 010008, Republic of Kazakhstan, e-mail: nurlanke16@gmail.com

**Khasan Aqylbek Qulamanuly**, Master in «Organization of transportation, movement and operation of transport», Technical Faculty, S. Seifullin Kazakh AgroTechnical University, Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan, e-mail: akyl.r12@mail.ru

**Khatsevskiy Konstantin Vladimirovich**, Doctor of Technical Sciences, professor, Technical Faculty, Omsk Institute of Water Transport, Omsk, 644000, Russian Federation, e-mail: xkv-post@rambler.ru

**Khatsevskiy Vladimir Filatovich**, Doctor of Technical Sciences, professor, Faculty of Energy, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: xvf5@mail.ru

**Kholmov Mikhail Alexandrovich**, student, Department of Theoretical and General Electrical Engineering, Omsk State Technical University, Omsk, 644050, Russian Federation, e-mail: misha97h@gmail.com

**Kibarten Yulia Viktorovna**, professor, Faculty of Energy, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: juvk@yandex.ru

**Kinzhibekova Akmaral Kabidenovna**, Candidate of Technical Sciences, associate professor, Department of Heat Power Engineering, Toraighyrov University, Pavlodar, 140003, Republic of Kazakhstan, e-mail: akmaral70@mail.ru

**Kongkybayeva Arailym Niyazbekqyzy**, Master of Technical Sciences, assistant, Technical Faculty, S. Seifullin Kazakh Agro Technical University, Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan, e-mail: arai\_janaarka@mail.ru

**Kovrizhin Boris**, PhD, associate professor, Department of Theoretical and General Electrical Engineering, Omsk State Technical University, Omsk, 644050, Russian Federation, e-mail: boriskovrizhin@mail.ru

**Kuznetsova Natalia Sergeevna**, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Department of Materials Science, National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, 634000, Russian Federation, e-mail: natalia\_kuznetsova@tpu.ru

**Melnikov Viktor Yurievich**, professor, Faculty of Energy, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: S-melnik@yandex.ru

**Mergalimova A. K.**, PhD, senior lecturer, S. Seifullin Kazakh Agro Technical University, Nur-Sultan, 010011, Republic of Kazakhstan, e-mail: almagul\_mergalimova@mail.ru

**Miroshnik Vadim Yurievich**, postgraduate student, Department of Theoretical and General Electrical Engineering, Omsk State Technical University, Omsk, 644050, Russian Federation, e-mail: miroshnikvad@gmail.com

**Nikiforov Alexander Stepanovich**, Doctor of Technical Sciences, professor, Department of Heat Power Engineering, Toraighyrov University, Pavlodar, 140003, Republic of Kazakhstan, e-mail: aleke4599@mail.ru

**Nikitin Konstantin Ivanovich**, Doctor of Technical Sciences, associate professor (Russia), Head of the Department of Theoretical and General Electrical Engineering, Omsk State Technical University, Omsk, 644050, Russian Federation, e-mail: nki@ngs.ru

**Novozhilov Aleksandr Nikolaevich**, Doctor of Technical Sciences, professor, Faculty of Energy Engineering, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: novozhilova\_on@mail.ru

**Novozhilov Timofey Aleksandrovich**, PhD, associate professor, Energy Institute, Omsk State Technical University, Omsk, 644011, Russian Federation, e-mail: ltimokvey@mail.ru

**Orazbekova Asem Kambarovna**, Master of Technical Sciences, Faculty of Energy, S. Seifullin Kazakh AgroTechnical University, Nur-Sultan, 010011, Republic of Kazakhstan, e-mail: Oka-a7@mail.ru

**Ospanova Nazira Nurgazyevna**, Candidate of Pedagogic Sciences, professor, Toraighyrov University, Faculty of Computer Science, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: nazira\_n@mail.ru

**Prikhodko Evgeniy Valentinovich**, Candidate of Technical Sciences, professor, Department of Heat Power Engineering, Toraighyrov University, Pavlodar, 140003, Republic of Kazakhstan, e-mail: john1380@mail.ru

**Rudi Dmitry Yurievich**, senior lecturer, Technical Faculty, Omsk Institute of Water Transport, Omsk, 644000, Russian Federation, e-mail: dima\_rudi@mail.ru

**Sadykova Aigerim Kanatovna**, undergraduate student, specialty «Electric Power Engineering», Faculty of Energy Engineering, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: shakenova@list.ru

**Sadykova Samal B.**, senior teacher, «Thermal power engineering» department, L. N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, 010008 Republic of Kazakhstan, e-mail: kundyzydy@mail.ru

**Sarsikeyev Yermek Zhaslanovich**, PhD, Faculty of Energy, S. Seifullin Kazakh AgroTechnical University, Nur-Sultan, 010011, Republic of Kazakhstan, e-mail: sarsikeyev.ermek@yandex.ru

**Sharip Meirzhan Meirambekuly**, Master of Technical Sciences, lead engineer, «Karaganda branch of the backbone network» JSC NC KTZh, Karaganda, 100000, Republic of Kazakhstan, e-mail: meirzhan.sharipov93@mail.ru

**Sirgetaeva Gulzhan Ermekovna**, PhD, senior lecturer, Technical Faculty, S. Seifullin Kazakh AgroTechnical University, Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan, e-mail: gulzhan\_karakeev@mail.ru

**Talipov Oljas Manarbekovich**, PhD, associate professor, Faculty of Energy, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: talipov1980@mail.ru

**Tereshchenko Nadezhda Andreevna**, postgraduate student, Department of «Theoretical and General Electrical Engineering», Omsk State Technical University, Omsk, 644050, Russian Federation, e-mail: nadezhda.tereshchenko@mail.ru

**Tolebai Nurzhol**, undergraduate student, S. Seifullin Kazakh AgroTechnical University, Nur-Sultan, 010011, Republic of Kazakhstan

**Zhumagulov Mikhail G.**, PhD, associate professor, «Thermal power engineering» department, L. N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, 010008 Republic of Kazakhstan, e-mail: zhmg\_9@mail.ru

**Zhumzhuman Yerzhan Zhanatuly**, undergraduate student, specialty «Electric Power Engineering», Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: Zhumzhumanov.erzhan1@gmail.com

**ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ  
В НАУЧНОМ ЖУРНАЛЕ  
(«ВЕСТНИК ТОРАЙГЫРОВ УНИВЕРСИТЕТА»,  
«КРАЕВЕДЕНИЕ»)**

Редакционная коллегия просит авторов руководствоваться следующими правилами при подготовке статей для опубликования в журнале.

Научные статьи, представляемые в редакцию журнала должны быть оформлены согласно базовым издательским стандартам по оформлению статей в соответствии с ГОСТ 7.5-98 «Журналы, сборники, информационные издания. Издательское оформление публикуемых материалов», пристатейных библиографических списков в соответствии с ГОСТ 7.1-2003 «Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления».

**\*В номер допускается не более одной рукописи от одного автора либо того же автора в составе коллектива соавторов.**

**\*Количество соавторов одной статьи не более 5.**

**\*Степень оригинальности статьи должна составлять не менее 60 %.**

**\*Направляемые статьи не должны быть ранее опубликованы, не допускается последующее опубликование в других журналах, в том числе переводы на другие языки.**

**\*Решение о принятии рукописи к опубликованию принимается после проведения процедуры рецензирования.**

**\*Рецензирование проводится конфиденциально («двустороннее слепое рецензирование»), автору не сообщается имя рецензента, а рецензенту – имя автора статьи.**

**\*Статьи отправлять вместе с квитанцией об оплате. Стоимость публикации в журнале за страницу 1000 (одна тысяча) тенге, включая статьи магистрантов и докторантов в соавторстве с лицами с ученой степенью.**

**\* Оплата за статью не возвращается в случае, если статья отклонена антиплагиатом или рецензентом. Автор может повторно отправить статью на антиплагиат или рецензирования 1 раз.**

**Статьи должны быть оформлены в строгом соответствии со  
следующими правилами:**

– В журналы принимаются статьи по всем научным направлениям, набранные на компьютере, напечатанные на одной стороне листа с полями 30 мм со всех сторон листа, электронный носитель со всеми материалами в текстовом редакторе «Microsoft Office Word (97, 2000, 2007, 2010) для WINDOWS».

– Общий объем статьи, включая аннотации, литературу, таблицы, рисунки и математические формулы не должен превышать **12 страниц** печатного текста. *Текст статьи: кегль – 14 пунктов, гарнитура – Times New Roman (для русского, английского и немецкого языков), KZ Times New Roman (для казахского языка).*

Структура научной статьи включает название, аннотации, ключевые слова, основные положения, введение, материалы и методы, результаты и обсуждение, заключение, выводы, информацию о финансировании (при наличии), список литературы (используемых источников) к каждой статье, включая романизированный (транслитерированный латинским алфавитом) вариант написания источников на кириллице (на казахском и русском языках) см. *ГОСТ 7.79–2000 (ИСО 9–95) Правила транслитерации кирилловского письма латинским алфавитом.*

**Статья должна содержать:**

1 **МРНТИ** (Межгосударственный рубрикатор научной технической информации);

2 **DOI** – после МРНТИ в верхнем правом углу (присваивается и заполняется редакцией журнала);

3 **Фамилия, имя, отчество (полностью)** автора (-ов) – на казахском, русском и английском языках (*жирным шрифтом, по центру*), **главного автора пометить символом (\*)**;

4 **Ученая степень, ученое звание;**

5 **Аффилиация** (факультет или иное структурное подразделение, организация (место работы (учебы)), город, почтовый индекс, страна) – на казахском, русском и английском языках;

6 **E-mail;**

7 **Название статьи** должно отражать содержание статьи, тематику и результаты проведенного научного исследования. В название статьи необходимо вложить информативность, привлекательность и уникальность (*не более 12 слов, прописными буквами, жирным шрифтом, по центру, на трех языках: русский, казахский, английский либо немецкий*);

8 **Аннотация** – краткая характеристика назначения, содержания, вида, формы и других особенностей статьи. Должна отражать основные и ценные, по мнению автора, этапы, объекты, их признаки и выводы проведенного исследования. Дается на казахском, русском и английском либо немецком языках (*рекомендуемый объем аннотации – не менее 150, не более 300 слов, курсив, нежирным шрифтом, кегль – 12 пунктов, абзацный отступ слева и справа 1 см, см. образец*);

9 **Ключевые слова** – набор слов, отражающих содержание текста в терминах объекта, научной отрасли и методов исследования (*оформируются*

на трех языках: русский, казахский, английский либо немецкий; кегль – 12 пунктов, курсив, отступ слева-справа – 1 см.). Рекомендуемое количество ключевых слов – 5-8, количество слов внутри ключевой фразы – не более 3. Задаются в порядке их значимости, т.е. самое важное ключевое слово статьи должно быть первым в списке (см. образец);

**10 Основной текст статьи** излагается в определенной последовательности его частей, включает в себя:

- **Введение / Кіріспе / Introduction** (абзац 1 см по левому краю, жирными буквами, кегль – 14 пунктов). Обоснование выбора темы; актуальность темы или проблемы. Актуальность темы определяется общим интересом к изученности данного объекта, но отсутствием исчерпывающих ответов на имеющиеся вопросы, она доказывается теоретической или практической значимостью темы.

- **Материалы и методы** (абзац 1 см по левому краю, жирными буквами, кегль – 14 пунктов). Должны состоять из описания материалов и хода работы, а также полного описания использованных методов.

- **Результаты и обсуждение** (абзац 1 см по левому краю, жирными буквами, кегль – 14 пунктов). Приводится анализ и обсуждение полученных вами результатов исследования. Приводятся выводы по полученным в ходе исследования результатам, раскрывается основная суть. И это один из самых важных разделов статьи. В нем необходимо провести анализ результатов своей работы и обсуждение соответствующих результатов в сравнении с предыдущими работами, анализами и выводами.

- **Информацию о финансировании** (при наличии) (абзац 1 см по левому краю, жирными буквами, кегль – 14 пунктов).

- **Выводы / Қорытынды / Conclusion** (абзац 1 см по левому краю, жирными буквами, кегль – 14 пунктов).

Выводы – обобщение и подведение итогов работы на данном этапе; подтверждение истинности выдвигаемого утверждения, высказанного автором, и заключение автора об изменении научного знания с учетом полученных результатов. Выводы не должны быть абстрактными, они должны быть использованы для обобщения результатов исследования в той или иной научной области, с описанием предложений или возможностей дальнейшей работы.

- **Список использованных источников / Пайдаланған деректер тізімі / References** (жирными буквами, кегль – 14 пунктов, в центре) включает в себя:

Статья и список использованных источников должны быть оформлены в соответствии с ГОСТ 7.5-98; ГОСТ 7.1-2003 (см. образец).

Очередность источников определяется следующим образом: сначала последовательные ссылки, т.е. источники на которые вы ссылаетесь по очередности в самой статье. Затем дополнительные источники, на которых нет

ссылки, т.е. источники, которые не имели место в статье, но рекомендованы вами читателям для ознакомления, как смежные работы, проводимые параллельно. Объем не менее 10 не более чем 20 наименований (ссылки и примечания в статье обозначаются сквозной нумерацией и заключаются в квадратные скобки). В случае наличия в списке использованных источников работ, представленных на кириллице, необходимо представить список литературы в двух вариантах: первый – в оригинале, второй – романизированный (транслитерация латинским алфавитом) вариант написания источников на кириллице (на казахском и русском языках) см. ГОСТ 7.79–2000 (ИСО 9–95) Правила транслитерации кирилловского письма латинским алфавитом.

**Романизированный список литературы должен выглядеть следующим образом:**

автор(-ы) (транслитерация) → название статьи в транслитерированном варианте → [перевод названия статьи на английский язык в квадратных скобках] → название казахоязычного либо русскоязычного источника (транслитерация, либо английское название – если есть) → выходные данные с обозначениями на английском языке.

11 **Иллюстрации, перечень рисунков и подрисуночные надписи к ним** представляют по тексту статьи. В электронной версии рисунки и иллюстрации представляются в формате TIF или JPG с разрешением не менее 300 dpi.

12 **Математические формулы** должны быть набраны в Microsoft Equation Editor (каждая формула – один объект).

**На отдельной странице (после статьи)**

В электронном варианте приводятся **полные почтовые адреса, номера служебного и домашнего телефонов, e-mail** (номер телефона для связи редакции с авторами, не публикуются);

**Сведения об авторах**

На казахском языке	На русском языке	На английском языке
Фамилия Имя Отчество (полностью)		
Должность, ученая степень, звание		
Организация		
Город		
Индекс		
Страна		
E-mail		
Телефон		



### Информация для авторов

Для статей, публикуемых в Научном журнале Торайгыров университет. Химико-биологическая серия, требуется экспертное заключение.

**Редакция не занимается литературной и стилистической обработкой статьи.**

Если статья отклонена антиплагиатом или рецензентом статья возвращается автору на доработку. Автор может повторно отправить статью на антиплагиат или рецензирования 1 раз. За содержание статьи несет ответственность Автор.

**Статьи, оформленные с нарушением требований, к публикации не принимаются и возвращаются авторам.**

Датой поступления статьи считается дата получения редакцией ее окончательного варианта.

Статьи публикуются по мере поступления.

**Периодичность издания журналов – четыре раза в год (ежеквартально)**

Сроки подачи статьи:

- первый квартал до 10 февраля;
- второй квартал до 10 мая;
- третий квартал до 10 августа;
- четвертый квартал до 10 ноября.

**Статьи отправлять вместе с квитанцией об оплате.** Стоимость публикации в журнале за страницу 1000 (одна тысяча) тенге, включая статьи магистрантов и докторантов в соавторстве с лицами с ученой степенью.

**Статью (электронную версию, и квитанции об оплате) следует направлять на сайт: [www.vestnik-energy.tou.edu.kz](http://www.vestnik-energy.tou.edu.kz). Для подачи статьи на публикацию необходимо пройти регистрацию на сайте.**

**140008, Республика Казахстан, г. Павлодар, ул. Ломова, 64,**

НАО «Торайгыров университет»,

**Издательство «Toraighyrov University», каб. 137.**

Тел. 8 (7182) 67-36-69, (внутр. 1147).

E-mail: [kereku@tou.edu.kz](mailto:kereku@tou.edu.kz)

#### Наши реквизиты:

НАО «Торайгыров университет» РНН 451800030073 БИН 990140004654	НАО «Торайгыров университет» РНН 451800030073 БИН 990140004654	Приложение kaspi.kz Платежи – Образование –Оплата за ВУЗы –Заполнение все графы (в графе Факультет укажите «За публикацию в научном журнале, название журнала и серии»)
АО «Jýsan Bank» ИИК KZ57998FTB00 00003310 БИК TSESKZK A Кбе 16 Код 16 КНП 861	АО «Народный Банк Казахстана» ИИК KZ156010241000003308 БИК HSBKZZKX Кбе 16 Код 16 КНП 861	

**ОБРАЗЕЦ К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЕЙ**

МРНТИ 14.37.27

DOI xxxxxxxxxxxxxxxx

**\*С. К. Антикеева**

Торайғыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар

**ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ  
КОМПЕТЕНЦИЙ СОЦИАЛЬНЫХ РАБОТНИКОВ  
ЧЕРЕЗ КУРСЫ ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ**

*В данной статье представлена теоретическая модель формирования личностных и профессиональных компетенций социальных работников через курсы повышения квалификации, которая разработана в рамках докторской диссертации «Формирование личностных и профессиональных компетенций социальных работников через курсы повышения квалификации». В статье приводятся педагогические аспекты самого процесса моделирования, перечислены этапы педагогического моделирования. Представлены методологический, процессуальный (технологический) и инструментальный уровни модели, ее цель, мониторинг сформированности искомых компетенций, а также результат. В модели показаны компетентностный, личностно-ориентированный и практико-ориентированный педагогические подходы, закономерности, принципы, условия формирования выбранных компетенций; описаны этапы реализации процесса формирования, уровни сформированности личностных и профессиональных компетенций. В разделе практической подготовки предлагается интерактивная работа в системе слушатель-преподаватель-группа, подразумевающая личное участие каждого специалиста, а также открытие первого в нашей стране Республиканского общественного объединения «Национальный альянс профессиональных социальных работников». Данная модель подразумевает под собой дальнейшее совершенствование и самостоятельное развитие личностных и профессиональных компетенций социальных работников. Это позволяет увидеть в модели эффективность реализации курсов повышения квалификации, формы, методы и средства работы.*

*Ключевые слова: теоретическая модель, компетенции, повышение квалификации, социальные работники.*

### **Введение**

Социальная работа – относительно новая для нашей страны профессия. Поэтому обучение социальных работников на современной стадии не характеризуется наличием достаточно разработанных образовательных стандартов, которые находили бы выражение в формулировке педагогических целей, в содержании, технологиях учебного процесса.

*Продолжение текста публикуемого материала*

### **Материалы и методы**

Теоретический анализ научной психолого-педагогической и специальной литературы по проблеме исследования; анализ законодательных и нормативных документов по открытию общественных объединений; анализ содержания программ курсов повышения квалификации социальных работников; моделирование; анализ и обобщение педагогического опыта; опросные методы (беседа, анкетирование, интервьюирование); наблюдение; анализ продуктов деятельности специалистов; эксперимент, методы математической статистики по обработке экспериментальных данных.

*Продолжение текста публикуемого материала*

### **Результаты и обсуждение**

Чтобы понять объективные закономерности, лежащие в основе процесса формирования и развития личностных и профессиональных компетенций социальных работников через курсы повышения квалификации, необходимо четко представлять себе их модель.

*Продолжение текста публикуемого материала*

### **Выводы**

Таким образом, на основании вышеизложенного можно сделать вывод о том, что теоретическая модель формирования личностных и профессиональных компетенций социальных работников через курсы повышения квалификации содержит три уровня ее реализации.

*Продолжение текста публикуемого материала*

## **Список использованных источников**

1 **Дахин, А. Н.** Педагогическое моделирование : сущность, эффективность и неопределенность [Текст] // Педагогика. – 2003. – № 4. – С. 22.

2 **Кузнецова, А. Г.** Развитие методологии системного подхода в отечественной педагогике : монография [Текст]. – Хабаровск : Изд-во ХК ИППК ПК, 2001. – 152 с.

3 **Каропа, Г. Н.** Системный подход к экологическому образованию и воспитанию (На материале сельских школ) [Текст]. – Минск, 1994. – 212 с.

4 **Штофф, В. А.** Роль моделей в познании [Текст] – Л. : ЛГУ, 1963. – 128 с.

- 5 **Таубаева, Ш.** Методология и методика дидактического исследования : учебное пособие [Текст]. – Алматы : Казак университеті, 2015. – 246 с.
- 6 **Дахин, А. Н.** Моделирование компетентности участников открытого образования [Текст]. – М. : НИИ школьных технологий 2009. – 290 с.
- 7 **Дахин, А. Н.** Моделирование в педагогике [Текст] // Идеи и идеалы. – 2010. – № 1(3). – Т. 2 – С. 11–20.
- 8 **Дахин, А. Н.** Педагогическое моделирование : монография [Текст]. – Новосибирск : Изд-во НИПКиПРО, 2005. – 230 с.
- 9 **Аубакирова, С. Д.** Формирование деонтологической готовности будущих педагогов к работе в условиях инклюзивного образования : дисс. на соиск. степ. д-ра филос. (PhD) по 6D010300 – Педагогика и психология [Текст] – Павлодар, 2017. – 162 с.
- 10 **Арын, Е. М., Пфейфер, Н. Э., Бурдина, Е. И.** Теоретические аспекты профессиональной подготовки педагога XXI века : учеб. пособие [Текст]. – Павлодар : ПГУ им. С. Торайғырова; СПб. : ГАФКиС им. П. Ф. Лесгафта, 2005. – 270 с.

## References

- 1 **Dahin, A. N.** Pedagogicheskoe modelirovanie : suschnost, effektivnost i neopredelennost [Pedagogical modeling : essence, effectiveness, and uncertainty] [Text]. In Pedagogy. – 2003. – № 4. – P. 22.
- 2 **Kuznetsova, A. G.** Razvitie metodologii sistemnogo podhoda v otechestvennoi pedagogike [Development of the system approach methodology in Russian pedagogy : monograph] [Text]. – Khabarovsk : Izd-vo KhK IPPK PK, 2001. – 152 p.
- 3 **Karopa, G. N.** Sistemnyi podhod k ecologicheskomu obrazovaniyu i vospitaniyu (Na materiale selskih shkol) [The systematic approach to environmental education and upbringing (Based on the material of rural schools)] [Text] – Minsk, 1994. – 212 p.
- 4 **Shtoff, V. A.** Rol modelei v poznanii [The role of models in cognition] [Text] – L. : LGU, 1963. – 128 p.
- 5 **Taubayeva, Sh.** Metodologiya i metodika didakticheskogo issledovaniya : uchebnoe posobie [Methodology and methods of educational research : a tutorial] [Text] – Almaty : Kazak University, 2015. – 246 p.
- 6 **Dahin, A. N.** Modelirovanie kompetentnosti uchastnikov otkrytogo obrazovaniya [Modeling the competence of open education participants] [Text] – Moscow : NII shkolnyh tehnologii, 2009. – 290 p.
- 7 **Dahin, A. N.** Modelirovanie v pedagogike [Modeling in pedagogy] [Text]. In Idei i idealy. – 2010. – № 1(3). – Т. 2 – P. 11–20.

8 **Dahin, A. N.** Pedagogicheskoe modelirovanie : monographia [Pedagogical modeling : monograph] [Text]. – Novosibirsk : Izd-vo NIPKIиPRO, 2005. – 230 p.

9 **Aubakirova, S. D.** Formirovaniye deontologicheskoi gotovnosti buduschih pedagogov k rabote v usloviyah inklusivnogo obrazovaniya : dissertaciya na soiskanie stepeni doctora filosofii (PhD) po specialnosti 6D010300 – Pedagogika i psihologiya. [Formation of deontological readiness of future teachers to work in inclusive education : dissertation for the degree of doctor of philosophy (PhD) in the specialty 6D010300- Pedagogy and psychology] [Text] – Pavlodar, 2017. – 162 p.

10 **Aryn, E. M., Pfeifer, N. E., Burdina, E. I.** Teoreticheskie aspekty professionalnoi podgotovki pedagoga XXI veka : ucheb. posobie [Theoretical aspects of professional training of a teacher of the XXI century : textbook] [Text] – Pavlodar : PGU im. S. Toraigyrov PSU; St.Petersburg. : GAFKiS im. P. F. Lesgafta, 2005. – 270 p.

*С. К. Антикеева*

Торайғыров университет, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

## **БІЛІКТІЛІКТІ АРТТЫРУ КУРСТАРЫ АРҚЫЛЫ ӘЛЕУМЕТТІК ҚЫЗМЕТКЕРЛЕРДІҢ КҮЗІРЕТТІЛІКТЕРІН ҚАЛЫПТАСТЫРУДЫҢ ТЕОРИЯЛЫҚ МОДЕЛІ**

*Бұл мақалада «Әлеуметтік қызметкерлердің біліктілігін арттыру курстары арқылы тұлғалық және кәсіби күзіреттіліктерін қалыптастыру» докторлық диссертация шеңберінде әзірленген біліктілікті арттыру курстары арқылы әлеуметтік қызметкерлердің тұлғалық және кәсіби күзіреттілігін қалыптастырудың теориялық моделі ұсынылған. Мақалада модельдеу процесінің педагогикалық аспектілері, педагогикалық модельдеудің кезеңдері келтірілген. Модельдің әдіснамалық, процессуалдық (технологиялық) және аспаптық деңгейлері, оның мақсаты, қажетті құзыреттердің қалыптасу мониторингі, сондай-ақ нәтижесі ұсынылған. Модельде құзыреттілікке, тұлғаға бағытталған және практикаға бағытталған педагогикалық тәсілдер, таңдалған құзыреттерді қалыптастыру заңдылықтары, қағидаттары, шарттары көрсетілген; қалыптасу процесін іске асыру кезеңдері, жеке және кәсіби құзыреттердің қалыптасу деңгейлері сипатталған. Практикалық дайындық бөлімінде тыңдаушы-оқытушы-топ жүйесінде интерактивті жұмыс ұсынылады, ол әр маманның жеке қатысуын, сондай-ақ елімізде алғашқы «кәсіби әлеуметтік қызметкерлердің ұлттық альянсы» республикалық қоғамдық бірлестігінің ашылуын білдіреді. Бұл модель*

*Әлеуметтік қызметкерлердің әсеке және кәсіби құзыреттерін одан әрі жетілдіруді және тәуелсіз дамытуды білдіреді. Бұл модельде біліктілікті арттыру курстарын іске асырудың тиімділігін, жұмыс нысандары, әдістері мен құралдарын көруге мүмкіндік береді.*

*Кілтті сөздер: теориялық модель, құзыреттілік, біліктілікті арттыру, әлеуметтік қызметкерлер.*

*S. K. Antikayeva*

Toraighyrov University, Republic of Kazakhstan, Pavlodar

### **THEORETICAL MODEL OF FORMATION COMPETENCIES OF SOCIAL WORKERS THROUGH PROFESSIONAL DEVELOPMENT COURSES**

*This article presents a theoretical model for the formation of personal and professional competencies of social workers through advanced training courses, which was developed in the framework of the doctoral dissertation «Formation of personal and professional competencies of social workers through advanced training courses». The article presents the pedagogical aspects of the modeling process itself, and lists the stages of pedagogical modeling. The methodological, procedural (technological) and instrumental levels of the model, its purpose, monitoring the formation of the required competencies, as well as the result are presented. The model shows competence-based, personality-oriented and practice-oriented pedagogical approaches, patterns, principles, conditions for the formation of selected competencies; describes the stages of the formation process, the levels of formation of personal and professional competencies. The practical training section offers interactive work in the listener-teacher-group system, which implies the personal participation of each specialist, as well as the opening of the first Republican public Association in our country, the national Alliance of professional social workers. This model implies further improvement and independent development of personal and professional competencies of social workers. This allows you to see in the model the effectiveness of the implementation of advanced training courses, forms, methods and means of work.*

*Keywords: theoretical model, competencies, professional development, social workers.*

**Сведения об авторах**

<b>На казахском языке</b>	<b>На русском языке</b>	<b>На английском языке</b>
<p>Антикеева Самал Канатовна «Педагогика және психология» мамандығы бойынша докторант «Торайгыров университеті» КЕАҚ, Гуманитарлық және әлеуметтік ғылымдар факультеті, Павлодар, 140008, Қазақстан Республикасы, samal_antikeyeva@mail.ru, 8-000-000-00-00</p>	<p>Антикеева Самал Канатовна докторант по специальности «Педагогика и психология» НАО «Торайгыров университет», Факультет гуманитарных и социальных наук, Павлодар, 140008, Республика Казахстан, samal_antikeyeva@mail.ru, 8-000-000-00-00</p>	<p>Samal Kanatovna Antikeyeva doctoral student in «Pedagogy and psychology» «Toraighyrov University» NCJSC, Faculty of Humanities and Social Sciences, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, samal_antikeyeva@mail.ru, 8-000-000-00-00</p>

**ПУБЛИКАЦИОННАЯ ЭТИКА НАУЧНЫХ ЖУРНАЛОВ  
«ВЕСТНИК ТОРАЙГЫРОВ УНИВЕРСИТЕТА»,  
«КРАЕВЕДЕНИЕ», «НАУКА И ТЕХНИКА КАЗАХСТАНА»**

Редакционная коллегия журналов «Вестник Торайғыров университет», «Краеведение» и «Наука и техника Казахстана» в своей работе придерживается международных стандартов по этике научных публикаций и учитывает информационные сайты ведущих международных журналов.

Редакционная коллегия журнала, а также лица, участвующие в издательском процессе в целях обеспечения высокого качества научных публикаций, во избежание недобросовестной практики в публикационной деятельности (использование недостоверных сведений, изготовление данных, плагиат и др.), обеспечения общественного признания научных достижений обязаны соблюдать этические нормы и стандарты, принятые международным сообществом и предпринимать все разумные меры для предотвращения таких нарушений.

Редакционная коллегия ни в коем случае не поощряет неправомерное поведение (плагиат, манипуляция, фальсификация) и приложит все силы для предотвращения наступления подобных случаев. В случае, если редакционной коллегии станет известно о любых неправомерных действиях в отношении опубликованной статьи в журнале или в случае отрицательного результата экспертизы редколлегии статья отклоняется от публикации.

Редакционная коллегия не должна раскрывать информацию о принятых к опубликованию рукописей третьим лицам, не являющимся рецензентами, потенциальными рецензентами, членами редакционной коллегии, работниками типографии. Неопубликованные данные, полученные из рукописей, не должны использоваться в личных исследовательских целях без письменного разрешения автора.

**Ответственность экспертов (рецензентов)**

Рецензенты должны давать объективные суждения и указывать на соответствующие опубликованные работы, которые еще не цитируются. К рецензируемым статьям следует обращаться конфиденциально. Рецензенты будут выбраны таким образом, чтобы не было конфликта интересов в отношении исследования, авторов и / или спонсоров исследования.

**Ответственность авторов**

Ответственность за содержание работы несет автор. Авторы обязаны вносить исправления, пояснения, опровержения и извинения, если такие имеются.



Автор не должен представлять статью, идентичную ранее опубликованной в другом журнале. В частности, не принимаются переводы на английский либо немецкий язык статей, уже опубликованных на другом языке.

В случае обнаружения в рукописи статьи существенных ошибок автор должен сообщить об этом редактору раздела до момента подписи в печать оригинал-макета номера журнала. В противном случае автор должен за свой счет исправить все критические замечания.

Направляя статью в журнал, автор осознаёт указанную степень персональной ответственности, что отражается в письменном обращении в редакционную коллегию Журнала.

Теруге 28.11.2021 ж. жіберілді. Басуға 14.12.2021 ж. қол қойылды.  
Электрондық баспа  
9,02 Мб RAM  
Шартты баспа табағы 8,40. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.  
Компьютерде беттеген: З. С. Исакова  
Корректор: А. Р. Омарова  
Тапсырыс № 3867

Сдано в набор 28.11.2021 г. Подписано в печать 14.12.2021 г.  
Электронное издание  
9,02 Мб RAM  
Усл. печ. л. 8,40. Тираж 300 экз. Цена договорная.  
Компьютерная верстка: З. С. Исакова  
Корректор: А. Р. Омарова  
Заказ № 3867

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған  
«Торайғыров университет» КЕ АҚ  
140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы  
«Торайғыров университет» КЕ АҚ  
140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.  
8 (7182) 67-36-69  
E-mail: kereku@tou.edu.kz  
www.vestnik-energy.tou.edu.kz