

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

№ 1 (2022)

---

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/WRIX7218>

---

**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., *д.т.н., профессор*  
Новожилов А. Н., *д.т.н., профессор*  
Никитин К. И., *д.т.н., профессор (Россия)*  
Никифоров А. С., *д.т.н., профессор*  
Новожилов Т. А., *к.т.н., доцент (Россия)*  
Оспанова Н. Н., *к.п.н., доцент*  
Нефтисов А. В., *доктор PhD, доцент*  
Шокубаева З. Ж. *технический редактор*

---

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

**\*В. Ф. Хацевский<sup>1</sup>, Т. В. Гоненко<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Торайгыров университет,  
Республика Казахстан, г. Павлодар;

<sup>2</sup>Омский государственный технический университет,  
Российская Федерация, г. Омск

## **АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КОМБИНИРОВАННОЙ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ**

*В работе представлен предварительный анализ перспективности и эффективности применения современных комбинированных ветроэнергетических установок в отдельных областях Республики Казахстан. Анализируется эффективность системы отопления помещений на основе ветроэнергетической установки (ВЭУ), которая преобразует энергию ветра в электрическую энергию, в совокупности с тепловым аккумулятором, который преобразует полученную электрическую энергию в тепло и сохраняет его на длительный период отсутствия ветра. Важной отличительной особенностью аккумулятора является положительное медико-биологическое воздействие материала на теплоноситель, тепловой аккумулятор обладает большим ресурсом работы и подавляет развитие вредных микроорганизмов в рабочем объеме. Доказана функциональность системы управления установкой, заключающаяся в изменении сопротивления нагрузки генератора для достижения оптимального режима работы ветроколеса и ВЭУ в целом.*

*Внедрение комбинированной ветроэнергетической установки в существующие энергосистемы приведет к уменьшению затрат на производство электрической и тепловой энергии, а также уменьшению стоимости энергии для населения с уменьшением влияния загрязнения окружающей среды в энергосистемах Республики Казахстан, автором предложен ряд мероприятий, которые положительно повлияют на развитие ветроэнергетики в стране.*

*Ключевые слова: ветроэнергетические установки, тепловой аккумулятор, теплоэлектронагреватели, оптимальный режим работы, электрическая энергия.*

## **Введение**

Целью анализа эффективности использования проекта подстанции с комбинированной ветряной энергетической установкой является внедрение в существующие энергосистемы новых и передовых методов уменьшения затрат на производство электрической и тепловой энергии, а также уменьшение стоимости энергии для населения с уменьшением влияния загрязнения окружающей среды в энергосистемах Республики Казахстан.

Общеизвестно, что многие альтернативные источники энергии, такие как ветер или солнечное излучение обладают значительным непостоянством, и не могут обеспечить гарантированное энергоснабжение потребителя [2, 9]. Важным является и тот факт, что зачастую от системы электроснабжения на основе альтернативных источников энергии требуется уменьшение затрат и на отопление помещений. В настоящее время имеется возможность существенно упростить и удешевить системы отопления производственных и жилых помещений.

В данной статье анализируется эффективность системы отопления помещений на основе ветроэнергетической установки (ВЭУ), которая преобразует энергию ветра в электрическую энергию, в совокупности с тепловым аккумулятором, который преобразует полученную электрическую энергию в тепло и сохраняет его на период отсутствия ветра.

## **Материалы и методы**

### Стационарный тепловой аккумулятор (СТЭ).

В настоящее время промышленность выпускает СТЭ, предназначенные для запасаания тепловой энергии в период времени, когда имеется ее избыток, и сохранения в течение довольно длительного времени с последующей отдачей теплоты потребителю [2, 9].

Принцип работы СТЭ основан на поглощении тепловой энергии специальным твердым дисперсным материалом без фазового перехода. Аккумулированная тепловая энергия может забираться водой, воздухом или за счет теплопроводности. Важной отличительной особенностью аккумулятора является положительное медико-биологическое воздействие материала на теплоноситель, в частности при использовании воздуха, последний приобретает ингаляционные свойства. Кроме того, тепловой аккумулятор обладает большим ресурсом работы и подавляет развитие вредных микроорганизмов в рабочем объеме.

В качестве нагревательных элементов в тепловом аккумуляторе используются теплоэлектронагреватели (ТЭНы), которые системой автоматизированного управления соединяются как последовательно, параллельно, так и могут подключаться поочередно. Нагреваемое рабочее тело СТЭ выполнено в виде электронагревательной (теплоаккумулирующей)

вставки, изготовленной из талькового камня в форме отдельных блоков, в которых проделаны пазы для установки ТЭНов.

Нагреваемое рабочее тело – тальковый камень (талькохлорит, талькокарбонат, талькомагнезит, печной камень и др.) это экологически чистая горная порода, обладающая высокой теплоемкостью, термостойкостью и теплопередачей. Поэтому благодаря высоким теплотехническим качествам и оздоровительному влиянию на состояние человека, талькохлорит последние два столетия широко применяется в Финляндии, России и Италии для изготовления печей, каминов и других отопительных приборов. Нагреваемое рабочее тело может изготавливаться с использованием любого другого термостойкого твердого материала, при схожих тепловых характеристиках с минералом «тальковый камень» (талькохлорит, талькокарбонат, талькомагнезит, печной камень и др.)

Важным является то, что практически вся энергия, получаемая СТЭ, преобразуется в тепло, так что его КПД близко к 100 %.

#### Ветроэнергетическая установка.

В настоящее время промышленность выпускает ВЭУ малого класса (до 100 кВт) и среднего класса (до 1000 кВт) с вертикальной осью вращения. Основные его преимущества в сравнении с горизонтально-осевыми установками привлекают внимание все большего числа разработчиков, ученых и потребителей, что со временем может изменить мировой количественный перевес ВЭУ этого типа. [2, 9]. Вертикально-осевые ВЭУ имеют ряд преимуществ – это отсутствие необходимости ориентации на ветер, более простая технология изготовления, а также малая шумность.

#### **Результаты и обсуждения**

Рассмотрено одно из возможных применений ВЭУ – это система отопления, основанная на использовании энергии ветра [2].

Основное назначение этой системы – уменьшение затрат на отопление помещения путем использования энергии ветра.

Принцип функционирования системы следующий: полученная энергия от ветроколеса, преобразовывается в электрическую, а затем вся электрическая энергия преобразовывается в тепловую.

Тепловая энергия при этом накапливается в СТЭ, который является источником тепловой энергии, когда другие источники энергии недоступны. При этом ВЭУ должна максимально эффективно использовать энергию ветра [2]. Для управления электрической мощностью, получаемой от генератора, используется система управления отбором электрической мощности.

Основные требования к этой системе формулируются следующим образом [5, 6, 7]: в процессе работы система управления должна стремиться отбирать такую мощность, которая обеспечивает оптимальный режим работы

ветроколеса для достижения максимально возможного в этих условиях коэффициента использования энергии ветра (КИЭВ).

Основными данными для системы управления являются характеристики ветроколеса и генератора, применяемые в комбинированной системе отопления. Характеристики ветроколеса описываются следующими параметрами: зависимостью оптимальной мощности ветроколеса от скорости ветра и зависимостью оптимальной частоты вращения ветроколеса от скорости ветра [2].

Используя известный метод наложения характеристик ветроколеса и генератора ранее были получены значения выпрямленного напряжения ВЭУ от скорости ветра при оптимальном режиме работы ветроколеса, представленные на рисунке 1 [2].

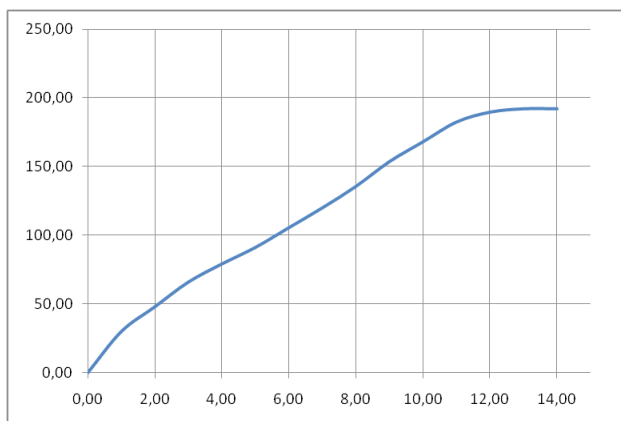


Рисунок 1 – Зависимость выпрямленного напряжения ВЭУ от скорости ветра

Функциональность системы управления заключается в следующем: при достижении определенного порога выпрямленного напряжения, дополнительно подключаются, либо отключаются, ТЭНы, изменяя сопротивление нагрузки генератора для достижения оптимального режима работы ветроколеса и ВЭУ в целом.

### **Выводы**

Исходя из изложенного, можно сделать вывод, что система отопления помещений на основе ветроэнергетической установки, которая преобразует энергию ветра в электрическую энергию, в совокупности с тепловым аккумулятором, который преобразует полученную электрическую энергию в тепло и сохраняет его на период отсутствия ветра показала свою

эффективность [4...10] и ее внедрение в существующие энергосистемы, приведет к уменьшению затрат на производство электрической и тепловой энергии, а также уменьшение стоимости энергии для населения с уменьшением влияния загрязнения окружающей среды в энергосистемах Республики Казахстан. Развитие этого направления энергетики является государственной задачей с точки зрения экономики и для решения социальных проблем.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Попель, О. С.** Перспективы развития возобновляемых источников энергии: обобщенные показатели // Энергия : экономика, техника, экология. – 2007. – № 3. – С. 6–11.

2 **Грахов, Ю. В. Матвеев, О. В. Соломин, Е. В.** Программно-математическая модель ветроэнергетической установки // Материалы V МНПК «Возобновляемые источники энергии. Ресурсы» – М., 2008. – С. 41–42.

3 **Волович, Г. И.** Схемотехника аналоговых и аналого-цифровых электронных устройств. 2-е изд., испр. – М. : «Додэка-XXI», 2007. – 528 с.

4 **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.

5 **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.

6 **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.

7 **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.

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

9 **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.

10 **Лебедев, И. С.** Оптимизация конструкции конфузора ветроэнергетической 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.

## REFERENCES

1 **Popel, O. S.** Perspektivy razvitiya vozobnovlyаемikh istochnikov energii: obobshchnye pokazateli [Popel O. S. Prospects for Renewable Energy: generalized indicators]. [Energiya : ekonomika, tekhnika, ekologiya.//Energy: economics, technology, ecology]. – 2007. – № 3. – P. 6–11.

2 **Grakhov, Yu. V., Matveenko, O. V., Solomin, E. V.** Programmno-matematicheskaya model vetroenergeticheskoy ystanovki [Software and mathematical model of wind power plant] // Materialy V MNPK “Vozobnovlyаемie istochniki energii. Resyrsy» // [Materials V MNPC “Renewable energy sources. Resources»]. – Moscow, 2008. – P. 41–42.

3 **Volovich, G. I.** Skhemotekhnika analogovikh I analogo-szifrovikh elektronikh ystroystv. 2-e izd., ispr. [Circuitry of analog and analog-to-digital electronic devices. 2-nd ed., revised]. – Moscow : «Dodeca-XXI», 2007. – 528 p.

4 **Khatsevskiy, K. V.** Politicheskije aspekty vnedreniya vetroelektrostantsij v energosistemu Rossii / K. V. Khatsevskiy, E. A. Kukarekin, M. V. Kuc, A. V. Simakov [Khatsevskiy K. V. 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 – Novosibirsk : Izd. ANS «SibAK». [Scientific community of students of the XXI century. Technical sciences: mat. LX International Student Scientific and Practical Conference-Novosibirsk : SibAK Publishing House»]. – 2017. – № 12 (59). – P. 450–454.

5 **Lisicyan, A. N.** O perspektivah vetroenergetiki v sovremennom mire / A. N. Lisicyan, N. M. Zadorozhnaya – Penza [Lisitsyn A. N. 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-prakticheskoy konferencii [Innovative technologies in science and education: Collection of articles of the V International Scientific and Practical Conference]. – Penza. – 2017. – P. 36–42.



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

7 **Bubenchikov, A. A.** Problemy primeneniya vetroenergeticheskikh ustanovok v regionah s maloj vetrovoj nagruzkoj / A. A. Bubenchikov [i dr.] [Bubenchikov A. A. 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.

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

9 **Shagarov, D. V.** Problemy vybora i primeneniya elektrogeneratorov dlya vetroenergeticheskoy ustanovki / D. V. Shagarov, E. M. Prihod'ko, K. V. Khatsevskiy [Shagarov D. V. Problems of selection and application of electric generators for a wind power plant / D. V. Shagarov, E. M. Prihodko, 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 cooperation. participation.] – Omsk : Izd-vo OmSTU, 2018. – P. 188–192.

10 **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 Vestnik.] – 2019. – No. 1. – P. 14–19. – DOI: 10.24160/1993-6982-2019-1-14-19.

Материал поступил в редакцию 28.02.22.

\*В. Ф. Хацевский<sup>1</sup>, Т. В. Гоненко<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>Омбы мемлекеттік техникалық университеті,  
Ресей Федерациясы, Омбы қ.

Материал 28.02.22 баспаға түсті.

## ҚҰРАМДАСТЫРЫЛҒАН ЖЕЛ ЭНЕРГЕТИКАЛЫҚ ҚОНДЫРҒЫНЫ ҚОЛДАНУ ТИІМДІЛІГІН ТАЛДАУ

*Жұмыста Қазақстан Республикасының жекелеген облыстарында заманауи құрамдастырылған жел энергетикалық қондырғыларды қолданудың перспективалылығы мен тиімділігіне алдын ала талдау жасалған. Желдің энергиясын электр энергиясына түрлендіретін жел энергетикалық қондырғы (VEU) негізінде үй-жайларды жылыту жүйесінің тиімділігі алынған электр энергиясын жылуға түрлендіретін және желдің болмауының ұзақ кезеңіне сақтайтын жылу аккумуляторымен бірге талданады. Аккумулятордың маңызды ерекшелігі материалдың жылу тасығышқа оң медициналық-биологиялық әсері болып табылады, жылу аккумуляторы үлкен жұмыс ресурсына ие және жұмыс көлемінде зиянды микроорганизмдердің дамуын басады. Жел дөңгелегі мен тұтастай алғанда VEU жұмысының оңтайлы режиміне қол жеткізу үшін генератор жүктемесінің кедергісін өзгертуден тұратын қондырғыны басқару жүйесінің функционалдылығы дәлелденді.*

*Қолданыстағы энергия жүйелеріне құрамдастырылған жел энергетикалық қондырғыны енгізу электр және жылу энергиясын өндіру шығындарының азаюына, сондай-ақ Қазақстан Республикасының энергия жүйелеріндегі қоршаған ортаның ластануының әсерін азайта отырып, халық үшін энергия құнының азаюына әкеледі, автор елдегі жел энергетикасының дамуына оң әсер ететін бірқатар іс-шараларды ұсынды.*

*Кілтті сөздер: жел энергетикалық қондырғылар, жылу аккумуляторы, жылу электр жылытқыштар оңтайлы жұмыс режимі, электр энергиясы.*

*\*V. F. Khatsevskiy<sup>1</sup>, T. V. Gonenko<sup>2</sup>*

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

<sup>2</sup>Omsk State Technical University,  
Russian Federation, Omsk.

Material received on 28.02.22.

## ANALYSIS OF COMBINED WIND POWER PLANT APPLICATION EFFICIENCY

*The paper presents a preliminary analysis of the prospects and efficiency of using modern combined wind power plants in certain regions of the Republic of Kazakhstan. The efficiency of the wind power plant (WEP) – based room heating system is analyzed, which converts wind energy into electric energy, in combination with a heat accumulator, which converts the obtained electric energy into heat and preserves it for a long period of absence of wind. An important distinguishing feature of the accumulator is the positive biomedical effect of the material on the coolant, the heat accumulator has a large resource of work and suppresses the development of harmful microorganisms in the working volume. The functionality of the plant control system is proved, which consists in changing the load resistance of the generator in order to achieve the optimal mode of operation of the windwheel and HEU as a whole.*

*The introduction of a combined wind power plant in existing power systems will lead to a decrease in the cost of producing electric and thermal energy, as well as a decrease in the cost of energy for the population with a decrease in the impact of environmental pollution in the energy systems of the Republic of Kazakhstan, the author proposed a number of measures that will positively affect the development of wind power in the country.*

*Keywords: wind power plants, heat accumulator, heat heaters optimal operation mode, electrical energy.*

Теруге 28.02.2022 ж. жіберілді. Басуға 18.03.2022 ж. қол қойылды.

Электрондық баспа

3,77 Мб RAM

Шартты баспа табағы 13,12. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: З. С. Исакова

Корректор: А. Р. Омарова

Тапсырыс № 3883

Сдано в набор 28.02.2022 г. Подписано в печать 18.03.2022 г.

Электронное издание

3,77 Мб RAM

Усл. печ. л. 13,12. Тираж 300 экз. Цена договорная.

Компьютерная верстка: З. С. Исакова

Корректор: А. Р. Омарова

Заказ № 3883

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

«Торайғыров университет»

коммерциялық емес акционерлік қоғамы

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы

«Торайғыров университет»

коммерциялық емес акционерлік қоғамы

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

8 (7182) 67-36-69

E-mail: [kereku@tou.edu.kz](mailto:kereku@tou.edu.kz)

[www.vestnik-energy.tou.edu.kz](http://www.vestnik-energy.tou.edu.kz)