

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

---

№ 3 (2025)

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/TPDW7598>

**Бас редакторы – главный редактор**

Талипов О. М.

*доктор PhD, ассоц. профессор (доцент)*

Заместитель главного редактора

Калтаев А.Г., *доктор PhD*

Ответственный секретарь

Сағындық Ә.Б., *доктор PhD*

**Редакция алқасы – Редакционная коллегия**

|                  |                                                 |
|------------------|-------------------------------------------------|
| Клецель М. Я.,   | <i>д.т.н., профессор</i>                        |
| Никифоров А. С., | <i>д.т.н., профессор</i>                        |
| Новожилов А. Н., | <i>д.т.н., профессор</i>                        |
| Никитин К. И.,   | <i>д.т.н., профессор (Российская Федерация)</i> |
| Алиферов А. И.,  | <i>д.т.н., профессор (Российская Федерация)</i> |
| Кошеков К. Т.,   | <i>д.т.н., профессор</i>                        |
| Приходько Е. В., | <i>к.т.н., профессор</i>                        |
| Кислов А. П.,    | <i>к.т.н., доцент</i>                           |
| Нефтисов А. В.,  | <i>доктор PhD</i>                               |
|                  | <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

<https://doi.org/10.48081/SXXP9307>

**\*Т. И. Глущенко<sup>1</sup>, Т. В. Бедыч<sup>2</sup>, Н. У. Бижанов<sup>3</sup>,  
Д. Н. Утебаев<sup>4</sup>, Д. К. Имангазинова<sup>5</sup>**

<sup>1,3,4</sup>Костанайский региональный университет имени А. Байтурсынова,  
Республика Казахстан, г. Костанай;

<sup>2</sup>Костанайский инженерно-экономический университет имени М. Дулатова,  
Республика Казахстан, г. Костанай;

<sup>5</sup>Екибастузский инженерно-технический институт имени академика  
К. Сатпаева, Республика Казахстан, г. Экибастуз

<sup>1</sup>ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5536-6304>

<sup>2</sup>ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3642-8917>

<sup>3</sup>ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0044-6398>

<sup>4</sup>ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-6129-8465>

<sup>5</sup>ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0773-1781>

\*e-mail: [tatyana194@inbox.ru](mailto:tatyana194@inbox.ru)

## **ИССЛЕДОВАНИЕ АВТОНОМНОЙ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ КАРБОНОВОГО ТЕПЛОАГРЕВАТЕЛЯ**

*В статье рассмотрено использование фотоэлектрических преобразователей в сочетании с карбоновым теплоагрегатом для создания автономной системы теплоснабжения мобильного дома фермера в условиях Костанайской области. Увеличение доли возобновляемой энергии диктуется современными условиями. Казахстан обладает возможностью применения возобновляемой энергии, в частности для автономных энергосистем. Обоснована наиболее выгодная ориентация фотоэлектрических преобразователей в пространстве для максимального генерирования мощности. На основе теоретических данных определены угол наклона и продолжительность светового дня для 52,30 северной широты, позволяющая обосновать величину емкости и количества аккумуляторов для стабильной работы системы теплоснабжения. Экспериментальные данные, полученные в ходе исследования, послужили основой для анализа системы теплоснабжения. Эти данные представлены графически: зависимости светового потока от*

*времени суток и генерируемой фотоэлектрическим преобразователем мощности. Определена емкость аккумуляторов, позволяющая обеспечить бесперебойную работу системы теплоснабжения мобильного домика фермера, особенно в климатических условиях Северного Казахстана. В статье намечены проблемы, возникающие при эксплуатации автономной системы теплоснабжения с применением карбонового теплонагревателя и предложены пути их решения. Основным недостатком возобновляемой энергии является сложность согласования источника энергии и потребителя по мощности, что крайне важно для применяемого в системе теплоснабжения оборудования. Для создания комфортного температурного режима проведены исследования температурной инерционности карбонового теплонагревателя, определена теплоустойчивость помещения. На основе экспериментальных данных разработана математическая модель системы теплоснабжения.*

*Ключевые слова: солнечная энергия, теплоснабжение, фотоэлектрический преобразователь, карбон, карбоновый тепловыделяющий материал.*

## **Введение**

Возобновляемые источники энергии уверенно внедряются во все сферы деятельности человека и не только по причине дефицита энергии, или для охраны окружающей среды. В случаях отдаленности объектов потребления электрической и тепловой энергии использование возобновляемой энергии позволяет создать жизненно важные условия проживания человеку [1, с. 638–652].

Характерной особенностью Казахстана является животноводство, развитое сельское хозяйство на больших территориях. Костанайская область характеризуется развитым сельским хозяйством при больших площадях и распределении сельхозугодий на большом расстоянии друг от друга и от населенных пунктов, и, следовательно, на расстоянии от источников тепла и электрической энергии [2, с. 8–14]. На территории области много мелких подсобных хозяйств, которые занимаются выращиванием сельскохозяйственных культур и животноводством [3, с. 36–46].

Для создания комфортных условий проживания в период весенне-полевых работ и осенний период требуются передвижные пункты, обеспеченные тепловой и электрической энергией. Одним из решений такой проблемы является мобильный домик фермера, оборудованный обогревателем на основе карбонового тепловыделяющего материала. Это современный материал, обеспечивающий условия пожарной безопасности

и способный создать необходимый температурный режим при относительно небольшой потребляемой мощности. В качестве источника питания, для карбонового теплонагревателя используются солнечные фотоэлектрические преобразователи [4, с. 205–218].

### Материалы и методы

Система теплоснабжения мобильного домика фермера построена по схеме, представленной на рисунке 1.

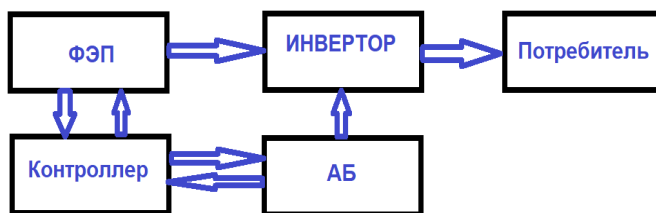


Рисунок 1 – Функциональная схема системы теплоснабжения мобильного домика фермера

В состав системы входят фотоэлектрические преобразователи (ФЭП) – генератор энергии, инвертор – преобразователь постоянного напряжения в переменное, контроллер «заряд-разряд» аккумуляторной батареи, АБ – аккумуляторные батареи, потребитель – обогревающего устройства на основе карбонового тепловыделяющего гибкого материала.

Технические параметры оборудования:

- два монокристаллических ФЭП марки ZDNY-250C60 размером 1650х992х45 мм мощностью 250 Вт каждый;
- инвертор синусоидальный ИС-24-1500У;
- контроллер марки PWM служит для контроля зарядки аккумуляторных батарей;
- две батареи аккумуляторные емкостью 100 А/час каждая;
- карбоновый теплонагреватель мощностью 500 Вт.

В связи с большим потенциалом солнечной энергии чрезвычайно заманчивым является максимально возможное непосредственное использование ее для нужд людей. При этом самым оптимальным представляется прямое преобразование солнечной энергии в наиболее распространенную в использовании электрическую энергию [5, с. 15–14].

Это становится возможным при использовании такого физического явления как фотоэффект. Принцип действия фотоэлектрического

преобразователя основан на фотоэффекте, генерировании энергии под действием освещенности. Количество генерируемой энергии пропорционально освещенности ФЭП. Освещенность зависит от сезона года, времени суток и от погодных условий (ясно или пасмурно). Продолжительность светового дня для  $53,2^{\circ}$  северной широты в зимний период минимальное значение составляет 7,3 часов, в летний период достигает 16,6 часов (таблица 1). Расчет угла склонения позволяет определить продолжительность светового дня, и дает основу для расчета освещенности, и как следствие – позволяет определить мощность фотоэлектрических преобразователей. При этом освещенность колеблется от 1000 лк, что составляет  $4,6 \text{ Вт/м}^2$ , при различных условиях в зимний период до 100000 лк ( $460 \text{ Вт/м}^2$ ) в летний период для средних широт, к которым относится Костанайская область. Показатели Южных регионов Казахстана значительно выше.

Таблица 1 – Продолжительность светового дня для  $53,2^{\circ}$  северной широты

| Месяц    | Угол склонения,<br>$^{\circ}$ | Продолжительность светового дня,<br>час |
|----------|-------------------------------|-----------------------------------------|
| январь   | -23,01                        | 7,40                                    |
| февраль  | -17,52                        | 8,68                                    |
| март     | -8,29                         | 10,51                                   |
| апрель   | 4,02                          | 12,72                                   |
| май      | 14,90                         | 14,78                                   |
| июнь     | 21,90                         | 16,34                                   |
| июль     | 23,12                         | 16,64                                   |
| август   | 17,91                         | 15,42                                   |
| сентябрь | 8,11                          | 13,47                                   |
| октябрь  | -4,22                         | 11,25                                   |
| ноябрь   | -15,36                        | 9,13                                    |
| декабрь  | -22,11                        | 7,62                                    |

Поток солнечной радиации, поступающий на землю, включает прямую и рассеянную радиацию. Даже в пасмурную погоду на поверхность ФЭП попадает рассеянный солнечный поток, который генерирует энергию. В ясную погоду прямая солнечная радиация составляет 90 % и 10 % рассеянная радиация. В пасмурную погоду прямая радиация снижается почти до нуля и на фотопреобразователь действует только рассеянная солнечная радиация, при этом световой поток уменьшается в два раза.

На величину генерируемой мощности влияет ориентация ФЭП в пространстве и угол их наклона. Наиболее предпочтительной является

ориентация ФЭП на юг, так как при этом световой поток преобразуется максимально в электрическую энергию.

Угол наклона зависит от широты, на которой располагается ФЭП и сезона года. В идеале, для максимального генерирования мощности угол наклона необходимо менять, в зависимости от сезона и времени суток. В том случае, когда автоматическая система неприемлема можно ФЭП устанавливать неподвижно. В соответствии с рекомендациями [6, с. 30–43] оптимальный угол наклона можно принять равным широте, на которой располагается ФЭП. Автоматические системы подстройки угла наклона и ориентации достаточно сложные и дорогостоящие, поэтому для мобильного домика фермера принят угол наклона равный 55° [7, с. 317–324].

Испытание данной системы теплоснабжения началось в феврале, когда продолжительность светового дня составляла более 8,5 часов. В ходе исследований фиксировались показания фактической освещенности с помощью люксметра «ТКА-Люкс». Средние значения освещенности одной ФЭП по месяцам отображены на рисунках 2–4. Площадь поверхности одного фотоэлектрического преобразователя составляет 1,64 м<sup>2</sup>, а генерируемая мощность определяемая для одного ФЭП представлена на рисунках 1–3. Номинальная мощность одного ФЭП составляет 250 Вт, а под действием светового потока генерируется мощность, превышающая это значение.

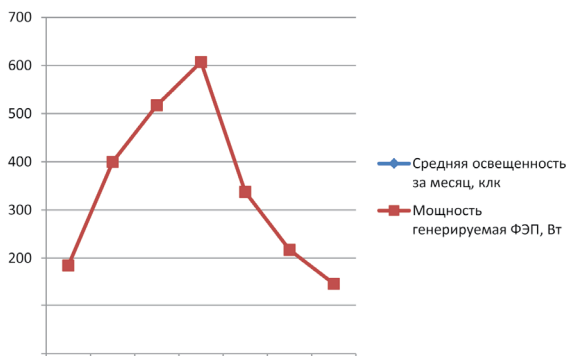


Рисунок 2 – Средняя освещенность ФЭП и генерируемая мощность в феврале

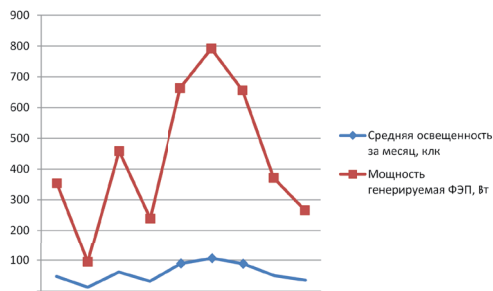


Рисунок 3 – Средняя освещенность ФЭП и генерируемая мощность в марте

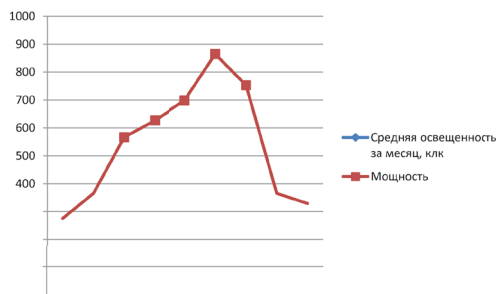


Рисунок 4 – Средняя освещенность ФЭП и генерируемая мощность в апреле

Анализируя приведенные графики можно сделать следующие выводы:

– освещенность одного ФЭП в феврале с 10.30 до 14.30 превышает 250 Вт, что позволяет не только заряжать аккумуляторные батареи но и подключать бытовые электроприборы.

Учитывая погодные условия в регионе температура в ночное время понижается в среднем до  $-25^{\circ}\text{C}$ , что способствует большей потере емкости аккумуляторных батарей.

В марте и апреле угол склонения Солнца становится положительным, продолжительность светового дня увеличивается, и генерируемая мощность превышает номинальную мощность ФЭП. Для электрических цепей очень важно согласование потребляемой и генерируемой энергии. Излишки генерируемой энергии должны быть аккумулированы. В том случае, когда емкости аккумуляторов недостаточно, необходимо сбрасывать излишки энергии [8, с. 77–83; 9, с. 450–453]. То есть, электрическую энергию можно использовать для питания электроприборов и освещения.

В ходе исследований данной системы теплоснабжения было установлено, что при низких температурах аккумуляторы быстро теряют емкость. Емкость имеющихся аккумуляторов недостаточная для поддержания системы теплоснабжения в рабочем состоянии. Согласно существующей методике [10, с. 101–112]; [11, с. 1475–1490] при определении емкости аккумуляторной батареи (АБ) необходимо вводить коэффициент, зависящий от температуры окружающей среды. Для расчета принимает температуру воздуха наиболее характерную для данного региона  $-23^{\circ}\text{C}$ .

Рассчитывается емкость аккумуляторов с учетом потребляемой энергии в вечернее и ночное время [12, с. 2926–2939]. Наименьшая продолжительность светового дня для расчетной широты составляет 7,4 часа. Тогда потребляемая энергия в оставшееся время суток составит, Вт·ч:

$$W = P_{\text{потр}} \cdot t_{\text{раб}} \quad (1)$$

где  $P_{\text{потр}}$  – номинальная мощность карбонового нагревательного элемента, Вт;

$t_{\text{раб}}$  – время работы аккумуляторной батареи без подзарядки.

$$W = 500 \cdot 16,6 = 8300$$

При расчете емкости АБ в полностью автономном режиме необходимо принимать во внимание наличие пасмурных дней, в течение которых аккумулятор должен обеспечивать работу потребителей. За максимальное число последовательных «дней без солнца» можно принять установленное количество дней, в течение которых АБ будет питать нагрузку самостоятельно без подзаряда.

От глубины разряда АБ  $\delta$  зависит срок службы аккумуляторной батареи. Чем больше  $\delta$ , тем быстрее АБ выйдут из строя. Рекомендуемое значение глубины разряда 20 % (не более 30 %). Это значит, что возможно использование 20 % от значения номинальной емкости АБ. Ни при каких обстоятельствах разряд батареи не должен превышать 80 %. Для исследуемой системы принимаем глубину разряда 30 %.

Емкость аккумуляторной батареи зависит также от температуры окружающей среды. Снижение емкости аккумуляторов при понижении температуры учитывает температурный коэффициент  $K_s$ .

Емкость аккумуляторной батареи (АБ) выбирается из стандартного ряда емкостей с округлением в сторону, большую расчетной. Расчетная емкость АБ (А·ч) определяется по формуле:

$$C_{\text{расч}} = \frac{W}{U_{\text{АБ}} \cdot \delta} \quad (2)$$

где  $W$  – количество потребленной энергии (Вт·ч);

$U_{\text{АБ}}$  – напряжение АБ; В;

$\delta$  – допустимая глубина разряда АБ.

$$C_{\text{расч}} = \frac{8300}{24 \cdot 0,3} = 1152,8 \text{ А} \cdot \text{ч}$$

Время полного разряда Тразр батареи емкостью САБ под воздействием нагрузки мощностью  $P_{\text{потр}}$  можно определить:

$$T_{\text{раз}} = \frac{C_{\text{АБ}} \cdot 8,5}{P_{\text{потр}}} \quad (3)$$

$$T_{\text{раз}} = \frac{1152,8 \cdot 8,5}{500} = 19,6 \text{ часов.}$$

Расчетное время разряда превышает необходимое время работы аккумуляторов без подзарядки, что позволит обеспечить бесперебойную работу системы теплоснабжения мобильного домика фермера.

Основным параметром системы теплоснабжения является температура внутри помещения домика фермера. Колебания температуры внутреннего воздуха неблагоприятно отражаются на самочувствии человека. В качестве допустимых наибольших пределов таких колебаний в зимнее время года нормы устанавливают их амплитуду  $\Delta t = \pm 1,5^\circ$  при центральных отопительных системах и  $\Delta t = \pm 3^\circ$  — при печном отоплении. Результаты измерений показывают, что колебания температуры отличаются от рекомендуемых и достигают  $28^\circ\text{C}$  [13, с. 384–389; 14, с. 28–39]. Эти данные позволяют сделать вывод, что для создания необходимого температурного режима в помещении требуется установить терморегулятор, который будет отключать карбоновый теплонагреватель при достижении установленного порога температуры.

За время испытания системы теплоснабжения проводились замеры температуры наружного воздуха, температура внутри помещения и температура вырабатываемая карбоновыми панелями тепловизором testo 875. Результаты измерений представлены на рисунках 5–6. Максимальная температура, до которой нагреваются карбоновые теплонагреватели составляет  $85^\circ\text{C}$ . По кривым нагрева можно определить тепловую инерцию карбоновых нагревателей, которая составила 12 минут в апреле и 36 минут в марте. Среднее значение тепловой инерции составляет 24 минуты. Для получения более точных данных этого параметра требуются дальнейшие исследования.

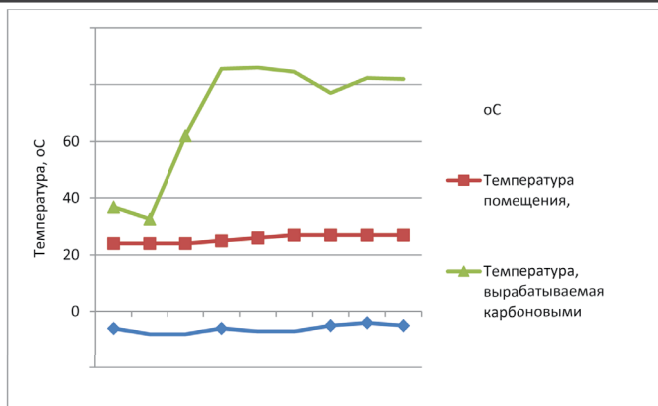


Рисунок 5 – Графики корреляционной связи между средней освещенностью фотоэлектрических преобразователей и температурой внутри помещения в феврале

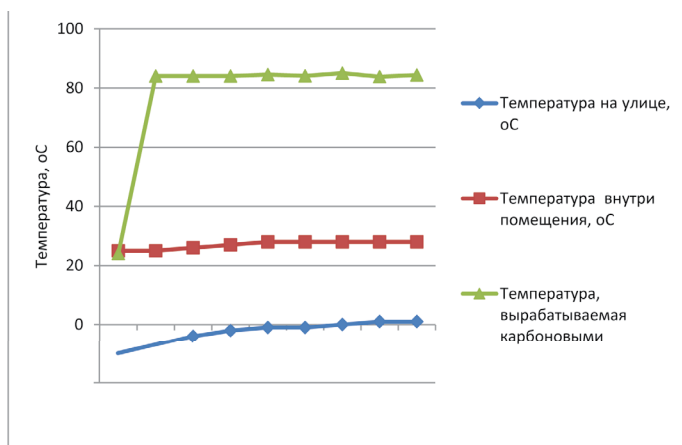


Рисунок 6 – Графики корреляционной связи между средней освещенностью фотоэлектрических преобразователей и температурой внутри помещения в марте

Тепловая устойчивость домика фермера изменяется от 2,5 до 28, в зависимости от температуры наружного воздуха. Очевидно, что требуется дополнительная теплоизоляция помещения, для сохранения температуры внутри помещения.

Проведя анализ экспериментальных данных можно построить графики корреляционной связи между средней освещенность фотоэлектрических преобразователей и температурой внутри помещения (рисунки 4-6). Результаты расчетов корреляции приведены в таблице 2 [15, с. 580–603]; [16, с. 691–705].

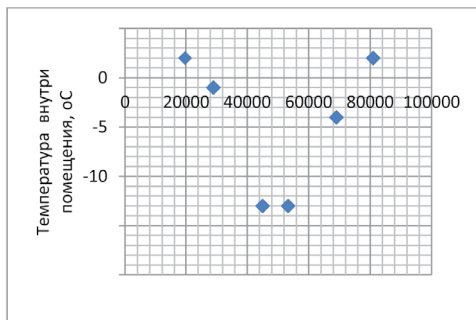


Рисунок 7 – Корреляционная зависимость для февраля

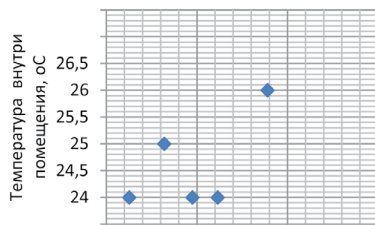


Рисунок 8 – Корреляционная зависимость для марта

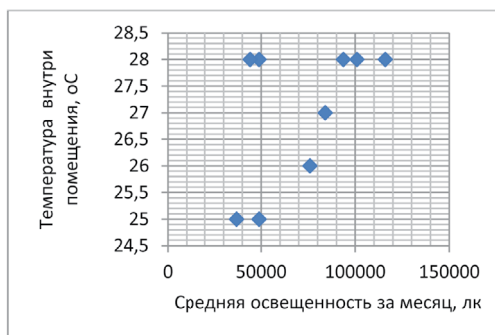


Рисунок 9 – Корреляционная зависимость для апреля

Таблица 2 – Корреляция между средней освещенностью и температурой внутри помещения по месяцам

|              | Февраль                           |                                  |                        | Март                              |                                  |                        | Апрель                            |                                  |                        |
|--------------|-----------------------------------|----------------------------------|------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|------------------------|
| Время замера | Средняя освещенность за месяц, лк | Температура внутри помещения, °С | Коэффициент корреляции | Средняя освещенность за месяц, лк | Температура внутри помещения, °С | Коэффициент корреляции | Средняя освещенность за месяц, лк | Температура внутри помещения, °С | Коэффициент корреляции |
| 9.00         | -                                 | -                                | 0,185                  | 47500                             | 24                               | 0,512                  | 37000                             | 25                               | 0,518                  |
| 10.00        | 24667                             | -16                              |                        | 12700                             | 24                               |                        | 49000                             | 25                               |                        |
| 11.00        | 53333                             | -13                              |                        | 61500                             | 24                               |                        | 76000                             | 26                               |                        |
| 12.00        | 69000                             | -4                               |                        | 32000                             | 25                               |                        | 84100                             | 27                               |                        |
| 13.00        | 81000                             | 2                                |                        | 89000                             | 26                               |                        | 93800                             | 28                               |                        |
| 14.00        | 45000                             | -13                              |                        | 106200                            | 27                               |                        | 116000                            | 28                               |                        |
| 15.00        | 29000                             | -1                               |                        | 88000                             | 27                               |                        | 101000                            | 28                               |                        |
| 16.00        | 19600                             | 2                                |                        | 49800                             | 27                               |                        | 49000                             | 28                               |                        |
| 17.00        | -                                 | -                                |                        | 35700                             | 27                               |                        | 44200                             | 28                               |                        |

Положительный коэффициент корреляции свидетельствует о наличии связи между выбранными параметрами. На этом основании проведено математическое моделирование.

Математическая модель даст возможность прогнозировать значения температуры внутри помещения от освещенности панелей, температуры наружного воздуха и температуры карбонового теплонагревателя.

Для расчета математической модели были приняты три наиболее значимых фактора для дальнейшего расчета: ( $X_1$  – освещенность;  $X_2$  – температура наружного воздуха;  $X_3$  – температура карбонового теплонагревателя).

Под критерием оптимизации ( $Y$ ) была принята средняя температура воздуха внутри помещения. Периодичность замеров эксперимента 1 час.

В результате расчета уравнение регрессии получило следующий вид:

$$Y=26,33 - 2,88x_1 - 2,77x_2+3,11x_3 \quad (4)$$

Полученная модель проверена по критерию Фишера и является адекватной.

### Результаты и обсуждение

Деятельность человека повсеместно связана с потреблением энергии. Уровень развития общества оценивается потреблением энергии на душу

населения, чем выше потребление энергии, тем выше уровень развития общества. Современные тенденции потребления энергии направлены на снижение доли углеводородных источников энергии и увеличения доли возобновляемой энергии. Возможности Казахстана в использовании возобновляемой энергии большие. Этому способствуют значительные территории и развитое сельское хозяйство и животноводство.

Создание комфортных условий для механизаторов и пастухов с учетом современного уровня технического развития реализовать относительно просто. Примером является создание мобильного домика фермера с использованием возобновляемых источников энергии для его тепло- и электроснабжения. Предлагаемая система теплоснабжения может создать необходимый температурный режим в передвижном помещении и обеспечить автономность системы.

### **Выводы**

Приведенные расчеты на основе полученных экспериментальных измерений позволяют сделать выводы:

1 Предлагаемая система теплоснабжения с использованием солнечной энергии позволяет генерировать необходимую мощность для стабильной работы системы;

2 Для обеспечения бесперебойной работы системы необходимо точно определить емкость аккумуляторных батарей и установить их в помещении, для создания благоприятного температурного режима эксплуатации;

3 Для согласования источника энергии и нагрузки необходимо либо установить демпферное устройство, и тогда излишняя мощность будет сбрасываться, либо увеличить потребляемую мощность за счет бытовой техники, что вполне разумно и экономично.

4 Проведен анализ температурного режима в помещении на основании которого принято решение использовать в схеме теплоснабжения регулятор температуры для комфортного самочувствия человека.

5 Определена тепловая инерционность карбонового теплонагревателя, которая колеблется в зависимости от температуры наружного воздуха и составляет 12 – 36 минут.

6 Тепловая устойчивость помещения показывает, что необходимо усилить теплоизоляцию помещения.

7 На основании корреляционной связи определена математическая модель системы теплоснабжения.

## REFERENCES

- 1 **Turgel, I., Bozhko, L., Biserov, E., Naizabekov, A.**, Priorities of the State Environmental Policy of Russia and Kazakhstan: Global Agenda and Regional Projection // Environmental and Climate Technologies 2020. – Vol. 24. – No. 1. – P. 638–652. – <https://doi.org/10.2478/rtuct-2020-0039> – [Electronic resource]. – <https://content.sciendo.com>
- 2 **Adilbekov, E. K., Sultanov, T. T.** Review of renewable energy sources in the Republic of Kazakhstan // Bulletin of the L. N. Gumilyov Eurasian National University. Series: Technical Science and Technology. – 2018:1(122). – P. 8–14.
- 3 **Jekabsone, A., Kamenders, A., Rosa, M., Kaselofsky, J., Schuler, R.** Assessment of the Implementation of Sustainable Energy Action Plans at Local Level. Case Study of Latvia // Environmental and Climate Technologies. – 2019. – Vol. 23. – No. 2. – P. 36–46 – [10.2478/rtuct-2019-0053](https://doi.org/10.2478/rtuct-2019-0053) – [Electronic resource]. – <https://content.sciendo.com>
- 4 **Petersen, J. P.** The application of municipal renewable energy policies at community level in Denmark: A taxonomy of implementation challenges // Sustainable Cities and Society. – 2018. – 38 – P. 205–218. – <https://doi.org/10.1016/j.scs.2017.12.029>
- 5 **Latosov, E., Volkova, A., Siirde, A., Kurnitski, J., Thalfeldt, M.** Methodological approach to determining the effect of parallel energy consumption on district heating system. Environmental and Climate Technologies 2017. – 19. – P. 15–14. – <https://doi.org/10.1515/rtuct-2017-0001>
- 6 **Miezis, M., Zvaigznitis, K., Stancioff, N., Soeftestad, L.** Climate Change and Buildings Energy Efficiency – the Key Role of Residents // Environmental and Climate Technologie. – 2016. – 17. – P. 30–43. – <https://doi.org/10.1515/rtuct-2016-0004>
- 7 **Palu, I., Tammoja, H. & Oidram, R.** Thermal power plant cooperation with wind turbines // Estonian J. Engineering. – 14 (4). Estonia. – P. 317–324.
- 8 **Khabdullin, A., Khabdullina, Z., Khabdullina, G.**, Development of energy-saving methods for minimization of power and load losses // Eurasian Journal of Physics and Functional Materials. – 2018. – 2 (1). – P. 77–83.
- 9 **Khabdullin, A., Khabdullina, Z., Khabdullin, A., Lauka, D., Blumberga, D.**, Analysis of Industrial Electricity Consumption Flexibility. Assessment of Saving Potential in Latvia and Kazakhstan, Energy Procedia. – 2017. – 113. – P. 450–453
- 10 **Chamandoust, H. et al.** Tri-objective scheduling of residential smart electrical distribution grids with optimal joint of responsive loads with renewable energy sources // Journal of Energy Storage. – 2020 – 27. – P.101–112. – <https://doi.org/10.1016/j.est.2019.101112>

11 **Dalton, G., Lockington, D., Baldock, T.** Feasibility Analysis of Stand-Alone Renewable Energy Supply Options for a Large Hotel // Renewable energy. – 2008. – 33(7). – P.1475–1490. – <https://doi.org/10.1016/j.renene.2007.09.014>

12 **Bajpai, P., Dash, V.** Hybrid Renewable Energy Systems for Power Generation in Stand-Alone Applications: A Review // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2012. – 16 (5). – P. 2926–2939. – <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.02.009>

13 **Silva, S., Severino, M., De Oliveira, M.** A Stand-Alone Hybrid Photovoltaic, Fuel Cell and Battery System: A Case Study of Tocantins, Brazil. Renewable energy. – 2013. – 57. – P. 384–389. – <https://doi.org/10.1016/j.renene.2013.02.004>

14 **Barati, H., Aminzadeh, H.** Load Power and Frequency Control Based on Modified Droop Method in Hybrid Systems Wind Turbine/ Photovoltaic/ Fuel Cell in Autonomous Stand-Alone Micro-Grids. Energy : Engineering & Management 2016. –6. – P. 28–39.

15 **Hashemi, A. et al.** Optimal Scheduling of Residential Electricity Demand Based on the Power Management of Hybrid Energy Resources. Environmental and Climate Technologies 2020. – 24(1). – P. 580–603. – <https://doi.org/10.2478/rtuct-2020-0036>

16 **Hashemi, A., Derakhsang, G., Pahlavani, A., Abdi, B.,** Techno-Economic Analysis of a Stand-Alone Hybrid Wind-Power Fuel-Cell Grid System: A Case Study in Shahryar Region of Tehran // Environmental and Climate Technologies. – 2020. – Vol. 24 – No. 1. – P. 691–705. – <https://doi.org/10.2478/rtuct-2020-0043> [Electronic resource]. – <https://content.sciendo.com>

Поступило в редакцию 02.05.25.

Поступило с исправлениями 24.07.25.

Принято в печать 05.09.25.

\*Т. И. Глуценко<sup>1</sup>, Т. В. Бедыч<sup>2</sup>, Н. У. Бижанов<sup>3</sup>,

Д. Н. Утебаев<sup>4</sup>, Д. К. Имангазинова<sup>5</sup>

<sup>1,3,4</sup>А. Байтұрсынова атындағы Қостанай өңірлік университеті,

Қазақстан Республикасы, Қостанай қ.;

<sup>2</sup>М. Дулатов атындағы Қостанай инженерлік-экономикалық университеті

Қазақстан Республикасы, Қостанай қ.;

<sup>5</sup>Академик Қ. Сәтбаев атындағы Екібастұз инженерлік-техникалық институты, Қазақстан Республикасы, Екібастұз қ.

02.05.25 ж. баспаға түсті.

24.07.25 ж. түзетулерімен түсті.

05.09.25 ж. басып шығаруға қабылданды.

## **КОМІРТЕКТІ ЖЫЛЫТҚЫШТЫ ҚОЛДАНА ОТЫРЫП, АВТОНОМДЫ ЖЫЛУМЕН ЖАБДЫҚТАУ ЖҮЙЕСІН ЗЕРТТЕУ**

*Мақалада Қостанай облысы жағдайында фермердің жылжымалы үйін автономды жылумен жабдықтау жүйесін құру үшін көміртекті жылу жылытқышымен бірге фотоэлектрлік түрлендіргіштерді қолдану қарастырылған. Жаңартылатын энергия үлесінің артуы қазіргі жағдайларға байланысты. Қазақстан жаңартылатын энергияны, атап айтқанда автономды энергия жүйелері үшін пайдалану мүмкіндігіне ие. Максималды қуат алу үшін кеңістіктегі фотоэлектрлік түрлендіргіштердің ең тиімді бағыты негізделген. Теориялық мәліметтер негізінде жылумен жабдықтау жүйесінің тұрақты жұмыс істеуі үшін батареялардың сыйымдылығы мен санын негіздеуге мүмкіндік беретін 52,30 солтүстік ендік үшін ауытқу бұрышы мен күндізгі жарықтың ұзақтығы анықталды. Зерттеу нәтижесінде алынған эксперименттік деректер жылумен жабдықтау жүйесін талдауға негіз болды. Бұл деректер графикалық түрде ұсынылған: жарық ағынының тәулік уақытына және фотоэлектрлік түрлендіргіш шығаратын қуатқа тәуелділігі. Фермердің жылжымалы үйінің жылумен жабдықтау жүйесінің, әсіресе Солтүстік Қазақстанның климаттық жағдайларында үздіксіз жұмысын қамтамасыз етуге мүмкіндік беретін аккумуляторлардың сыйымдылығы анықталды. Мақалада көміртекті жылу жылытқышын қолдана отырып, автономды жылумен жабдықтау жүйесін пайдалану кезінде туындайтын проблемалар көрсетілген және оларды шешу жолдары ұсынылған. Жаңартылатын энергияның негізгі кемшілігі-энергия көзі мен тұтынушыны электр қуаты бойынша үйлестірудің күрделілігі,*

*бұл жылумен жабдықтау жүйесінде қолданылатын жабдық үшін өте маңызды. Қолайлы температуралық режимді құру үшін көміртекті жылу жылытқыштың температуралық инерциясына зерттеулер жүргізілді, бөлменің жылуға төзімділігі анықталды. Эксперименттік мәліметтер негізінде жылумен жабдықтау жүйесінің математикалық моделі жасалды.*

*Кілтті сөздер: күн энергиясы, жылумен жабдықтау, фотоэлектрлік түрлендіргіш, көміртек, көміртекті жылу шығаратын материал*

*\*T. I. Glushchenko<sup>1</sup>, T. V. Bedich<sup>2</sup>, N. U. Bizhanov<sup>3</sup>,*

*D. N. Utebaev<sup>4</sup>, D. K. Imangazinova<sup>5</sup>*

<sup>1,3,4</sup>Kostanay Regional University named after A. Baitursynova,

Republic of Kazakhstan, Kostanay.;

<sup>2</sup>Kostanay University of Engineering and Economics named after M. Dulatova,

Republic of Kazakhstan, Kostanay.;

<sup>5</sup>Ekibastuz Engineering and Technical Institute named after Academician

K.Satpayev, Republic of Kazakhstan, Ekibastuz.

Received 02.05.25.

Received in revised form 24.07.25.

Accepted for publication 05.09.25.

## **INVESTIGATION OF AN AUTONOMOUS HEAT SUPPLY SYSTEM USING A CARBON FIBER HEATER**

*The article discusses the use of photovoltaic converters in combination with a carbon fiber heat heater to create an autonomous heat supply system for a mobile farmer's house in the Kostanay region. The increase in the share of renewable energy is dictated by modern conditions. Kazakhstan has the potential to use renewable energy, in particular for autonomous power systems. The most advantageous orientation of photovoltaic converters in space for maximum power generation is substantiated. Based on theoretical data, the declination angle and daylight duration for 52.30 north latitude are determined, which makes it possible to justify the amount of capacity and number of batteries for stable operation of the heat supply system. The experimental data obtained during the study served as the basis for the analysis of the heat supply system. These data are presented graphically: the dependence of the luminous flux on the time of day and the power generated by the photovoltaic converter. The battery capacity has been determined to ensure the uninterrupted operation of the heat supply*

*system of a mobile farmer's house, especially in the climatic conditions of Northern Kazakhstan. The article outlines the problems that arise during the operation of an autonomous heat supply system using a carbon fiber heater and suggests ways to solve them. The main disadvantage of renewable energy is the difficulty of matching the energy source and the consumer in terms of capacity, which is extremely important for the equipment used in the heat supply system. To create a comfortable temperature regime, studies of the temperature inertia of a carbon fiber heater were carried out, and the thermal stability of the room was determined. A mathematical model of the heat supply system has been developed based on experimental data.*

*Keywords: solar energy, heat supply, photovoltaic converter, carbon fiber, carbon fiber heat-generating material.*

Теруге 09.09.2025 ж. жіберілді. Басуға 30.09.2025 ж. қол қойылды.

Электронды баспа

29.9 Mb RAM

Шартты баспа табағы 22,2. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Тапсырыс № 4447

Сдано в набор 09.09.2025 г. Подписано в печать 30.09.2025 г.

Электронное издание

29.9 Mb RAM

Усл. печ. л. 22,2. Тираж 300 экз. Цена договорная.

Компьютерная верстка: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Заказ № 4447

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

Торайғыров университеті

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

«Toraighyrov University» баспасы

Торайғыров университеті

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

67-36-69

E-mail: kereku@tou.edu.kz

www.vestnik-energy.tou.edu.kz