

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 (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/AFHU6838>

---

**Бас редакторы – главный редактор**

Кислов А. П.  
*к.т.н., доцент*

Заместитель главного редактора

Талипов О. М., *доктор PhD*

Ответственный секретарь

Калтаев А.Г., *доктор PhD*

**Редакция алкасы – 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., *д.т.н., профессор*  
Алиферов А.И., *д.т.н., профессор (Россия)*  
Кошеков К.Т., *д.т.н., профессор*  
Приходько Е.В., *к.т.н., профессор*  
Оспанова Н. Н., *к.п.н., доцент*  
Нефтисов А. В., *доктор PhD*  
Омарова А.Р., *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

<https://doi.org/10.48081/SYOY6805>**\*А. Д. Мехтеев<sup>1</sup>, Р. Р. Бузяков<sup>2</sup>, З. Р. Шапенова<sup>3</sup>**<sup>1</sup>Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина,  
Республика Казахстан, г. Нур-Султан;<sup>2,3</sup>Карагандинский технический университет им. Абылкаса Сагинова,  
Республика Казахстан, г. Караганда

## **ПАРОВОЙ ЭЛЕКТРОБОГРЕВАТЕЛЬ НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ**

*В статье приведены результаты исследования вакуумного электронагревательного элемента парового электрообогревателя низкого давления. Данный вид электрообогревателей имеет принципиально новую конструкцию, которая обеспечивает достаточно высокую эффективность преобразования электрической энергии в тепловую. Паровой электрообогреватель низкого давления имеет высокие показатели надежности и пожаробезопасности и имеет высокую эффективность при создании автономных беструбных систем отопления, так как в нем сочетаются эффективность электрической спирали и комфортное тепло традиционного радиатора отопления. Проведен анализ исследований, посвященных проблемам теплоснабжения, создания новых систем отопления и повышения их эффективности. Описаны преимущества использования электрообогревателя по сравнению с традиционными системами отопления.*

*В статье рассмотрены конструкция парового электрообогревателя низкого давления и конструкция тепловой трубки. Проведены экспериментальные исследования вакуумных электронагревателей при изменении геометрических параметров трубок по диаметру, длине и объему теплоносителя. Установлено, что наилучшим вариантом теплоносителя является дистиллированная вода, прошедшая аэрацию. Глубина разряжения напрямую влияет на эффективность и температуру нагрева теплоносителя и, соответственно, на коэффициент полезного действия. Важными моментами являются глубина вакуума, а также образование кавитации теплоносителя, что дает дополнительную энергию.*

*Ключевые слова: радиатор, электрообогреватель, энергосбережение, вакуум, тепловой прибор, система отопления.*

## **Введение**

Совершенствование систем отопления зданий является весьма важным вопросом для районов с холодным климатом, так как для поддержания микроклимата в помещении необходимо использовать отопительные приборы. Одним из перспективных отопительных приборов может быть паровой электрообогреватель низкого давления (ПЭНД), совмещающий в себе преимущества масляного электрообогревателя и эффективность электрической спирали. ПЭНД способен создавать комфортное тепло, аналогичное радиатору отопления, но при этом для его работы не требуется система трубопроводов. На основе ПЭНД можно создать полностью автономные системы теплоснабжения, использующие все преимущества электрического тока, что является весьма перспективным направлением развития систем теплоснабжения. Преимуществами использования ПЭНД по сравнению с традиционными системами отопления являются: нулевая вероятность «разморозки», засорения и износа проточной части; отсутствие трубопроводов с жидким теплоносителем и циркуляционного насоса; нулевая вероятность повреждения и возникновения утечки теплоносителя. Все эти обстоятельства позволяют разработать полностью автономную и автоматизированную интеллектуальную систему отопления с высокой эффективностью работы [1].

Известны множество различных по конструкции электрических обогревателей, которые достаточно подробно описаны в источниках и используются повсеместно несколько десятков лет [2]. Наиболее близким к ПЭНД является литиево-бромидный радиатор отопления, который может работать на различных источниках, в котором горячая вода нагревает литиевую жидкость бромида. Недостатком данного решения является дороговизна применяемого наполнителя. Помимо этого, при выходе из строя электронагревательного элемента, приходится полностью демонтировать всю конструкцию электронагревателя [3, 4].

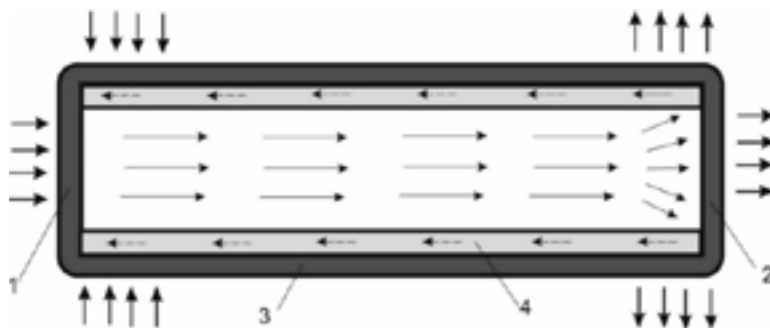
Множество работ посвящены развитию систем теплоснабжения и повышению их эффективности [5, 6]. Важным является практическая реализация мероприятий по энергосбережению [7]. Также рассмотрены современные высокоэффективные автономные энергосберегающие системы отопления на основе электрических обогревателей [8]. Имеются сведения о разработке электрообогревателей нового поколения для автономных систем [9]. Рассмотрены проблемы развития систем теплоснабжения [10], где одним из вариантов для создания автономных систем отопления является

использование электрического тока. Имеются также ряд зарубежных публикаций, направленных на создание новых источников тепла и повышение эффективности работы систем отопления [11-13]. Исследования основаны на использовании известных методов и законов теории теплообмена [14, 15].

### Материалы и методы

Для проведения исследований разработаны 3 лабораторных образца ПЭНД с электрической мощностью: 600, 800, 1000 Вт. ПЭНД питается от электрической сети постоянного или переменного тока 220 В (возможно 12-380 В). Площадь обогрева – 12–20 м<sup>2</sup> (при примерных тепловых потерях здания около 35-45 Вт/м<sup>3</sup>).

Основой ПЭНД является известная конструкция тепловой трубки. На рисунке 1 представлена условная схема, поясняющая ее принцип действия.



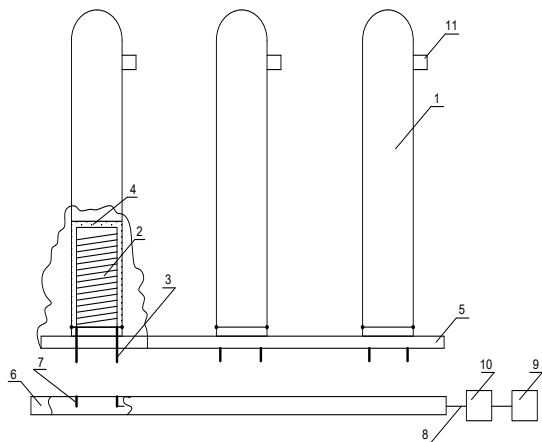
1 – зоны испарения, 2 – зоны конденсации, 3 – корпус трубки,  
4 – пористый слой для возврата конденсата.

Рисунок 1 – Конструкция тепловой трубки

Тепловая трубка (ТТ) состоит из трех отдельных частей: зоны испарения, зоны конденсации и соединяющего корпуса.

Работа ПЭНД осуществляется следующим образом (рисунок 2). Через загрузочный клапан 11 во внутреннюю полость вакуумной трубки 1 заливают теплообразующую жидкость 4, которая покрывает электронагревательный элемент 2 по всей его высоте, оставляя остальную полость свободной, затем через клапан 11 специальным насосом откачивают воздух из внутренней полости и создают в ней глубокий вакуум, после чего клапан 11 – запаивают. Трубка готова к работе. Штепсельную вилку 3 электронагревательного элемента 2 через электроизоляционную прокладку 5 вставляют в штепсельную розетку 7 распределителя электроэнергии 6. Электроэнергия от источника питания 9, через терморегулятор 10, по токопроводам 8 подается на штепсельные розетки 7 и далее на электронагревательный элемент 2.

Тепловая энергия которого воздействует на теплообразующую жидкость 4 водяной пар поднимается вверх по внутренней полости вакуумных вертикальных трубок 1 тем самым обеспечивает их нагрев. Терморегулятором 10 (обеспечивается климат контроль) – включение и отключение отдельных электронагревательных элементов 2 [3,4].



- 1 – корпус вакуумной тепловой трубки, 2 – нагревательный элемент, 3 – штепсельная вилка, 4 – теплоноситель, 5 – электроизоляционной прокладки, 6 – распределитель электроэнергии, 7 – штепсельная розетка, 8 – токопровод, 9 – источник электроэнергии, 10 – терморегулятор, 11 – трубка для откачки воздуха из внутренней полости вертикальной трубки.

Рисунок 2 – Конструкция парового электронагревателя низкого давления

### Результаты и обсуждение

Проведем экспериментальные исследования вакуумных электронагревателей ПЭНД при изменении геометрических параметров трубок по диаметру от 20 до 32 мм, по длине  $L$  от 250 мм до 400 мм и объему теплоносителя  $V_1=10$  мл и  $V_2=15$  мл. Начальные условия: температура помещения  $T_{внутр}=24^{\circ}\text{C}$ , средняя температура трубки вакуумного электронагревателя  $T_{тр}=27^{\circ}\text{C}$ . Внутреннее давление внутри полости электронагревателя  $Q=9,807$  кПа или 0,1Атм для всех опытов эксперимента по исследованию вакуумных электронагревателей, выполненных из медной трубки толщиной стенки 1 мм. В качестве теплоносителя используется

дистиллированная вода. Мощность электронагревателя  $P = 60$  и  $80$  Вт. Графики зависимостей температуры от времени нагрева приведены на рисунках 3-8.

Опыт № 1. Вес вакуумного трубчатого электронагревателя  $346$  гр., мощность  $P=80$  Вт, объем теплоносителя  $V_1=10$  мл и  $V_2=15$  мл, длина трубки  $L=250$  мм, диаметр  $d=32$  мм.

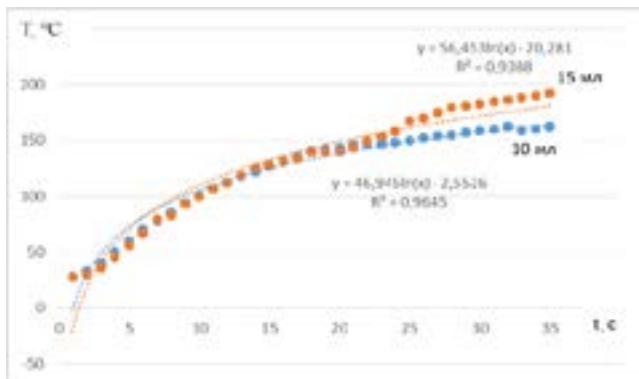


Рисунок 3 – Результаты опыта №1

Опыт № 2. Вес вакуумного трубчатого электронагревателя  $434$  гр., мощность  $P=80$  Вт, объем теплоносителя  $V_1=10$  мл и  $V_2=15$  мл, длина трубки  $L=400$  мм, диаметр  $d=28$  мм.

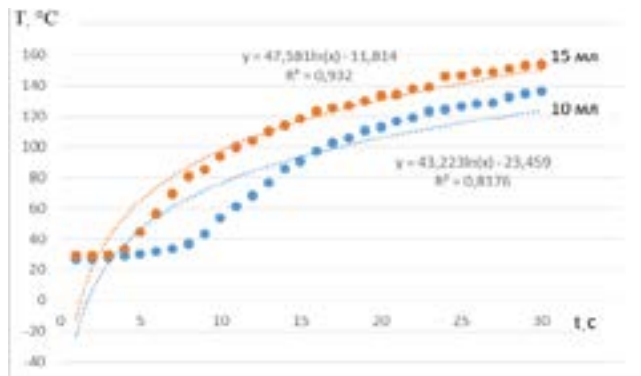


Рисунок 4 – Результаты опыта №2

Опыт № 3. Вес вакуумного трубчатого электронагревателя 267 гр., мощность  $P=60$  Вт, объем теплоносителя  $V_2=15$  мл, длина трубки  $L=300$  мм, диаметр  $d=20$  мм.

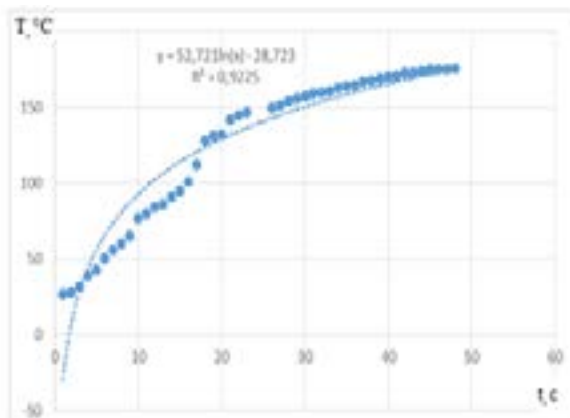


Рисунок 5 – Результаты опыта №3

Опыт № 4. Вес вакуумного трубчатого электронагревателя 469 гр., мощность  $P=100$  Вт, объем теплоносителя  $V_1=10$  мл, длина трубки  $L=350$  мм, диаметр  $d=32$  мм.

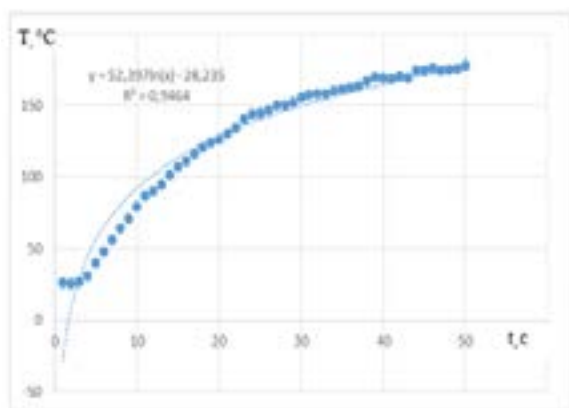


Рисунок 6 – Результаты опыта №4



Опыт № 5. Вес вакуумного трубчатого электронагревателя 335 гр., мощность  $P=80$  Вт, объем теплоносителя  $V_1=10$  мл, длина трубки  $L=310$  мм, диаметр  $d=28$  мм.

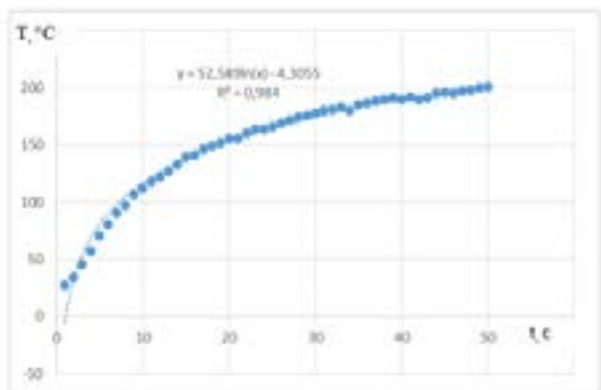


Рисунок 7 – Результаты опыта №5

Опыт № 6. Вес вакуумного трубчатого электронагревателя 307 гр., мощность  $P=60$  Вт, объем теплоносителя  $V_1=10$  мл, длина трубки  $L=250$  мм, диаметр  $d=28$  мм.

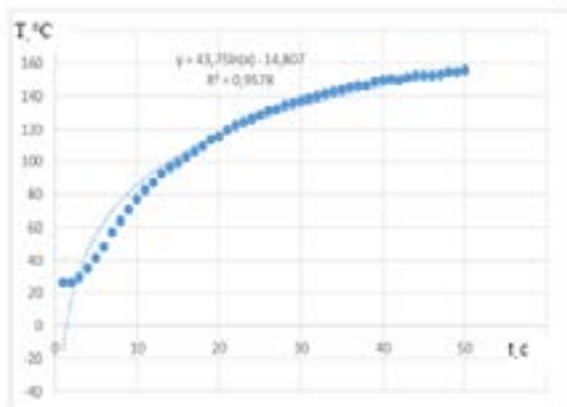


Рисунок 8 – Результаты опыта

## **Выводы**

По итогу анализа результатов исследований, можно сделать вывод, что при снижении давления от 1 Атм до 0,01 Атм, температура кипения воды в трубке меняется от 1000 С до 5 0С. Дистиллированная вода, прошедшая аэрацию, является наиболее лучшим вариантом теплоносителя. Вода должна обязательно быть структурирована магнитным полем постоянного магнита. Глубина разряжения напрямую влияет на эффективность и температуру нагрева теплоносителя и, соответственно, на КПД. Трубки с разряжением во внутренней полости электронагревателя  $Q=9,807$  кПа или 0,1 Атм показали более слабый результат по отношению к трубкам с давлением 0,05 Атм. Соответственно важным моментом является глубина вакуума и его сохранность. В случае потери вакуума, трубка переставала набирать температуру. Важным моментом является образование кавитации теплоносителя, что дает дополнительную энергию.

## **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1 **Мехтиев, А. Д., Карпенко, А. Н., Алдошина, О. В., Югай, В. В.** Автономные системы отопления нового поколения. Монография. – Караганда. КарГТУ, 2015. – 196 с.

2 Парокапельные нагреватели. [Электронный ресурс]. – <http://vestkz.ru/opisanie.html> (Дата обращения 10. 11. 2020)

3 **Мехтиев, А** Радиатор отопления. Патент на полезную модель № 2816. Зарегистрирован в Государственном реестре полезных моделей Республики Казахстан, опубл. 24.04.2018 [Электронный ресурс]. – <https://www.kazpatent.kz/kk>.

4 Радиатор отопления. Патент на изобретение № 32156. Зарегистрирован в Государственном реестре полезных моделей Республики Казахстан, опубл. 16.05.17 [Электронный ресурс]. – <https://www.kazpatent.kz/kk>.

5 **Балабанов, М. Ф.** Переход на поквартирное отопление как альтернатива решения одной из проблем коммунальной реформы // «Новости теплоснабжения». – № 3 (67). – Март, 2006.

6 **Братенков, В. Н., Хаванов, П. А., Вэскер, Л. Я.** Теплоснабжение малых населенных пунктов. – М. : Стройиздат, 1988. – 223 с.

7 **Дмитриев, А. Н., Монастырев, П. В., Сборщиков, С. Б.** Энергосбережение в реконструируемых зданиях. – М. : Издательство АСВ, 2008. – 208 с.

8 **Козлов, С.В.** Современные высокоэффективные автономные энергосберегающие системы отопления // «Новости теплоснабжения». – №8 (84). – 2007.

9 **Усадский, Д. Г., Фокин, В. М.** Экспериментальное определение теплотехнических свойств и параметров парокапельного нагревателя в стационарном тепловом режиме // Вестник ВолГАСУ. Сер.: Строительство и архитектура. – Волгоград : ВолГАСУ, 2011. – Вып. 21 (40).

10 **Варфоломеев, Ю. М., Кокори, О. Я.** Отопление и тепловые сети: Учебник. – М. : Инфра-М, 2006. – 480 с.

11 **Zhang, Y., Xia, J., Fang, H., Zuo, H., Jiang, Y.** Roadmap towards clean heating in 2035: Case study of inner Mongolia, China. Energy. Том 18915 December 2019, Номер статьи 116152.

12 **Wu, P., Wang, Z., Li, X., Xu, Z., Yang, Y., Yang, Q.** Energy-saving analysis of air source heat pump integrated with a water storage tank for heating applications. Building and Environment, Том 180 August, 2020, Номер статьи 107029.

13 **Espatolero, S., Romeo, L. M., Escudero, A. I., Kuivalainen, R.** An operational approach for the designing of an energy integrated oxy-fuel CFB power plant. International Journal of Greenhouse Gas Control. – Т. 64. – С. 204–211. – DOI: 10.1016/j.ijggc.2017.07.018.

14 **Аметистов, Е. В.** Основы теории теплообмена. – М. : Изд. МЭИ, 2000. – 242 с.

15 **Безродный, М. К., Пиоро, И. Л., Костюк, Т. О.** Процессы переноса в двухфазных термосифонных системах : Монография. – Киев : Факт, 2003.

## REFERENCES

1 **Mehtiev, A. D., Karpenko A. N., Aldoshina O. V., Iygai, V. V.** Avtonomnye sistemy otopeniia novogo pokoleniia : Monografiia. [Autonomous heating systems of a new generation: Monograph.] – Karaganda : KSTU, 2015. – P. 196.

2 Steam-drop heaters. Parokapelnye nagrevateli. [Electronic resource]. – <http://vestkz.ru/opisanie.html>

3 **Mehtiev, A. D.** Radiator otopeniia. Patent na poleznyiy model № 2816. Zaregistrirovan v Gosydarstvennom reestre poleznykh modelei Respyblikі Kazahstan, opybl. 24. 04. 2018 [Heating radiator. Utility model patent No. 2816. Registered in the State Register of Utility Models of the Republic of Kazakhstan, publ. 24. 04. 2018]

4 **Mehtiev, A. D.** Radiator otopeniia. Patent na izobretienie № 32156. Zaregistrirovan v Gosydarstvennom reestre poleznykh modelei Respyblikі Kazahstan, opybl. 16.05.17 [Heating radiator. Patent for invention No. 32156. Registered in the State Register of Utility Models of the Republic of Kazakhstan, publ. 16.05.17]

5 **Balabanov, M. F.** Perехod na pokvartirnoe otopeniie kak alternativa resheniia odnoi iz problem komyunalnoi reform. Novosti teplosnabjeniia [Transition to

apartment-by-apartment heating as an alternative to solving one of the problems of communal reform] // Heat supply News. – No. 3 (67). – March, 2006.

6 **Bratenkov, V. N., Khavanov, P. A., Wesker, L. Y.** Teplosnabjenie malyh naselennyh pýnktoy [Heat supply of small settlements]. – M. : Stroyizdat, 1988.– 223 p.

7 **Dmitriev, A. N., Monastyrev, P. V., Collectors, S. B.** Energosberejenie v rekonstrýirýemyh zdaniyah. [Energy saving in reconstructed buildings]. – M. : DIA, 2008. – 208 p.

8 **Kozlov, S. V.** Sovremennyye vysokoeffektivnyye avtonomnyye energosberegayúye sistemy otoplennia. Novosti teplosnabjenia [Modern highly efficient autonomous energy-saving heating systems] // Heat supply News. – No. 8 (84). – 2007.

9 **Usadsky D. G., Fokin V. M.** Eksperimentalnoe opredelenie teplotekhnicheskikh svoystv i parametrov parokapelnogo nagrevatelya v statsionarnom teplovom rejime // Vestnik VolgGASÝ [Experimental determination of thermal properties and parameters of a steam-drop heater in a stationary thermal regime // Vestnik VolgGASU. Ser.: Construction and Architecture]. – Volgograd : VolgGASU, 2011. – Issue 21(40).

10 **Varfolomeev, Y. M., Kokorin, O. Y.** Otoplenie i teplovye seti: Ýchebnik [Heating and heating networks : Textbook] – M. : Infra-M, 2006. – P. 480.

11 **Zhang, Y., Xia, J., Fang, H., Zuo, H., Jiang, Y.** Roadmap towards clean heating in 2035: Case study of inner Mongolia, China. Energy. 18915. – December 2019, Article number 116152.

12 **Wu, P., Wang, Z. Li, X., Xu, Z., Yang, Y., Yang, Q.** Energy-saving analysis of air source heat pump integrated with a water storage tank for heating applications. Building and Environment, Vol. 180. – August, 2020, Article number 107029.

13 **Espatolero, S., Romeo, L. M., Escudero, A. I., Kuivalainen, R.** An operational approach for the designing of an energy integrated oxy-fuel CFB power plant. International Journal of Greenhouse Gas Control, Vol. 64. – P. 204–211. – DOI: 10.1016/j.ijggc.2017.07.018.

14 **Ametistov, E. V.** Osnovy teorii teploobmena [Fundamentals of the theory of heat transfer]. – M. : MEI, 2000. – 242 p.

15 **Bezrodny, M. K., Pioro, I. L., Kostyuk, T. O.** Protsessy perenosa v dvýhfaznyh termosifonnyh sistemah: Monografiya [Transfer processes in two-phase thermosiphon systems: Monograph]. – Kiev : Fact, 2003.

Материал поступил в редакцию 15.09.22.

\*А. Д. Мехтиеv<sup>1</sup>, Р. Р. Бузяков<sup>2</sup>, З. Р. Шапенова<sup>3</sup>

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

<sup>2,3</sup>Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті,  
Қазақстан Республикасы, Қарағанды қ.

Материал баспаға 15.09.22 түсті.

## ТӨМЕН ҚЫСЫМДЫ БУ ЭЛЕКТР ЖЫЛЫТҚЫШЫ

*Мақалада төмен қысымды бу электр жылытқышының вакуумды электр қыздырғыш элементін зерттеу нәтижелері келтірілген. Электр жылытқыштардың бұл түрі электр энергиясын жылу энергиясына түрлендірудің жоғары тиімділігін қамтамасыз ететін түбегейлі жаңа конструкцияға ие. Төмен қысымды бу электр жылытқышы жоғары сенімділік пен өрт қауіпсіздігіне ие және автономды түтіксіз жылу жүйелерін құруда жоғары тиімділікке ие, өйткені ол электр спиралінің тиімділігі мен дәстүрлі жылыту радиаторының жайлы жылуын біріктіреді. Жылумен жабдықтау, жаңа жылу жүйелерін құру және олардың тиімділігін арттыру мәселелеріне арналған зерттеулерге талдау жүргізілді. Дәстүрлі жылыту жүйелерімен салыстырғанда электр жылытқышты қолданудың артықшылықтары сипатталған.*

*Мақалада төмен қысымды бу электр жылытқышының конструкциясы және жылу түтігінің конструкциясы қарастырылған. Түтіктердің геометриялық параметрлері жылу тасымалдағыштардың диаметрі, ұзындығы және көлемі бойынша өзгерген кезде вакуумдық электр жылытқыштарына эксперименттік зерттеулер жүргізілді. Жылу тасымалдағыштың ең жақсы нұсқасы аэрациядан өткен тазартылған су екендігі анықталды. Тоқты ажырату тереңдігі жылу тасымалдағыштың тиімділігі мен қыздыру температурасына және, тиісінше, тиімділікке тікелей әсер етеді. Вакуумның тереңдігі, сонымен қатар қосымша энергия беретін жылу тасымалдағыштың кавитациясының пайда болуы маңызды сәт болып табылады.*

*Кілтті сөздер: радиатор, электр жылытқыш, энергия үнемдеу, вакуум, жылу аспабы, жылу жүйесі.*

\*A. D. Mekhtiev<sup>1</sup>, R. R. Buzyakov<sup>2</sup>, Z. R. Shapenova<sup>3</sup>

<sup>1</sup>S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University,  
Republic of Kazakhstan, Nur-Sultan;

<sup>2,3</sup>Abylkas Saginov Karaganda Technical University,  
Republic of Kazakhstan, Karaganda.

Material received on 15.09.22.

## LOW PRESSURE STEAM ELECTRIC HEATER

*The results of research of the vacuum electric heating element of a low-pressure steam electric heater are presented in the article. This type of electric heaters has a completely new structure, which provides sufficiently high efficiency of converting electrical energy into heat energy. The low-pressure steam electric heater has high indicators of reliability and fire safety and is highly efficient, when creating autonomous pipeless heating systems, as it combines the efficiency of an electric spiral and comfortable warmth of the traditional heating radiator. The analysis of research devoted to the problems of heat supply, the creation of new heating systems and improving their efficiency is carried out. The advantages of electric heater usage in comparison with traditional heating systems have been described.*

*A structure of the low-pressure steam electric heater and a structure of the heat pipe have been considered in the article. Experimental research of the vacuum electric heaters has been carried out with a change of the geometric parameters of tubes in diameter, length and volume of the heat transfer medium. It has been found out that the best variant of the heat transfer medium is distilled water, which has been subjected to aeration. The degree of underpressure directly affects the efficiency and heating temperature of the heat transfer medium and thus an efficiency coefficient. Important things are vacuum depth and formation of the heat transfer medium's cavitation, that provides additional energy.*

*Keywords: radiator, electric heater, energy saving, vacuum, heat device, heating system.*

Теруге 15.09.2022 ж. жіберілді. Басуға 30.09.2022 ж. қол қойылды.

Электронды баспа

3 Mb RAM

Шартты баспа табағы 19,8. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова

Тапсырыс № 3989

Сдано в набор 15.09.2022 г. Подписано в печать 30.09.2022 г.

Электронное издание

3 Mb RAM

Усл. печ. л. 19,8. Тираж 300 экз. Цена договорная.

Компьютерная верстка: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова

Заказ № 3989

«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](mailto:kereku@tou.edu.kz)

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