

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/XTUY2934>

***А. Ж. Амренова¹, А. М. Достияров²,
А. К. Яманбекова³, Ж. К. Мусаева⁴**

^{1,2,3,4}Алматинский университет энергетики и связи имени
Гумарбека Даукеева, Республика Казахстан, г. Алматы.

¹ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8295-7153>

²ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6559-8598>

³ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9670-5288>

⁴ORCID <https://orcid.org/0000-0003-4371-6159>

*e-mail: a.amrenova@au.es.kz

ИССЛЕДОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ И ХАРАКТЕРИСТИК ГОРЕЛОК ВОДОГРЕЙНЫХ КОТЛОВ МАЛОЙ И СРЕДНЕЙ МОЩНОСТИ

В данной статье рассматривается разработка горелочного устройства, предназначенного для использования в составе водогрейного котлоагрегата. Особое внимание уделено обеспечению экологической эффективности при сжигании топлива, в частности – снижению уровня выбросов вредных веществ в атмосферу. Конструктивные и технологические решения направлены на достижение высокого качества сгорания, соответствующего современным требованиям экологической и промышленной безопасности. В статье проведены как теоретические, так и экспериментальные исследования процессов горения, анализ эффективности различных конструктивных решений и режимов работы горелочного устройства. Компактность и малый вес микрофакельных горелок обуславливают их высокую мобильность, а также упрощают процесс установки в оборудование различного назначения. Эти характеристики не только повышают их мобильность, но и значительно упрощают интеграцию подобных устройств в теплотехническое оборудование различного назначения. Такие горелочные устройства обладают возможностью точной настройки и контроля ключевых параметров процесса сгорания – включая температуру, скорость горения и расход топлива. Это делает их особенно эффективными для применения в технологических

установках, где необходима высокая степень точности, стабильности теплового режима и минимальные отклонения от заданных характеристик.

Ключевые слова: Горелочные устройства, водогрейные котлы, малая мощность котлов, энергоэффективность, технические характеристики горелок, газовые горелки.

Введение

В условиях современных требований к энергетической эффективности и экологической безопасности вопросы разработки и совершенствования теплотехнического оборудования приобретают особую актуальность. Казахстан, обладая значительными запасами углеводородного сырья и развивающейся энергетической инфраструктурой, сталкивается с необходимостью внедрения технологий, способствующих снижению вредных выбросов в атмосферу. Это обусловлено как экологическими требованиями, так и обязательствами страны по международным соглашениям в области охраны окружающей среды.

Материалы и методы

Водогрейные котлоагрегаты, являясь важной составляющей системы теплоснабжения, играют ключевую роль в обеспечении населения и промышленных предприятий тепловой энергией. Однако их эксплуатация сопровождается выбросами различных вредных веществ, таких как оксиды азота (NOx), угарный газ (CO), сажа и другие. В этом контексте разработка горелочных устройств, способных существенно снизить уровень вредных выбросов, становится одной из приоритетных задач.

Котлы водогрейного типа с невысокой мощностью находят широкое применение в системах автономного теплоснабжения на объектах различного промышленного профиля. Достаточно остро стоит задача разработки эффективных отечественных малотоксичных горелочных устройств для котлов малой мощности. Характерным свойством воспламенения и сгорания топлива в таких котлах является его протекание в стесненных условиях из-за малых размеров камер сгорания и жаровых труб. Эти процессы существенно отличаются от процессов в открытых камерах сгорания энергетических котлов большой мощности и еще недостаточно изучены [1]. В современных условиях повышения требования по вопросам экологического и экономического плана становится актуальной эксплуатация высокоэкономичных водогрейных котлов [2].

Основной функцией горелочного устройства является преобразование химической энергии жидкого или газообразного топлива в тепловую энергию, необходимую для поддержания рабочего процесса. Основная задача

горелочного устройства заключается не только в полном сжигании топлива, но и в формировании газозооушного или капельного факела, параметры которого соответствуют требованиям конкретного технологического процесса, что способствует снижению тепловых потерь и уменьшению выбросов вредных веществ [3].

Основные условия, которые обеспечивают максимальную эффективность сгорания топлива:

- Высокий уровень надёжности и безопасности работы достигается за счёт локализации тепловыделения внутри горелки, минимального поступления продуктов сгорания из топки к её выходу для воспламенения топливовоздушной смеси, а также за счёт эффективного охлаждения горелки потоком воздуха и газа, предотвращающим её перегрев;

- стабильное зажигание при воспламенении достигается за счёт стабилизации фронта горения в широком диапазоне теплопроизводительности горелки;

- Горелочное устройство отличается конструктивной простотой, что упрощает процессы его изготовления, технического обслуживания, инспекции, ремонта, а также позволяет реализовать автоматизацию работы по упрощённым схемам;

- универсальность – возможность использования в установках различных типов в качестве комбинированного устройства, обеспечивающего полное сжигание газа и любого другого вида топлива (основного резервного) при удовлетворении технологических требований установок;

- минимальное сопротивление по воздушному тракту;

- обеспечение в случае надобности в камере горения необходимой атмосферы – как восстановительной, так и окислительной – в зависимости от условий эксплуатации;

- при режиме сжигания газа сохранность горелочного оборудования для других (резервных) видов топлива;

- обеспечение тихой работы при любых уровнях нагрузки без возникновения вибраций в арматуре и конструктивных элементах установки;

- обеспечение требуемой длины и необходимого угла раскрытия факела пламени в камере горения или топке [3].

Применяются большое количество горелочных устройств разных конструкций. Для классификации горелочных устройств используются различные признаки, несколько из которых приведены в таблице 1.1 [4; 5; 6; 7]. Предложенная классификация не является полной, поскольку существует множество горелок с уникальными техническими решениями, такими как горелки типа FIR (Forced Internal Recirculation) с принудительной внутренней рециркуляцией, которые встречаются

лишь в нескольких вариантах и не могут быть отнесены к большинству классификационных категорий [8].

Таблица 1 – Классификация горелочных устройств

По виду используемого топлива	– Газовые – Жидкотопливные – Пылеугольные – Комбинированные
По типу смешения воздуха и топлива	– Диффузионные горелки – Горелки с предварительным перемешиванием – Комбинированные
По типу движущей силы	– с принудительной тягой – с уравновешенной тягой - инжекционные
По наличию закрутки	– вихревые – прямоточные – прямоточно-вихревые
По типу используемого закручивающего устройства	– аксиальные – тангенциальные – улиточные – аксиально-тангенциальные (диагональные) – комбинированные
По наличию конструктивных особенностей (другое)	– Традиционные – Муфельные – Ротационные – Канальные – и т.д.
По уровню эмиссии NOx	– традиционные – Low NOx – Ultra Low NOx
По типу снижения NOx	– с использованием топливной стадийности – с использованием воздушной стадийности – с рециркуляцией – комбинированные – и т.д.
По комплектности горелки	– Моноблочные (включающие всё необходимое оборудование, предназначены для работы при малой мощности) – Блочные (не оснащённые специальными устройствами для подачи воздуха и топлива, обычно предназначены для работы на более высокой мощности)

Существует два основных типа газовых горелок, которые различаются по методу формирования смеси топлива и воздуха, необходимой для сгорания.

Каждый тип имеет свои преимущества и недостатки с точки зрения эффективности, надежности, эксплуатации и экологичности.

Атмосферные горелки (инжекционные) – используют принцип конвекции для подачи воздуха и топлива в камеру сгорания. Воздух поступает естественным образом из окружающей среды благодаря разности давлений. Топливо также поступает под действием гравитации. Атмосферные горелки просты в конструкции и обслуживании. Но их эффективность может быть ниже по сравнению с другими типами горелок из-за ограничений в контроле подачи топлива и воздуха; могут требовать более частого обслуживания для поддержания оптимальной работы; ограниченные возможности по регулированию процесса сгорания.

Наддувные (вентиляционные) устройства: Эти горелки используют вентилятор для принудительной подачи воздуха в камеру сгорания и вытяжки продуктов сгорания. Это обеспечивает более точный контроль над процессом сгорания и повышает эффективность работы котла. Принудительная тяга также позволяет более эффективно сжигать различные виды топлива, включая сжиженный газ, мазут и др. Недостатками данной горелки является необходимость в регулярном обслуживании и проверке состояния вентилятора, более высокая стоимость приобретения и установки.

Низконапорные горелки: Эти горелки характеризуются низким давлением подачи топлива и воздуха. Они обычно используются в системах с низкими требованиями к мощности и предназначены для работы с жидкими топливами, такими как дизельное топливо или сжиженный газ. Низконапорные горелки могут быть компактными и экономичными, что делает их подходящими для применения в домашних и малых коммерческих котельных. Недостатками данной горелки являются ограниченные возможности в работе с высокими нагрузками, могут потребовать специального обслуживания и настройки.

Для обеспечения минимизации выбросов необходимо усовершенствовать процессы горения и повышать производительность теплоиспользующих установок [9].

Результаты и обсуждение

Анализируя состояние вопроса теплоснабжения и загрязнения вредных выбросов котельных, часто приходим к решению о замене устаревших водогрейных котлов современными аналогами и установки малотоксичной микрофакельной горелки. Для лучшей организации микрофакельного сжигания необходимо интенсификация процессов горения [10].

Микрофакельные горелки обеспечивают высокую эффективность сгорания топлива благодаря своей конструкции, что позволяет использовать топливо с максимальной эффективностью. Конструктивные особенности микрофакельных горелок, такие как небольшие размеры и малый вес, делают их удобными для переноса и позволяют использовать в широком спектре в различных устройствах и системах. Они обладают возможностью точного

контроля параметров сгорания, таких как температура, скорость горения и расход топлива, что делает их идеальными для приложений, требующих высокой точности и стабильности процесса.

Разрабатываемая микрофакельная горелка планируется для установки на водогрейных котлах. Микрофакельная горелка представляет собой устройство, включающее в себя топливную трубку с отверстиями для подачи газа, конфузторный канал с установленными на нём входными лопаточными завихрителями воздуха, зону узкого сечения и диффузорный канал, в котором осуществляется смешивание топлива с воздухом, отличается тем, что установление выходных уголковых стабилизаторов, могут быть выполнены двумя способами:

- 1) в виде решетки, изготовленных из уголков, из жаростойкой стали;
- 2) в виде многогранников, расположенных коаксиально друг другу, также изготовленных из жаростойкой стали, а также в диффузорном канале выполнены щели в два ряда, создающие противоположное вращения вторичного воздуха к топливовоздушной смеси, обеспечивающие более равномерный поток на входе в стабилизатор и микрофакельное сжигание на уголковых стабилизаторах.

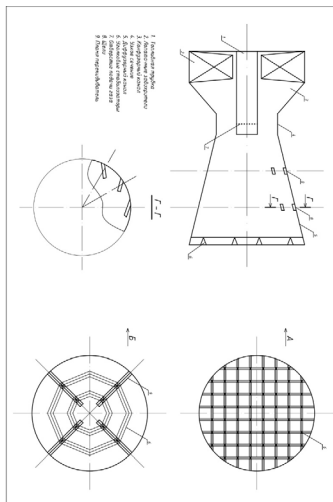


Рисунок 1 – Схема микрофакельной горелки для водогрейного котла

- 1 – Топливная трубка; 2 – Лопаточные завихрители;
 3 – Конфузорный канал; 4 – Узкое сечение; 5 – Диффузорный канал;
 6 – Уголковые стабилизаторы; 7 – Отверстие подачи газа;
 8 – Щели; 9 – Пламя перекидыватель.

На Рисунке 1 показана продольный разрез горелки, на фигуре А вид решетки, изготовленных из уголков, на фигуре Б вид многогранников, расположенных коаксиально друг другу и на фигуре Г-Г вид сверху на щели, где:

- 1 – топливная трубка;
- 2 – входные лопаточные завихрители;
- 3 – конфузорный канал;
- 4 – узкое сечение;
- 5 – диффузорный канал;
- 6 – уголки стабилизаторы;
- 7 – отверстия для подачи газа;
- 8 – щели
- 9 – пламя перекидыватель.

Горелочное устройство для сжигания газообразного топлива включает следующие узлы и зоны: топливную трубку 1 с отверстиями для подачи газа 7, конфузорный канал 3, на котором установлены входные лопаточные завихрители 2, узкое сечение 4, диффузорный канал 5, где установлены щели 8 для подачи вторичного воздуха и на выходе установлены уголки стабилизаторы 6 в виде решетки, также на стабилизаторах закреплены четыре пламя перекидывателя из уголков 9.

Горелочное устройство для сжигания газообразного топлива в предполагаемом изобретении работает следующим образом: воздух, необходимый для подготовки топливовоздушной смеси поступает потоком в горелку через входной лопаточный завихритель 2. Далее через отверстия для подачи газа 7 топливной трубки 1 осуществляется впрыск газообразного топлива в узком сечении 4 конфузорно-диффузорного канала (3-4-5), где воздух и топливо пересекаются перпендикулярно и затем перемешиваются. Дополнительно в диффузорной части канала 5 имеются щели 8, позволяющие вторичному воздуху входить тангенциально и образовывать завихренный поток в сечениях противоположно закручивания входными лопатками. В результате данного процесса формируется равномерно распределённая топливовоздушная смесь, стабилизация которой осуществляется на выходных решетках, выполненных из уголковых элементов (или многогранных конструкций на их основе) и поддерживается в форме микрофакелов с помощью угловых стабилизаторов 6, расположенных на выходе. Дополнительно в конструкции предусмотрены четыре пламя перекидывателя 9, изготовленные из уголковых элементов, которые установлены на угловых стабилизаторах 6 с целью обеспечения полного сгорания топливовоздушной смеси.

Выводы

Таким образом, изобретение может обеспечивать эффективное и устойчивое сжигание природного газа в малых водогрейных котлах с минимальными выбросами.

Поставленные задачи в объекте изобретения газовой горелки включают в себя новые признаки, которые не были выявлены в выше анализированных аналогах.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Roslyakov, P. V., Proskurin, Y. V., Khokhlov, D. A.** Development of combined low-emissions burner devices for low-power boilers. Therm. Eng. 64. – 2017, 574–584. – <https://doi.org/10.1134/S0040601517080092>

2 **Орумбаев, Р. К.** «Исследование, разработка и организация серийного производства водогрейных котлов нового поколения»: дисс. д.т.н. – Алматы, 2002. – 253 с.

3 **Ведрученко, В. Р., Жданов, Н. В., Жданова, Е. Е.,**

Лазарев, Е. С. Особенности выбора горелочных устройств для котлоагрегатов малой производительности. // Омский научный ВЕСТНИК №3 (83) 2009.

4 **Ахмедов, Р. Б.** Дутьевые газогорелочные устройства. – М. : Недра, 1977.

5 **ОСТ 108.836.05-82.** Горелки газомазутные и амбразуры стационарных паровых котлов. Типы, основные параметры и технические требования. Конструкция и размеры. Методы расчета и проектирования: Нормативно-технический материал. – М., 1984.

6 Горелки для отопительных и промышленных установок / Под ред. С. Е. Беликова. – М., ООО «Квартика-М», 2003.

7 **Роддатис, К. Ф., Полтарецкий, А. Н.** Справочник по котельным установкам малой производительности / Под ред. К.Ф. Роддатиса – М. : Энергоатомиздат, 1989.

8 **Проскурин, Ю. В.** «Исследование и разработка малоэмиссионного комбинированного горелочного устройства для жаротрубных котлов» : дисс. к.т.н. – М., 2019.

9 **Бельская, Т. И.** О выборе горелочных устройств для котлоагрегатов малой мощности при реконструкции муниципальных котельных и других топливосжигающих установок. Омский научный ВЕСТНИК №1, 2016.

10 **Сударев, А. В., Маев, В. А.** Камеры сгорания газотурбинных установок. Интенсификация горения. – Л. : Недра, 1990. – 274 с.

REFERENCES

- 1 **Roslyakov, P. V., Proskurin, Y. V., Khokhlov, D. A.** Development of combined low-emissions burner devices for low-power boilers. // Therm. Eng. 64. – 2017, 574–584 – <https://doi.org/10.1134/S0040601517080092>
- 2 **Orumbaev, R. K.** Issledovanie, razrabotka i organizaciya seriinogo proizvodstva vodogreinih kotlov novogo pokoleniya: diss. d.t.n. [Research, development and organization of serial production of new generation hot water boilers: diss. d.t.s.] – Almaty, 2002. – 253 p.
- 3 **Vedruchenko, V. R., Jdanov, N. V., Jdanova, E. E., Lazarev, E. S.** Osobennosti vibora gorelochnih ustroistv dlya kotloagregatov maloi proizvoditelnosti [Features of choosing burner devices for low-capacity boiler units] // Omskii nauchnii VESTNIK №3(83) 2009.
- 4 **Ahmedov, R. B.** Dutevie gazogorelochnie ustroistva [Blower gas burner devices] – M. : Nedra, 1977.
- 5 OST 108.836.05-82. Gorelki gazomazutnie i ambrazuri stacionarnih parovih kotlov. Tipi, osnovnie parametri i tehnichekieskie trebovaniya. Konstrukciya i razmeri. Metodi rascheta i proektirovaniya, Normativno_tehnichekii material [Gas-oil burners and embrasures of stationary steam boilers. Types, main parameters and technical requirements. Design and dimensions. Calculation and design methods : Normative and technical material] – M. : 1984.
- 6 Gorelki dlya otopitelnih i promishlennih ustanovok / Pod red. S.E. Belikova. [Burners for heating and industrial installations / Edited by K. F. Roddatis] – M. : ООО «Kvartika-M», 2003.
- 7 **Roddatis, K. F., Poltareckii, A. N.** Spravochnik po kotelnim ustanovkam maloi proizvoditelnosti / Pod red. K.F. Roddatisa [Handbook of low-capacity boiler plants / Edited by K. F. Roddatis] – M. : Energoatomizdat, 1989.
- 8 **Proskurin, Yu. V.** Issledovanie i razrabotka maloemissionnogo kombinirovannogo gorelochnogo ustroistva dlya jarotrubnih kotlov – diss. k.t.n. [Research and development of low-emission combined burner device for fire-tube boilers – diss. k.t.s.]. – M. – 2019.
- 9 **Belskaya, T. I.** O vibore gorelochnih ustroistv dlya kotloagregatov maloi moschnosti pri rekonstrukcii municipalnih kotelnih i drugih toplivosjigayuschih ustanovok [On the selection of burner devices for low-power boiler units during the reconstruction of municipal boiler houses and other fuel-burning installations] – Omskii nauchnii VESTNIK №1, 2016.
- 10 **Sudarev, A. V., Maev, V. A.** Kameri sgoraniya gazoturbinnih ustanovok. Intensifikaciya gorenija [Combustion chambers of gas turbine plants. Combustion intensification]. – L. : Nedra, 1990. – 274 p.

Поступило в редакцию 13.05.25

Поступило с исправлениями 30.07.25

Принято в печать 05.09.25

А. Ж. Амренова¹, А. М. Достияров²,А. К. Яманбекова³, Ж. К. Мусаева⁴*^{1,2,3,4}Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті, Қазақстан Республикасы, Алматы қ.

13.05.25 ж. баспаға түсті.

30.07.25 ж. түзетулерімен түсті.

05.09.25 ж. басып шығаруға қабылданды.

ҚУАТЫ ТӨМЕН ЖӘНЕ ОРТАША СУ ЖЫЛЫТУ ҚАЗАНДЫҚТАРЫНЫҢ ҚЫЗДЫРҒЫШТАРЫНЫҢ КОНСТРУКЦИЯЛАРЫ МЕН СИПАТТАМАЛАРЫН ЗЕРТТЕУ

Бұл мақалада су жылытатын қазандық қондырғысының құрамында қолдануға арналған қыздырғыш құрылғының дамуы қарастырылады. Отынды жағу кезінде экологиялық тиімділікті қамтамасыз етуге, атап айтқанда – атмосфераға зиянды заттар шығарындыларының деңгейін төмендетуге ерекше назар аударылады. Сындарлы және технологиялық шешімдер экологиялық және өнеркәсіптік қауіпсіздіктің заманауи талаптарына сәйкес келетін жанудың жоғары сапасына қол жеткізуге бағытталған. Мақалада жану процестерінің теориялық және тәжірибелік зерттеулері, әртүрлі конструкторлық шешімдердің тиімділігін талдау және оттық құрылғысының жұмыс режимдері жүргізілді. Микрофакельді оттықтарының жинақылығы мен жеңіл салмағы олардың жоғары ұтқырлығын анықтайды, сонымен қатар әртүрлі мақсаттағы жабдыққа орнату процесін жеңілдетеді. Бұл сипаттамалар олардың ұтқырлығын арттырып қана қоймайды, сонымен қатар мұндай құрылғыларды әртүрлі мақсаттағы жылу жабдықтарына біріктіруді едәуір жеңілдетеді. Мұндай оттық құрылғылары жану процесінің негізгі параметрлерін – температураны, жану жылдамдығын және отын шығынын қоса, дәл реттеу және бақылау мүмкіндігіне ие. Бұл оларды дәлдіктің жоғары дәрежесі, жылу режимінің тұрақтылығы және берілген сипаттамалардан минималды ауытқулар қажет болатын технологиялық қондырғыларда қолдану үшін әсіресе тиімді етеді.

Кілтті сөздер: қыздырғыш құрылғылар, су жылыту қазандықтары, қазандықтардың төмен қуаты, энергия тиімділігі, қыздырғыштардың техникалық сипаттамалары, газ қыздырғыштары.

**A. Zh. Amrenova¹, A. M. Dostiyarov²,*

A. K. Yamanbekova³, Zh. K. Musayeva⁴

^{1,2,3,4}Almaty University of Power Engineering and

Telecommunications named after Gumarbek Daukeyev

Republic of Kazakhstan, Almaty.

Received 13.05.25.

Received in revised form 30.07.25.

Accepted for publication 05.09.25.

STUDY OF DESIGN AND CHARACTERISTICS OF BURNERS OF LOW AND MEDIUM POWER WATER HEATING BOILERS

This article discusses the development of a burner device designed for use in a hot water boiler unit. Particular attention is paid to ensuring environmental efficiency during fuel combustion, in particular, reducing the level of harmful emissions into the atmosphere. Design and technological solutions are aimed at achieving high combustion quality that meets modern environmental and industrial safety requirements. The article contains both theoretical and experimental studies of combustion processes, analysis of the efficiency of various design solutions and operating modes of the burner device. The compactness and light weight of micro-torch burners determine their high mobility, and also simplify the installation process in equipment for various purposes. These characteristics not only increase their mobility, but also significantly simplify the integration of such devices into heat engineering equipment for various purposes. Such burner devices have the ability to precisely adjust and control key parameters of the combustion process – including temperature, combustion rate and fuel consumption. This makes them particularly effective for use in process installations where a high degree of accuracy, thermal stability and minimal deviations from specified characteristics are required.

Keywords: Burner devices, hot water boilers, low boiler power, energy efficiency, burner specifications, gas burners.

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