

## СНИЖЕНИЕ ВРЕДНЫХ ВЫБРОСОВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ВОДОНАГРЕВАТЕЛЬНЫХ ТВЕРДОТОПЛИВНЫХ КОТЛОВ МАЛОЙ МОЩНОСТИ КВТС-0,2

З.А. Мансуров<sup>1,2\*</sup>, Б.А. Урмашев<sup>1,2</sup>, М.Ж. Хазимов<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Институт проблем горения, ул. Богенбай батыра, 172, Алматы, Казахстан

<sup>2</sup>Казахский национальный университет им. аль-Фараби, пр. аль-Фараби, 71, Алматы, Казахстан

### АННОТАЦИЯ

В статье рассмотрены вопросы повышения коэффициента полезного действия промышленных отопительных котлов малой мощности при сжигании твердого топлива в неподвижном слое. Усовершенствованная конструкция топочной камеры исключает потери мелких частей угля через колосник. Воздух поступает через форсунки в зону горения угля и контролируется процесс горения. Целью настоящей работы является обеспечение полноты сгорания топлива в топке для максимального тепловыделения и снижения вредных выбросов в атмосферу, а также усовершенствование технологии сжигания в котлах малой мощности, имеющих топочные камеры для сжигания в неподвижном слое угля с использованием колосниковой решетки. Приведены конструктивная схема топочной системы и функциональная схема предлагаемой автоматической системы регулирования подачи воздуха. Изложены результаты проведенного испытания усовершенствованного котла КВТС-0,2 и определены технико-экономические показатели, которые свидетельствуют о повышении эффективности работы котла.

### 1. Введение

Глобальные и региональные климатические изменения являются серьезным вызовом для человечества в XXI столетии. Согласно данным Всемирной метеорологической организации, последнее десятилетие XXI века было самым теплым за всю историю наблюдений. Установлено, что 2016, 2019-2020 годы вошли в тройку самых теплых. Средняя глобальная температура в период с 2017 по 2021 год является одной из самых высоких за всю историю наблюдений и по оценкам специалистов на 1,06-1,26 °C выше доиндустриального уровня 1850-1900 годов [1]. В работе [2] рассмотрено современное состояние проблемы по снижению выбросов CO<sub>2</sub> при сжигании угля, используемого в качестве топлива в энергетике. Кратко рассмотрены основные стадии горения угля. На сжигание 1 кг угля уходит 2 кг атмосферного кислорода, тогда как АЭС производит энергию, «не потребляя» кислород. При сжигании угля тратится до 21 млрд.т/год кислорода, т.к. углекислый газ поглощает инфракрасное излучение, происходит аккумуляция части тепла в атмосфере, которое в противном случае

рассеялось бы в космосе. Поэтому тепловые отходы являются наиболее опасными для биосферы планеты и человечества, поскольку их воздействие на ее состояние имеет комплексный и далеко идущий по своим последствиям характер для изменения теплового режима биосферы, влияющего на картину протекающих в ней физических и химических процессов [3].

В мировом топливно-энергетическом балансе среди ископаемых углеводородных топлив уголь составляет одну треть мировой первичной энергии и около 40% используемого для выработки электрической энергии. Казахстан располагает на своей территории 3,3% от мировых промышленных запасов угля. Одной из крупных отраслей экономики Республики Казахстан является угольная промышленность. Она обеспечивает производство более 70% электроэнергии, полную загрузку коксохимического производства, целиком удовлетворяет потребности в топливе коммунально-бытового сектора и населения. По данному показателю Казахстан входит в десятку стран-лидеров в мире. Отрасль обеспечивает десятки тысяч рабочих мест, приносит стране экспортную выручку [4, 5].

\**Ответственный автор*  
E-mail: zmansurov@kaznu.edu.kz

В Казахстане имеются почти все виды угля – от бурых до каменных, кроме антрацита. Общий запас угля в Республике Казахстан оценивается в 150-160 млрд.т. Из числа балансовых запасов 62% занимают запасы бурых углей, 38% составляют каменные угли. Подавляющая часть запасов углей находится в месторождениях Центрального Казахстана, из которых промышленностью освоены Карагандинский, Экибастузский и Майкубенский угольные бассейны [6].

Низкая плотность населения и обширная территория Казахстана затрудняют проведение газификации во всех населенных пунктах республики. В основном данная программа выполняется в окрестностях, близко размещенных населенных пунктах к месту добычи газа и полезных ископаемых. Такая территориальная особенность и наличие большого запаса угля вынуждают достаточную часть населения и объекты энергетики быть зависимыми от потребления ископаемого угля в качестве энергоисточника. В большей части сельской местности РК эксплуатируются котлы малой мощности, сжигающие твердое топливо в неподвижном слое угля с использованием колосниковой системы подачи воздуха. Поэтому разработка новых систем теплоснабжения на базе водогрейных котлов, которые имеют возможность контроля температуры горения в камере сгорания и механизации удаления золы, а также получение новых знаний о влиянии созданных новых конструкций и общесистемных факторов на эффективность (экологический, энергетический, экономический) использования водогрейных котлов со слоевым горением топлива, применяемых на территории РК, являются актуальными.

Принцип сжигания твердого топлива в угольных котлах со слоевыми топками малой мощности относится ко второй половине 19 и началу 20 века. Накопленный научный и технический опыт в области технологий слоевого сжигания твердого топлива, представленный в работах Л.К. Рамзина, А.С. Предводителя, Г.Ф. Кнорре и многих других, почти не использовался до настоящего времени [7-10]. Основная масса научных исследований и опытно-конструкторских работ была сосредоточена в области пылеугольных крупнотоннажных технологий сжигания угля [11, 12]. Отсутствие научного внимания к проблемам работы малых котлов со слоевым сжиганием связано с массовым переходом в социалистическом обществе к централизованной системе теплоснабжения. После распада СССР переход на децентрализованную систему показал неподготовленность

общества, поэтому архистарые конструкции малых тепловых источников используются до сих пор.

Продуктами сгорания при сжигании топлива в угольных котлах являются твердые выбросы, состоящие из зольных частиц и недогоревшего углерода. В котлах со слоевой топкой при сжигании сортированного угля с продуктами сгорания удаляется около 15-30% золы и среднегодовая концентрация твердых частиц в воздухе городских районов колеблется в пределах от 0,04 до 0,4 мг/м<sup>3</sup> [13, 14].

Котлы, производимые в странах СНГ для твердого топлива, такие как «Братск», «Энергия», «Минск», мощностью 1 МВт (0,86 Гкал/ч), сверх длительного горения типа «Энергия ТТ», «Stropuva», обеспечивают длительное горение от 5 до 30 ч, они также как КВР-50К «Тепло трон» могут работать только на отборном топливе [15-18]. Также к недостаткам этих конструкций следует отнести: неэффективное сжигание топлива; ограниченный объем топки; невысокий КПД (60%) в реальных условиях из-за несоответствия качества топлива [19].

Главным недостатком конструкции этих котлов является использование колосниковой системы при подаче воздуха, при эксплуатации которой теряется большая часть мелких частиц с дымовыми газами (из-за высокой вытяжной скорости в дымоходе), а более тяжелые частицы (до 10-15%) падают в зольник через колосниковую решетку (в зависимости от размера помола угля).

Целью настоящей работы является обеспечение полноты сгорания топлива в топке для максимального тепловыделения и снижения вредных выбросов в атмосферу, а также усовершенствование технологии сжигания в котлах малой мощности, имеющих топочные камеры для сжигания в неподвижном слое угля с использованием колосниковой решетки. Для достижения цели предусматривалось решение следующих задач: усовершенствование конструкции топок существующих котлов; разработка новой конструкции котлов с топками, работающими без колосниковой решетки, с дополнительным оборудованием; подбор режимов процесса и параметров предлагаемого устройства.

## 2. Материалы и методы

Для устранения недостатков была разработана инновационная технология сжигания твердого топлива в неподвижном слое, исключая эти

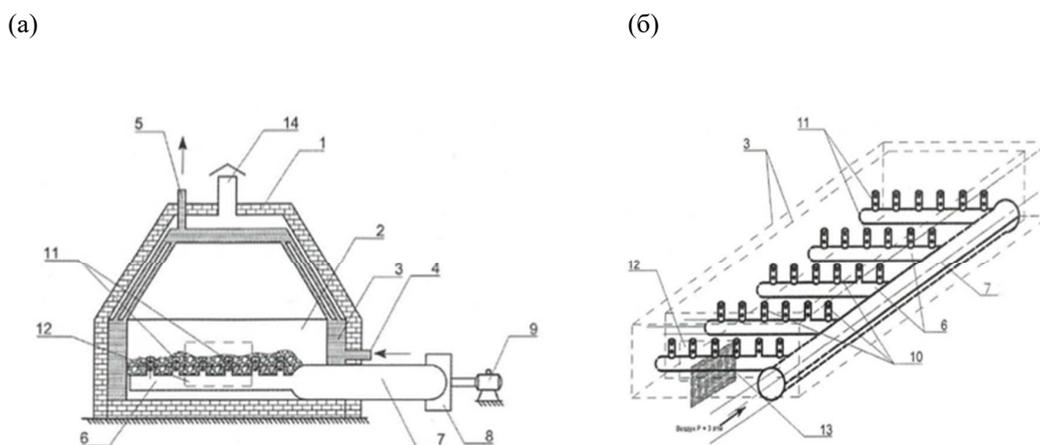


Рис. 1. Вертикальный разрез КВТС-0,2 котла (а) и размещение форсунок для подачи воздуха (б): 1 – корпус; 2 – камера сгорания; 3 – емкость с водой; 4, 5 – патрубки подвода и отвода воды; 6 – подача воздуха; 7 – распределитель воздуха; 8 – вентилятор; 9 – электродвигатель; 10 – вертикально установленные форсунки; 11 – радиальные отверстия; 12 – проем для загрузки топлива и очистки от золы; 13 – герметичная дверь; 14 – патрубок для удаления продуктов сгорания.

потери [20, 21]. Предлагаемая схема сжигания топлива основана на обеспечении полноты сгорания топлива, загруженного в нижнюю часть реакционной камеры, в плотном неподвижном слое путем снабжения коллекторами для подачи струи воздуха в слой (зону) горения в горизонтальном направлении, состоящими из труб с отверстиями. Уменьшение вытяжной скорости дымовых газов за счет исключения колосниковой решетки увеличивает продолжительность нахождения продуктов сгорания в камере. После чего происходит дожигание образованного летучего газа в камере за счет дополнительной подачи воздуха.

В предлагаемом водогрейном котле топливо загружалось в нижние части реакционной камеры, где установлены в два ряда горизонтальные трубы, питающие воздухом вертикально размещенные воздушные форсунки с отверстиями (рис. 1).

Модифицированный котел обеспечивает технологию полного сгорания угля в топочной системе. Уголь в камеру сгорания 2 загружают через проем 12 выше уровня форсунок 10 на 9-12 мм. Подаваемый через трубы подачи 6 и форсунки 10 воздух поддерживает послойное горение угля в неподвижном слое. Топочные газы, поднимаясь по камере 2, нагревают воду в емкости 3. Горячая вода выходит из котла по патрубку 5 отвода, взамен поступает по патрубку 4 подвода вода для нагрева. При достижении необходимой температуры в обогреваемом помещении отключают электродвигатель 9, после чего воздух перестает поступать.

Авторами разработана функциональная схема с автоматическим регулированием подачи воздуха с помощью нагнетательного вентилятора (рис. 2). Через установленный датчик в горячей воде автоматически включается и выключается двигатель вентилятора по сигналу термодатчика.

В системе датчик температуры (ДТ), обеспечивающий обратную связь, отправляет значение температуры на программируемый логический контроллер (ПЛК) через ДТ. Он сравнивает ее с заданными значениями температуры по алгоритму системы управления через управляющий сигнал, соответствующий двигателю вентилятора. В результате вентилятор включается или выключается и изменяет температуру в теплоносителе, и соответствующим образом регулирует подачу воздуха в топочную систему.

По вышеприведенной схеме была реконструирована котельная, работающая для обогрева здания средней школы в с. Кок-Жайык Кокпектинского района Восточно-Казахстанской области. В помещении котельной установлены три котла КВТС-0,2, работающие параллельно. Загрузка угля производилась вручную, переоборудование было произведено в среднем котле путем установки средств подачи воздуха.

Все три котла были запущены одновременно с одинаковой загрузкой топлива. Когда температура воды в подающем трубопроводе достигала заданной температуры, подачу воздуха в средний котел отключал вентилятор. Процесс горения в топке котла был остановлен. В топках не оборудованных котлов процесс горения продолжали и

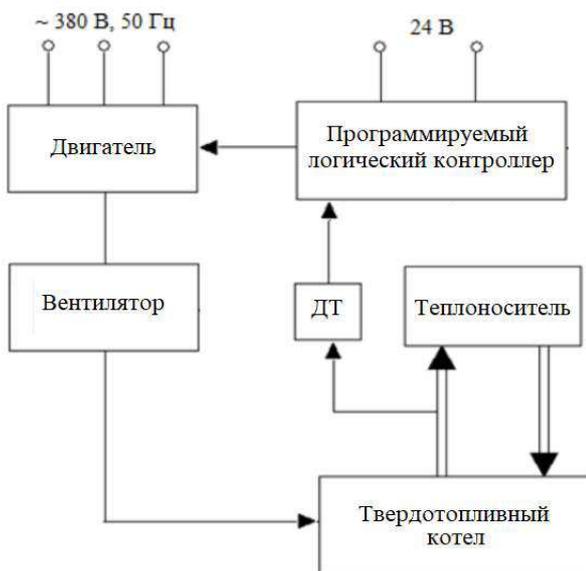


Рис. 2. Функциональная схема автоматической системы управления твердотопливного котла.

сокращали за счет закрытия колосников. Однако процесс медленного горения продолжался. При снижении температуры воды в подающей магистрали до минимально допустимого значения вентилятор включался автоматически (по заданному режиму). В два крайних котла после сжигания угля новое топливо не добавлялось. Восстановленный котел работал до полного сгорания топлива. Что касается времени работы, то продолжительность работы реконструированного котла была на 30% больше, чем у стандартных котлов. После того, как сжигание было завершено, зола удалялась из всех печей одновременно и процесс повторялся. Общий вид расположения патрубков подачи воздуха и котла показан на рисунке 3.

Замеры показателей дымовых газов проводились на выходе дымовой трубы с помощью прибора Тесто-330.

### 3. Результаты работы

После переоборудования конструкции котла эксплуатация в течение отопительного сезона позволила сэкономить около 30% угля:

- устранены потери мелких частиц топлива через колосниковые решетки;
- подобраны условия процесса горения, которые приводят к минимальному количеству мелких частиц топлива, уходящих с дымовыми газами;
- увеличение времени сгорания обеспечивает полноту сжигания образованного газа над слоем топлива;
- при необходимости имеется возможность регулировать режим горения топлива в топочной системе.

Аналитический расчет по обоснованию высоты дымовой трубы выполнялся с использованием основного уравнения Бернулли. Для этого были выбраны сечения: в основании трубы 1-1 и на выходе трубы 2-2. За плоскость сравнения принималось сечение трубы 1-1 у основания. В общем виде уравнение Бернулли для этих сечений будет иметь такой вид

$$z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{\alpha v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{2g} + \frac{\alpha v_2^2}{2g} + h_{f1-2}, \quad (1)$$



(а)



(б)

Рис. 3. Общий вид внутри топки (а) и котельной (б).

где:  $z_1$  и  $z_2$  – геометрическая высота сечений (1-1 и 2-2);

$\frac{P}{\rho g}$  – пьезометрическая (статическая) высота сечений (1-1 и 2-2);

$\frac{\alpha v^2}{2g}$  – скоростной (динамический напор в сечениях (обычно  $\alpha$  принимается равным единице  $\alpha=1$  при ламинарном течении в небольшой скорости);

$h_{1-2}$  – потери напора по длине трубы.

После решения уравнения (1) с некоторыми преобразованиями теоретически получена (обоснована) высота дымовой трубы

$$H = \frac{P_1 - \frac{\vartheta_2^2}{2} \rho_{гТ_0} \frac{T_2}{T_0} + \vartheta_1^2 \rho_{гТ_0} \frac{T_1}{T_0}}{g \left( \rho_{вТ_В} \frac{T_0}{T_В} - \rho_{гТ_Г} \frac{T_0}{T_Г} \right) - \frac{\lambda \vartheta_{ср}^2}{d} \rho_{гТ_0} \frac{T_{ср}}{T_0}} \quad (2)$$

График суточного изменения температуры воды на магистрали подачи и время работы в течение суток котельного агрегата представлены на рисунке 4.

Исследование, проведенное авторами данной статьи, и анализ работы существующих котлов типа КВТС показали, что потери тепла с уходящими газами составляют 3,0-5,0%; с химическим недожогом – 0,5–3,0%; с механическим недожогом – 10-20% [22, 23].

#### 4. Выводы

Модифицированная конструкция водогрейного котла обеспечивает технологию полного

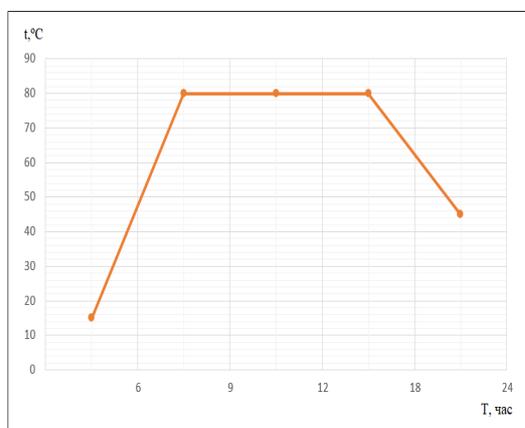


Рис. 4. График суточного изменения температуры воды на магистрали подачи.

сгорания угля в топочной системе через послыйное горение в неподвижном слое. На примере трехэтажного здания средней школы после обеспечения теплом в зимний период расход топлива уменьшился по сравнению с стандартным на 30%, а выброс токсичных элементов – на 20%.

Усовершенствованная конструкция котла малой мощности позволяет поддерживать температуру в помещении в пределах 19 °С при управлении режимом работы нагнетательного вентилятора.

Управление режимом работы нагнетательного вентилятора в модифицированном котле с глухим колосником позволяет контролировать режим горения топлива в камере сгорания, соответственно, и температуру помещения (неравномерность составила  $\pm 2$  °С).

#### Список литературы

- [1]. Мансуров З.А., Сальников В.Г. Некоторые проблемы экологичности водоугольных смесей // Горение и плазмохимия. – 2021. – №4. – С. 279-288.
- [2]. Коркембай З., Топанов Б.Г., Жуматаев Е., Кайдар Б., Мансуров З.А. Исследование горения водоугольных смесей // Горение и плазмохимия. – 2021. – №4. – С. 339-346.
- [3]. В мире растут потребление энергии и выбросы парниковых газов – МЭА. <https://eenergy.media/2019/04/01/v-mire-rastut-potreblenie-energii-i-vybrosy-parnikovyh-gazov-mea/>
- [4]. Угольная промышленность: в поисках точек роста. Strategy2050.kz. <https://strategy2050.kz/ru/news/ugolnaya-promyshlennost-v-poiskakh-tochek-rosta/>
- [5]. Состояние и перспективы угольной промышленности Казахстана // Журнал «Горно-металлургическая промышленность», 30 августа 2017. <https://eabr.org/press/news/sostoyanie-i-perspektivy-ugolnoy-promyshlennosti-kazakhstana>
- [6]. Каренов Р.С. Проблемы развития Карагандинского бассейна в условиях рыночных отношений // Комплексное использование минерального сырья. – 1994. – №4. – С. 73–77.
- [7]. Филиппов С.П., Наумов Ю.В., Ермаков М.В. Влияние присосов воздуха на производительность и тепловую экономичность слоевых котлов // Теплоэнергетика. – 2005. – №2. – С. 116-121.
- [8]. Кнорре Г.Ф. Топочные процессы. – Топочные процессы. М.: ГЭИ, 1959. – 328 с.
- [9]. Рамзин Л.К. Сжигание низкосортных топлив в СССР // Известия теплотехнического института. – 1928. – №8. – С. 29-35.

- [10]. Рамзин Л.К. Сравнительная экономичность сжигания типичных видов топлива // Известия теплотехнического института. – 1929. – №2. – С.3-18.
- [11]. Yuxin Wu, Jiansheng Zhang, Philip J. Smith, Hai Zhang, Charles Reid, Junfu Lv and Guangxi Yue, Three-Dimensional Simulation for an Entrained Flow Coal Slurry Gasifier // *Energy Fuels*. – 2010. – Vol. 24 (2). – P. 1156-1163.
- [12]. A. Parente, J.C. Sutherland, L. Tognotti, P.J. Smith, Identification of low-dimensional manifolds in turbulent flames // *Proceedings of the Combustion Institute*. – 2009. – Vol. 32 (1). – P. 1579-1586.
- [13]. Котлы ОАО «Белэнергомаш» для коммунальной энергетики // Теплоисточник в коммунальной энергетике. Сборник докладов и тезисов V научно-практической конференции. – Иркутск, Изд. Riso, 2003. – С. 45-50.
- [14]. Росляков П.В., Изюмов М.А. Экологически чистые технологии использования угля на ТЭС: Учеб. пособие – М.: Издательство МЭИ, 2003. – 124 с.
- [15]. Павленко Ю.П. Парниковые газы (неточности и заблуждения). // *Энергия: экономика, техника, экология*, 2004, № 2. – С. 42–43.
- [16]. ОНД-86 Госкомгидромет. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – 93 с.
- [17]. Патент на полезную модель 126099.РФ, МКИ F23В 1/00. Твердотопливный котел сверх длительного горения «Энергия ТТ» // Близнюк Я.М. – Заявл. 27.06.2012. Оpubл. 20.03.2013; Бюл. № 8.
- [18]. Web-page: <https://stropuva.ru/>
- [19]. ГОСТ 25543–88 «Угли бурые, каменные и антрациты. Классификация по генетическим и технологическим параметрам». – М.: ИПК Издательство стандартов, 2002. – 17с.
- [20]. Патент на полезную модель 3368. РК, МКИ F23В 1/00. Водогрейный твердотопливный котел // Урмашев Б.А., Хазимов М.Ж., Идришев К.Ж., Касымбаев Б.М., Хазимов К.М. Оpubл. 16.11.2018, бюл. №43.
- [21]. Патент на изобретение 35521. РК, МКИ F23В 1/00. Промышленный водяной отопительный котел малой мощности // Хазимов М.Ж., Погуляев А.Д., Умбетов Е.С., Хазимов К.М., Рахман Ш., Урмашев Б.А., Бердимурат А.Д., Сагындыкова Ж.Б., Кудашева А.Б. Заявл. 08.09.2020. Оpubл. 18.02.2022, бюл. №7.
- [22]. Бердимурат А.Д., Хазимов К.М., Сагындыкова Ж.Б., Идришев К.Ж., Урмашев Б.А., Хазимов М.Ж. Повышение эффективности работы водогрейного котла КВТС-0,2 при полнотопливном сжигании угля // *Вестник КазННТУ*. – 2020. – №3. – С. 234–239.
- [23]. Умбетов Е.С., Хазимов К.М., Погуляев А. Д., Хазимов М.Ж. Усовершенствование работы водогрейного котла КВТС-0,2 путем полнотопливного сжигания угля с регулируемым температурным режимом воды // *Вестник АУЭС*. – 2020 – №3 – С. 6-11.

## References

- [1]. Mansurov ZA, Salnikov VG (2021) Combustion and plasma chemistry 4:279-288. (In Russian) <https://doi.org/10.18321/cpc465>
- [2]. Korkembai Z, Topanov BG, Zhumataev E, Gaidar B, Mansurov ZA (2021) Combustion and plasma chemistry 4:339-346. (In Russian) <https://doi.org/10.18321/cpc472>
- [3]. Energy consumption and greenhouse gas emissions are growing in the world – IEA. <https://energy.media/2019/04/01/v-mire-rastut-potreblenie-energii-i-vybrosy-parnikovyh-gazov-mea/>.
- [4]. Strategy2050.kz:<https://strategy2050.kz/ru/news/ugolnaya-promyshlennost-v-poiskakh-tochek-rosta/>
- [5]. «Gorno-metallurgicheskaya promyshlennost` Internet newspaper, 30 Aug. (2017) The state and prospects of the coal industry in Kazakhstan [Sostoyanie i perspektivy ugolnoy promyshlennosti Kazakhstana]. <https://eabr.org/press/news/sostoyanie-i-perspektivy-ugolnoy-promyshlennosti-kazakhstana>
- [6]. Karenov R.S (1994) Complex use of mineral resources [Kompleksnoe ispolzovanie mineralnogo syra] 4:73-77.(in Kazakhstan)
- [7]. Filippov S.P., Naumov Yu.V., Ermakov M.V (2005) Heat power engineering [Teploenergetika] 2:116-121.(in Russia)
- [8]. Knorre GF (1959) Furnace processes [Toposhnye prosesy]:328 (in Russia)
- [9]. Ramzin LK (1928) Proceedings of the Heat Engineering Institute [Izvestiya teplotekhnicheskovo instituta] 8:29-35.
- [10]. Ramzin LK (1929) Proceedings of the Heat Engineering Institute [Izvestiya teplotekhnicheskovo instituta] 2:3-18.
- [11]. Yuxin Wu, Jiansheng Zhang, Philip J.Smith, Hai Zhang, Charles Reid, Junfu Lv and Guangxi Yue (2010) *Energy Fuels* 24(2):1156-1163. <https://doi.org/10.1021/ef901085b>
- [12]. Parente A, Sutherland JC, Tognotti L, Smith PJ (2009) *Proc Combust Inst* 32(1):1579-1586. <https://doi.org/10.1016/j.proci.2008.06.177>.
- [13]. Boilers of JSC «Belenergomash» for municipal energy (2003) Heat source in municipal energy. Collection of reports and abstracts of the V scientific and practical conference, Irkutsk, Riso Publishing house. P. 45-50.
- [14]. Roslyakov PV, Izyumov MA (2003)

- Environmentally friendly technologies of coal use at thermal power plants, Textbook, Publishing House of MEI. P.124. (in Russia)
- [15]. Pavlenko YuP (2004) Energy: Economics, Technology, Ecology 2:42-43.
- [16]. OND-86 Goskomgidromet. Methodology for calculating concentrations in atmospheric air of harmful substances contained in the emissions of enterprises. Moscow, Russia 1987. (in Russian)
- [17]. Bliznyuk Ya (2013) Solid fuel boiler over long-term gorenje «Energiya TT». Patent of the Russian Federation No. 126099.
- [18]. Web-page: <https://stropuva.ru/>
- [19]. GOST 25543-88 Brown, stone and anthracite coals. Classification by genetic and technological parameters. Krym, Russia 2002. (in Russian)
- [20]. Urmashiev BA, Khazimov MZh, Idrishev KZh, Kasymbayev BM, Kazimov KM (2018) Hot-water solid fuel boiler. Patent of the Republic of Kazakhstan No 3368.
- [21]. Khazimov MZh, Pogulyaev AD, Umbetov ES, Khazimov KM, Rahman Sh, Urmashiev B.A, Berdimurat AD, Sagyndykova ZhB, Kudashva AB (2022) Industrial water heating boiler of low power. Patent of the Republic of Kazakhstan No 35521.
- [22]. Berdimurat AD, Kasimov KM, Sagyndykova ZhB, Idrychev KZh, Urmanev BA, Khazimov MZh (2020) Bulletin of KazNRTU [Vestnik KazNITU] 3: 234-239.
- [23]. Umbetov ES, Kazimov KM, Pogulyaev AD, Khazimov MZh Bulletin of AUPET [Vestnik AUES] 3:6-11.

### Reduction of harmful emissions when using water-heating solid fuel boilers of low power KVTS-0.2

Z.A. Mansurov<sup>1,2\*</sup>, B.A. Urmashiev<sup>1,2</sup>, M.Zh. Khazimov<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Institute of Combustion Problems, Almaty, Kazakhstan

<sup>2</sup>Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

### ABSTRACT

The article discusses the issues of increasing the efficiency of low-power industrial heating boilers when burning solid fuel in a stationary layer. The improved design of the furnace chamber eliminates the loss of small parts of coal through the grate. The air enters through the nozzles into the combustion coal and combustion process is controlled. The

purpose of this work is to ensure the completeness of fuel combustion in the furnace for maximum heat generation and reduction of harmful emissions into the atmosphere, as well as to improve the combustion technology in low-power boilers with combustion chambers for burning in a fixed coal layer using a grate. The constructive scheme of the furnace system and the functional scheme of the proposed automatic air supply control system are given. The results of the test of the improved KVTS-0.2 boiler are presented and technical and economic indicators are determined, which indicate an increase in the efficiency of the boiler.

### Қуаты аз КВТС-0,2 у жылытатын қатты отын қазандықтарын пайдалану кезінде зиянды шығарындыларды азайту

З.А. Мансуров<sup>1,2</sup>, Б.А. Урмашев<sup>1,2</sup>, М.Ж. Хазимов<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Жану проблемалары институты, Қазақстан, Алматы, Қазақстан.

<sup>2</sup>Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан

### АННОТАЦИЯ

Мақалада қозғалмайтын қабатта қатты отынды жағу кезінде қуаты аз өнеркәсіптік жылыту қазандықтарының пайдалы әсер ету коэффициентін арттыру мәселелері қарастырылған. Жану камерасының жетілдірілген дизайны тор арқылы көмірдің кішкене бөліктерінің жоғалуын болдырмайды. Ауа форсуналар арқылы көмірдің жану аймағына тарайды көмір және жану процесі басқарады. Бұл жұмыстың мақсаты максималды жылу шығару және атмосфераға зиянды шығарындыларды азайту үшін оттықтағы отынның жануының толықтығын қамтамасыз ету, сондай-ақ торды пайдалана отырып, көмірдің стационарлық қабатында жағуға арналған оттық камералары бар қуаты аз қазандықтарда жағу технологиясын жетілдіру болып табылады. Жану жүйесінің конструктивті схемасы және ұсынылған автоматты ауа беруді реттеу жүйесінің функционалды схемасы келтірілген. КВТС-0,2 жетілдірілген қазандықты сынау нәтижелері баяндалды және қазандық жұмысының тиімділігін арттыруды көрсететін техникалық-экономикалық көрсеткіштер анықталды.