

АННОТАЦИЯ

диссертации, представленной на соискание ученой степени доктора философии (PhD) по образовательной программе
«8D07102 – Теплоэнергетика»
(группа образовательных программ «D098 – Теплоэнергетика»)

КУДАШЕВОЙ АЛИИ БАКЫТЖАНҚЫЗЫ

на тему «Повышение эффективности промышленного отопительного котла малой мощности путем совершенствования конструкции топочной камеры для сжигания твердого топлива в неподвижном слое»

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. Угольная промышленность республики - одна из крупных отраслей экономики, которая обеспечивает производство более 70% электроэнергии, полную загрузку коксохимического производства, целиком удовлетворяет потребности в топливе коммунально-бытового сектора и населения. Разведанные запасы угля в стране составляют почти 34 млрд тонн. По данному показателю Казахстан входит в десятку стран-лидеров в мире. Отрасль обеспечивает десятки тысяч рабочих мест, приносит стране экспортную выручку.

Также уголь широкое применение находит в горнодобывающей и тяжелой промышленности, в других отраслях, связанных с добычей полезных ископаемых. Доли металлургии и других отраслей промышленности в общей структуре потребления угля составляет примерно до 20% от общего объема потребления с показателем, характерным для коммунально-бытового сектора. Из всего экспорта Казахстана доля угля составляет порядка 1%.

Казахстан располагает углями всех видов - от бурых до каменных. Общие геологические запасы угля Казахстана оцениваются в 150-160 млрд. т. Из числа балансовых запасов основной объем занимают запасы бурых углей 62 %, каменные угли составляют 38 %. Казахстан располагает реальной возможностью для удовлетворения потребности в энергетических углях как на внутреннем, так и на внешнем рынке, так как разведанные угольные геологические ресурсы и потенциал созданных мощностей угольных предприятий огромен.

подавляющая часть запасов углей находится в месторождениях Центрального Казахстана, из которых промышленностью освоены Карагандинский, Экибастузский и Майкубенский угольные бассейны, Шубаркольское, Борлинское, Куу-Чекинское и Юбилейное (Каражыра) угольные месторождения. В Центральной части республики находится крупный Тургайский угольный бассейн, имеющий ряд крупных

месторождений, пригодных для открытой отработки и перспективных для освоения.

Крупнейшими производителями угля в Казахстане являются предприятия Павлодарской области: ТОО «Богатырь» Аксес Комир (30,7 % общереспубликанской добычи), ТОО «Разрез Северный» (21,7 %), СП «Майкубен-Вест» (2,3 %, в том числе 91,9 % общереспубликанской добычи бурых углей) и предприятия Карагандинской области - АО «Миттал Стил Темиртау» (13,1 %) и АО «Борлы» ТОО «Корпорация «Казахмыс» (8,8 %). При поддержании текущих темпов добычи угля его запас в республике остается достаточным, как минимум, на 300 лет.

Таким образом на долю угля в Казахстане приходится свыше 60 % потребления первичных энергоресурсов в стране. Несмотря, что в долгосрочной перспективе относительная доля угля в общей структуре потребления ожидается сокращение, уголь будет все равно сохранять свои лидирующие позиции в энергетическом балансе республики.

Низкая плотность населения и обширная территория Казахстана затрудняют проведения газификации во всех населенных пунктах республики, хотя данная программа выполняется в окрестности 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 Казахстана быть зависимым от потребления ископаемого угля в качестве энергоисточника.

Актуальность исследований. В большей части в сельской местности Республики Казахстан эксплуатируются котлы малой мощности, работающие для сжигания твердого топлива (угля) в неподвижном слое с использованием колосниковой системы подачи воздуха. Поэтому снижение вредных выбросов и повышение эффективности котлов малой мощности при сжигании твердого топлива остается одной из важнейшей проблемой на ближайшее годы.

Важность данного вопроса вытекает из условия отказа от централизованного теплоснабжения из-за неэффективности и установка в зданиях индивидуальных отопительных котлов. К ним следует отнести: отдельные промышленные предприятия; автотракторные парки; школы-интернаты и другие. Целесообразность такого подхода для мелких и средних предприятий вызван чтобы снизить затраты на тепло и горячего водоснабжения путем исключения потери на транспортировку теплоносителя. Однако отсутствие эффективных технологий сжигания твердого топлива в промышленных котлах малой мощности создают определенный высокий уровень приземной концентрации токсичных загрязнителей, превышающий экологическую норму.

Для решения данного вопроса большинство развитые страны, в том числе европейской части, пошли по другому пути, оптимизируя уровень централизации, они делали ставку на децентрализованное теплоснабжение. При этом совершенствовалось теплогенерирующее оборудование, повышались коэффициент полезного действия (КПД), уровень его безопасности и автоматизации, экологические, эргономические, санитарно-

гигиенические и другие показатели. Внедрялись альтернативные источники тепловой энергии.

Согласно полученным данным реальные КПД водогрейных котлов малой мощности со слоевыми топками при использовании низкокачественных углей оказались в диапазоне 30-60% против нормативных 75-80%. Главными причинами низкой эффективности (энергетической, экономической, экологической) котлов малой мощности является: техническое несовершенство, низкий уровень эксплуатации, которая зависит от эргономики для обслуживающего персонала и низкое качество топлива.

Однако существует необходимость в продолжении таких исследований применительно к малой энергетике.

В связи с этим диссертационная работа имеет **цель**: повышение эффективности теплоотдачи и снижение вредных выбросов в окружающую среду при сжигании твердого топлива в неподвижном слое в промышленных отопительных котлах малой мощности, путем совершенствования конструкции топочной камеры для управления подачи воздуха в зону горения топлива.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие **задачи**:

- провести анализ состояния и тенденций развития котельно-топочной техники и технологий слоевого сжигания органического топлива в котлах малой мощности;
- теоретическое обоснование основных параметров и режимов работы котлов малой мощности при сжигании твердого топлива в неподвижном слое путем численного моделирования;
- провести многофакторный эксперимент по обоснованию геометрических параметров воздушной форсунки и воздухонагнетательной линии в условиях лаборатории;
- производственные испытания разработанной схемы при сжигания угля в неподвижном слое в котлах малой мощности и получение данных о параметрах выбросов вредных веществ в атмосферу ;
- оценка технико-экономической эффективности сжигания неподвижного слоя угля по предложенной схеме и классической схеме.

Объект исследования. Топочная камера котлов малой мощности для сжигания угля в неподвижном слое.

Предмет исследования. Характеристика горения угля в слоевой топке без колосника при горизонтальной подаче окислителя (воздуха) в неподвижный слой.

Методы исследований. Методы исследования включают теоретические и экспериментальные исследования путем использования стандартных и частных методик:

- теоретические исследования, основаны на применении законов механики и численного моделирования;
- экспериментальные исследования предусматривали проведение лабораторных исследований, с использованием математической статистики,

теории планирования экспериментов и химического анализа. Также проведение исследований лабораторных экспериментов с использованием экспериментального образца.

Научная новизна диссертационной работы заключается в совершенствовании конструкции топочной камеры отопительного котла малой мощности для сжигания твердого топлива в неподвижном слое обеспечивающий полноту сжигания и повышение КПД котла малой мощности путем исключения потери мелких частиц топлива с дымовыми газами и через колосниковую решетку; в получении профилей скорости и температуры газа над неподвижным слоем угля после возгорания при численном моделировании; в получении параметров воздушного потока для неподвижного угольного слоя при принудительной горизонтальной подаче воздуха; теоретически и экспериментально обоснования режимов работы новой схемы сжигания угля в неподвижном слое в котлах малой мощности.

Новизна предложенных технологических и технических решений закреплена подтверждением в виде патентов на изобретение Республики Казахстан за №35521 от 18.02.2022 г. бюл.№7 «Промышленный водяной отопительный котел малой мощности» и за №37168 от 31.01.2025 г. бюл.№5 «Колосник-поддон» .

Практическая значимость работы заключается в следующем:

1. В данной работе была улучшена конструкция топочной камеры котла и предложена инновационная технология сжигания твердого топлива.
2. Проведено исследование и освоение новой конструкции котла для эффективного сжигания твердого топлива.
3. Разработана методика проектирования топочной камеры новой конструкции для котлов малой мощности, предназначенных для сжигания твердого топлива в слоевом процессе.
4. Эффективность применения предложенной конструкции топочной камеры котла для сжигания твердого топлива в неподвижном слое снижающая вредных выбросов, снижение химических недожогов и механических потерь мелких частиц угля (производственные испытания).

Исследование параметров и режимов работы блоков экспериментального образца топочной камеры включало: установление зависимости длины, ширины и высоты воздушного потока в неподвижном слое угля от диаметра отверстия, воздушного потока в нагнетающем воздуховоде и гранулометрического состава угля. Проведенный многофакторный эксперимент выполнялся на специально разработанном устройстве, включающий в себя: воздугонагнетательное устройство (вентилятор с электродвигателем); частотник для изменения оборотов электродвигателя вентилятора; заглушенный трубопровод с боковыми отверстиями (разного диаметра); параллельно установленные стеклянные поверхности для загрузки угольную массу. Теплоотдача модифицированного котла рассчитывалась расчетным путем.

Разработана экспериментальная конструкция топочной камеры котлов малой мощности слоевого сжигания угля для проведения лабораторных

исследований включающая стандартную колосниковую решетку и глухую плитку, также дымовую трубу с возможностью отбора анализа газов. Колосниковая решетка и глухая плитка выполнены с одинаковыми размерами с возможностью замены для сравнения параметров при сжигании угля: классическим методом и предложенным методом.

Положения, выносимые на защиту:

-параметры усовершенствованной конструкции топочной камеры промышленного отопительного котла малой мощности для сжигания угля в неподвижном слое;

- основные технологические параметры, режимы работы предлагаемой схемы сжигания угля в котлах малой мощности;

- результаты экспериментальных исследований.

Конкретное личное участие автора в получении научных результатов заключается в следующем:

- постановке задач исследований и способов их реализации;

- разработке и в изготовлении опытного образца;

- проведение экспериментальных исследований.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается результатами проведенных лабораторных и производственных экспериментов, применением стандартных методов измерения и точного измерительного оборудования. Достоверность подтверждается приведенными результатами сравнения численных методов и экспериментального исследования.

Апробация работы:

-участие в Республиканском конкурсе «100 идей для Казахстана», в качестве молодого исследователя энергетики с постерным докладом в днях устойчивой энергетики 2023 года (28 февраля – 3 марта 2023 года) в Вельсе (Австрия), в Республиканском студенческом конкурсе инновационных проектов 2021 г в честь 25 летия ЕНУ им. Гумилева, в конкурс «Лучший научный проект 2021 года», в конкурсе «Jas Galym»;

-публикация в сборниках конференции в III International Scientific Forum on Computer and Energy Sciences (WFCES 2022) 20-21 мая 2022 года, в 44-й международной научно-практической конференции «Advances in Science and Technology» г.Москва, в XXXI International Conference of EUROPEAN ACADEMY OF SCIENCES AND RESEARCH. Section: Engireering. 15.06.2022 года (Hamburg, Germany), в Международной научно-практической конференции «Глобальные вызовы XXI века и окружающая среда», в электронном научном журнале «Central Asian Scientific Journal», в международной конференции «GLOBAL SCIENCE AND INNOVATIONS: CENTRAL ASIA», Vestnik of M Kozybayev North Kazakhstan University, Enlit Asia 2022, Bangkok, AIP Publishing (USA); публикация в сборнике докладов World Sustainable Energy Days 2023 (Wels, Austria); публикация в сборнике международной научно-практической конференции «Современные проблемы и пути развития технического сервиса в АПК» 5-6 июня 2024 года.

Публикации.

В рамках темы диссертационной работы было опубликовано 14 научных трудов, из которых в журналах входящих в базу данных Scopus и Web of Science - 2, патенты -2, статьи КОКШВО - 1, публикации в материалах международных научных конференций - 9.

Scopus, Web of Science:

1. «Efficient Combustion of the Fixed Coal Layer in an Advanced Combustion Chamber Design for Low-Power Boilers». // Transactions of Tianjin University. Advanced Energy Chemistry and Materials. – China. – 2024 (Scopus, Web of Science, Q1, процентиль 93)

2. «Reduction of harmful emissions in water heating solid fuel boilers of low power KVTs-0.2» //AIP Conference Proceedings. –USA. – 2023.

Патенты: 1. «Промышленный водяной отопительный котел малой мощности». Патент на изобретение РК №35521 от 18.02.2022, бюл. №7

2. «Колосник-поддон». Патент на изобретение РК №37168 от 31.01.2025, бюл.№5.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, 5-и глав, заключения, списка литературы и приложений.

В главе 1 проведен анализ текущего состояния проблемы повышения эффективности сжигания твердого топлива в котлах малой мощности, с акцентом на снижение загрязнения атмосферного воздуха. Рассматриваются основные источники загрязняющих веществ и методы их минимизации в процессе горения.

Во главе 2 представлена новая конструкция котла для сжигания твердого топлива, предложенная автором и лабораторный образец котла. Приводится теоретическое обоснование основных параметров и режимов работы котлов малой мощности, включая особенности сжигания твердого топлива в неподвижном слое путем численного моделирования.

В 3 главе представлены экспериментальные исследования по совершенствованию конструкции котлов малой мощности по предложенной схеме и изложены результаты экспериментов.

В 4 главе проведены и представленные результаты производственного испытания по совершенствованию конструкции топочной камеры котлов малой мощности для сжигания угля в неподвижном слое

В 5 главе оценен экономический эффект от внедрения новой конструкции котла для сжигания твердого топлива.

В заключении диссертации по результатам представленных и обсужденных разработок и исследований сформированы основные выводы работы.

В приложении приведены сведения об опытных испытаниях и в использовании результатов работы для практических целей.

Работа изложена на 151 страницах компьютерного текста, содержит 45 рисунка, 14 таблиц, 48 страниц приложений. Для подготовки данной работы было использовано 106 наименований научных источников.