

АННОТАЦИЯ

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

КУМАРГАЗИНОЙ МАДИНЫ БАКЫТЖАНОВНЫ

на тему **«Разработка и исследование технических решений для нового
водогрейного котельного агрегата с улучшенными характеристиками»**

В связи с продолжающейся урбанизацией городов Республики Казахстан и прогнозируемым широкомасштабным строительством жилых и социально-бытовых объектов, а также ожидаемым ростом потребления тепловой энергии, прогнозируется дефицит тепла. В последние годы в ряде регионов страны наблюдается недостаток тепловой энергии. Тепловые электростанции и районные котельные остаются одними из основных генераторов тепла в Казахстане, однако наряду с ними активно развивается децентрализованная сеть котельных средней и малой мощности. По данным Министерства Энергетики РК, средний износ основного оборудования теплоэлектроцентралей в стране составляет около 66 %. Кроме того, средний возраст всех ТЭЦ превышает 60 лет, при этом около 76 % из них эксплуатируются более полувека. В стране доминируют устаревшие и экологически неблагоприятные технологии, а также низкоэффективные системы автономного, индивидуального и промышленного теплоснабжения. При транспорте тепла наблюдается полное либо частичное отсутствие теплоизоляции, неудовлетворительный гидравлический режим теплосетей, нерегулярное проведение гидравлических, температурных испытаний и проверок на герметичность. Отсутствуют разработанные схемы развития тепловых сетей и систем теплоснабжения, а уровень автоматизации процессов производства, передачи и распределения тепловой энергии остаётся низким.

При анализе текущего состояния парка теплоэнергетического оборудования, а также с учётом современных тенденций в области декарбонизации, обеспечения экологической устойчивости и повышения энергетической эффективности, наиболее рациональным решением является постепенная замена устаревших водогрейных котлов на современные, более эффективные и экологические аналоги.

Высокая привлекательность и, что особенно важно, экономическая эффективность модернизации теплоэнергетического оборудования с одной стороны, а также постоянный рост спроса на надёжные, экономичные и одновременно доступные источники теплоснабжения на базе водогрейных котельных – с другой, подтверждают актуальность данного исследования, которое направлено на разработку высокоэффективных конструктивных

решений водогрейных котлов, которые могут применяться как в качестве новых продуктов, так и для модернизации существующих объектов.

В связи с поставленными вопросами цель диссертационного исследования формулируется следующим образом:

Разработка и исследование технических решений для нового водогрейного котельного агрегата с улучшенными характеристиками. Применение технических решений, исследованных в работе для действующих и для новых котлов.

Для достижения поставленной цели в диссертационной работе поставлены следующие **задачи исследования:**

- Провести литературный обзор и поиск по патентным базам, посвящённым улучшению характеристик водогрейных котлов;
- Рассмотреть возможность создания новой конструкции водогрейного котла с использованием двусветных волнообразных экранов в качестве поверхностей нагрева над цилиндрической топкой и обосновать его эффективность;
- Провести экспериментальные исследования для оценки эффективности теплообмена и гидравлического сопротивления в волнообразных трубах и в элементах пластинчатого рекуперативного воздухоподогревателя;
- Провести математическое моделирование по организации сжигания природного газа в цилиндрической топке с различным количеством микрофакельных горелок в сравнении с топкой с подовой горелкой;
- Провести проверочный расчёт нового водогрейного котла, для получения основных технических показателей.

Научная новизна выполненной работы заключается в следующем:

1. Получены экспериментальные данные, по результатам которых были обоснованы и внесены корректировки в расчетную зависимость по определению коэффициента гидравлического сопротивления и числа Нуссельта в двусветном волнообразном канале.
2. Получены экспериментальные данные по интенсификации теплообмена в элементах пластинчатого рекуперативного воздухоподогревателя.
3. На основании экспериментальных исследований показана возможность использования двусветного волнообразного экрана и варианты его использования для улучшения характеристики водогрейного котла.
4. На основе анализа использования двусветных волнообразных экранов и экспериментальных исследований тепломассообмена представлены технические решения для улучшения работы водогрейных котлов, путем повышения интенсивности теплообмена.
5. На основе теоретических исследований была определена оптимальная конструкция топки водогрейного котла с точки зрения снижения концентрации вредных веществ в уходящих газах.

Научная новизна подтверждается разработанными техническими решениями, на которые получены патенты на изобретения РК: два патента на

водогрейный котел; патент на конструкцию топочной камеры; патент на конструкцию воздухоподогревателя водогрейного котла.

По результатам выполненных работ и проведённых исследований, на защиту выносятся следующие положения:

1. Результаты экспериментальных исследования для повышения интенсивности теплообмена поверхностей нагрева за счёт использования двусветных волнообразных экранов.

2. Результаты экспериментальных исследования по интенсификации теплообмена в элементах пластинчатого рекуперативного воздухоподогревателя.

3. Результаты численного исследования по повышению эффективности и снижению образования оксидов азота при сжигании природного газа в топке котла при различных вариантах подачи топлива.

4. Технические решения по результатам проведённых исследований для улучшения характеристик водогрейного котла:

- цилиндрическая топка с МФС;
- двусветные поверхности нагрева с волнообразными трубами;
- рекуперативный воздухоподогреватель с волнистыми пластинами.

Практическая значимость. Результаты исследования принятых технических решений в новом водогрейном котельном агрегате будут способствовать внедрению и их реализации. Полученные результаты позволяют эффективно проводить сжигание разных видов топлива в подобных цилиндрических топках котлов с решением актуальных проблем теплоэнергетики и экологии.

Разработанные новые технические решения: коаксиальные двусветные поверхности нагрева с волнообразными трубами, цилиндрическая топка с МФС природного газа и РВП новой конструкции можно использовать и в других котельных агрегатах, что улучшит их технические характеристики.

Достоверность полученных результатов подтверждается следующим:

1. при проведении исследований использовались апробированные методики, поверенные измерительные средства, внесённые в реестр ГСИ РК;

2. результаты экспериментов и численного моделирования проверялись и сравнивались с результатами, представленными в работах зарубежных авторов;

3. результаты обладают необходимой степенью достоверности, так как подтверждаются сравнением расчетных и экспериментальных данных.

Апробация полученных результатов научного исследования была проведена при выполнении научно-исследовательских работ автором в составе научной команды по проектам ГФ AP14872041 «Разработка и исследование новых фронтальных устройств камер сгорания ГТУ для повышения экологической безопасности и эффективности работы газотурбинных установок в Казахстане» и №AP19680488 «Исследование эффективности и разработка оптимальных схемных решений комбинированных систем теплоснабжения с учетом использования ВИЭ в

условиях Казахстана». Результаты работ зафиксирован актом внедрения от производственного предприятия ТОО «Казкотлосервис».

Основные результаты диссертационной работы отражены в 14 научных публикациях и докладах МНТК, в том числе: 3 научные статьи в отечественных изданиях из списка рекомендованных КОКСНВО и в 1 научной статье входящей в базу РИНЦ.; 5 научных докладов в сборниках в международных научно-технических конференций, в том числе с очным выступлением в зарубежной научной конференции; 3 статьи (Article) в журналах индексируемых в базе данных Scopus с процентилем на момент публикации 35 % и выше. В качестве соавтора результаты научно-исследовательской деятельности были зафиксированы в: 11 Патентах РК на изобретение по тематике конструкций водогрейных котлов.

Личный вклад автора состоит:

- в постановке и формулировке задач исследования, в проведении литературного обзора и в поиске по патентным базам касающихся технических решений для водогрейных котельных агрегатов.;
- в проведении расчета с использованием программного комплекса ANSYS Fluent для процессов микрофакельного сжигания и Comsol Multiphysics для исследования влияния количества и положения горелочных устройства на аэродинамику в топке котла;
- в проведении эксперимента совместно с сотрудниками кафедры «Теплоэнергетика» НАО «АУЭС им. Г.Даукеева»;
- в обработке экспериментальных данных и анализе результатов экспериментов;
- в написании диссертационной работы.

Диссертационная работа выполнена автором в соответствии с действующими требованиями оформления, структуры и содержания. Работа состоит из 4 основных разделов, списка условных обозначений, введения, заключения, списка использованной литературы и приложений.

В первом разделе выполнен обзор общего состояния вопроса эффективности водогрейных котлов средней и малой мощности. Рассмотрены конструкции водогрейных котлов с учётом экологических и технических показателей, а также проанализированы перспективные технические и конструктивные решения, направленные на улучшение характеристик водогрейных котлов. В результате выявлено, что наибольший потенциал для повышения эффективности и эксплуатационной надёжности оборудования демонстрируют системы, основанные на интеграции двусветных поверхностей нагрева с волнообразными трубами и цилиндрических топок с микрофакельным сжиганием, а также с использованием рекуперативных воздухоподогревателей с волнистыми пластинами.

Во втором разделе представлены экспериментальные исследования теплообмена и гидравлического сопротивления теплообменных поверхностей котла. Описана экспериментальная установка и методика исследования теплообмена и гидравлического сопротивления в волнообразных трубах, приведены результаты этих исследований. Рассмотрены методика и установка

для исследования неизотермического течения, а также результаты исследования рабочих поверхностей с плосковолнистыми поверхностями.

Третий раздел посвящён численному исследованию цилиндрической топки водогрейного котла топка с возможностью микрофакельного сжигания за счёт увеличения числа горелочных устройств. Представлено описание топочной камеры и граничных условий для проведения вычислительных экспериментов с использованием программного пакета Ansys Fluent. Приведены результаты численного моделирования процесса сжигания топлива, а также численное исследование влияния количества горелок на аэродинамические параметры использованием программного пакета Comsol Multiphysics.

В четвёртом разделе изложены разработанные технические решения и патенты, полученные на них. Рассмотрены разработанные водогрейные котельные установки и конструкции элементов водогрейных котлов, включая воздухоподогреватели и конструкция цилиндрической топки с возможностью микрофакельного сжигания за счёт увеличения числа горелочных устройств для применения в котельных установках.

Заключение обобщает полученные результаты исследования и основные выводы по диссертационной работе.

В приложениях сведены копии основных патентов, копия акта внедрения от производственного предприятия, основные отчётные материалы расчётов водогрейных котлов.