



УТВЕРЖДАЮ
Проректор по научной работе и
международной деятельности ФГБОУ ВО
«Юго-Западный государственный
университет»
А.Ю. Алтухов

« 08 » 09 2026 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Юго-Западный государственный университет» на диссертационную работу **Каштанова Дмитрия Ивановича** на тему: **«Оценка эффективности теплообмена конвективных пакетов котлов в условиях запыленного потока»**, представленную в диссертационный совет 24.2.380.03 при Санкт-Петербургском государственном архитектурно-строительном университете на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.3 – «Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение».

Актуальность темы диссертации

Диссертационная работа посвящена проведению оценки эффективности теплообмена конвективных пакетов котлов малой мощности при работе в условиях запыленного потока. Одной из ключевых проблем эффективности процессов теплообмена в конвективных пакетах котлов является влияние образующихся слоев натрубных золовых загрязнений.

В инженерной методике теплового расчёта используется усредненная величина термического сопротивления слоя натрубных отложений загрязнений, представленная пределом эмпирических констант, не зависящих от конструкции конвективных пакетов и режимов работы котельного оборудования.

Важным вопросом является применение отличных от круглой форм профиля наружной поверхности поперечного сечения конвективных труб, которое требует аналитического исследования, связанного с обоснованием применения конвективных труб с овоидальным профилем поперечного сечения для снижения роста натрубных отложений.

Представленные в диссертации результаты исследований устанавливают новые расчётные зависимости эффективности теплообмена конвективных пакетов котлов в условиях запыленного потока продуктов сгорания, повышают в инженерной методике теплового расчета точность искомых данных, что остается актуальной проблемой в настоящее время.

Структура и краткое содержание работы

Во введении обосновывается актуальность выбранной темы исследования, определяется степень её проработки, формулируются цели и задачи исследования, выделяется научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы. Также описывается методология и методы исследований, излагаются основные положения, которые будут защищены, предоставляются сведения о достоверности полученных результатов, об апробации и внедрении результатов работы.

Первая глава содержит обзор факторов неудовлетворительной работы котлов, физико-химические характеристики сажистых и золовых отложений. Проанализированы силы, действующие на частицы летучей золы, движущиеся в потоке продуктов сгорания в трубных пучках.

Во второй главе исследовано физико-химическое взаимодействие частиц с поверхностями нагрева. Представлены зависимости образования и активности роста отложений от геометрических характеристик конвективных пучков труб и режимных параметров работы котлов.

В третьей главе обсуждается постановка задачи численного и натурного экспериментов по исследованию толщины натрубных отложений.

В четвертой главе изложены результаты численных и натуральных экспериментальных исследований, проведен анализ полученных данных. Установлены зависимости толщины накопленных за отопительный период натрубных отложений от местоположения поверхности осаждения конвективного пакета в пространстве. Выявлены новые физические зависимости коэффициента загрязнения от формы поперечного сечения конвективных труб, геометрической характеристики конвективных пакетов и режимного параметра работы котлов. Разработаны рекомендации по повышению тепловой эффективности конвективных пакетов котлов эксплуатирующихся в условиях запыленного потока продуктов сгорания.

В выводах приведены основные выводы диссертационного исследования, а также определены перспективы и направления будущей работы в данной области исследований.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций

Обоснованность научных положений, достоверность выводов и рекомендаций не вызывает сомнений. Степень достоверности результатов обеспечена использованием фундаментальных законов газодинамики, теплообмена и осаждения в теплообменном оборудовании; использованием апробированных математических методов проведения научных исследований; применением современного сертифицированного программного обеспечения; сравнением полученных результатов с опубликованными результатами исследований других авторов.

Научная новизна:

— получены численные модели образования золовых отложений на основе математической модели осаждения частиц с учётом схем размещения труб в конвективных пакетах котлов;

– установлена зависимость толщины накопленных за отопительный период работы котлов слоя натрубных отложений δ_3 от ряда труб конвективного пакета, расстояния от боковой стенки котла и угла на поверхности труб в полярной системе координат;

– установлены новые зависимости коэффициентов загрязнения ε конвективных пакетов для схем с поперечным омыванием труб запылённым потоком при расходах продуктов сгорания $G_{п.с}$ от 0,091 до 0,297 кг/с и относительным поперечным шагом S_1 труб в пучке от 1,98 до 2,38.

Научная и практическая ценность диссертации:

– выявлены основные физические явления и факторы, оказывающие основное влияние на активность процессов осаждения сажистых и золовых частиц на поверхности труб конвективных пакетов в котлах малой мощности;

– предложена методика планирования натурного эксперимента измерения толщины сыпучих золовых отложений;

– разработаны математические и численные модели осаждения частиц и роста слоев отложений с учетом режимов работы котлов и особенности конструкции конвективных пакетов;

– выявлены формы профиля наружной поверхности золовых отложений на трубах в нижнем ряду трубок конвективных пакетов у двух водотрубных котлов типа КВу-1,0;

– установлена регрессионная зависимость толщины накопленных за отопительный период работы котлов слоя натрубных отложений для определенного ряда труб конвективного пакета, расстояния от боковой стенки котла и угла на поверхности труб в полярной системе координат;

– установлены зависимости коэффициентов загрязнения от особенностей конструкции конвективных пакетов и режимного параметра работы котлов.

Значимость полученных результатов для развития соответствующей отрасли науки

Результаты исследования являются значимыми для развития указанной специальности в связи с тем, что выбранная для диссертации тема является актуальной, все теоретические и практические выводы обоснованы соискателем в научном и прикладном плане, а примененные инструменты и средства апробированы в достаточной степени.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертационной работы

Результаты исследования могут быть использованы при выполнении инженерных тепловых расчетов конвективных поверхностей нагрева водотрубных котлов, что подтверждается соответствующими актами внедрения. Также определенную ценность составляют результаты численного моделирования, показывающие формы профилей слоя золовых отложений в поперечном сечении на всех трубках конвективного пакета котла в

зависимости от режимных параметров работы котла и геометрических характеристик конструкции конвективной части котла.

Степень завершенности диссертации в целом и качество её оформления

Диссертация Каштанова Дмитрия Ивановича является завершенным научно-исследовательским трудом, направленным на решение научно-технической задачи, связанной с получением уточненной расчетной зависимости коэффициента загрязнения наружной поверхности конвективных трубок для оценки эффективности процессов теплообмена в конвективных пакетах котлов при их работе в условиях запыленного потока продуктов сгорания. Диссертация написана технически грамотным языком, обладает строгой и понятной логической последовательностью изложения. Качество оформления диссертации соответствует основным требованиям, предъявляемых к работам на соискание ученой степени кандидата технических наук.

Общие замечания по диссертационной работе

По диссертационной работе имеются следующие замечания:

1. Значительный объем диссертации посвящен описанию известных факторов в процессах осаждения твердых частиц продуктов сгорания. Представляется, что некоторые подразделы могли быть сокращены без ущерба для работы в целом.
2. Приведенная научная новизна не конкретизирована. Так п.3 (стр.11): «Получена зависимость толщины натрубных отложений δ_3 от местоположения поверхности осаждения конвективного пакета в пространстве;» не указывает, чем эта зависимость отличается от предложенных ранее (аэродинамическими, температурными режимами работы, каких котлов – водотрубных, жаротрубных и т.д.).
3. При проведении численного моделирования с помощью *Ansys Fluent* следовало более подробно описать сущность подключаемых опций дискретно-фазовой модели (*DPM*) и математической модели физики осаждения частиц, записанную в макрос пользовательских функций (*UDF*).
4. Выводы к разделам содержат общие формулировки, без конкретных данных.
5. На изображениях, представленных в Приложении А, не содержится сетки, описанной в разделе планирования натурного эксперимента. Сложно представить положение сетки для приведенного изображения труб.

Однако, указанные замечания не оказывают существенного влияния на общую положительную оценку работы, её научную ценность и практическую значимость.

Заключение

Диссертационная работа выполнена на высоком научном и методическом уровне, написана технически грамотным языком с соблюдением правил стилистики. Выводы по диссертации в полной мере соответствуют поставленным цели и задачам. Основные этапы работы, результаты и выводы представлены в автореферате. Автореферат соответствует содержанию диссертации.

Представленные в диссертации материалы достаточно полно отражены в 5 публикациях, в том числе 3 статьи в изданиях, включенных в перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК РФ.

Диссертационная работа Каштанова Дмитрия Ивановича «Оценка эффективности теплообмена конвективных пакетов котлов в условиях запыленного потока» представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, в которой изложены научно обоснованные данные для оценки эффективности теплообмена, новые зависимости для нахождения коэффициента загрязнения конвективных поверхностей нагрева водотрубных твердотопливных котлов малой мощности, что является актуальной задачей оценки эффективности теплообмена поверхности нагрева при её работе в условиях запыленного потока продуктов сгорания

По актуальности, новизне и практической значимости проведенных исследований работа отвечает требованиям, предъявляемых к кандидатским диссертациям в соответствии с п.9 «Положения о присуждении учёных степеней» (Постановление Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 с изм. и доп. от 01.01.25), а её автор Каштанов Дмитрий Иванович заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.1.3 «Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение». Заключение принято на заседании кафедры инфраструктурных теплоэнергетических систем ЮЗГУ. Присутствовало на заседании 10 чел. Результаты голосования: «за» – 10 «против» – нет, «воздержался» – нет, протокол № 2, от 02.09.2026 г.

Зав. кафедрой «Инфраструктурных
теплоэнергетических систем» Федерального
государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Юго-Западный
государственный университет»,
доктор технических наук (05.14.04),
профессор

Адрес: 305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, д. 94.

ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет»

Тел.: +7 (4712) 50-48-00

E-mail: rector@swsu.ru



Подпись
удостоверяю
Специалист по кадрам

Зайцев Олег Николаевич
Специалист по кадрам
08.09.2026