

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу **Каштанова Дмитрия Ивановича** «Оценка эффективности теплообмена конвективных пакетов котлов в условиях запыленного потока», представленную к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.3– Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение.

Актуальность темы диссертации

В диссертации рассматривается актуальная научная задача, состоящая в повышении эффективности теплообмена конвективных пакетов твёрдотопливных котлов в условиях запыленного потока. В существующей инженерной методике теплового расчёта применяется усредненная величина сопротивления теплопередачи слоя сажистых и золовых отложений, представленная пределом эмпирических констант, не зависящих от конструкции конвективных пакетов и режимов работы оборудования. Поэтому совершенствование конструкций тепловоспринимающих поверхностей повышает эффективность теплообмена, сокращает расход твёрдого топлива, что приводит к снижению выбросов вредных веществ в окружающую среду. Представленные в диссертационной работе результаты и характеристики позволяют использовать новые расчётные зависимости теплообмена конвективных пакетов твёрдотопливных котлов, дают возможность усовершенствовать методику теплового расчёта и повысить точность искомых данных, что в настоящее время является актуальным направлением исследований.

Структура и краткое содержание работы

В состав диссертации входит: список условных обозначений, введение, четыре главы, основные выводы, библиографический список и пять приложений. Материал изложен на 192 страницах машинописного текста, куда вошло: 18 таблиц; 55 рисунков; использованной литературы из 158 наименований.

Структура работы полностью согласуется с целями и задачами исследований, поставленных в диссертационной работе.

Во введении обоснована актуальность выбранной темы работы, определена степень её проработки, обозначены цели и задачи исследования, сформулирована научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, методология и методы исследований, представлены основные положения, выносимые на защиты, сведения о достоверности полученных результатов исследований, апробации и внедрения результатов работы.

В первой главе представлен анализ 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 рассмотрены физико-химические взаимодействия 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 представлено описание планирования натурного и численного экспериментов по исследованию толщины натрубных отложений, а также постановка задачи численного моделирования.

В четвертой главе представлены результаты численного и экспериментального исследований натрубных отложений, проведен их анализ. Установлена зависимость толщины накопленных за отопительный период натрубных отложений от местоположения поверхности осаждения конвективного пакета в пространстве. Получены новые физические зависимости коэффициента загрязнения от формы поперечного сечения конвективных труб, геометрической характеристики конвективных пакетов и режимного параметра работы котлов. Представлены рекомендации по повышению тепловой эффективности конвективных пакетов котлов эксплуатирующихся в условиях запыленного потока дымовых газов.

В выводах представлены основные итоги диссертационного исследования, а также обозначены перспективы и направления дальнейшей разработки тематики диссертационного исследования.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, их достоверность и новизна

В результате работы над диссертацией получены следующие результаты:

- 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 δ_3 от ряда труб конвективного пакета, расстояния от боковой стенки котла и угла на поверхности труб в полярной системе координат;

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

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, представленных в диссертационной работе Каштанова Дмитрия Ивановича, подтверждаются использованием фундаментальных законов газодинамики, теплообмена и осаждения, апробированных математических методов, применением современного сертифицированного программного обеспечения; сравнением полученных результатов с опубликованными результатами других авторов.

Научная новизна работы заключается в том, что автором предложены на основе исследований следующие положения:

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

– 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;

– зависимости коэффициентов загрязнения ε конвективных пакетов для схем с поперечным омытием труб запылённым потоком, расходом продуктов сгорания $G_{п.с}$ от 0,091 до 0,297 кг/с (т.е. от 327,6 до 1069,2 кг/ч) и относительным поперечным шагом $\sigma_1 = S_1/d_n$ труб в пучке от 1,98 до 2,38.

Обоснованность научных положений, достоверность выводов и рекомендаций, научная значимость диссертационной работы не вызывает сомнений. Результаты диссертационного исследования апробированы в компаниях ООО «ТЕПЛОМЕХАНИКА», ООО «БАЛТКОТЛОМАШ» и в учебном процессе кафедры теплогазоснабжения и вентиляции СПбГАСУ, что подтверждается актами внедрения научных результатов.

Основные научные положения и выводы диссертации прошли апробацию на научных конференциях. По результатам выполненных исследований опубликовано 5 работ, в том числе 3 статьи в журналах, входящих в перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК РФ.

Степень завершенности диссертации в целом и качество её оформления

Диссертация Каштанова Дмитрия Ивановича является завершенным научно-исследовательским трудом, направленным на решение задач, связанных с получением уточненной зависимости коэффициента загрязнения конвективной поверхности нагрева для оценки эффективности процессов теплообмена в конвективных пакетах котлов при работе в условиях запыленного потока. 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.

Соответствие содержания автореферата диссертации

Содержание автореферата соответствует содержанию кандидатской диссертации и является кратким её изложением. Автореферат включает в себя краткое описание основных этапов исследования – актуальность исследования, цели и задачи, научную новизну, теоретическую и практическую значимость, методологию и методы исследования, степень достоверности, апробацию результатов, основные выводы и список основных трудов автора по теме диссертационной работы.

Личный вклад соискателя в разработку научной проблемы

Личный вклад соискателя в решение исследуемых задач заключается в обобщении и анализе ранее проведенных исследований отечественных и зарубежных ученых в области исследования образования, роста загрязнений на наружной поверхности конвективных труб твердотопливных котлов, оценки влияния слоя отложений на процессы теплообмена в конвективных секциях котлов, в постановке цели и задач исследования, в выборе методов исследования, в разработке основных положений, определяющих научную новизну и практическую значимость работы, в проведении экспериментальных исследований, а также в разработке рекомендаций по повышению тепловой эффективности конвективных пакетов котлов эксплуатирующихся в условиях запыленного потока дымовых газов.

Общие замечания по диссертационной работе

1. Текст цели исследования написан неудачно, так как тема работы направлена на повышение эффективности теплообмена конвективных труб в условиях запылённого потока дымовых газов твёрдотопливных котлов.

2. Из приведённых данных на стр.23 не доказано, что коэффициент теплопроводности стали котловых труб примерно в 450 раз превышает коэффициент теплопроводности золовых отложений.

3. В тексте диссертации из-за использования зарубежных источников приведены обозначения общепринятых коэффициентов и повторяющихся характеристик с иными смысловыми значениями, что затрудняет восприятие информации.

4. На рис.2.14 имеется явный экстремум количества золовых отложений связанного типа на трубках котлов при температуре 1270 °С, но в работе не дан анализ причин этого результата.

5. Показатель степени должен быть безразмерной величиной в формуле (2.9) на стр.71 и в формулах (2.14) ÷ (2.16) на стр.80 ÷ 81.

6. Автор не предоставил детального сравнения натурного и численного экспериментов.

7. В работе не дана оценка точности методики проведения натурного эксперимента с использованием цифровой камеры.

8. Для полноты сведений по динамике золовых отложений на рис.4.1 ÷ 4.11 следовало бы связать их с результатами исследований по распределению расхода и скорости дымовых газов по площади сечения первого и второго газоходов котлов в разных режимах работы по тепловой мощности.

9. Выводы по разделам 2 ÷ 4 и Основные выводы по диссертации должны быть с конкретными цифровыми значениями результатов исследований автора, а не только перечислением фактов выполненной работы.

10. В диссертации имеются досадные неточности и опечатки:

- часть работ в Библиографическом списке оформлена не по действующему ГОСТ (см. п.5 ÷ 17, 20 ÷ 23 и т.д.);

- в тексте диссертации не на все источники из Библиографического списка имеются ссылки (см. п.57, 81, 84 ÷ 87 и т.д.);

- в тексте разделов есть ссылки не на те источники из Библиографического списка (со смещением на один пункт- см. п.88 и п.89, п.92 и п.93 и т.д.);

- обозначение ссылок на рисунки Приложений А и Б в тексте диссертации не соответствует обозначениям рисунков в Приложениях А и Б (см. стр.107, 114, 123, 132, 141);

- на стр.143 перепутаны обозначения относительного продольного σ_2 и относительного поперечного σ_1 шага труб.

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

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о присуждении учёных степеней

Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук Каштанова Дмитрия Ивановича на тему «Оценка эффективности теплообмена конвективных пакетов котлов в условиях запыленного потока» является завершённой научно-квалификационной работой. Полученные автором результаты достоверны, а выводы обоснованы. На основании выполненных автором исследований получены 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, которую можно квалифицировать как научное достижение в области специальности 2.1.3 – Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение п.3: «Разработка и совершенствование систем теплогазоснабжения, вентиляции и кондиционирования воздуха, разработка методов энергосбережения систем и элементов теплоснабжения, вентиляции, кондиционирования воздуха, газоснабжения и освещения, охраны воздушного бассейна, защиты от шума зданий и сооружений, аспирации и пневмотранспорта, включая использование альтернативных, вторичных и возобновляемых источников энергии; развитие методов моделирования многофазных потоков и динамических процессов в аэродисперсных системах» и п. 4: «Разработка математических моделей, методов, алгоритмов и компьютерных программ, использование численных методов, с проверкой их адекватности, для расчета, конструирования и проектирования систем

теплоснабжения, вентиляции, кондиционирования воздуха, газоснабжения и освещения, охраны воздушного бассейна, защиты от шума зданий и сооружений, повышения их надежности и эффективности».

Диссертационная работа соответствует критериям «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым к работам, представленным на соискание учёной степени кандидата технических наук, 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».

Официальный оппонент

Доктор технических наук (специальность 05.23.03 – «Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение»), профессор, член-корреспондент РААСН, заведующий кафедрой теплогазоснабжения ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»



Кочев Алексей Геннадьевич

«21» августа 2026 г.

Адрес: 603000, Россия, г. Нижний Новгород, ул. Ильинская, д. 65.

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет» (ННГАСУ). Тел.: +7 (831) 433-45-35; +7 905 663 80 54.

E-mail: kochev.1961@mail.ru

ЗАВЕРЯЮ личную подпись профессора Кочева Алексея Геннадьевича: Проректор по научной работе и цифровому развитию ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет», д-р техн. наук, профессор

(подпись)



Кононов Евгений Викторович /

«22» августа 2026 г.

Наименование организации: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет» (ННГАСУ).

Адрес: 603000, Россия, г. Нижний Новгород, ул. Ильинская, д.65.

Контактные данные: Тел./факс: 8 (831) 434-02-91/ 430-53-48,

e-mail: srec@nngasu.ru, сайт: <https://nngasu.ru/>.