

Отзыв официального оппонента

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

Диссертационная работа Каштанова Д.И. выполнена на кафедре «Теплогасоснабжение и вентиляция» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет». Диссертация состоит из списка условных обозначений, введения, четырех глав, основных выводов, библиографического списка и пяти приложений. Общий объем работы составляет 192 страницы машинописного текста, в том числе 18 таблиц, 55 рисунков, список литературы из 158 наименований, включая 57 зарубежных источников.

Актуальность темы диссертации

Диссертационная работа посвящена актуальной теме, направленной на проведение оценки эффективности теплообмена конвективных пакетов водотрубных котлов малой мощности при работе в условиях запыленного потока дымовых газов.

С целью оценки эффективности теплообмена поверхностей нагрева котельного оборудования в мире выполняются научные исследования, направленные, в частности, на изучение влияния образования и роста натрубных золовых отложений на процессы теплообмена в конвективных секциях котлов.

В этом направлении исследования иных форм профиля поперечного сечения конвективных труб, влияния режимных параметров работы котла, а также геометрических характеристик конвективных пакетов котлов на интенсивность роста натрубных отложений и форму профиля наружной поверхности слоя отложений, является одной из актуальных задач в современных условиях.

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

В диссертационной работе выявлены основные физические явления и факторы, оказывающие значительное влияние на активность процессов

осаждения сажистых и золовых частиц на поверхности конвективных труб в котлах малой мощности.

Разработаны математическая и численные модели осаждения частиц летучей золы, а также роста слоя отложений с учетом нескольких режимов работы котлоагрегата и особенностей конструкции конвективных пакетов;

На основе экспериментальных натурных исследований, проведенных на действующей котельном оборудовании в межотопительный период, были определены формы профиля наружной поверхности золовых отложений на трубках в нижнем ряду трубок конвективных пакетов у двух водотрубных котлов типа КВу-1,0. Также по результатам натурного эксперимента установлена регрессионная зависимость толщины накопленных за отопительный период работы котлов слоя натрубных отложений δ_3 от параметров: ряда труб конвективного пакета, расстояния от боковой стенки котла и угла на поверхности труб в полярной системе координат.

На основе численного эксперимента были установлены зависимости коэффициентов загрязнения ϵ от особенностей конструкции конвективных пакетов и режимного параметра работы котла.

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 работы заключается в том, что автором, на основе исследований, предложены 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 омыванием труб запылённым потоком, расходом 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.

Практическая значимость работы заключается в предложенном усовершенствовании инженерной методики теплового расчёта конвективной поверхности нагрева, позволяющей вычислить значение коэффициента загрязнения ϵ в зависимости от геометрических характеристик конструкции конвективных пакетов и режимного параметра работы котла.

Обоснованность научных положений, достоверность выводов и рекомендаций, научная и практическая 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.

Степень завершенности диссертации в целом и качество её оформления

Диссертация Каштанова Дмитрия Ивановича является завершённым научно-исследовательским трудом, направленным на решение вопросов, связанных с получением уточнённой 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. В работе последовательно изложен подход к достижению поставленной цели исследования, который дает представление о положениях, выносимых на защиту.

Диссертация написана технически грамотным языком, обладает строгой и понятной логической последовательностью изложения.

Качество оформления диссертации соответствует основным требованиям, предъявляемым к работам на соискание ученой степени кандидата технических наук.

Соответствие содержания автореферата диссертации

Содержание автореферата соответствует содержанию кандидатской диссертации и является кратким её изложением. Содержание автореферата включает в себя краткое описание всех 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.

Полнота опубликованных основных результатов диссертации

Основные научные положения и выводы диссертации прошли апробацию на международных, всероссийских и региональных 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.

Замечания по диссертационной работе

По диссертационной работе имеются следующие замечания:

1. В работе принят ряд упрощающих допущений: частицы считаются сферическими, невращающимися, инертными, без учёта агломерации, влияния шероховатости стенок и эффекта выбивания частиц из слоя.

На сколько корректно переносить результаты, принимаемой идеализированной модели, на реальные условия эксплуатации?

2. На стр. 23 автор приводит сравнение теплопроводности металла труб ($36 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}$) и золовых отложений, утверждая, что примерно в 450 раз теплопроводность стали превышает теплопроводность золовых отложений.

Однако арифметический расчёт показывает, что $36 / 0,1 = 360$, а для других типов отложений (1 и $2 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}$) это соотношение составляет 36 и 18 раз соответственно. Не совсем ясно каким образом получено значение 450 ?

3. Автор предлагает овоидальный профиль поперечного сечения труб (рис. 3.7) как средство снижения отложений. При этом утверждается, что изготовление осуществляется «методом волочения из труб большего диаметра» с сохранением относительного шага σ .

Однако в диссертации не представлены данные об изменении гидравлического сопротивления межтрубных каналов при переходе к овоидальному профилю, а также влияние изменённой формы на интенсивность теплоотдачи (коэффициент конвективной теплоотдачи α).

4. Автор использует полный факторный эксперимент (ПФЭ) для получения регрессионной зависимости толщины отложений (уравнение 4.4). При этом в модели не учтена температура дымовых газов и концентрация золы.

Не приводит ли это к тому, что полученная зависимость справедлива только для конкретного котла и конкретного топлива?

5. В Приложении В представлена Таблица 1 – Сводная таблица расчетов теплового баланса для котла КВу-1,0, согласно которой, при использовании предложенной усовершенствованной методики КПД котла снижается с 88,43 % до 72,49 %, температура уходящих газов возрастает с 184,8 °С до 451,5 °С.

Есть ли подтверждение того, что полученные таким образом значения КПД и температуры уходящих газов действительно наблюдаются на практике для котлов КВу-1,0? И почему в таком случае нормативный метод даёт завышенные значения?

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, предъявляемых 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

кандидат технических наук,
по специальности 2.1.3 –
«Теплоснабжение, вентиляция,
кондиционирование воздуха,
газоснабжение и освещение»,
доцент кафедры
теплогазоснабжения и вентиляции
ФГБОУ ВО «Белгородский
государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова»

 Рамазанов Рафшан Салманович

Подпись к.т.н.,
Рамазанова Р.С. **заверяю**
Первый проректор ФГБОУ ВО
«Белгородский государственный
технологический университет
им. В.Г. Шухова»



 Е.И. Евтушенко

2 сентября 2026 г.

Адрес: 308012, Россия, г. Белгород, ул. Костюкова 46, каб. 307а ГК.
ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова»
Тел.: +7 (915) 572-98-65
E-mail: tgv@bstu.ru