

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.380.03,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ» МИНИСТЕРСТВА
НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ,
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК**

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 29.09.2026 № 7

О присуждении Каштанову Дмитрию Ивановичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Оценка эффективности теплообмена конвективных пакетов котлов в условиях запыленного потока» по специальности 2.1.3. Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение принята к защите 06.07.2026, протокол заседания № 4, диссертационным советом 24.2.380.03, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, почтовый индекс 190005, адрес организации г. Санкт-Петербург, ул. 2-я Красноармейская, д. 4, утверждён приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 09 ноября 2012 года № 717/нк, приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 25 мая 2016 года № 590/нк, приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 19 декабря 2017 года № 124/нк, приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 30 января 2019 года № 37/нк, приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 27 января 2020 года № 35/нк, приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 18 ноября 2020 года № 681/нк, приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 24 сентября 2021 года № 968/нк, приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 27 ноября 2023 года № 2153/нк,

приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 25 сентября 2025 года № 889/нк, приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 15 июля 2026 года № 607/нк.

Соискатель Каштанов Дмитрий Иванович, «10» апреля 1998 года рождения.

В 2026 году окончил аспирантуру ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» по научной специальности 2.1.3. Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение.

С 10 ноября 2025 года по настоящее время работает инженером-проектировщиком в ООО «ТЕПЛОМЕХАНИКА» (г. Санкт-Петербург).

Диссертация выполнена на кафедре теплогазоснабжения и вентиляции в ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – кандидат технических наук, Яковлев Виктор Александрович, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет», кафедра теплогазоснабжения и вентиляции, доцент.

Официальные оппоненты:

Кочев Алексей Геннадьевич, доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РААСН, ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет», кафедра теплогазоснабжения, заведующий кафедрой;

Рамазанов Рафшан Салманович, кандидат технических наук, ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова», кафедра теплогазоснабжения и вентиляции, доцент

дали **положительные** отзывы на диссертацию.

Ведущая организация ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», г. Курск, в своем положительном отзыве, подписанном Зайцевым Олегом Николаевичем (доктор технических наук, профессор, кафедра инфраструктурных и теплоэнергетических систем, заведующий кафедрой) указала, что диссертационная работа 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.

Соискатель имеет 5 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 5 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 3 работы.

Работы, опубликованные в ведущих научных рецензируемых изданиях, перечень которых размещён на официальном сайте Высшей аттестационной комиссии и приравненные к ним:

1. Каштанов Д.И., Яковлев В.А. Анализ влияния смещения рядов конвективных трубок на эффективность теплопередачи в водотрубных котлоагрегатах // Инновации и инвестиции. – 2024. – №6. – С. 385–389 (0,6 п.л., авторский вклад 50 %).

2. Каштанов Д.И. Определение скорости осаждения сажистых частиц в конвективных пучках водотрубных котлов // Вестник гражданских инженеров. – 2025. – №2 (109). – С. 95–105 (1,4 п.л., авторский вклад 100 %).

3. Каштанов Д.И. Исследование золовых отложений на наружных поверхностях труб конвективных блоков твердотопливного котла малой мощности. Архитектура, строительство, транспорт. – 2025. – 5(4). – С.50–62 (1,5 п.л., авторский вклад 100 %).

Работы, опубликованные в других изданиях:

4. Каштанов Д.И. Анализ влияния смещения рядов конвективных труб круглой и овоидальной форм поперечного сечения на эффективность передачи теплоты в водотрубном котле КВ-ГМ-0,8 // Развитие строительной отрасли: сборник материалов II Межрегиональной конференции (21–24 сентября 2023 года) / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Вологодский государственный университет; [ответственный редактор Н. М. Дементьев]. – Вологда: ВоГУ, 2024. – С.52–56 (1,3 п.л., авторский вклад 100 %).

5. Каштанов Д.И., В.А. Яковлев В.А. Подход к численному моделированию золовых отложений на поверхности труб конвективного блока водотрубного котла // Качество внутреннего воздуха и окружающей среды = Indoor air quality and environment: материалы XXIII Международной научной конференции, 18–24 сентября 2025 г., г. Душанбе / Мин-во строительства и ЖКХ РФ; НИИ строит. физики РААСН; Таджикский технический университет им. академика М. С. Осими; Российское общество инженеров строительства; Научный Совет РААСН «Энергоэффективная среда жизнедеятельности»; Нижневолжское представительство южного регионального отделения ЮТО РААСН [сост. А. Н. Гвоздков]. – Волгоград: Издательство ВолгГМУ, 2025. – 300 с. – С.230-237 (0,5 п.л., авторский вклад 50 %).

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1) ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», доцент кафедры «Проектирование и технологии

строительства», кандидат технических наук по специальности 2.1.3 - Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение **Малыгина Оксана Александровна**.

Отзыв положительный, имеются замечания:

– В автореферате не приведены результаты оценки погрешностей измеряемых величин;

– Соискателю следовало бы пояснить задание исходных параметров при проведении численного моделирования.

2) ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова», Республика Саха (Якутия), г. Якутск, и.о. заведующего кафедрой «Теплогазоснабжение и вентиляция», кандидат технических наук по специальности 2.1.3 – Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение **Слободчиков Егор Гаврильевич**; доцент кафедры «Теплогазоснабжение и вентиляция», кандидат технических наук по специальности 2.1.3 – Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение **Козлов Тимур Алексеевич**.

Отзыв положительный, имеются замечания:

– Из автореферата не ясно при каких характеристиках котельного топлива и режима работы котлоагрегата получены результаты исследования толщины золовых отложений на конвективных трубках?

– Из автореферата не ясно, каким способом обоснован выбор овоидальной формы профиля поперечного сечения конвективной трубки?

– Из автореферата не ясно, влияние значений начальной скорости газового потока (таблица 1) на интенсификацию отложений в конвективных пакетах, а также при повышении скорости потока.

3) ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», доцент кафедры жилищно-коммунального хозяйства, кандидат технических наук по специальности 05.23.03 – Теплоснабжение, вентиляция,

кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение **Щукина Татьяна Васильевна.**

Отзыв положительный, имеются замечания:

– Отсутствие нижнего индекса у параметра Θ в формуле (3) вызывает сомнение, является ли он является углом контакта.

– На ряду с доказанным снижением количества отложений при изменении формы поперечного сечения труб и схемы их размещения в пакетах следовало бы рассмотреть влияние на данный процесс различных турбулизаторов потока, возможных для применения в данных условиях.

4) ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова» (МГТУ им. Г.И. Носова), доцент кафедры «Урбанистика и инженерные системы», кандидат технических наук по специальности 05.23.03 – Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение, доцент **Старкова Лариса Геннадьевна.**

Отзыв положительный, имеется замечание:

– В работе не уделено внимание оценке влияния фактора времени на интенсивность роста слоя отложений для каждой численной модели.

5) ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», и.о. заведующего кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела, кандидат технических наук по специальности 05.23.03 – Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение, доцент **Колосов Александр Иванович**; доцент кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела, кандидат технических наук по специальности 05.23.03 – Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение, доцент **Китаев Дмитрий Николаевич.**

Отзыв положительный, имеются замечания:

– Для обозначения относительного поперечного и продольного шага труб в тексте используются разные символы σ_1 , σ_2 и S_1 , S_2 , расшифровано только обозначение σ_1 .

– В названии работы заявлена «Оценка эффективности теплообмена...», однако в тексте автореферата критерии эффективности не рассмотрены.

– Из свойств используемого топлива указывается только марка ДО, необходимо привести элементарный состав и теплотворную способность.

– Не понятно на основе чего на с.7 автор делает вывод об ускорении роста натрубных отложений при скоростях потока дымовых газов менее 2,5 м/с, т.к. в работе скорости вычислялись косвенно при проведении численного эксперимента и в соответствии с табл. 1 находятся в диапазоне от 0,44 до 1,44 м/с. Не обоснованы принятые малые значения скоростей газов, значительно влияющие на процессы теплообмена.

– Не обосновано игнорирование отложений на радиационных поверхностях котла, не ясно как были отделены частицы, оставшиеся в топке от ушедших в конвективную часть.

– Автор заявляет о выявлении формы профиля трубы, обеспечивающей наименьшую степень загрязнения конвективных пакетов в процессе эксплуатации, но обоснование важнейшего вопроса диссертации не приведено в автореферате. В п. 5 на с. 8 указывается на снижение активности процессов осаждения при уменьшении диаметра труб в пучке, но на рис. 1 приводится профиль трубы с площадью наружной поверхности более чем на 50% превышающей проектную у рассматриваемого котла. Не приводятся сведения об изменении гидравлического и аэродинамического сопротивления котла при изменении конструкции конвективной части, не учитывается внутрикотловая гидродинамика. Не обоснована шахматная компоновка пучка, не являющаяся традиционной в рассмотренных условиях теплопередачи.

– В п. 9 на с. 8 автор заявляет об активном возрастании коэффициентов загрязнения в первые три часа работы котла и последующем их постоянстве, но нестационарных зависимостей, представляющих интерес не приводится.

– Следует пояснить, как использовать полученные результаты для теплового расчета рассмотренного котла при работе на других марках угля с отличными размерами кусков и теплотворной способностью.

6) ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, заведующий кафедрой «Теплогазоснабжение и вентиляция», кандидат технических наук по специальности 01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника, доцент **Ширяева Нина Павловна**.

Отзыв положительный, имеются замечания:

– На странице 13 автореферата представлена таблица 1, в которой приведены значения температуры частиц летучей золы для трех режимов работы котла, но в тексте автореферата нет описания какого-либо влияния этой температуры на интенсивность роста натрубных отложений.

– Требуется уточнения выбор расхода продуктов сгорания во входном сечении конвективной секции для двухмерной постановки задачи численного моделирования. Вносит ли 2D постановка погрешность в численные модели?

– На странице 12 опечатка: вместо «позволит учесть влияние» написано ... «позволит участь влияние».

– Проводилось ли экономическое сравнение конвективных пакетов водотрубных котлов, выполненных из труб круглой и овоидальной формы, учетом разных их коэффициентов загрязнения?

7) ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», г. Москва, доцент кафедры «Теплогазоснабжение и вентиляция», кандидат технических наук по специальности 05.23.03 – Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение, доцент **Белова Елена Михайловна**.

Отзыв положительный, имеются замечания:

– Не представлены данные о погрешностях выбранного метода проведения измерений в натурном эксперименте;

– В автореферате не представлено сравнение полученных значений коэффициента загрязнения по предложенной инженерной методике с табличными значениями коэффициента загрязнения из Нормативного метода теплового расчета котлоагрегатов.

8) Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», Республика Беларусь, г. Брест, заведующий кафедрой теплогазоснабжения и вентиляции, кандидат технических наук по специальности 05.14.04 – Промышленная теплоэнергетика, доцент **Новосельцев Владимир Геннадьевич**.

Отзыв положительный, имеются незначительные замечания редакционного характера.

9) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского», г. Симферополь, заведующий кафедрой теплогазоснабжения, вентиляции, водоснабжения и водоотведения имени академика Б.И. Боровского института «Академия строительства и архитектуры», доктор технических наук по специальности 05.11.17 – Приборы, системы и изделия медицинского назначения, профессор **Федюшко Юрий Михайлович**; доцент кафедры теплогазоснабжения, вентиляции, водоснабжения и водоотведения имени академика Б.И. Боровского института «Академия строительства и архитектуры», кандидат технических наук по специальности 05.05.03 – Двигатели и энергетические установки, доцент **Кабанов Александр Николаевич**.

Отзыв положительный, имеются замечания:

– В автореферате не уделено достаточно внимания описанию численного моделирования, с помощью которого автор получил представленные в автореферате результаты;

– Автор очень подробно описал планирование эксперимента, но мало внимания уделил описанию исходных данных для него.

10) ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», г. Москва, заведующий кафедрой «Теплогазоснабжение и вентиляция», кандидат технических наук по специальности 05.23.03 – Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение, доцент **Саргсян Самвел Володяевич**.

Отзыв положительный, имеются замечания:

– Целью проведения экспериментальных исследований является не только выявление формы поверхностей и причин образования натрубных отложений (см. стр.7-8), а необходимость подтвердить правильность разработанных теоретических положений по оценке эффективности теплообмена конвективных пакетов твёрдотопливных котлов в условиях запылённого потока дымовых газов (см. тему).

– Не представлено описание методики определения средней толщины отложений в численных моделях в программном комплексе *Ansys Fluent*, также не указано значение коэффициента теплопроводности отложений, принятого для вычисления коэффициента загрязнения.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их широкой известностью в научной и образовательной средах, в исследуемой предметной области, наличием опубликованных статей в ведущих рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК РФ, а также способностью определить научную и практическую значимость исследования, спецификой и актуальностью их основных научных работ.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны научно обоснованные конструктивные решения формы наружной поверхности труб конвективных пакетов, способствующие снижению интенсивности роста золовых отложений на наружной поверхности; численные модели образования золовых отложений с учетом схем размещения труб в конвективных пакетах котлов;

предложена гипотеза: определение коэффициентов загрязнения (термического сопротивления) для конвективных пакетов водотрубных котлов малой мощности при работе на твёрдых видах топлива, а также выявление формы поперечного сечения наружной поверхности труб позволит спрогнозировать рост отложений в процессе эксплуатации котлов;

доказана адекватность применения заданных граничных условий, модели дискретных фаз с учетом дополнительных сил, а также метода динамической сетки и подключаемых пользовательских функций при разработке численной модели образования золовых отложений в конвективных пакетах твердотопливного водотрубного котла малой мощности путем сравнения результатов численного моделирования и натурного эксперимента;

введены: экспериментальные зависимости толщины отложений от: местоположения конвективной трубки в ряду пучка (номера трубки), угла соответствующего точкам проведения измерений и расстояния от боковой стенки котла; уравнение регрессионной зависимости для коэффициентов загрязнения ϵ от расхода продуктов сгорания, формы поперечного сечения конвективных труб, шага труб и схемы размещения труб в пучке.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказаны положения, устанавливающие зависимости интенсивности формирования отложений загрязнений от режимных параметров работы котла, конструктивных параметров конвективных пакетов, характеристик твердого топлива. Разработана численная модель конвективных пакетов водотрубного котла малой мощности с использованием метода динамической сетки и пользовательских функций для задания граничных условий взаимодействия частиц со стенками. Установлена зависимость толщины натрубных отложений от геометрических характеристик поверхности конвективного пакета в пространстве; установлены зависимости коэффициента загрязнения от геометрических характеристик конвективных пакетов и режимного параметра работы котлов;

применительно к проблематике диссертации результативно использован комплекс современных численных методов исследования, который позволил определить особенности взаимодействия твердых частиц летучей золы с поверхностями конвективных трубок и оценить эффективность теплообмена конвективных пакетов водотрубного котла малой мощности при работе в условиях запыленного потока продуктов сгорания;

изложены: методика проведения натурного эксперимента по определению толщины натрубных отложений; методика построения численной модели образования золовых отложений с учётом схем размещения труб в конвективных пакетах котлов; методы получения регрессионных зависимостей толщины золовых отложений на поверхности конвективных трубок и коэффициент загрязнения ϵ ;

раскрыто влияние режимных параметров работы котла и геометрические характеристики конвективных пакетов на активность процессов роста сажистых и золовых отложений на наружных поверхностях труб конвективных пакетов;

изучены принципы моделирования процесса взаимодействия твердых золовых частиц со стенками теплообменных труб котла, которые обеспечивают точность описания газодинамических и теплообменных процессов при формировании слоя сажистых и золовых отложений на наружных поверхностях конвективных труб водотрубных котлов, закономерности влияния геометрических характеристик размещения конвективных трубок в пакетах на интенсивность образования отложений и величину коэффициента загрязнения ϵ ;

проведена модернизация инженерной методики для уточнения коэффициентов загрязнения ϵ в зависимости от режимных параметров работы котлов и характеристик конструкции конвективных пакетов.

Значения полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработана и внедрена усовершенствованная инженерная методика теплового расчета конвективных пакетов с вычислением значения коэффициента загрязнения ε по полученным в диссертационной работе зависимостям была внедрена в практику выполнения расчетов котельного оборудования компаний ООО «БАЛТКОТЛОМАШ» (г. Санкт-Петербург) и ООО «ТЕПЛОМЕХАНИКА» (г. Санкт-Петербург). Результаты диссертационной работы используются в учебном процессе на кафедре теплогазоснабжения и вентиляции ФГБОУ ВО «СПбГАСУ»;

определены формы профиля наружной поверхности золовых отложений на трубах в нижнем ряду трубок конвективных пакетов у двух водотрубных котлов типа КВу-1,0; пределы практического использования полученной регрессионной зависимости вычисления коэффициента загрязнения ε ;

создана численная модель конвективных пакетов, позволяющая учесть влияние направления движения потока продуктов сгорания, геометрических характеристик размещения трубок в пакетах, формы поперечного сечения наружной поверхности труб, а также режимных параметров работы котла на форму и интенсивность образования отложений золы на наружной поверхности конвективных труб и определять значение коэффициента загрязнения;

представлены рекомендации по повышению тепловой эффективности конвективных пакетов котлов, эксплуатирующихся в условиях запыленного потока дымовых газов.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ использовались методы исследований, опробованные в натурных обследованиях подобного оборудования для неразрушающего контроля толщины отложений загрязнений, с применением современных средств измерений; численные методы с применением программных комплексов и с учетом известных работ по осаждению частиц из потока, позволившие получить обоснованные и достоверные результаты;

теория основана на применении общепринятых научных подходов физико-математического описания газодинамических и теплообменных процессов при формировании слоя сажистых и золовых отложений на наружных поверхностях конвективных труб водотрубных котлов, методов численного моделирования; результаты согласуются с опубликованными данными экспериментальных исследований, полученных соискателем и другими авторами;

идея базируется на проведенном аналитическом обзоре научно-технической литературы, обобщающем фундаментальные и прикладные исследования отечественных и зарубежных ученых в области газодинамических и теплообменных процессов при формировании слоя сажистых и золовых отложений на теплообменных поверхностях, посвященных способам снизить активность роста сажистых и золовых отложений в процессе эксплуатации котлов;

использованы данные лабораторных и численных экспериментов, результаты научных исследований, полученные российскими и зарубежными учеными;

установлена сходимость данных численного моделирования и натурного обследования толщины слоя отложений нижнего ряда труб конвективного пакета;

использованы современные методики проведения исследований с применением современных средств измерений, сбора и статистической обработки получаемых данных при проведении натурных и численных экспериментальных исследований процесса формирования золовых отложений на наружных поверхностях конвективных труб водотрубного котла.

Личный вклад соискателя состоит в непосредственном участии автора на всех этапах исследования; в постановке задач диссертационного исследования и их решении; в исследовании и обобщении теоретических и

экспериментальных материалов по теме; выборе методики проведения натурного исследования и его проведения с последующей обработкой полученных данных; разработке численных моделей; формулировании выводов и методик, подготовке научных публикаций.

В ходе защиты были высказаны следующие критические замечания:

1. Вы рассматривали только сферические частицы?
2. Вопрос по выбору углей: у вас один вид угля используется и сравнивались ли разные виды углей?
3. Чем обусловлен выбор овоидальной формы? Вообще это яйцо напоминает.
4. На слайде 13 пропущена кинетическая энергия, и она у вас безразмерная?
5. У вас разработана численная модель и вы применяете стандартные типовые модели и их адаптируете к данному случаю, в чем ваш научный вклад при применении стандартных математических моделей?
6. Вы не рассматривали разные температуры в пакете? В пакете трубы имеют разную температуру за счет внутреннего потокораспределения в самом потоке.
7. Вопрос по слайду 11: чем отличается у вас вихревое осаждение от турбулентного осаждения? В чем разница? Почему вы его разделили?
8. В вашей работе учтен где-то масштаб турбулентности?
9. В регрессионной зависимости у вас коэффициент имеет пятый порядок точности после запятой, какой имеет смысл последняя цифра?

Соискатель Каштанов Д.И. ответил на задаваемые в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию:

1. Я для численной модели сделал допущение, что все частицы, запускаемые через входные границы численной модели, имеют сферическую форму.

2. Для сопоставления результатов по численному анализу и экспериментальному анализу я принял решение использовать характеристики угля «Длиннопламенный орех», который сжигается на двух котлоагрегатах, на которых я проводил натурное обследование.

3. В ходе литературного анализа в других исследованиях по тепловой эффективности и в исследованиях интенсивности образования золовых отложений у них были заявлены на 10–20% лучше показатели; и у них форма тыльной поверхности, она может позволить частицам даже скатываться с поверхности.

4. Да, критическая кинетическая энергия безразмерная в данной математической модели.

5. Я в программном комплексе Ansys Fluent использовал стандартные модели – это модель турбулентности $k-\omega$ и к ним собственноручно написанные макросы пользовательских функций взаимодействия частиц в момент контакта с поверхностью труб, которые определяют, прилипнет частица либо она отскочит от нее. В этом программном комплексе такие функции не предусмотрены, нужно писать макросы на языке C самим и подключать их; и также чтобы показать границы слоя золовых отложений нужно было тоже писать макросы пользовательских функций для динамической сетки, которая перестраивает в каждый момент времени сетку в зависимости от количества частиц, их массы на поверхности в каждой ячейке.

6. В данном диссертационном исследовании я их не рассматривал, но, конечно, их нужно рассмотреть вместе с фактором времени, но для этого, чтобы составить регрессионную зависимость, нужно соответственно пятифакторный, шестифакторный эксперимент проводить – чтобы понять зависимость от времени, какая будет толщина слоя золовых отложений спустя три часа, два часа; и для температурных условий тоже нужно дополнительные факторы вносить.

7. Я думаю, что турбулентное осаждение – это турбулентность самого потока, которая находится за кормовой поверхностью труб.

8. Да, в модели дискретных фаз.

9. Я последовательно подбирал, и при большем сокращении числа знаков не сходится с результатами.

На заседании 29 сентября 2026 года диссертационный совет принял решение – за решение научной задачи повышения эффективности теплообмена конвективных пакетов котлов в условиях запыленного потока, позволяющей определить значения коэффициентов загрязнения (термического сопротивления) в зависимости от конструкции конвективных пакетов и режимных параметров работы котлов, имеющей значение для развития строительной отрасли, присудить Каштанову Дмитрию Ивановичу ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 12 человек, из них 6 докторов наук по специальности 2.1.3 Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение, участвовавших в заседании, из 18 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за – 12, против – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Председатель
диссертационного совета

Ученый секретарь
диссертационного совета



Дацюк Тамара Александровна

Пухал Виктор Алексеевич

«29» сентября 2026 года