

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.286.02,

созданного на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Воронежский государственный технический университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации,

по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук

аттестационное дело № _____

Решение диссертационного совета от 08.04.2026 г., № 49

О присуждении Перепелице Никите Сергеевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Совершенствование теплообменных процессов в рекуперативных системах отведения дымовых газов от водогрейных котлов малой мощности» по специальности 2.1.3. Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение **принята к защите** 28 января 2026 года (протокол заседания № 48) **диссертационным советом 24.2.286.02, созданным на базе** федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Воронежский государственный технический университет» (ФГБОУ ВО «ВГТУ»), Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, 394006, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84, приказ о создании диссертационного совета № 378/нк от 27.04.2017 г.

Соискатель Перепелица Никита Сергеевич, 19 марта 1998 года рождения. В 2022 году **окончил** ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» с присвоением квалификации магистр по направлению подготовки 08.04.01 Строительство. С 2020 по 2024 г. **работал** в ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» в должности инженера кафедры «Теплогазоводоснабжение». С 2022 г. по настоящее время **работает** в ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» в должности преподавателя кафедры «Инфраструктурные теплоэнергетические системы» и обучается в аспирантуре по специальности 2.1.3 «Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение».

Диссертация выполнена в Юго-Западном государственном университете, Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, на кафедре «Инфраструктурные теплоэнергетические системы».

Научный руководитель – Ежов Владимир Сергеевич, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Юго-западный государственный университет», профессор кафедры «Инфраструктурные теплоэнергетические системы».

Официальные оппоненты:

Корниенко Сергей Валерьевич, советник РААСН, доктор технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет», кафедра «Архитектура зданий и сооружений», заведующий кафедрой

Ангелюк Илья Павлович, кандидат технических наук, институт «Академия строительства и архитектуры» ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», кафедра «Теплогазоснабжения, вентиляции, водоснабжения и водоотведения им. академика Б.И. Боровского», доцент

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский технический университет», **в своем положительном отзыве, подписанном** Толстым Михаилом Юрьевичем, кандидатом технических наук, доцентом, заведующей кафедрой «Инженерных коммуникаций и систем жизнеобеспечения», и утвержденным Кононовым Александром Матвеевичем, кандидатом геолого-минералогических наук, доцентом, проректором по научной работе, указала, что значимость результатов диссертационного исследования заключается в разработке комплекса математических моделей и алгоритмов, адекватно описывающих взаимосвязанные теплообменные, аэродинамические и термоэлектрические процессы в модифицированном рекуператоре коаксиального типа. Предложенные автором модели прошли экспериментальную верификацию, что подтверждает их корректность и возможность использования в научных исследованиях и инженерных расчётах. Полученные результаты работы могут быть использованы для модернизации существующих и проектирования новых энергоэффективных систем утилизации тепла дымовых газов.

Диссертационное исследование соответствует требованиям, изложенным в п.п. 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» (Постановление Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. №842 в действующей редакции с изменениями от 25 января 2025 г.), предъявляемым к работам, представленным на соиска-

ние ученой степени кандидата технических наук, а ее автор, Перепелица Никита Сергеевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.3. Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение.

Соискатель имеет 83 опубликованные работы, в том числе 23 работы опубликованы по теме диссертации, из них в ведущих рецензируемых научных журналах и изданиях, рекомендуемых ВАК РФ по специальности защищаемой диссертации, опубликованы 5 работ (за 2025 год категория К1 – 1 работа; 4 патента на полезную модель), 18 научных статей в прочих изданиях. В том числе 3 работы опубликованы в изданиях, индексируемых в базе данных Scopus, а также доложены и обсуждены на научных конференциях и семинарах.

В опубликованных статьях изложены основные научные результаты исследования. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

Публикации в ведущих рецензируемых научных изданиях, рекомендуемых ВАК

1. **Перепелица Н.С.** Анализ влияния пассивного метода интенсификации теплообмена в конструкции двухтрубных теплообменников / В. С. Ежов, Н. С. Перепелица // Научный журнал строительства и архитектуры. – 2025. – № 1(77). – С. 39-50. – DOI 10.36622/2541-7592.2025.77.1.004.

Публикации в изданиях, входящих в международную реферативную базу данных Scopus

1. **Perepelitsa N. S.** Experimental calculation of the main characteristics of thermoelectric EMF source for the cathodic protection station of heat supply system pipelines / V. S. Yezhov, N. E. Semicheva, A. P. Burtsev, N.S. Perepelitsa // Advances in Intelligent Systems and Computing. – 2021. – Vol. 1259. – P. 225-237. – DOI 10.1007/978-3-030-57453-6_19.

2. **Perepelitsa N. S.** Integrated Heat Recovery of Waste Gases and Ventilation Emissions in a Multilayer Plate Heat Exchanger / A. Burtsev, V. Yezhov, N. Semicheva, N. S. Perepelitsa, P. A. Akulshina // Modern Problems in Construction : Se-

lected Papers from MPC 2022, Kursk, 17–18 ноября 2022 года. – Kursk: Springer Nature Switzerland AG, 2024. – P. 1-8.

3. **Perepelitsa N. S.** Characterization of Thermoelectric Generators for Cathodic Protection of Pipelines of the City Heating / A.P. Burtsev, V.L. Yezhov, N.E. Semicheva, E. G. Pakhomova, N. S. Perepelitsa // International Scientific Conference Energy Management of Municipal Facilities and Sustainable Energy Technologies EMMFT 2018 : Серия: Advances in Intelligent Systems and Computing Volume 983, Voronezh and Samara, Russia, 10–13 декабря 2018 года. Vol. 2. – Cham: Springer, 2019. – P. 670-678. – DOI 10.1007/978-3-030-19868-8_65.

Объекты интеллектуальной собственности

1. Пат. 2833444 РФ, МПК H10N 10/00, H10N 10/80, F24H 3/02. Полифункциональный воздухоподогреватель для автономного теплогенератора / В.С. Ежов, Н.Е. Семичева, А.П. Бурцев, **Н.С. Перепелица**, ФГБОУ ВО ЮЗГУ. – 2024114472, заявл. 28.05.2024; опубл. 21.01.2025, Бюл. № 3.

2. Пат. 225005 РФ, МПК H10N 10/00. Комплексный воздухоподогреватель для автономного теплогенератора / **Н.С. Перепелица**, В.С. Ежов, Н.Е. Семичева, ФГБОУ ВО ЮЗГУ. – 2023126790, заявл. 19.10.2023; опубл. 11.04.2024, Бюл. №11.

3. Пат. 2830924 РФ, МПК F24H 3/00. Термоэлектрический воздухоподогреватель для автономного теплогенератора / В.С. Ежов, Е.Г. Пахомова, Н.Е. Семичева, **Н.С. Перепелица**, ФГБОУ ВО ЮЗГУ. – 2024100826, заявл. 28.08.2023; опубл. 26.11.2024, Бюл. № 33.

4. Пат. 2725303 РФ, МПК H01L 35/00, H01L 35/02, H01L 35/28. Термоэлектрический источник электроснабжения для автономного теплогенератора / В. С. Ежов, А. П. Бурцев, **Н. С. Перепелица**, ФГБОУ ВО ЮЗГУ. – 2019133525, заявл. 22.10.2019; опубл. 30.06.2020, Бюл. № 19.

На автореферат поступили 7 отзывов (все отзывы положительные), в них содержатся следующие **замечания**:

1. Саргсян Самвел Володяевич к.т.н., доцент, заведующий кафедрой «Теплогазоснабжения и вентиляции», ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет». Замечания: 1. В автореферате для объекта и предмета исследования нет чёткого

указания на конкретные диапазоны варьируемых параметров, что не позволяет однозначно определить границы применимости полученных результатов; 2. Во втором разделе, посвящённом конструктивным решениям, утверждается оптимальность пятиугольной формы, однако в автореферате не приведено краткое сравнительное обоснование этого выбора относительно других возможных конфигураций по ключевому для теплообмена критерию «эффективность/сопротивление»; 3. В автореферате не раскрыт принцип формирования матрицы планирования эксперимента, не приведены значения основных факторов на верхнем и нижнем уровнях; 4. В заключительной части автореферата не сформулированы явные ограничения проведённого исследования и не указаны конкретные, а не общие, направления для дальнейших работ (например, исследование динамических режимов или адаптация методики для кожухотрубчатых аппаратов); 5. В разделе, описывающем методологию, не проведено четкое разделение между методами, разработанными непосредственно автором, и методами, заимствованными из известных источников и применёнными в работе. Это не позволяет однозначно оценить степень авторского вклада в методологическую часть исследования.

2. Яворовский Юрий Викторович, к.т.н., доцент, заведующий кафедрой «Промышленные теплоэнергетические системы», ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ». Замечания: 1. Во втором разделе, посвящённом конструктивным решениям, выбор формы кожуха обоснован геометрической компактностью, но не подтверждён сравнительным анализом его тепловой и аэродинамической эффективности относительно других возможных форм в рамках единого критерия оптимизации; 2. В методологическом разделе исследования отмечено применение численных и экспериментальных методов, однако отсутствует конкретная информация об используемой инструментации, включая параметры используемой модели турбулентности и результаты статистической обработки данных; 3. В автореферате не приведены величины полученных погрешностей для каждого измеряемого параметра (температура, расход, мощность); 4. В автореферате отсутствует указание на принятые в работе допущения и ограничения математической модели, такие как стационарность режима работы,

постоянство теплофизических свойств материалов и пренебрежение влажностью теплоносителей, что не позволяет чётко определить область корректного применения полученных результатов; 5. Необходимо пояснить, каким образом при применении модифицированного теплообменника, экологический эффект при замене природного газа на уголь повышается в 18,5 раз (практическая значимость п.2).

3. Кочев Алексей Геннадьевич, д.т.н., профессор, член-корреспондент РААСН, заведующий кафедрой «Теплогазоснабжение», ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет». Замечания: 1. В автореферате не представлены в должной мере критерии подобия изучаемых процессов теплообмена; 2. В разделе «Методология и методы исследования» указано на применение численных и экспериментальных подходов, однако требует конкретизации используемых инструментарий, включая обоснование выбранных моделей турбулентности для CFD-анализа течений в каналах сложной геометрии и детализацию протоколов статистической обработки данных.

4. Мартыанова Анна Юрьевна, к. т. н., доцент, доцент кафедры «Теплогазоснабжение и вентиляция», ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет». Замечания: 1. При проведении технико-экономического обоснования эффективности внедрения установлен единый срок окупаемости (6,4 года) для г. Курска. Для более полной оценки инвестиционной привлекательности разработки требуется анализ чувствительности этого показателя к вариациям ключевых входных параметров: тарифам на электроэнергию и газ, стоимости оборудования, а также к изменению климатических условий (например, количеству градусо-суток отопительного периода) в различных регионах РФ. Наличие такого анализа повысило бы универсальность и практическую ценность экономических выводов работы; 2. Влияние возможного загрязнения внутренних поверхностей продуктами сгорания на долгосрочные теплотехнические и гидравлические характеристики системы является значимым эксплуатационным фактором. Предусмотрены ли в предложенной конструкции или методике её обслуживания инженерные решения, направленные на минимизацию данного влияния и обеспечение стабильности параметров?

5. Литвинова Наталья Анатольевна, д. т. н., доцент, профессор кафедры «Техносферная безопасность», ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет». Замечания: 1. В представленных материалах недостаточно полно отражены принятые в исследовании допущения и ограничения математической модели. В частности, в автореферате отсутствует явное указание на такие принципиальные допущения, как стационарность рассматриваемых тепловых режимов, постоянство теплофизических свойств материалов конструкционных слоев в исследуемом температурном диапазоне, а также пренебрежение влиянием возможной конденсации влаги из дымовых газов.

6. Ильин Роман Альбертович, к.т.н., доц., заведующий кафедрой «Теплоэнергетика и холодильные машины», ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет». Указывается, что существенных замечаний по работе не имеется.

7. Зиганшин Арслан Маликович, д.т.н., доцент, заведующий кафедрой «Информационные системы и технологии в строительстве», ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет». Замечания: 1. По автореферату неясно, учитывалось ли влияние увеличения сопротивления дымовых каналов на тягу и как это согласовывается с правилами безопасной эксплуатации газоиспользующего оборудования? 2. При перечислении учёных, занимавшихся и занимающихся указанными проблемами, все же рекомендуется расстановка их по значимости вклада в науку, что покажет осведомленность соискателя и хорошую проработку существующих в этих направлениях исследований; 3. Не ясна экономическая целесообразность при сравнении с отдельными: рекуперацией тепла и выработкой электричества. Какая область применения таких устройств? 4. Учитывался ли в численной модели теплосъем элементов Пельтье? Если да, то как? Если нет, то это существенно искажает всю картину течения и теплообмена и может изменить сделанные выводы; 5. Стр. 11 зависимости (рис. 8) лучше представлять в безразмерных величинах. Кроме того, раз идет речь о теплообмене, важным будет определение зависимостей для коэффициентов теплоотдачи или в критериальной форме Nu от Re , Pr ; 6. Стр. 11 ф.1 - в формуле Q к Пельтье, а в подписи P - количество электроэнергии. Не ясно, как определялось количество тепла,

как переводилось количество электроэнергии в количество тепла? Можно ли напрямую складывать тепло и электричество? Имеющаяся в подписи Q_k - не участвует в формуле.

Выбор официальных оппонентов обоснован их высокой компетентностью в области теплоэнергетики и энергосбережения в системах теплоснабжения, наличием публикаций в соответствующей сфере исследования, а также их согласием.

Выбор ведущей организации обоснован ее широкой известностью своими достижениями в области моделирования, проектирования, обследования, испытания и совершенствования систем теплоснабжения и способностью определить научную и практическую ценность диссертации, а также её согласием.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

– **предложен** модифицированный двухтрубный теплообменник с интегрированным когенерационным модулем, обеспечивающим комбинированную рекуперацию тепловой и генерацию электрической энергии;

– **уточнена** модель расчета тепловых и аэродинамических процессов, учитывающая изменение температур теплоносителей по длине аппарата, теплообмен через многослойную стенку и термоэлектрическое преобразование;

– **выполнены** экспериментальные исследования на разработанной лабораторной установке, полностью соответствующей расчетным моделям. **Проведена** статистическая обработка данных, подтвердившая адекватность теоретической модели с погрешностью, не превышающей 10%;

– **предложен** алгоритм расчета, позволяющий определять теплофизические и аэродинамические параметры модифицированного теплообменника для заданных режимов работы, что составляет основу методики его проектирования;

– **проведен** комплексный технико-экономический анализ, позволивший определить срок окупаемости опытного образца (6,4 года для г. Курска), энергетические показатели эффективности и количественный экологический эффект от внедрения.

Все научные результаты диссертации обладают новизной.

Теоретическая значимость результатов исследования обоснована тем, что:

– **представлены** теоретические модели и алгоритмы, описывающие взаимосвязанные теплообменные, аэродинамические и термоэлектрические процессы в модифицированном рекуператоре коаксиального типа с термоэлектрическими модулями Пельтье. Модели учитывают специфику сложной геометрии межтрубного канала, наличие теплопроводящей прослойки и позволяют прогнозировать распределение температурных полей, скоростей и генерируемой электрической мощности;

– **изложен** алгоритм расчета эквивалентного диаметра для канала, образованного пятиугольным кожухом в межтрубном пространстве, который позволяет адекватно оценивать термическое сопротивление и потери давления в подобных модернизированных конструкциях, дополняя методический аппарат для теплообменников нестандартной формы;

– **представлены** регрессионные зависимости, количественно описывающие влияние ключевых режимных параметров (температуры дымовых газов и скорости приточного воздуха) на тепловую эффективность как базового, так и модифицированного рекуператора. Полученные уравнения представляют собой формализованную математическую модель отклика системы, используемую в работе для анализа и выбора конструктивных и теплотехнических параметров;

– **установлены** сравнительные теплофизические и аэродинамические характеристики базового и предложенного теплообменников. Доказано, что модификация приводит не только к интенсификации теплообмена, но и к изменению структуры течения и росту аэродинамического сопротивления, что составляет основу для комплексной оценки эффективности системы;

– проведенная верификация математических моделей и CFD-расчетов по результатам натурных испытаний подтвердила их достоверность, **создав** основу для использования разработанного комплекса моделей в качестве инструмента для теоретических исследований и инженерного проектирования аналогичных комбинированных систем.

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

– **разработан** и апробирован на практике алгоритм расчета, позволяющий проектировать модифицированные двухтрубные теплообменники (МДТ) с когенерационными модулями для конкретных условий эксплуатации в системах децентрализованного теплоснабжения;

– **установлены** и количественно обоснованы технико-экономические преимущества предложенной конструкции. В частности, доказано, что при работе на твердом и жидком топливе срок окупаемости в 5 раз ниже, чем при использовании природного газа;

– полученные результаты **внедрены** в учебный процесс ФГБОУ ВО «ЮЗГУ» и в практику проектирования ООО «Праймкей» и ОБУ «Курскгражданпроект» (г. Курск), и **защищены** патентами, что подтверждает их практическую востребованность и соответствие критериям новизны.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

– **для проведения экспериментальных исследований** использовалось аттестованное измерительное оборудование, а применяемые методики испытаний обеспечивали допустимую степень точности. Воспроизводимость и надежность результатов подтверждены планированием и статистической обработкой эксперимента с проверкой однородности дисперсий, значимости коэффициентов и адекватности моделей по критериям Кохрена, Стьюдента и Фишера;

– **теория** базируется на фундаментальных законах и принципах теплообмена, аэродинамики и термоэлектричества. Адекватность разработанного комплекса математических моделей и методов численного моделирования подтверждена путем верификации, так как результаты CFD-расчетов в среде SolidWorks Flow Simulation показали соответствие с данными натурных испытаний физических образцов в рамках допустимой погрешности (не более 10%);

– **идея** и направления модернизации теплообменника сформулированы на основе анализа современных отечественных и зарубежных научно-технических решений в области рекуперации низкопотенциальной теплоты и применения термоэлектрических модулей. Основные допущения, принятые при разработке моделей и методик расчета, не противоречат известным теоретическим положениям;

– **использован** комплекс методов: численное компьютерное моделирование, натурный эксперимент на специально созданном стенде, а также статистический регрессионный анализ. На основе экспериментальных данных стандартными методами построены и верифицированы уравнения регрессии, описывающие влияние режимных параметров на эффективность системы;

– **установлено**, что определенный автором характер роста аэродинамического сопротивления и зависимость эффективности теплообмена от скорости потока соответствуют классическим представлениям о теплообмене в каналах.

В диссертации не используются недоказанные научные положения.

Личный вклад соискателя состоит в:

– формулировке цели, задач и выборе методов диссертационного исследования;

– проведении комплексного аналитического обзора отечественных и зарубежных научно-технических источников по проблеме утилизации низкопотенциального тепла дымовых газов и применения когенерационных модулей в рекуперативных системах;

– разработке численной модели взаимосвязанных теплообменных, аэродинамических и термоэлектрических процессов в модифицированном двухтрубном теплообменнике;

– планировании, выполнении и анализе результатов численного моделирования (CFD-анализа) тепловых и аэродинамических характеристик базовой и модифицированной конструкции в среде SolidWorks Flow Simulation;

– организации, проведении и статистической обработке данных натурального эксперимента на специально созданном лабораторном стенде, включая верификацию математических моделей с получением количественных зависимостей эффективности системы от режимных параметров;

– анализе, систематизации и обобщении всех полученных теоретических, численных и экспериментальных результатов.

В ходе защиты диссертации критических замечаний не было высказано.

Соискатель Перепелица Н. С. ответил на заданные ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию значимости и новизны проведенных исследований, а также обоснованности и достоверности полученных результатов.

На заседании 08.04.2026 г. диссертационный совет принял решение присудить Перепелице Никите Сергеевичу ученую степень кандидата технических наук за решение научной задачи, имеющей существенное значение для развития теплоэнергетического комплекса и жилищно-коммунального хозяйства, заключающейся в разработке теоретических положений и математической модели взаимосвязанных тепловых и аэродинамических характеристик модифицированных двухтрубных рекуператоров с когенерационными модулями, позволяющей значительно повысить эффективность утилизации низкопотенциального тепла дымовых газов в системах децентрализованного теплоснабжения.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 9 человек, из них 5 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 12 человек, входящих в состав совета, проголосовали: «за» – 9, «против» – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель
диссертационного совета
Ученый секретарь
диссертационного совета



Козлов В.А.

Чуйкин С.В.

08 апреля 2026 г.