

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.491.02,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»,
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 11 июня 2026 г. №5/26

О присуждении Начкебия Наталье Сергеевне, гражданке Российской Федерации, учёной степени кандидата технических наук.

Диссертация «Обоснование параметров теплообменных насадок компактных регенеративных горелок» по специальности 2.4.6. Теоретическая и прикладная теплотехника (технические науки) принята к защите 17 марта 2026 г. (протокол заседания № 3/26) диссертационным советом 24.2.491.02, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донецкий национальный технический университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 283001, г. Донецк, ул. Артема, 58, приказ № 245/нк от 20.03.2024 г.

Соискатель Начкебия Наталья Сергеевна, 15 июня 1988 года рождения.

В июне 2010 г. соискатель окончила «Донецкий национальный технический университет» получила диплом специалиста по специальности «Промышленная теплотехника» с присвоением квалификации инженера-теплотехника. С октября 2010 г. по май 2012 г. работала инженером в ООО «Украинский институт энергоэффективности и низкоуглеродных технологий», с июня 2012 г. по сентябрь 2013 г. работала в ООО «Фаворит Инвест». С сентября 2013 г. по ноябрь 2021 г. работала инженером на кафедре «Техническая теплофизика» Донецкого национального технического университета. С января 2022 г. поступила в аспирантуру на очную форму обучения. В декабре 2025 г. окончила аспирантуру ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет» по специальности 2.4.6. Теоретическая и прикладная теплотехника (технические науки).

С 2024 г. работает младшим научным сотрудником молодежной научной лаборатории «Приборостроение и станкостроение» ДонНТУ и с 2025 г. ассистентом кафедры «Техническая теплофизика» ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет».

Диссертация выполнена в ФГБОУ ВО «ДонНТУ» Минобрнауки РФ на кафедре «Техническая теплофизика».

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор Бирюков Алексей Борисович, проректор, заведующий кафедрой «Техническая теплофизика» ФГБОУ ВО «ДонНТУ».

Официальные оппоненты: Кудинов Василий Александрович – доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой «Теоретические основы теплотехники и гидромеханика» (ТОТИГ), вед. науч. сотр. молодёжной лаборатории "Молодёжная опытно-промышленная лаборатория "Нефтегазовые технологии производства водорода и графита" ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», г. Самара; Покинтелица Елена Анатольевна – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Физика и прикладная химия» «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры» – филиал ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», г. Макеевка – дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань, в своем положительном отзыве, подписанном Дмитриевым Андреем Владимировичем, заведующим кафедрой «Автоматизация технологических процессов и производств», указывает, что диссертация Начкебия Н.С. «Обоснование параметров теплообменных насадок компактных регенеративных горелок» является законченной научно-исследовательской работой, в которой решена актуальная научно-техническая задача, имеющая важное значение для повышения энергоэффективности высокотемпературных нагревательных печей, заключающаяся в определении рациональных конструктивных и технологических параметров теплообменной шариковой насадки компактной регенеративной горелки. Диссертация отвечает требованиям Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842 с изменениями (ред. от 16.10.2024), а именно пунктам 9, 10, 11, 12.1, 13, 14, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор Начкебия Наталья Сергеевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.6. Теоретическая и прикладная теплотехника (технические науки).

Соискатель имеет 14 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 14 работ, из них: 3 работы в изданиях, включенных в перечень ВАК РФ; 8 – по материалам научных конференций.

Наиболее значимые работы по теме диссертации.

В работе «Уточнение инженерной методики определения основных параметров шариковой теплообменной насадки регенеративной горелки» / Н.С. Начкебия, А.Б. Бирюков // Вестник Донецкого национального университета. Серия Г: Технические науки. – 2025. – № 4. – С. 226-231. – представлена усовершенствованная инженерная методика, основанная на математической модели теплообменных процессов в шариковой регенеративной насадке, верифицированной экспериментально. В известную методику внесено уточнение, связанное с определением величины действующего температурного напора между продуктами сгорания и материалом насадки. Результатом является методика, позволяющая с достаточной точностью проводить предпроектный тепловой расчет теплообменных насадок регенеративных горелок (всего: 0,39 п. л., авторский вклад 0,22 п. л.).

В работе «Определение закона изменения температуры продуктов сгорания на выходе из регенеративной насадки» / А.Б. Бирюков, Н.С. Начкебия // Промышленная энергетика. – 2025. – № 10. – С. 35-43. – рассмотрено решение задачи определения закона изменения во времени температуры продуктов сгорания на выходе из регенеративной насадки, установлено, что искомая зависимость носит логарифмический характер. Для привязки зависимости к конкретным условиям введён коэффициент, представляющий собой отношение характерных перепадов температур в степени k_d . Выявлена зависимость рассматриваемого параметра от четырёх критериев подобия, характеризующих процесс (всего: 0,63 п. л., авторский вклад 0,33 п. л.).

В работе «Моделирование температурного поля насадок регенеративных горелок» / Н.С. Начкебия, А.Б. Бирюков, Я.Ю. Асламова // Вестник Донецкого национального университета. Серия Г: Технические науки. – 2024. – № 4. – С. 234-241. – представлена математическая модель для расчета температурных полей шариковой регенеративной насадки регенеративной горелки. В результате расчетов были получены данные распределения температур в теплоаккумулирующем слое насадки, и изменение во времени температур горячего и холодного теплоносителей. Полученные данные соответствуют практическому опыту применения регенеративных горелок и могут считаться достоверными (всего: 0,38 п. л., авторский вклад 0,18 п. л.).

В работе «Определение оптимального времени перекидки клапанов компактных регенеративных горелок» / Бирюков А.Б., Начкебия Н.С. // Энергетические системы. – 2025. – № 4. – С. 46-51. – предложена уточнённая методика определения коэффициента использования топлива (КИТ) и оптимального времени перекидки клапанов печной системы на базе компактных регенеративных горелок. Уточнение закона изменения температуры дымовых газов приводит к заметным изменениям в результаты расчёта КИТ и

оптимального времени переключения клапанов. Применение предложенной методики способствует более обоснованному выбору режима работы регенеративных горелок, что важно для повышения энергоэффективности, экономии топлива и продления ресурса клапанных механизмов на промышленных печах (всего: 0,39 п. л., авторский вклад 0,24 п. л.).

В диссертационной работе отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем учёной степени работах, в которых изложены основные результаты диссертации.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается: их высокой компетентностью в области научно-практических исследований в области теплотехники, наличием публикаций в соответствующих сферах исследования в ведущих научных изданиях РФ, достижением ими ряда фундаментальных результатов в области знаний, по которой происходила защита, значительным опытом в научно-исследовательской работе и подготовке научных кадров, наличием ученых степеней.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы в количестве 10 (все положительные), где приведены следующие замечания:

1. Отзыв ведущей организации – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань.

1.1) При составлении математической модели не рассмотрены особенности аэродинамической картины течения газообразных сред через слой засыпки.

1.2) Для получения информации о деталях протекания теплообменных и аэродинамических процессов в насадке целесообразно было бы использовать современные средства вроде ANSYS, Kompas Flow и т.д.

1.3) В результате потери части теплоты через корпус насадки температурное поле в поперечных сечениях становится неравномерным. Насколько обоснованным является допущение об идентичности температурного состояния всех шариков насадки в пределах каждого условно выделенного слоя?

1.4) При работе печи периодического действия в течение нагрева изменяется температура в печном пространстве. В предложенной расчетной методике расчет ведется для одного значения температуры печного пространства. Следовало бы предусмотреть процедуру расчетной проверки эффективности работы горелки при изменении температуры в печном пространстве.

1.5) Для согласования результатов математической модели и упрощенной расчетной методики вводится поправочный коэффициент b к среднеарифметическому температурному напору. Получена квадратичная

зависимость $b = f(\Delta t)$. Не приводит ли использование этого коэффициента, определенного для конкретного диапазона высот насадки (0,4-0,9 м), к потере универсальности методики при переходе к другим масштабам горелок.

1.6) Учитывалось ли при определении рационального диапазона времени переключения клапанов увеличение механического износа клапанного механизма при слишком частых переключениях?

1.7) В качестве теплоаккумулирующего элемента в работе рассматривается шариковая засыпка. В современной практике также применяются керамические насадки с каналами сложной геометрии. Обоснован ли выбор шариковой насадки с точки зрения достижения максимальной компактности и эффективности? Можно ли распространить полученные зависимости на другие типы насадок?

2. Отзыв официального оппонента – доктора физико-математических наук, профессора, заведующего кафедрой "Теоретические основы теплотехники и гидромеханика" (ТОТИГ), вед. науч. сотр. молодёжной лаборатории "Молодёжная опытно-промышленная лаборатория "Нефтегазовые технологии производства водорода и графита" СамГТУ **Кудинова Василия Александровича, г. Самара.**

2.1) Исследование ограничено шариковыми засыпками, хотя современные насадки могут быть выполнены из стержней, сотовых конструкций и т. д. Этот аспект не рассмотрен.

2.2) В работе использованы шарики диаметром 20 мм из корунда (основной материал) и стекла (для эксперимента), но отсутствует анализ влияния других диаметров (10, 15, 25 мм) на ключевые параметры: высоту насадки, гидравлическое сопротивление, время перекидки. Вывод о рациональном диапазоне H/D сделан без учёта возможного изменения диаметра шариков, хотя это критически важный конструктивный параметр.

2.3) Экспериментальная установка имитирует только дымовую фазу работы регенеративной горелки, но не учитывает воздушную фазу.

2.4) При моделировании и расчётах использованы теплофизические характеристики только корунда. Целесообразно было бы провести аналогичные расчёты для других материалов.

2.5) В диссертации сравнение полученных зависимостей проведено лишь с гипотетическими формулами из методики и собственными экспериментами. Отсутствует сопоставление с результатами других известных моделей, включая современные подходы (метод конечных элементов, CFD-моделирование), упомянутые в обзоре литературы.

3. Отзыв официального оппонента – кандидата технических наук, доцента, доцента кафедры «Физика и прикладная химия» «Донбасская

национальная академия строительства и архитектуры» – филиал ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», Покинтелицы Елены Анатольевны, г. Макеевка.

3.1) В работе не уделено внимание альтернативным насадкам с фазовым переходом. В разделе 1.2 автор кратко упоминает исследования материалов с плавким ядром, но в дальнейшем полностью сосредотачивается на классических керамических шариках. В диссертации отсутствует сравнительный анализ эффективности шариковой насадки и насадки с фазовым переходом для одних и тех же условий работы регенеративной горелки.

3.2) Не учтена возможность деградации материала насадки при циклических термических ударах. Автор предполагает постоянство теплофизических свойств шариков (теплоёмкости, теплопроводности, плотности) на протяжении всего срока службы. Однако на практике даже корундовые шарики подвержены микротрещинообразованию, спеканию и изменению порозности после нескольких тысяч циклов нагрева-охлаждения.

3.3) В литературном обзоре указано на возможность проблем, связанных с засорением насадок. При составлении математической модели и методик не предусмотрена возможность учета этого явления.

3.4) Не рассмотрены насадки с комбинированной засыпкой (разные диаметры шариков или смесь шариков с плавким ядром). Между тем, добавление мелких шариков (или микрокапсул с фазовым переходом) в промежутки между крупными может существенно увеличить удельную поверхность теплообмена и аккумулирующую способность без значительного роста гидравлического сопротивления.

4. Отзыв на автореферат Бухмирова Вячеслава Викторовича, доктор технических наук, профессора по научной специальности: 05.16.02 - Metallurgy of black metals, профессора кафедры «Теоретические основы теплотехники», ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина», 153003, Центральный федеральный округ, Ивановская область, город Иваново, улица Рабфаковская, дом 34

4.1) В тексте автореферата часто используется термин «рациональный» режим, «рациональная» конструкция и т.п. Следует пояснить в чем отличие «рациональных» параметров от оптимальных?

4.2) Непонятна цель определения аппроксимирующих зависимостей температуры воздуха и газа на выходе из насадки? Такой прием используют для аппроксимации результатов расчета, полученных по сложным детерминированным математическим моделям, реализация которых требует значительных вычислительных средств и времени счета. Одномерную

балансовую математическую (модель тепловой работы регенератора, разработанную соискателем, вряд ли можно отнести к таким сложным моделям.

4.3) Следует пояснить расчет радиационного теплообмена в шариковой насадке при нагреве насадки продуктами сгорания (дымом)? Формула Китаева-Фурнаса позволяет находить только конвективную составляющую внешнего теплообмена.

4.4) Прямое моделирование «дымовой» стадии нагрева шариковой насадки регенератора в лабораторной установке воздухом нельзя считать корректным.

5. Отзыв на автореферат Жукова Петра Игоревича, кандидата технических наук по научной специальности: 1.2.2. - Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ, ведущего научного сотрудника кафедры «Автоматизированных и информационных систем управления им. Ю. И. Еременко», СТИ НИТУ «МИСИС», 309516 Белгородская область, г. Старый Оскол, микрорайон Макаренко, д.42.

5.1) В тексте автореферата при описании формулы (12) и последующих критериальных уравнений следовало бы более подробно пояснить физический смысл критерия W и его влияние на процессы теплообмена, так как он является менее распространенным, чем числа Re и Bi .

5.2) Из автореферата не совсем ясно, учитывалась ли в математической модели возможная засоряемость насадки или изменение теплофизических свойств материалов в процессе длительной эксплуатации, что могло бы повлиять на заявленные рациональные диапазоны параметров.

6. Отзыв на автореферат Картавцева Сергея Владимировича, доктора технических наук, профессора по научной специальности: 05.14.04 - Промышленная теплоэнергетика, профессора кафедры теплотехнических и энергетических систем ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. П. И. Носова», 455000, РФ, Челябинская обл., г. Магнитогорск, пр. Ленина, д. 38.

6.1) Стр. 4. Тема и содержание диссертации соответствует пункту 10 «Теоретические аспекты и методы интенсивного энергосбережения...». Какие элементы методологии интенсивного энергосбережения использованы в работе?

6.2) Стр. 6: Реализовано решение данного уравнения численным методом. Каким образом был реализован вычислительный процесс?

6.3) Стр. 14. Как рассчитывался коэффициент использования топлива (КИТ)?

7. Отзыв на автореферат Максимовой Александры Юрьевны, кандидата технических наук по научной специальности: 05.13.06 - Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами, заведующей лабораторией

интеллектуальных систем ФГБНУ «Институт прикладной математики и механики», 283048, Донецкая Народная Республика, г. Донецк, ул. Розы Люксембург, д. 74.

7.1) Нагрев воздуха, идущего на горение, до высоких температур, приводит к интенсификации образования оксидов азота. В описании основных разделов в автореферате не указано, учтены ли при проектном расчете горелки какие-либо мероприятия, нивелирующие этот эффект.

7.2) Следовало бы акцентировать внимание на пояснении необходимости создания инженерной методики расчета насадок регенеративных горелок. Ведь значительная часть вопросов может быть решена при помощи разработанной и верифицированной математической модели.

7.3) Требуется пояснения вопрос о выборе рационального значения падения давления при прохождении газообразных сред через насадку.

8. Отзыв на автореферат Пера Максима Александровича, директора по производству филиала №2 ООО «ЮГМК-Донецк», «Енакиевский металлургический завод», 286402 Донецкая Народная Республика, г. Енакиева, пр-т Металлургов, д. 9.

8.1) В работе не приведены значения критерия Био для дымового и воздушного периодов для характеристики термических свойств элементов насадки.

8.2) Целесообразно было бы выполнить сравнение определенных при помощи расчетной методики параметров регенеративных горелок с характеристиками реального оборудования иностранного производства.

9. Отзыв на автореферат Трубаева Павла Алексеевича, доктора технических наук по научным специальностям 05.13.08 - Процессы и аппараты химической технологии и 05.13.11 - Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов, доцент, профессор кафедры Энергетики теплотехнологий ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова», 308012, Белгородская область, г. Белгород, ул. Костюкова 46.

9.1) В автореферате не показано, почему для исследования теплообменных процессов в шариковой насадке компактной регенеративной горелки использовалась именно явная конечно-разностная схема?

9.2) В автореферате диссертации не указаны критерии подобия, на основании которых проводился физический эксперимент и сопоставление данных.

10. Отзыв на автореферат Фомина Андрея Вячеславовича, кандидата технических наук по научной специальности: 05.13.06 - Автоматизация технологических процессов и производств, главный специалист по АСУТП

прокатного производства ООО «Джей Эс Эй Групп», 121609. г. Москва. Рублевское шоссе, д. 28. ООО «Джей Эс Эй Групп».

10.1) Ограничение типа насадки. Исследование проведено только для шариковой насадки. Не ясно, насколько полученные критериальные уравнения и выводы о рациональном H/D применимы к насадкам другой формы (например, сотовым, пластинчатым или с упорядоченной структурой)?

10.2) В диссертации практически все результаты получены для случая использования корунда в качестве материала теплоаккумулирующих шариков. Возможно, при использовании шариков из материалов с существенно более высокой теплопроводностью, были бы получены отличающиеся результаты и несколько иные закономерности.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается: их высокой компетентностью в области научно-практических исследований в области теплотехники, наличием публикаций в соответствующих сферах исследования в ведущих научных изданиях РФ, достижением ими ряда фундаментальных результатов в области знаний, по которой происходила защита, значительным опытом в научно-исследовательской работе и подготовке научных кадров, наличием ученых степеней.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

установлены закономерности изменения температур воздуха и продуктов сгорания на выходе из теплообменной насадки, доказано, что закономерность изменения температуры продуктов сгорания в «дымовую» фазу имеет логарифмический характер;

предложена методика определения параметров шариковой теплообменной насадки компактной регенеративной горелки, отличающаяся впервые подтвержденными закономерностями изменения температуры воздуха и продуктов сгорания, позволяющая оптимизировать работу регенеративной горелки в конкретном производственном процессе;

впервые установлена зависимость величины параметра изменения температуры продуктов сгорания на выходе из насадки от различных факторов в виде критериального уравнения;

определена оптимальная продолжительность фаз исходя из максимального значения коэффициента использования тепла топлива;

даны рекомендации для выбора времени переключения клапанов при смене фаз работы компактной регенеративной горелки.

Теоретическая значимость обоснована тем, что:

решена задача определения рациональных технологических (времени перекидки клапанов) и конструктивных параметров (высоты засыпки, диаметр и

масса насадки) теплообменной насадки компактной регенеративной горелки для обеспечения энергоэффективной работы конкретного производственного процесса;

раскрыта зависимость изменения температуры продуктов сгорания и воздуха на выходе из компактной насадки регенеративной горелки, предложены критериальные уравнения для определения параметров этих зависимостей;

изложены результаты экспериментальных и модельных исследований теплообменных процессов теплообменной насадки компактной регенеративной горелки;

установлены диапазоны рациональных значения геометрических параметров и времени длительности фаз (перекидки клапанов) для ряда мощностей модельной линейки регенеративных горелок;

усовершенствованы расчетные методики определения рациональных параметров теплообменных насадок регенеративных горелок.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики заключается в том, что:

разработан программный комплекс для моделирования теплообменных процессов теплообменной насадки компактной регенеративной горелки;

разработаны рекомендации относительно определения рациональных геометрических параметров теплообменной насадки компактной регенеративной горелки и продолжительности фаз (перекидки клапанов);

разработанные методики приняты к применению при модернизации отопительной системы печей кузнечно-прессового цеха ООО «НПО «Ясиноватский машиностроительный завод».

Оценка достоверности результатов исследований

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается корректностью формулировки математического описания задачи и согласованностью результатов экспериментов и математического моделирования при решении задач в компьютерной среде с применением специализированного программного обеспечения.

Личный вклад соискателя заключается в обосновании идеи работы и ее реализации, цели и задач работы, в выборе методов и направлений исследований, выполнении теоретических, аналитических и экспериментальных исследований, разработке положений и рекомендаций по использованию результатов работы.

В ходе защиты диссертации задано 25 вопросов, высказаны следующие критические замечания:

- Стоило бы зависимости для определения рациональных параметров компактных регенеративных горелок представить в виде критериальных уравнений.

- Производился ли расчет экономического эффекта в Ваттах или Джоулях?

Соискатель Начкебия Наталья Сергеевна ответила на задаваемые ей в ходе заседания вопросы и привела собственную аргументацию. На критические замечания даны следующие ответы:

- Рациональные конструктивные параметры теплообменных насадок компактных регенеративных горелок предложено, для каждого конкретного случая, определять при помощи усовершенствованной расчетной методики, а не критериальных уравнений.
- Окончательные результаты расчета экономического эффекта приведены только в рублях и м³ природного газа/цикл нагрева. Естественно, в промежуточных расчетах использовалась и экономия энергии в Джоулях.

На заседании 11 июня 2026 г. диссертационный совет 24.2.491.02 принял следующее заключение: за решение актуальной научно-технической задачи, имеющей важное отраслевое значение, заключающейся в повышении эффективности работы высокотемпературных печей путем научного обоснования параметров теплообменных насадок компактных регенеративных горелок при помощи разработанной методики определения их рациональных параметров в промышленных условиях, присудить Начкебия Наталье Сергеевне ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 19 человек, из них 4 доктора наук по рассматриваемой специальности 2.4.6. Теоретическая и прикладная теплотехника (технические науки), участвующих в заседании, из 25 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 19, против – 0, не розданных бюллетеней – 6, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель

диссертационного совета 24.2.491.02
д-р техн. наук, профессор

С.А. Калякин

Ученый секретарь

диссертационного совета 24.2.491.02
д-р техн. наук, доцент

В.О. Гутаревич

11 июня 2026 г.