

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.310.02,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ» МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПО
ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЁНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 6 октября 2026 г., №6

О присуждении Терехину Алексею Павловичу, гражданину Российской Федерации, учёной степени кандидата технических наук.

Диссертация «Повышение энергоэффективности Архангельской области путем увеличения надежности работы котлоагрегатов с кипящим слоем» по специальности 2.4.5 – «Энергетические системы и комплексы» принята к защите 2 июня 2026 г. (протокол заседания № 4) диссертационным советом 24.2.310.02, созданным на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский государственный энергетический университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, 420066, г. Казань, ул. Красносельская, д. 51, приказ № 1181/нк от 12.10.2022 г.

Соискатель Терехин Алексей Павлович, 04.09.1998 года рождения, в 2022 г. окончил Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Северный (Арктический) Федеральный Университет имени М.В. Ломоносова» по специальности «Теплоэнергетика и теплотехника», Министерство образования Российской Федерации (диплом магистра №102924 5699114 рег. №11-0034/2022 от 30.06.2026).

В 2026 г. окончил очную аспирантуру при ФГАОУ ВО «Северный

(Арктический) Федеральный Университет имени М.В. Ломоносова» (свидетельство об окончании аспирантуры №102924 0008147 рег. №11-0034/2022 от 30.06.2026).

Работает в должности начальника смены станции ТЭС-3 АО «Архангельского ЦБК» (г. Новодвинск, Архангельская обл.), по совместительству работает ассистентом кафедры «Теплоэнергетики и теплотехники» Высшей школы энергетики, нефти и газа и младшим научным сотрудником лаборатории использования альтернативных источников энергии в Арктической зоне Российской Федерации Федерального Государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Северный (Арктический) Федеральный Университет имени М.В. Ломоносова», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре «Теплоэнергетики и теплотехники» Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Северный (Арктический) Федеральный Университет имени М.В. Ломоносова», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – Марьяндышев Павел Андреевич, доктор технических наук, доцент ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) Федеральный Университет имени М.В. Ломоносова», первый проректор по стратегическому развитию и науке, и.о. заведующего кафедрой «Теплоэнергетики и теплотехники» Высшей школы энергетики нефти и газа.

Официальные оппоненты:

1. **Стрижак Павел Александрович**, доктор физико-математических наук, лаборатория тепломассопереноса ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», заведующий лабораторией, член-корреспондент РАН.

2. **Ковальногов Владислав Николаевич**, доктор технических наук, кафедра тепловой и топливной энергетики ФГБОУ ВО «Ульяновский

государственный технический университет», заведующий кафедрой, профессор.

дали **положительные** отзывы на диссертацию.

Ведущая организация: ФГБОУ ВО «Череповецкий государственный университет», г. Череповец, в своём положительном заключении, подписанном доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой «Теплоэнергетики и теплотехника» Лукиным Сергеем Владимировичем и доктором технических наук, профессором, профессором кафедры «Теплоэнергетика и теплотехника» Синицыным Николаем Николаевичем указали, что диссертация является завершённой научно-квалификационной работой, содержащей новые научные результаты, имеющие существенное значение для повышения энергоэффективности и надёжности котельных агрегатов с кипящим слоем.

Диссертационная работа по своему теоретическому уровню и практическому значению соответствует предъявляемым требованиям п.п. 9-14 «Положения о порядке присуждения учёных степеней», утверждённого Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842 (в актуальной редакции), а её автор, Терехин Алексей Павлович, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.4.5 – «Энергетические системы и комплексы».

Соискатель имеет 13 опубликованных работ по теме диссертации общим объёмом 9,43 печатных листа и авторским вкладом 3,8 печатных листа; работ, опубликованных в рецензируемых научных изданиях, индексируемых в базах данных Web of Science и Scopus – 6, объёмом 4,97 печатных листа и авторским вкладом 1,06 печатных листа; в рецензируемых научных изданиях, входящих в перечень ВАК по специальности диссертации – 6, объёмом 4,17 печатных листа и авторским вкладом 1,85 печатных листа; работ, опубликованных в материалах и тезисах научных конференций – 2 общим объёмом 0,29 печатных листа и авторским вкладом 0,11 печатных листа.

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

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Терехин, А. П. Проблемы энергетического использования осадка сточных вод в котлоагрегате с кипящим слоем Е-75-3,9-440 ДФТ / А. П. Терехин, П. А. Марьяндышев // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2025. – Т. 27, № 5. – С. 106-117. – DOI 10.30724/1998-9903-2025-27-5-106-117. – EDN QZPTNU.
2. Terekhin, A. P., Maryandyshev, P. A., & Brillard, A. (2026). Operation factors influencing bed agglomeration in an industrial fluidized bed boiler. Fuel, 425, 139421. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fuel.2026.139421>
3. Терехин, А. П. Эффективность энергетического использования отходов целлюлозно-бумажного производства в котлоагрегатах с кипящим слоем Е-75-3,9-440 ДФТ и КМ-75-40М / А. П. Терехин, П. А. Марьяндышев, А. Брийард // Электрические станции. – 2024. – № 7(1116). – С. 2-10. – DOI 10.71841/ep.elst.2024.1116.7.01.
4. Термический анализ древесных отходов и осадка сточных вод, сжигаемых в кипящем слое на ТЭС-3 АО “Архангельский ЦБК” / А. П. Терехин, А. Брийард, П. А. Марьяндышев [и др.] // Электрические станции. – 2025. – № 2(1123). – С. 2-11. – DOI 10.71841/EP.elst.2025.1123.2.01.
5. Терехин, А. П. Влияние химического состава биомассы на процесс агломерации в псевдоожиженном слое котлоагрегата Е-75-3,9-440 ДФТ / А. П. Терехин, П. А. Марьяндышев, В. К. Любов // Вестник Ивановского государственного энергетического университета. – 2024. – № 1. – С. 20-27. – DOI 10.17588/2072-2672.2024.1.020-027.

На диссертацию и автореферат поступило 8 отзывов. Из них положительных – 8. С замечаниями – 8.

Отзывы прислали:

1. Доктор технических наук, заведующий лабораторией специальных котлов отделения парогенераторов и топочных устройств АО «ВТИ» Рябов Георгий Александрович и кандидат технических наук, старший научный сотрудник отделения парогенераторов и топочных устройств АО «ВТИ» Литун Дмитрий Степанович.

Замечания:

1) Для понимания результатов изменения содержания оксида калия в материале слоя (рис. 6) необходимо указать временные интервалы между отборами (сутки, часы) и конкретные режимы работы котла (нагрузка, температура в слое). В целом информация о работе котла при исследовании агломерации слоя в материалах автореферата крайне скудна.

2) Объяснение автором причин большего образования крупных агломератов у задней стенки котла меньшей подачей топлива в эту зону довольно сомнительно: содержание калия примерно одинаково, температура ниже. Вполне вероятно, что в этой зоне хуже перемешивание — это даёт импульс для укрупнения уже образовавшихся агломератов.

3) Неясно, как контролировать скорость минимального ожигения по рекомендации 4 — такая формулировка некорректна. Также есть явное противоречие в рекомендациях 4 и 5: с одной стороны, нужно увеличить скорость воздуха, с другой — снизить температуру слоя. При этом рост расхода воздуха при недостатке кислорода всегда приводит к росту температуры слоя.

2. Доктор технических наук, почётный работник науки и техники РФ, заведующий кафедрой теплотехники и гидрогазодинамики ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет» Кулагин Владимир Алексеевич.

Замечания:

1) Научная новизна диссертационной работы сформулирована неудачно — как перечень проделанной работы, из которого не видно, что именно сделано для науки.

2) То же замечание относится к формулировкам положений, выносимых на защиту.

3) Работу существенно усилило бы математическое моделирование и численное исследование процессов сжигания осадков сточных вод и кородревесного топлива.

3. Кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой теплоэнергетики и теплотехники ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет» Кочарян Евгений Валерьевич.

Замечания:

1) На странице 15 автореферата указано: «Из зоны с более низкой температурой (задняя часть котла) сливались наиболее крупные агломераты». Можно ли сделать вывод, что интенсивность агломерации в этой области обусловлена не только температурой, но и особенностями гидродинамики — например, зонами застоя в псевдоожигенном слое?

2) Целесообразно представить более детальную сравнительную оценку экономической эффективности предложенных технических решений в сравнении с существующими аналогами.

4. Доктор технических наук, профессор кафедры энергетики и теплотехнологии ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова» Трубаев Павел Алексеевич.

Замечания:

1) В работе есть противоречие между температурным режимом кипящего слоя и локальным образованием агломератов. Автор предлагает в качестве метода предотвращения агломерации общее снижение температуры

кипящего слоя (с. 15 автореферата). При этом по данным экспериментальных исследований котла Е-75-3,9-440 ДФТ наиболее крупные агломераты сливались из задней части слоя, где температура была на 30–40 °С ниже средней. Это указывает, что локальная гидродинамика и равномерность подачи топлива играют более критическую роль, чем абсолютные температурные показатели слоя, — этот момент нужно раскрыть детальнее.

2) В автореферате нет объяснения несоответствия баланса щелочных металлов в исходном топливе (от 8,045 до 21,321 % Na_2O — табл. 2, при зольности от 1,7 до 37,3 % — табл. 1) и в донной золе (где натрия отсутствует, с. 13). Нужно пояснить: уносится ли натрий полностью в газообразном состоянии или с летучей золой, либо его отсутствие в пробах донной золы связано с методическими особенностями измерений.

5. Доктор технических наук, профессор кафедры теплосиловых установок и тепловых двигателей ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна» Пеленко Валерий Викторович.

Замечания:

1) В названии автореферата после слов «Повышение энергоэффективности» целесообразно конкретизировать отрасль промышленности, например, «энергосистемы Архангельской области».

2) В разделе «Теоретическая и практическая значимость работы» указан режим кипящего слоя как пузырьковый — нужно пояснить, всегда ли он поддерживается.

6. Доктор технических наук, главный научный сотрудник, заведующий отделом теплосиловых систем ФГБУН «Институт систем энергетики им. Л. А. Мелентьева СО РАН» Донской Игорь Геннадьевич.

Замечания:

1) Выбор горючих отходов ограничен и не подкреплён данными о запасах этих отходов и скорости их накопления в регионе. Нужно пояснить процедуру подготовки отходов к сжиганию, а также транспортную составляющую при централизованном сжигании на крупных станциях.

2) Название работы говорит о повышении энергоэффективности региона, но рассмотрен только один вариант — замещение ископаемого топлива местными отходами. Стоит обозначить альтернативные пути повышения энергоэффективности (например, внедрение ВИЭ, модернизация оборудования) и оценить вложения, необходимые для внедрения предложенной технологии.

3) Нужно пояснить, позволяет ли методика исследований, описанная в главах 3 и 4, установить динамические характеристики процесса агломерации — в частности, скорость накопления агломератов и скорость выпадения крупных кусков.

7. Доктор технических наук, профессор кафедры теплоэнергетики Института энергетики ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачёва» Богомолов Александр Романович.

Замечания:

1) В таблице 1 есть опечатка: зольность осадка сточных вод и кородревесного топлива следует указывать символом «Ad», а не «Adaf».

2) На рис. 8 представлены результаты сканирующей электронной микроскопии агломератов слоя. Для изучения процесса агломерации более приоритетен СЭМ-ЭДС-анализ: он позволяет определять концентрацию щелочных соединений на поверхности частиц кварцевого песка.

8. Кандидат технических наук, доцент кафедры тепловых электрических станций ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «Московский энергетический институт» Чернов Сергей Львович.

Замечания:

1) Положение 7 заключения никак не отражено в тексте автореферата — это не позволяет оценить его правильность. Также не представлена методика расчёта экономических показателей технических мероприятий.

2) Из автореферата неясно, как образуется осадок сточных вод в целлюлозно-бумажных и картонных производствах, а также от чего зависят его состав, теплотехнические характеристики и количество.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их известностью своими достижениями в данной отрасли науки, наличием публикаций в соответствующей сфере исследований и их квалификацией определять научную и практическую ценность диссертации.

Официальный оппонент Стрижак Павел Александрович является доктором физико-математических наук по специальности 01.04.14 — «Теплофизика и теоретическая теплотехника», членом-корреспондентом РАН, является специалистом в области повышения энергоэффективности энергетических установок и специалистом в области топлив на основе промышленных и коммунальных отходов, имеет соответствующие публикации в сфере исследований, которым посвящена диссертация.

Официальный оппонент Ковальногов Владислав Николаевич является доктором технических наук по специальности 05.02.07 — «Технологии и оборудование механической и физико-технической обработки», является специалистом в области исследования и оптимизации тепловых и гидрогазодинамических процессов в энергетическом оборудовании, имеет соответствующие публикации в сфере исследований, которым посвящена диссертация.

Ведущая организация — Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Череповецкий государственный университет», г. Череповец, занимается научной деятельностью по приоритетным направлениям развития науки, техники,

выполнением фундаментальных и прикладных научно-инновационных исследований в области теплоэнергетики и теплотехники. Одним из научных направлений деятельности сотрудников является исследования в области повышения энергоэффективности энергетического оборудования. Сотрудники имеют соответствующие публикации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны научно обоснованные технические решения и режимные мероприятия по предотвращению агломерации материала кипящего слоя (кварцевого песка) при сжигании смеси кородревесного топлива и осадка сточных вод;

разработаны режимные параметры работы котлоагрегатов Е-75-3,9-440 ДФТ, КМ75-40М и Е-83,5-9,8-540 ДФ, позволяющие стабилизировать температурное поле слоя, устранить локальные перегревы кипящего слоя и обеспечить расчетную паропроизводительность;

предложен метод оперативного контроля и прогнозирования критического накопления соединений щелочных металлов в кипящем слое на основе материального баланса и гранулометрического анализа донной золы слоя;

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказана результативность разработанных методов, направленных на увеличение энергоэффективности энергетической системы Архангельской области;

доказаны кинетические и физико-химические закономерности деструкции компонентов осадка сточных вод и кородревесного топлива;

доказаны теоретические положения материального баланса соединений щелочных металлов в стационарном объеме кипящего слоя;

раскрыта ведущая роль соединений щелочных металлов в механизме агломерации псевдоожиженного слоя за счет формирования связующих мостиков;

раскрыты ограничения энергетического использования осадка сточных вод и кородревесного топлива;

изучено влияние температурных интервалов термохимического преобразования и реакционной способности осадка сточных вод и кородревесного топлива на сжигание в кипящем слое;

изучена и раскрыта взаимосвязь между неравномерным распределением топлива по слою, локальными гидродинамическими нарушениями псевдоожижения и ускоренным образованием агломератов;

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) **использован** комплекс физических и физико-химических методов, позволивших визуализировать и классифицировать механизм контактной агломерации.

раскрыты температурные диапазоны температуры кипящего слоя при которых проходит процесс агломерации.

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

разработанные технические решения приняты к использованию и успешно **внедрены** в деятельность ТЭС-1 и ТЭС-3 АО «Архангельский ЦБК» (г. Новодвинск) и в учебный процесс ФГАОУ ВО «С(А)ФУ имени М.В. Ломоносова» (г. Архангельск).

определены необходимые расходы дренажа донной золы и добавки свежего материала кипящего слоя, предотвращающие накопление соединений щелочных металлов свыше критического значения.

представлены технические решения для предприятий ЦБП и лесопромышленного комплекса по эффективному сжиганию влажных промышленных отходов в кипящем слое.

Оценка достоверности результатов исследований выявила:

идея базируется на анализе практики отечественного и зарубежного передового опыта сжигания низкосортных биотоплив в кипящем слое.

использованы современные методики экспериментальных исследований, сбора и обработки получаемых данных;

Личный вклад соискателя состоит в непосредственном участии во всех этапах получения результатов, представленных в диссертации и публикациях, подготовке литературного обзора, разработке программ и проведении натурных экспериментов на котельных агрегатах с пузырьковым кипящим слоем Е-75-3,9-440 ДФТ, КМ75-40М и Е-83,5-9,8-540 ДФ, проведении теоретического анализа, апробации результатов и подготовке публикаций по тематике научного исследования. В самостоятельном проведении экспериментальных исследований, обработке и интерпретации экспериментальных результатов исследования, подготовке докладов, выступлений на конференциях и написании статей.

Диссертационный совет рекомендует использовать результаты диссертационного исследования Терехина А.П. в научно-исследовательских учреждениях, лабораториях и на энергетических объектах, занимающихся проектированием, наладкой и эксплуатацией энергоустановок с кипящим слоем, таких как АО «Архангельский ЦБК», АО «Илим», АО «Кондопожский ЦБК», ПАО «Сегежа Групп», АО «ВТИ».

Полученные в работе результаты могут быть использованы промышленными предприятиями при эксплуатации котельных агрегатов с кипящим слоем и при эксплуатации энергоустановок, сжигающих низкокалорийное топливо.

На заседании 6 октября 2026 года диссертационный совет за решение научной задачи повышения энергетической эффективности Архангельской области путем увеличения надежности работы котлоагрегатов с кипящим слоем, имеющей существенное значение для развития отрасли знаний, занимающейся проектированием и эксплуатацией энергетических систем и комплексов, присудить Терехину Алексею Павловичу учёную степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 14 человек, из них 7 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 16 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 14, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель
диссертационного совета

Ученый секретарь
диссертационного совета



Ваньков Юрий Витальевич

Зиганшин Шамиль Гаязович

6 октября 2026 г.