

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 75.1.077.01,
созданного на базе акционерного общества
«Государственный научный центр Российской Федерации –
Физико-энергетический институт имени А.И. Лейпунского»
(принадлежность - Госкорпорация «Росатом»)
по диссертации на соискание ученой степени
доктора технических наук**

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 28 января 2026 года № 1

О присуждении Асхадуллину Радомиру Шамильевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени доктора технических наук.

Диссертация «Разработка устройств регулирования содержания примеси растворенного кислорода (массообменных аппаратов) в тяжелых жидкометаллических теплоносителях (свинец, свинец-висмут) исследовательских стендов и перспективных реакторных установок» по специальности 2.4.9. «Ядерные энергетические установки, топливный цикл, радиационная безопасность» принята к защите 15 октября 2025 года (протокол № 18) диссертационным советом 75.1.077.01, созданным на базе акционерного общества «Государственный научный центр Российской Федерации – Физико-энергетический институт имени А.И. Лейпунского» (принадлежность - Госкорпорация «Росатом») (далее – АО «ГНЦ РФ – ФЭИ»), расположенного по адресу: 249033, г. Обнинск, Калужской обл., пл. Бондаренко, 1. Диссертационный совет создан приказом Минобрнауки России № 663/нк от 09.07.2024.

Соискатель Асхадуллин Радомир Шамильевич, дата рождения – 8 ноября 1969 года.

Диссертацию «Сорбционная очистка жидкометаллических теплоносителей ядерных установок (галлий, свинец, свинец-висмут)» на соискание ученой степени кандидата технических наук (по специальности 05.14.03. «Ядерные энергетические установки, включая проектирование, эксплуатацию и вывод из эксплуатации») Асхадуллин Р.Ш. защитил в 1997 году в диссертационном совете Д 201.003.01, созданном на базе Государственного научного центра Российской Федерации – Физико-энергетического института имени академика А.И. Лейпунского. Диплом кандидата технических наук: серия КТ, № 042122 от 13.02.1998.

В период подготовки диссертации соискатель Асхадуллин Радомир Шамильевич работал в Отделении ядерной энергетики АО «ГНЦ РФ – ФЭИ». В настоящее время занимает должность начальника департамента физико-химических технологий.

Диссертация выполнена в Отделении ядерной энергетики АО «ГНЦ РФ – ФЭИ». Имеется положительное заключение АО «ГНЦ РФ – ФЭИ» (№224/2.2-118/08 от 16.06.2025), утверждённое генеральным директором АО «ГНЦ РФ – ФЭИ» Лебезовым А.А., подписанное председателем секции «Теплофизика и технология теплоносителей» научно-технического совета АО «ГНЦ РФ – ФЭИ», главным научным сотрудником АО «ГНЦ РФ – ФЭИ», доктором технических наук, старшим научным сотрудником Сорокиным А.П. и ученым секретарём секции НТС, главным научным сотрудником АО «ГНЦ РФ – ФЭИ», доктором технических наук Верещагиной Т.Н., согласованное председателем НТС АО «ГНЦ РФ – ФЭИ», научным руководителем АО «ГНЦ РФ – ФЭИ», доктором технических наук, старшим научным сотрудником Трояновым В.М.

Официальные оппоненты:

Зайков Юрий Павлович, член-корреспондент Российской академии наук, доктор химических наук, профессор, научный руководитель Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт высокотемпературной электрохимии Уральского отделения Российской академии наук,

Красин Валерий Павлович, доктор физико-математических наук, профессор, профессор Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский политехнический университет»,

Рисованный Владимир Дмитриевич, доктор технических наук, профессор, научный руководитель акционерного общества «Научно-исследовательский институт Научно-производственное объединение «ЛУЧ»

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева» (НГТУ) в своем положительном отзыве, подписанном ректором, доктором технических наук, профессором Дмитриевым С.М., директором ИЯЭиТФ, кандидатом технических наук Легчановым М.А., заведующим кафедрой «ЯРиЭУ», доктором технических наук, профессором Андреевым В.В., профессором, доктором технических наук Мельниковым В.И., доцентом, кандидатом

технических наук Боковой Т.А. и утвержденном проректором по научной работе Куркиным А.А., указала, что диссертация Асхадуллина Р.Ш. соответствует паспорту специальности 2.4.9. Ядерные энергетические установки, топливный цикл, радиационная безопасность и отвечает требованиям пп. 9-11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842 (в действующей редакции), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора технических наук. Автор диссертационной работы, Асхадуллин Радомир Шамильевич, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.4.9. Ядерные энергетические установки, топливный цикл, радиационная безопасность.

Соискатель имеет 311 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 113 работ, включая 29 статей в рецензируемых журналах из перечня ВАК Минобрнауки России, 8 статей в других научных журналах, 65 докладов в сборниках конференций и научных семинаров различного уровня, 11 патентов на изобретения (Российская Федерация).

В представленной диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах.

Основные работы по теме диссертации:

1. Асхадуллин, Р.Ш. Контроль и регулирование кислорода в тяжелых жидкометаллических теплоносителях для противокоррозионной защиты сталей / **Р.Ш. Асхадуллин**, П.Н. Мартынов, В.И. Рачков и др. // Теплофизика высоких температур. – 2016. – Т. 54. – № 4. – С. 595-604 (вклад соискателя – 60 %).

В статье приведены результаты исследований и разработок в области контроля и регулирования содержания (термодинамической активности) кислорода в тяжёлых жидкометаллических теплоносителях (Pb, Pb-Bi). Рассмотрены свойства свинца и эвтектики 44,5 % Pb – 55,5 % Bi, которые определяют специфику использования их в качестве теплоносителей в ядерных энергетических установках. Приведены данные по растворимости кислорода в расплавах свинца и свинца-висмута, эмпирические зависимости для расчёта кинетических характеристик процесса растворения оксидов свинца в расплавах свинца и свинца-висмута. Рассмотрены методы и устройства для контроля и регулирования содержания кислорода в указанных теплоносителях.

2. Мартынов, П.Н. Анализ современного состояния технологии свинцового и свинцово-висмутного теплоносителей / П.Н. Мартынов, В.И. Рачков, **Р.Ш. Асхадуллин** и др. // Атомная энергия. – 2014. – Т. 116. – № 4. – С. 234-240. (Вклад соискателя – 40 %).

В статье рассмотрены методы и средства технологии свинцового и свинцово-висмутового теплоносителей исследовательских стендов и ядерных энергетических установок и статус их разработки в части подготовки теплоносителя, его загрузки в установку, обеспечения контроля и регулирования кислородного потенциала теплоносителя, водородной очистки теплоносителя и поверхностей циркуляционного контура от шлаков, фильтрации теплоносителя, очистки защитного газа.

3. Асхадуллин, Р.Ш. Современное состояние разработок датчиков активности кислорода для реакторных установок с тяжелым жидкометаллическим теплоносителем / **Р.Ш. Асхадуллин**, А.Н. Стороженко, В.М. Шелеметьев и др. // Вопросы атомной науки и техники. Серия: Ядерно-реакторные константы. – 2017. – Специальный выпуск. – С. 12-19. (Вклад соискателя – 35 %).

В статье рассмотрены результаты разработок АО «ГНЦ РФ – ФЭИ» по датчикам контроля кислорода в свинце и свинце-висмуте, поверочным (эталонным) установкам аттестации создаваемых датчиков для реакторных и исследовательских установок.

4. Асхадуллин, Р.Ш. Методы регулирования содержания кислорода в ТЖМТ / **Р.Ш. Асхадуллин**, А.Н. Стороженко, А.Ю. Легких // Вопросы атомной науки и техники. Серия: Ядерно-реакторные константы. – 2017. – Специальный выпуск. – С. 32-43. (Вклад соискателя – 60 %).

В статье рассмотрены достоинства и недостатки метода «холодной точки», газофазных и твердофазных методов регулирования кислородного потенциала тяжёлых жидкометаллических теплоносителей. По совокупности проведённого анализа авторами рекомендован твердофазный метод. Рассмотрены различные типы массообменных аппаратов, реализующих данный метод в ручном и автоматизированном режимах работы.

5. Мартынов, П.Н. Анализ средств «твердофазного» регулирования кислородного потенциала в ТЖМТ / П.Н. Мартынов, **Р.Ш. Асхадуллин**, А.Ю. Легких, А.А. Симаков // Вопросы атомной науки и техники. Серия: Ядерно-реакторные константы. – 2015. – № 3. – С. 79-84. (Вклад соискателя – 45 %).

В статье рассмотрены требования к разработке массообменных аппаратов (МА) для регулирования содержания кислорода в свинцовом и свинцово-висмутовом теплоносителях. Выполнен анализ конструкций МА с одним или несколькими внутренними нагревателями петлевого и погружного типов, МА со встроенным насосом, МА с газлифтным насосом.

6. Мартынов, П.Н. Твердофазная технология регулирования кислорода в тяжелых жидкометаллических теплоносителях / П.Н. Мартынов, **Р.Ш.**

Асхадуллин, А.А. Симаков и др. // Известия вузов. Ядерная энергетика. – 2007. – № 1. – С. 145-151. (Вклад соискателя – 45 %).

В статье рассмотрены результаты исследований по обоснованию твердофазного метода и средств (массообменных аппаратов) для обеспечения коррозионной стойкости сталей в тяжёлых жидкометаллических свинецсодержащих теплоносителях применительно к условиям эксплуатации перспективных ЯЭУ (БРЕСТ-ОД-300, СВБР-100 и др.), различных циркуляционных стендов, мишенных ускорительно-управляемых и технологических статических установок.

7. Мартынов, П.Н. Современные вопросы и задачи технологии тяжёлых жидкометаллических теплоносителей (свинец, свинец-висмут) / П.Н. Мартынов, **Р.Ш. Асхадуллин**, Ю.И. Орлов, А.Н. Стороженко // Вопросы атомной науки и техники. Серия: Ядерно-реакторные константы. – 2015. – № 2. – С. 60-69. (Вклад соискателя – 40 %).

В статье рассмотрены вопросы актуальности разработки методов и средств технологии тяжёлых жидкометаллических теплоносителей (свинец, свинец-висмут) для гражданских реакторных установок (подготовка теплоносителя и его загрузка в циркуляционный контур, контроль и регулирование кислородного потенциала, водородная очистка теплоносителя и поверхностей контура от шлаков на основе оксидов свинца, фильтрация теплоносителя и защитного газа). Поставлены задачи выбора марок свинца и висмута для приготовления теплоносителей с определённым примесным составом, исходя из требований к теплоносителю в части влияния его примесей на коррозию конструкционных сталей, ядерно-физические свойства реакторной установки и радиационную обстановку в период её эксплуатации.

8. Асхадуллин, Р.Ш. Результаты измерения гидравлического сопротивления зернистого слоя оксида свинца в потоке свинцово-висмутowego теплоносителя / **Р.Ш. Асхадуллин**, А.Ю. Легких, А.А. Симаков, Е.В. Гавриков // Вопросы атомной науки и техники. Серия: Ядерно-реакторные константы. – 2014. – № 1. – С. 48-53. (Вклад соискателя – 40 %).

В статье рассмотрены результаты экспериментального определения гидравлического сопротивления засыпки массообменного аппарата (МА) из гранул PbO при разных расходах свинцово-висмутowego теплоносителя через МА. Получены зависимости для коэффициента гидравлического сопротивления засыпки и гидравлических потерь расхода теплоносителя для расчётов массообменных аппаратов.

9. Симаков, А.А. Разработка и экспериментальная эксплуатация массообменных аппаратов для обеспечения заданного кислородного режима в

теплоносителях на основе свинца / А.А. Симаков, П.Н. Мартынов, **Р.Ш. Асхадуллин** и др. // Вопросы атомной науки и техники. Серия: Обеспечение безопасности АЭС. – 2004. – № 4. – С. 200-206. (Вклад соискателя – 30 %).

В статье приведены результаты разработок массообменных аппаратов (МА) со встроенным нагревателем и их длительной эксплуатации в ФЭИ, ЦНИИ КМ «Прометей» с целью поддержания заданных кислородных режимов в процессе коррозионных ресурсных испытаний конструкционных сталей в расплаве свинца (применительно к условиям реакторной установки «БРЕСТ-ОД-300»). Также приведены результаты разработок и опытной эксплуатации в составе статических установок НИКИЭТ конструкций миниатюрных МА капельного типа. Рассмотрена конструкция МА со встроенным насосом для реакторной установки «БРЕСТ-ОД-300» и возможности управления его производительностью с помощью системы автоматизированного регулирования.

10. Асхадуллин, Р.Ш. Научно-технические достижения в области технологии тяжелых жидкометаллических теплоносителей / **Р.Ш. Асхадуллин**, А.Ю. Легких, Р.П. Садовничий и др. // Вопросы атомной науки и техники. Серия: Ядерно-реакторные константы. – 2022. – № 3. – С. 178-196. (Вклад соискателя – 50 %).

В статье рассмотрены результаты разработок массообменных аппаратов для регулирования кислородного потенциала в свинцовом и свинцово-висмутовом теплоносителях в ручном и автоматизированном режимах, датчиков активности кислорода в теплоносителе, устройств водородной очистки теплоносителя и поверхностей контура его циркуляции от шлаков, фильтрационной очистки защитного газа и теплоносителя, результаты работ по подготовке теплоносителей, диагностике (индикации) состояния контуров, результаты по расчётно-экспериментальному обоснованию методов и устройств технологии теплоносителя для реакторных установок (РУ) «БРЕСТ-ОД-300» и «СВБР-100», результаты разработок технических проектов оборудования технологии теплоносителя указанных РУ.

11. Асхадуллин, Р.Ш. Современное состояние и задачи разработок по технологии тяжелых жидкометаллических теплоносителей (Pb, Pb-Bi) / **Р.Ш. Асхадуллин**, А.Ю. Легких, В.В. Ульянов, И.А. Воронин // Вопросы атомной науки и техники. Серия: Ядерно-реакторные константы. – 2021. – № 2. – С. 105-115. (Вклад соискателя – 60 %).

В статье рассмотрены результаты аттестации датчиков контроля кислорода для реакторных установок со свинцовым теплоносителем, методика расчёта производительности массообменных аппаратов, результаты

исследования характеристик наполнителя массообменного аппарата, выбор и обоснование конструкций массообменных аппаратов, обоснование конструкции рабочей части диспергатора для водородной очистки теплоносителя, методика экспериментального определения выхода компонентов стали (железа) в теплоноситель, результаты распределения кислорода в теплоносителе на участке заданной геометрии.

12. Мартынов, П.Н. Автоматическая система управления термодинамической активностью кислорода в свинцово-висмутовом теплоносителе / П.Н. Мартынов, **Р.Ш. Асхадуллин**, А.А. Симаков и др. // Известия вузов. Ядерная энергетика. – 2009. – № 3. – С. 176-183. (Вклад соискателя – 35 %).

В статье проанализированы основные предпосылки создания системы автоматического регулирования термодинамической активности (САР ТДА) кислорода в свинцово-висмутовом теплоносителе циркуляционных неизотермических стендов. Представлено описание состава САР ТДА, описание методики определения динамических параметров системы. Представлены результаты проведённых применительно к условиям реакторной установки «СВБР-100» экспериментов, показавших принципиальную возможность управления производительностью массообменных аппаратов в автоматическом режиме в контуре с тяжёлым жидкометаллическим свинецсодержащим теплоносителем.

13. Мартынов, П.Н. Экспериментальные исследования усовершенствованного массообменного аппарата с твердофазным источником кислорода применительно к технологии теплоносителя 44,5 % Pb - 55,5 % Bi / П.Н. Мартынов, **Р.Ш. Асхадуллин**, А.Ю. Легких, А.А. Симаков // Известия вузов. Ядерная энергетика. – 2009. – № 4. – С. 161-168. (Вклад соискателя – 40 %).

В статье представлены результаты экспериментов по изучению работоспособности массообменного аппарата (МА) с дискретной подачей газа для регулирования содержания кислорода в свинцово-висмутовом теплоносителе (в автоматизированном режиме управления производительностью МА).

14. Асхадуллин, Р.Ш. Расчетная оценка изменения производительности массообменного аппарата за счет расходования запаса кислорода / **Р.Ш. Асхадуллин**, А.Ю. Легких // Вопросы атомной науки и техники. Серия: Ядерно-реакторные константы. – 2019. – № 1. – С. 152-160. (Вклад соискателя – 65 %).

В статье рассмотрены подход к расчёту изменения производительности массообменного аппарата по мере растворения засыпки гранул PbO в свинцовом (свинцово-висмутовом) теплоносителе и примеры расчётов.

15. Асхадуллин, Р.Ш. Расчетно-экспериментальные исследования в обоснование массообменных аппаратов для обеспечения заданного кислородного режима в ТЖМТ (Pb , $Pb-Bi$) / **Р.Ш. Асхадуллин**, П.Н. Мартынов, В.И. Рачков, А.Ю. Легких // Известия вузов. Ядерная энергетика. – 2014. – № 1. – С. 160-171. (Вклад соискателя – 60 %).

В статье рассмотрены конструкции массообменных аппаратов (МА) с дискретной подачей газовой среды и со встроенным насосом, представлена методика расчёта их производительности (скорости массоотдачи растворённого кислорода в тяжёлый жидкометаллический теплоноситель (ТЖМТ)), выполнено сравнение расчётных и экспериментально определённых характеристик, показавшее удовлетворительное соответствие полученных значений производительности МА и достигаемых на выходе из МА значений термодинамической активности (содержаний) кислорода в ТЖМТ.

16. Легких, А.Ю. Расчет массообменных аппаратов для обеспечения заданного кислородного режима в тяжелом жидкометаллическом теплоносителе / А.Ю. Легких, П.Н. Мартынов, **Р.Ш. Асхадуллин** // Известия вузов. Ядерная энергетика. – 2013. – № 1. – С. 80-91. (Вклад соискателя – 33 %).

В статье представлена методика расчёта производительности массообменных аппаратов (МА) всех типов (со встроенным нагревателем, встроенным насосом, дискретной подачей газовой среды) и пример её реализации для проектирования МА.

17. Апальнов, Е.А. Подходы к выбору конструкций массообменного аппарата с твердофазным источником растворенного кислорода для установок с ТЖМТ / Е.А. Апальнов, **Р.Ш. Асхадуллин**, А.Ю. Легких, Т.В. Махова // Вопросы атомной науки и техники. Серия: Ядерно-реакторные константы. – 2024. – № 2. – С. 269-279. (Вклад соискателя – 45 %).

В статье рассматриваются подходы, используемые для выбора конструкций массообменных аппаратов для установок с тяжёлыми жидкометаллическими теплоносителями разных типов, учитывая опыт авторов по созданию данных устройств.

18. Легких, А.Ю. Обеспечение коррозионной стойкости сталей в тяжелых жидкометаллических теплоносителях / А.Ю. Легких, **Р.Ш. Асхадуллин**, Р.П. Садовничий // Известия вузов. Ядерная энергетика. – 2016. – № 1. – С. 138-148. (Вклад соискателя – 45 %).

В статье анализируются методы и средства формирования противокоррозионных оксидных покрытий на сталях, эксплуатируемых в циркуляционных контурах с расплавами свинца или свинца-висмута. Указаны недостатки использования газофазных методов, преимущества применения твердофазного метода. Рассмотрены конструкции массообменных аппаратов петлевого и погружного типов, реализующих твердофазный метод.

19. Асхадуллин, Р.Ш. Технология обеспечения заданного кислородного режима в перспективных проектах ЯЭУ с ТЖМТ / **Р.Ш. Асхадуллин**, П.Н. Мартынов, А.Ю. Легких, А.А. Симаков // Вопросы атомной науки и техники. Серия: Ядерно-реакторные константы. – 2015. – № 2. – С. 79-83. (Вклад соискателя – 55 %).

В статье рассмотрены результаты регулирования содержания кислорода с помощью автоматизированной системы управления производительностью массообменного аппарата с гранулами PbO по показаниям датчика термодинамической активности в свинцово-висмутовом (свинцовом) теплоносителях.

20. Лаврова, О.В. Распределение кислорода в тяжелом жидкометаллическом теплоносителе при его циркуляции по неизотермическому контуру / О.В. Лаврова, К.Д. Иванов, С.В. Салаев, **Р.Ш. Асхадуллин**, А.Ю. Легких // Вопросы атомной науки и техники. Серия: Ядерно-реакторные константы. – 2017. – № 3. – С. 89-99. (Вклад соискателя – 20 %).

В статье рассмотрены физико-химические процессы, протекающие в свинцовом теплоносителе, циркулирующем по первому контуру реакторной установки. Показано, что распределение кислорода по контуру циркуляции и температурным зонам зависит от соотношения интенсивности поставки кислорода теплоносителем и интенсивности его удаления из теплоносителя за счёт реакции окисления поверхности конструкционных сталей.

21. Асхадуллин, Р.Ш. Разработка и обоснование конструкций массообменных аппаратов для регулирования окислительного потенциала в свинцово-висмутовом теплоносителе реакторных установок нового поколения / **Р.Ш. Асхадуллин**, А.Ю. Легких // Вопросы атомной науки и техники. Серия: Ядерно-реакторные константы. – 2020. – № 2. – С. 173-183. (Вклад соискателя – 70 %).

В статье представлены общий подход к выбору типа массообменного аппарата (МА) для реакторной установки, оценка требований к параметрам устройства (производительности, запасу кислорода), расчёт параметров конструкций МА с нагревателем, дискретной подачей газовой среды, приводом.

22. Асхадуллин, Р.Ш. Оценка интенсивности процессов окисления конструкционных сталей первого контура ЯЭУ с тяжелыми теплоносителями / **Р.Ш. Асхадуллин**, К.Д. Иванов, В.М. Шелеметьев, Р.П. Садовничий // Известия вузов. Ядерная энергетика. – 2011. – № 4. – С. 121-128. (Вклад соискателя – 45 %).

В статье рассмотрены условия формирования и поддержания целостности защитных плёнок на сталях, эксплуатируемых в установках со свинцовым и свинцово-висмутовым теплоносителями. Представлена расчётная зависимость скорости окисления стали в тяжёлом жидкометаллическом теплоносителе. Даны рекомендации по её использованию для определения интегральных характеристик окислительного взаимодействия теплоносителя с внутренними поверхностями первого контура реакторной установки.

23. Асхадуллин, Р.Ш. Обеспечение технологии тяжелого жидкометаллического теплоносителя в реакторных установках нового поколения / **Р.Ш. Асхадуллин**, А.Н. Стороженко, В.П. Мельников и др. // Вопросы атомной науки и техники. Серия: Ядерно-реакторные константы. – 2018. – № 4. – С. 89-103. (Вклад соискателя – 55 %).

В статье рассмотрены результаты разработок по технологии теплоносителя свинец (свинец-висмут) для обеспечения ресурсной работоспособности (коррозионной стойкости) конструкционных сталей первых контуров реакторных установок и оборудования, находящегося в контакте с указанным теплоносителем (массообменные аппараты, датчики активности кислорода в теплоносителе, средства фильтрации теплоносителя и его водородной очистки). Представлены рекомендуемые диапазоны поддержания кислородного режима в свинце (свинце-висмуте). Рассмотрен рекомендованный состав средств технологии теплоносителя для реакторных установок, который может пройти обязательную экспериментальную проверку на неизотермических циркуляционных стендах (ТТ-1М, ТТ-2М) и аттестованных установках ГНЦ РФ – ФЭИ.

На автореферат диссертации поступило восемь отзывов:

1. **Хвостова Сергея Сергеевича**, кандидата химических наук, начальника лаборатории технологий обращения с РАО и коррозионных процессов отделения радиационного материаловедения АО «ИРМ». Отзыв положительный, имеется замечание:

1) К рисункам 1-4 в тексте автореферата желательно было привести формулы пересчёта показаний датчиков активности кислорода (Е, мВ) в значения активности (а) и концентрации (С) кислорода в ТЖМТ.

2. **Змитродана Александра Анатольевича**, кандидата технических наук, заместителя начальника отделения химико-технологических исследований – начальника лаборатории исследования теплоносителей ФГУП «НИТИ им. А.П. Александрова». Отзыв положительный, имеются замечания:

1) Не рассмотрен способ индикации развития коррозионно-эрозионных процессов в циркуляционных контурах, упоминаемый на с. 31 и с. 41.

2) Не совсем ясно, что ограничивает применение метода «холодной точки» для регулирования содержания кислорода в контурах с ТЖМТ.

3) Замечание к формулировкам: в целях исследования – «изготовление..., поставка устройств», в научной новизне п.4 – «опытная эксплуатация массообменных аппаратов».

4) Пункты 3, 4 и 5 в задачах исследований не имеют значимых отличий.

5) В тексте автореферата на рисунке 9 отсутствует обозначение на правой оси ординат.

3. **Козлова Павла Александровича**, кандидата технических наук, первого заместителя генерального директора по научно-технической деятельности ГНЦ РФ АО «НПО «ЦНИИТМАШ» и **Скоробогатых Владимира Николаевича**, кандидата технических наук, научного руководителя Института материаловедения ГНЦ РФ АО «НПО «ЦНИИТМАШ». Отзыв положительный, имеется замечание:

1) Не ясно, что препятствует применению метода «холодной точки» для управления содержанием кислорода в свинце или свинце-висмуте.

4. **Шуцкого Сергея Юрьевича**, кандидата технических наук, первого заместителя генерального директора АО «ЦКБМ». Отзыв положительный, имеется замечание:

1) Не указаны границы применимости формул 6 и 7 для расчёта коэффициента сопротивления и гидравлических потерь при прохождении теплоносителя через засыпку гранул оксида свинца.

5. **Колика Михаила Викторовича**, советника главного конструктора – заместителя генерального директора – начальника отделения АО ОКБ «ГИДРОПРЕСС». Отзыв положительный, имеется замечание:

1) Не указаны границы использования формулы 6 для расчёта гидравлического сопротивления слоя гранул PbO потоку ТЖМТ.

6. **Каштанова Александра Дмитриевича**, доктора технических наук, помощника президента НИЦ «Курчатовский институт», советника генерального директора НИЦ «Курчатовский институт – ЦНИИ КМ «Прометей». Отзыв положительный, имеются замечания:

1) Из текста автореферата диссертации (глава 1, с. 21-23) не следует вывода о конкретных режимах работы ЯЭУ с ТЖМТ, в которых автор допускает кратковременное (резервное) использование тройных газовых смесей (водород – водяной пар – инертный газ) для регулирования кислородного потенциала теплоносителя.

2) Также из текста автореферата не ясно (глава 5, с.35): в чём заключаются недостатки конструкций массообменных аппаратов с регулировочными клапанами.

7. Кондаурова Алексея Викторовича, первого заместителя генерального директора по развитию АО «АКМЭ-ИНЖИНИРИНГ». Отзыв положительный, имеются замечания:

1) В тексте автореферата не приведены погрешности для рекомендованных соотношений для концентраций насыщения кислорода в ТЖМТ.

2) В автореферате не приведен диапазон применимости соотношения для определения гидравлического сопротивления засыпки гранул PbO в массообменном аппарате, погрешность рекомендованного соотношения.

3) Из текста автореферата неясно как обоснована поправка на коррозию элементов массообменных аппаратов, контактирующих с насыщенным кислородом теплоносителем.

8. Чернова Вячеслава Михайловича, доктора физико-математических наук, профессора, главного научного сотрудника АО «ВНИИНМ». Отзыв положительный, замечания отсутствуют.

По всем замечаниям соискателем были даны детальные разъяснения.

Выбор официальных оппонентов обосновывается тем, что член-корр. РАН, д.х.н., проф. Зайков Ю.П., д.ф.-м.н., проф. Красин В.П. и д.т.н., проф. Рисованный В.Д. являются признанными специалистами в области ядерной энергетики, физической химии и технологии теплоносителей, а также материаловедения.

Выбор ведущей организации обосновывается тем, что федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева (НГТУ)» является одним из ведущих научных центров России, где осуществляются работы по обоснованию реакторов на быстрых нейтронах с ТЖМТ.

Кроме этого, выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается списком публикаций оппонентов и сотрудников НГТУ, подготовивших заключение по диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- разработан и экспериментально подтверждён твердофазный способ регулирования содержания растворённого кислорода в тяжёлых жидкометаллических теплоносителях (свинец, свинец-висмут) с целью обеспечения противокоррозионной защиты конструкционных сталей в исследовательских стендах и ядерных энергетических установках с ТЖМТ, основанный на управляемом растворении гранул PbO в свинце (свинце-висмуте). При этом получены новые зависимости, важные для реализации указанного способа в составе специальных устройств (массообменных аппаратов): эмпирическая зависимость в виде безразмерного критериального соотношения, характеризующая кинетику растворения в расплаве свинца стационарной засыпки гранул из PbO , и зависимость для расчета коэффициентов гидравлического сопротивления слоя засыпки из гранул PbO .

- разработаны конструкции массообменных аппаратов (МА), реализующих данный способ (конструкции с внутренним и внешними нагревателями, со встроенным насосом, с дискретной и непрерывной подачей газа, капельного типа) для исследовательских стендов, которые экспериментально проверены на работоспособность в составе неизотермических циркуляционных стендов с ТЖМТ в ручном и автоматизированном режиме управления;

- разработана и экспериментально обоснована конструкция массообменного аппарата со встроенным нагревателем для реакторных установок средней и малой мощности со свинцово-висмутовым теплоносителем;

- разработана и экспериментально обоснована конструкция массообменного аппарата со встроенным насосом для реакторных установок средней и малой мощности со свинцовым теплоносителем;

- разработана методология разработки массообменных аппаратов для различных объектов регулирования кислорода в ТЖМТ (малообъёмные статические установки, циркуляционные петлевые стенды, стенды и реакторные установки бакового типа).

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- содержащиеся в ней результаты и разработки в значительной мере расширяют представления о физико-химических процессах, протекающих в циркуляционных неизотермических контурах с тяжелыми жидкометаллическими теплоносителями, о результатах их влияния на ТЖМТ, конструкционные материалы и оборудование контуров, о способах контроля и регулирования их интенсивности;

- доказана возможность поддержания заданных узких диапазонов содержания кислорода (например, $(1-4) \cdot 10^{-6}$ % мас.) в ТЖМТ для обеспечения противокоррозионной защиты сталей исследовательских стендов и реакторных установок с помощью массообменных аппаратов.

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

- научно-технические результаты диссертации используются при выполнении научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в АО «ГНЦ РФ – ФЭИ» по технологии тяжёлых жидкометаллических теплоносителей (свинец, свинец-висмут») для создания новых исследовательских стендов и ядерно-энергетических установок с ТЖМТ;

- разработанные конструкции 58 массообменных аппаратов и регламенты их эксплуатации для исследовательских стендов внедрены в научно-исследовательскую деятельность АО «ГНЦ РФ – ФЭИ», АО «НИКИЭТ», ЦНИИ КМ «Прометей», АО «ИРМ», АО «ЦКБМ», ФГУП «НИТИ им. А.П. Александрова», НГТУ по разработке реакторов «БРЕСТ-ОД-300», «СВБР-100», «БР-1200», МАСММ, также в научно-исследовательскую деятельность центра ENEA (г. Бразимоне);

- разработана технология производства прессованных гранул PbO для заполнения массообменных аппаратов, выпущены Технические условия производства, технология внедрена в производство, все изготовленные массообменные аппараты заполнялись гранулами PbO, полученными по данной технологии. Масса произведённых гранул PbO – 720 кг, в том числе для АО «ОКБ «ГИДРОПРЕСС» - 100 кг;

- на основании разработок и экспериментально-расчётного обоснования конструкций массообменных аппаратов для реакторных установок «СВБР-100» и «БРЕСТ-ОД-300» разработаны рекомендации в материалы технических проектов МА для указанных РУ (с возможностью переноса в РУ «БР-1200» и «МАСММ).

Режимы работы разработанных в диссертации конструкций массообменных аппаратов, поставленных на исследовательские стенды с ТЖМТ или рекомендованных автором в технические проекты МА реакторных установок с ТЖМТ, позволят поддерживать заданные кислородные режимы для противокоррозионной защиты сталей как в реакторных установках со свинцом и свинцом-висмутом, так и в исследовательских стендах с ТЖМТ. Важно и то, что эти результаты и разработки могут быть применимы не только при создании и эксплуатации ядерных реакторов, но также и в других областях науки и техники.

Возможной областью их применения могут быть ускорительно управляемые системы (электроядерные установки), разрабатываемые во многих странах.

Достоверность полученных в работе результатов подтверждается: воспроизводимостью результатов выполненных исследований; объемом данных, полученных в результате проведения экспериментальных исследований; применением аттестованных средств измерений и методик, изложенных в ГОСТ; согласованностью полученных результатов с существующими литературными данными.

Личный вклад соискателя в получении изложенных в диссертации материалов заключается в:

- постановке цели и задач диссертационной работы;
- выполнении обзорного анализа существующих методов и средств регулирования содержания примеси растворенного кислорода в циркуляционных контурах и установках с тяжелыми жидкометаллическими теплоносителями (Pb, Pb–Bi);
- разработке методик проведения экспериментов;
- ведущем участии в разработке конструкций массообменных аппаратов и методик определения их производительности;
- ведущем участии в разработке технологии изготовления гранул PbO для заполнения МА;
- ведущем участии в проведении экспериментов на циркуляционных стендах и статических установках с ТЖМТ;
- ведущем участии в обработке опытных данных с получением расчетных зависимостей и построением физических моделей;
- ведущем участии в оформлении результатов работ, включая подготовку материалов по массообменным аппаратам для исследовательских стендов и реакторных установок с интегральной компоновкой первого контура со свинцово-висмутовым и свинцовым теплоносителями;
- ведущем участии при подготовке публикаций (статьи, доклады, патенты) по теме диссертации.

В ходе защиты были высказаны следующие критические замечания: о соответствии скорости ТЖМТ на стендах при исследовании работы массообменных аппаратов скоростям теплоносителя в проектах ЯЭУ (д.ф.-м.н. Гулевич А.В.); о причине изменения скорости потребления кислорода первым контуром реакторной установки через 100 суток после начала работы реактора (д.т.н. Кочнов О.Ю.); о достаточности использованного уравнения для расчета изменения массы кислорода в теплоносителе (д.т.н. Чусов И.А.); о наличии в

диссертационной работе результатов коррозионных испытаний конструкционных материалов при различных концентрациях кислорода в теплоносителе (д.т.н. Крюков Ф.Н.); о возможности поддержания равномерного содержания кислорода в ТЖМТ в контуре ЯЭУ с помощью разработанной технологии (д.ф.-м.н. Гулевич А.В.); о причинах неиспользования предложенных диссертантом конструкций массообменных аппаратов в проекте реакторной установки БРЕСТ (д.ф.-м.н. Гурбич А.Ф.); о возможности регулирования содержания примеси растворенного кислорода в ТЖМТ с заданной точностью при наличии значительной погрешности массового расхода ввода в теплоноситель растворенного кислорода (д.т.н. Хрячков В.А.); об учете различных типов сталей при расчете производительности массообменных аппаратов для различных реакторных установок (д.ф.-м.н. Хомяков Ю.С.); об учете влияния переходных процессов в реакторной установке на равномерность распределения растворенного кислорода в теплоносителе (д.ф.-м.н. Хомяков Ю.С.); об учете взаимного влияния различных типов сталей, используемых в реакторной установке, на потребление каждой из них растворенного кислорода из теплоносителя (д.т.н. Троянов В.М.).

Соискатель Асхадуллин Р.Ш. аргументировано ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы.

Диссертационный совет пришел к выводу, что диссертация Асхадуллина Р.Ш. является законченной научно-квалификационной работой, которая соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842 (в действующей редакции).

На заседании 28 января 2026 года диссертационный совет принял решение за разработку новых научно обоснованных технических и технологических решений (конструкции и регламенты работы массообменных аппаратов с твердофазным источником кислорода) по обеспечению эффективного и безопасного регулирования содержания (термодинамической активности) растворенного кислорода в свинцовом и свинцово-висмутовом теплоносителях исследовательских стендов и перспективных реакторных установок малой и средней мощности для обеспечения повышенного ресурса работы используемых в них конструкционных сталей, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие атомной отрасли Российской Федерации, присудить Асхадуллину Радомиру Шамильевичу ученую степень доктора технических наук по специальности 2.4.9. Ядерные энергетические установки, топливный цикл, радиационная безопасность.

При проведении тайного электронного голосования диссертационный совет в количестве 12 человек, из них 12 докторов наук по специальности диссертации, участвовавших в заседании, из 17 человек, входящих в состав совета, проголосовал: за присуждение учёной степени – 12, против присуждения учёной степени – 0, не голосовали – 0.

Протокол о результатах тайного электронного голосования утвержден открытым голосованием единогласно.

Председатель
диссертационного совета

Ученый секретарь
диссертационного совета



Троянов
Владимир Михайлович

Морозов
Андрей Владимирович

28 января 2026 года