

**РЕШЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА УрФУ 2.6.01.04
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА НАУК**

от «20» декабря 2024 г. № 21

о присуждении Исинбаеву Артуру Радионовичу, гражданство Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Эволюция и прогнозирование радиационной пористости в изделиях из аустенитной стали» по специальности 2.6.17. Материаловедение принята к защите диссертационным советом УрФУ 2.6.01.04 «14» ноября 2024 г. протокол № 18.

Соискатель, Исинбаев Артур Радионович, 1996 года рождения,

в 2020 году окончил ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» по направлению подготовки 22.04.01 Материаловедение и технологии материалов;

в 2024 году окончил очную аспирантуру ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» по направлению подготовки 22.06.01 Технологии материалов (Материаловедение (по отраслям));

работает в акционерном обществе «Институт реакторных материалов» в должности младшего научного сотрудника лаборатории конструкционных материалов и нанотехнологий отделения радиационного материаловедения, г. Заречный, Свердловская обл.

Диссертация выполнена в лаборатории конструкционных материалов и нанотехнологий акционерного общества «Институт реакторных материалов» и на кафедре термообработки и физики металлов Института новых материалов и технологий ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Минобрнауки России.

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор, **Лобанов Михаил Львович**, ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Институт новых материалов и технологий, кафедра термообработки и физики металлов, профессор.

Научный консультант – доктор технических наук, **Козлов Александр Владимирович**, ФГБУН Институт физики металлов имени М.Н. Михеева Уральского отделения Российской академии наук. главный научный сотрудник.

Официальные оппоненты:

Чернов Вячеслав Михайлович – доктор физико-математических наук, профессор, АО «Высокотехнологический научно-исследовательский институт неорганических материалов имени академика А. А. Бочвара», г. Москва, отдел П-320, главный научный сотрудник;

Дремов Владимир Владимирович – доктор физико-математических наук, ФГУП «Российский Федеральный Ядерный Центр – Всероссийский научно-исследовательский институт технической физики имени академика Е.И. Забабахина», г. Снежинск (Челябинская область), отделение теоретической физики и прикладной математики, заместитель начальника отделения;

Янилкин Алексей Витальевич – кандидат физико-математических наук, ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт автоматики им. Н.Л. Духова», г. Москва, отдел компьютерного материаловедения, начальник отдела дали положительные отзывы на диссертацию.

Соискатель имеет 11 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 11 работ, из них 7 статей, опубликованных в рецензируемых научных изданиях, определенных ВАК РФ и Аттестационным советом УрФУ, включая 6 статей, входящих в международные базы цитирования Scopus и Web of Science. Общий объем опубликованных работ – 2,95 п.л., авторский вклад – 1,89 п.л.

Основные публикации по теме диссертации:

статьи, опубликованные в рецензируемых научных журналах и изданиях, определенных ВАК РФ и Аттестационным советом УрФУ

1. Kinev E. A. Swelling of nitride fuel under different experimental irradiation temperatures at the early burnout stages / Kinev E. A., Yarkov V. Yu., **Isinbaev A. R.**, Beltyukov I. L., Tarasov B. A., Ivanov A. Yu. // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zawedeniy, Yadernaya Energetika. 2024. – № 01. – P. 87–95. 0,50 п.л./0,16 п.л. (Scopus).

2. Lobanov M. L. Crystallographic features of shear $\gamma - \alpha$ transformation in

steel 10KH18N10T subjected to radioactive irradiation / Lobanov M. L., Pastukhov V. I., Redikultsev A. A., **Isinbaev A. R.**, Zorina M.A. // Metal Science and Heat Treatment. 2022. – V. 64. – № 7-8. – P. 430-435. 0,31 п.л./0,13 п.л. (Scopus).

3. **Isinbaev A. R.** Development of radiation porosity in the material of fuel-element cladding produced by different technologies for fast neutron reactors and its influence on the fuel assembly service life in the BN-600 reactor / **Isinbaev A. R.**, Portnykh I. A., Kozlov A. V. // Physics of Metals and Metallography. 2022. – V. 123. – № 5. – P. 528-534. 0,38 п.л./0,26 п.л. (Scopus).

4. Portnykh I. A. Development of radiation porosity in austenitic EK164-ID c.d. steel irradiated at 715–815 K to damage doses of 72–92 dpa / Portnykh I. A., Kozlov A. V., **Isinbaev A. R.** // Russian Metallurgy (Metally). 2021. – V. 2021. – № 3. – P. 290-296. 0,38 п.л./0,26 п.л. (Scopus).

5. Kozlov A. V. Model of the final stage of nonstationary radiation swelling of metals / Kozlov A. V., Portnykh I. A., **Isinbaev A. R.** // Physics of Metals and Metallography. 2020. – V. 121. – № 7. – P. 611-617. 0,38 п.л./0,26 п.л. (Scopus).

6. **Isinbaev A. R.** Influence of radiation porosity created in austenitic steel upon neutron irradiation on the concentration of intrinsic point defects / **Isinbaev A. R.**, Portnykh I. A., Kozlov A. V. // Physics of Metals and Metallography. 2020. – P. 121. – С. 89. 0,31 п.л./0,18 п.л. (Web of science).

7. **Исинбаев А. Р.** Прогнозирование остаточного ресурса твэлов с оболочкой из стали ЭК164 после эксплуатации в реакторе БН-600 с достижением максимальной повреждающей дозы 99 сна / **Исинбаев А. Р.**, Козлов А. В., Портных И. А. // Вопросы атомной науки и техники. Серия: Материаловедение и новые материалы. – 2019. – №. 5. – С. 75–82. 0,43 п.л./0,30 п.л.

На автореферат поступили отзывы:

1. **Неустроева Виктора Степановича**, доктора технических наук, старшего научного сотрудника, главного научного сотрудника отделения реакторного материаловедения, и **Макарова Евгения Игоревича**, кандидата технических наук, старшего научного сотрудника отделения реакторного материаловедения Акционерного общества «Государственный научный центр - Научно-исследовательский институт атомных реакторов», г. Димитровград, Ульяновская обл. Содержит замечания, касающиеся недостаточной полноты

представления вклада известных ученых в развитие изучаемой темы, необоснованности игнорирования расхождений экспериментальных и расчетных данных для отдельного образца, а также отсутствия анализа микроструктуры и набухания сталей, изготовленных по усовершенствованным технологиям, на основе реальных экспериментальных данных.

2. **Колесникова Александра Николаевича**, кандидата технических наук, заведующего кафедрой ядерных реакторов и материалов Димитровградского инженерно-технологического института – филиала федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Димитровград. Содержит замечания, касающиеся необходимости более полного учета заслуг ключевых исследователей в области радиационного набухания, проверки применимости предложенного алгоритма моделирования к другим маркам сталей с отличающимися характеристиками, учета изменений микроструктуры под воздействием облучения, комплексного подхода к обоснованию продления ресурса материалов с учетом деградации механических свойств, анализа влияния различий в составе сталей ЧС-68 и ЭК-164 на порообразование, а также акцентирования значимости легирования фосфором в стали ЭК-164.

3. **Потапова Алексея Михайловича**, доктора технических наук, ведущего научного сотрудника лаборатории коррозии, и **Никитиной Евгении Валерьевны**, кандидата химических наук, старшего научного сотрудника лаборатории коррозии ФГБУН Институт высокотемпературной электрохимии Уральского отделения Российской академии наук, г. Екатеринбург. Содержит замечания, связанные с необходимостью обоснования причин снижения скорости изменения диаметра пор при уменьшении концентрации точечных дефектов и уточнения факторов, влияющих на эволюцию материала и динамику изменения диаметра пор.

4. **Федотовой Светланы Владимировны**, кандидата технических наук, ведущего научного сотрудника отделения реакторных материалов и технологий Курчатова комплекса НБИКС-природоподобных технологий ФГБУ «Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», г. Москва.

Замечания касаются избыточной детализации методов исследования при недостаточном освещении экспериментальных данных для всех заявленных сталей и технологий, путаницы в обозначениях марок сталей в тексте и иллюстрациях, отсутствия учета изменений микроструктуры под облучением (включая дислокационные петли, радиационно-индуцированную сегрегацию и выделения вторых фаз) при моделировании распухания, а также недостаточного обсуждения преимуществ исследованных материалов и технологий изготовления с точки зрения продления предельного ресурса твэлов.

5. **Кондратьева Сергея Юрьевича**, доктора технических наук, профессора, профессора Высшей школы физики и технологий материалов Института машиностроения, материалов и транспорта ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», г. Санкт-Петербург. Замечания касаются недостаточной конкретизации параметров, связанных с однородностью структурно-фазового состояния, недостаточного раскрытия влияния исходной структуры на распухание оболочек тепловыделяющих элементов, отсутствия обоснования выбора оптимального химического состава и структурного класса стали для минимизации склонности к распуханию, а также отсутствия сравнительного анализа характеристик микро- и мезо-пор при различных условиях металлургического передела и нейтронно-температурного воздействия.

6. **Беляевой Анны Викторовны**, кандидата технических наук, старшего научного сотрудника отделения реакторного материаловедения АО «Государственный научный центр - Научно-исследовательский институт атомных реакторов», г. Димитровград. Замечания включают необходимость объяснения причин расхождения экспериментальных и расчетных данных для образца № 4, устранения затруднений в восприятии материала за счет введения единого перечня сокращений, исправления орфографических ошибок и неточностей формулировок, унификации обозначений исследуемых сталей, а также устранения дублирования текста.

7. **Овчинникова Владимира Владимировича**, доктора физико-математических наук, профессора, главного научного сотрудника, заведующего лабораторией ФГБУН Институт электрофизики Уральского отделения

Российской академии наук, г. Екатеринбург. Замечания связаны с несоответствием содержания раздела «Положения, выносимые на защиту» названию автореферата, а также с недостаточной ясностью в описании учета областей плотных каскадов атомных смещений и связанных с ними особенностей точечных дефектов и их комплексов в исследуемых материалах.

Выбор официальных оппонентов обосновывается их широкой известностью своими достижениями и исследованиями в области материаловедения и исследований в области радиационного материаловедения, связанного с влиянием повреждаемости сталей при радиационном воздействии, наличием публикаций в ведущих рецензируемых изданиях.

Диссертационный совет отмечает, что представленная диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук является законченной научно-квалификационной работой, соответствующей требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней в УрФУ, в которой содержится решение научно-технической задачи разработки методов моделирования эволюции радиационной пористости в нержавеющей сталях аустенитного класса для прогнозирования эксплуатационного ресурса оболочек твэлов, имеющей значение для развития реакторного материаловедения.

Диссертация представляет собой самостоятельное законченное исследование, обладающее внутренним единством. Положения, выносимые на защиту, содержат новые научные результаты и свидетельствуют о личном вкладе автора в науку:

- разработана самосогласованная модель эволюции радиационной пористости в аустенитных сталях, учитывающая влияние характеристик микроструктуры, на основе описания миграции точечных дефектов;

- установлены зависимости концентрации вакансий и межузельных атомов, а также скорости изменения среднего диаметра пор от удельной площади поверхности пор, соответствующие периоду выхода изделий из аустенитных сталей на стационарную стадию распухания;

- разработан и верифицирован алгоритм прогнозирования величины распухания аустенитных сталей с различными характеристиками микроструктуры под воздействием нейтронного облучения;

- рассчитаны значения остаточного и предельного ресурсов оболочек твэлов из аустенитных сталей 07X16H19M2Г2БТФР и 06X16H15M2Г2ТФР, лимитированные распуханием, для различных условий облучения и характеристик микроструктуры;

- подтверждено, что исходное структурно-фазовое состояние аустенитных сталей, изготовленных по различным технологиям, влияет на величину ресурса безопасной эксплуатации твэлов.

Практическая значимость диссертации подтверждается использованием результатов исследования при проведении работ по договору № 61/3056-Д от 18.11.2019 «Разработка комплексной модели распухания и ее использование для прогнозирования предельного ресурса аустенитных сталей при облучении».

На заседании 20 декабря 2024 г. диссертационный совет УрФУ 2.6.01.04 принял решение присудить Исинбаеву А.Р. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет УрФУ 2.6.01.04 в количестве 19 человек, из них 6 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 23 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 19, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель
диссертационного совета
УрФУ 2.6.01.04



Попов Артемий Александрович

Ученый секретарь
диссертационного совета
УрФУ 2.6.01.04



Селиванова Ольга Владимировна

20.12.2024 г.