

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 520.009.07, СОЗДАННОГО
НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
«КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ» (ПРИНАДЛЕЖНОСТЬ – ПРАВИТЕЛЬСТВО
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ), ПО ДИССЕРТАЦИИ ЖУЧКОВА ГЕОРГИЯ
МИХАЙЛОВИЧА **«ОСОБЕННОСТИ ФАЗООБРАЗОВАНИЯ В СТАЛЯХ
КОРПУСОВ РЕАКТОРОВ ВВЭР-440 И ВВЭР-1000 ПОСЛЕ ПЕРВИЧНОГО И
ПОВТОРНОГО ОБЛУЧЕНИЙ»** НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 26.10.2021 г., № 12

О присуждении ЖУЧКОВУ Георгию Михайловичу, гражданину РФ, учёной степени кандидата технических наук.

Диссертация «Особенности фазообразования в сталях корпусов реакторов ВВЭР-440 и ВВЭР-1000 после первичного и повторного облучений» по специальности 05.14.03 – «Ядерные энергетические установки, включая проектирование, эксплуатацию и вывод из эксплуатации» принята к защите 13.07.2021 г. (протокол № 7) диссертационным советом Д 520.009.07 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный исследовательский центр «Курчатowski институт» (Правительство РФ) (далее – «НИЦ «Курчатowski институт»), 123182 г. Москва, пл. академика Курчатова, д. 1 (утвержден Приказом Минобрнауки России № 258/нк от 28.02.2020 г.).

Соискатель – Жучков Георгий Михайлович, дата рождения 22 марта 1992 года.

В 2015 году Жучков Г.М. окончил специалитет Национального исследовательского технологического университета «МИСиС» по специальности 150702 «Физика металлов» с присвоением квалификации «инженер-физик».

С 21 сентября 2016 года по 30 сентября 2021 года Жучков Г.М. обучался в очной аспирантуре НИЦ «Курчатowski институт». По окончании аспирантуры в 2021 году Жучкову Г.М. присвоена квалификация «Исследователь. Преподаватель-исследователь». За время обучения в аспирантуре сдал кандидатские экзамены по иностранному языку (оценка «хорошо»), истории и философии науки (оценка

«отлично»), а также экзамен по специальности 05.14.03 – «Ядерные энергетические установки, включая проектирование, эксплуатацию и вывод из эксплуатации» (оценка «отлично»).

Диссертационная работа Жучкова Г.М. выполнена в Курчатовском комплексе НБИКС-природоподобных технологий (КК НБИКС-пт) НИЦ «Курчатовский институт».

В период подготовки диссертации Жучков Г.М. работал в НИЦ «Курчатовский институт» в должностях инженера-исследователя и младшего научного сотрудника. В настоящее время работает научным сотрудником Отдела аналитических методов исследования материалов и перспективных технологий Отделения реакторных материалов и технологий КК НБИКС-пт НИЦ «Курчатовский институт».

Научный руководитель – Кулешова Евгения Анатольевна, доктор технических наук, доцент, главный научный сотрудник лаборатории аналитических методов исследования Отделения реакторных материалов и технологий КК НБИКС-пт НИЦ «Курчатовский институт».

Официальные оппоненты:

– Кудря Александр Викторович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры металловедения и физики прочности Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» (ФГАОУ ВО НИТУ «МИСиС»), г. Москва;

– Печенкин Валерий Александрович, кандидат физико-математических наук, доцент, ведущий научный сотрудник Отделения прикладной физики Акционерного общества «Государственный научный центр Российской Федерации – Физико-энергетический институт имени А.И. Лейпунского» (АО «ГНЦ РФ – ФЭИ»), г. Обнинск

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Акционерное общество «Ордена трудового красного знамени и Ордена труда ЧССР опытное конструкторское бюро «ГИДРОПРЕСС» (АО ОКБ «ГИДРОПРЕСС»), г. Подольск Московской области, в своём положительном отзыве, подписанном ведущим конструктором

Комоловым В.М., учёным секретарём НТС секции №4 отделения конструкционной целостности Петровой О.Ю., подписанном и утверждённом заместителем генерального конструктора – начальником отделения конструкционной целостности, председателем НТС секции № 4, кандидатом технических наук Ведерниковым П.А., указала, что диссертационная работа Жучкова Г.М. актуальна в связи с тем, что восстановление механических характеристик металла корпуса реактора (КР) путём неоднократных восстановительных отжигов после облучений в процессе эксплуатации КР, обуславливает необходимость в получении обобщенных закономерностей фазообразования в материалах КР в результате воздействия эксплуатационных факторов при первичном/повторном облучении, а также возврат их структурно-фазового состояния после восстановительных отжигов.

Отмечено, что диссертационная работа по постановке целей и задач отвечает существующей потребности в накоплении знаний по повышению надежности прогнозных зависимостей изменения механических свойств сталей КР в процессе их эксплуатации. Полученные дозовые зависимости изменения параметров радиационно-индуцированных структурных элементов и установленные связи между структурными и механическими характеристиками материалов основного металла и металла швов КР ВВЭР-440 и ВВЭР-1000 повышают обоснованность безопасной эксплуатации КР в проектный и продленный период.

Ведущая организация дала положительную оценку диссертации и заключила, что работа Жучкова Г.М. представляет собой завершённую научно-исследовательскую работу, написана грамотно и логично, сделанные автором выводы обоснованы, содержание автореферата полно отражает основное содержание диссертации. Диссертационная работа соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013 г., а её автор, Жучков Георгий Михайлович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.03 – «Ядерные энергетические установки, включая проектирование, эксплуатацию и вывод из эксплуатации».

По теме диссертации было опубликовано 8 научных статей в рецензируемых научных журналах, в том числе индексируемых в международных базах данных Scopus, Web of Science и входящих в перечень ВАК:

1. Kuleshova E.A., Gurovich B.A., Lavrukina Z.V., Maltsev D.A., Fedotova S.V., Frolov A.S., Zhuchkov G.M. Study of the flux effect nature for VVER-1000 RPV welds with high nickel content// Journal of Nuclear Materials. – 2017, Vol. 483,–P.1-12.

2. Kuleshova E.A., Gurovich B.A., Bukina Z.V., Frolov A.S., Maltsev D.A., Krikun E.V., Zhurko D.A., Zhuchkov G.M. Mechanisms of radiation embrittlement of VVER-1000 RPV steel at irradiation temperatures of (50-400)°C// Journal of Nuclear Materials. – 2017, Vol. 490, – P. 247-259.

3. Kuleshova E.A., Gurovich B.A., Maltsev D.A., Frolov A.S., Bukina Z.V., Fedotova S.V., Saltykov M.A., Krikun E.V., Erak D.Y., Zhurko D.A., Safonov D.V., Zhuchkov G.M. Phase and structural transformations in VVER-440 RPV base metal after long-term operation and recovery annealing// Journal of Nuclear Materials. – 2018, Vol. 501, – P. 261-274.

4. Fedotova S.V., Kuleshova E.A., Gurovich B.A., Frolov A.S., Maltsev D.A., Zhuchkov G.M., Fedotov I.V. APT-studies of phase formation features in VVER-440 RPV weld and base metal in irradiation-annealing cycles// Journal of Nuclear Materials. – 2018, Vol. 511, – P. 30-42.

5. Кулешова Е.А., Фролов А.С., Жучков Г.М., Федотов И.В. Радиационно-индуцированное фазообразование в сталях корпусов ядерных реакторов типа ВВЭР с содержанием никеля ~0.3-1.3 мас.%// Физика металлов и металловедение. – 2019, –Т. 120, №5, – С. 505-511.

6. Kuleshova E.A., Fedotova S.V., Zhuchkov G.M., Erak A.D. Degradation of RPV steel structure after 45 years of operation in the VVER-440 reactor// Journal of Nuclear Materials. – 2020, Vol. 540, 152362.

7. Kuleshova E.A., Gurovich B.A., Fedotova S.V., Zhuchkov G.M., Frolov A.S., Maltsev D.A. Comparison of the high Ni VVER-1000 weld microstructure under the primary irradiation and re-irradiation// Journal of Nuclear Materials. – 2020, Vol. 540, 152384.

8. Kuleshova E.A., Zhuchkov G.M., Fedotova S.V., Maltsev D.A., Frolov A.S., Fedotov I.V. Precipitation kinetics of radiation-induced Ni-Mn-Si phases in VVER-1000 reactor pressure vessel steels under the low and high flux irradiation// Journal of Nuclear Materials. – 2021, Vol. 553, 153091.

По своему содержанию публикации посвящены исследованию влияния параметров нейтронного облучения, температуры, химического состава сталей,

режимов восстановительных отжигов на радиационно-индуцированные процессы в сталях корпусов реакторов ВВЭР. В статьях излагается краткое описание аналитических методов исследования материалов, приводятся экспериментальные и расчётно-экспериментальные данные вкладов в изменение механических характеристик сталей, необходимые выводы о наблюдаемых и прогнозируемых фазово-структурных особенностях трансформации структуры, определяющих эволюцию исходных прочностных характеристик, лимитирующих ресурс корпуса реактора ВВЭР.

На автореферат поступило 3 отзыва, все положительные.

1. Отзыв из Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева» (ФГБОУ ВО НГТУ им. Р.Е. Алексеева). Отзыв составил доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Ядерные реакторы и энергетические установки» Мельников В.И. Отзыв имеет одно замечание: «Было бы целесообразным в автореферате уделить внимание вопросу термической стабильности исследуемых фаз при эксплуатационных температурах корпуса реактора, а в Таблице 3 автореферата привести данные по температурам облучения».

2. Отзыв из Федерального государственного бюджетного учреждения «Институт теоретической и экспериментальной физики имени А.И. Алиханова» НИЦ «Курчатовский институт» (НИЦ «Курчатовский институт» – ИТЭФ). Отзыв составил доктор физико-математических наук, начальник отдела атомно-масштабных и ядерно-физических методов исследования материалов ядерной техники НИЦ «Курчатовский институт» – ИТЭФ Рогожкин С.В. Отзыв содержит три замечания: «с самого начала используются сокращения ОМ, МШ и ОС, хотя их обозначения вводятся только на стр. 6 и 8; на стр. 8 имеется опечатка в обозначении состояния после повторного облучения: написано $I_1A_1I_3$, а должно быть $I_1A_1I_2$; неудачно сформулирован личный вклад автора (стр.6): «автор принимал... участие в анализе... данных и их корреляции с механическими характеристиками».

3. Отзыв из Акционерного общества «Научно-производственное объединение «Центральный научно-исследовательский институт технологии машиностроения» (АО НПО «ЦНИИТМАШ»). Отзыв составил доктор технических

наук, профессор, лауреат государственной премии СССР, премии Правительства РФ, научный руководитель Института металлургии и машиностроения АО НПО «ЦНИИТМАШ» Дуб В.С. Отзыв содержит одно замечание: «В качестве недостатков можно указать отсутствие данных о зависимости структурных изменений от исходного содержания легирующих, вредных и примесных элементов, также не представлены связи структурных изменений с эволюцией вязко-пластических свойств металла КР, деградация которых в процессе эксплуатации и определяет ресурс ЯЭУ, однако эти темы выходят за формальные рамки работы и их раскрытие следует рассматривать скорее в качестве пожеланий».

Выбор официальных оппонентов обосновывается тем, что:

– Кудря А.В. является специалистом в области физики прочности и разрушения, имеет опыт проведения прикладных научных исследований и экспериментальных разработок, направленных на исследование строения разнородных структур сварных соединений, определяющих уровень хрупкой прочности металлов сварных швов в корпусной реакторной стали;

– Печёнкин В.А. является специалистом в области физики радиационных повреждений материалов, членом Научного совета по проблеме «Радиационная физика твёрдого тела».

Оба официальных оппонента имеют публикации по тематике близкой к тематике представленной диссертационной работы.

Выбор ведущей организации обосновывается тем, что АО ОКБ «ГИДРОПРЕСС» является одной из основных российских организаций, осуществляющих комплекс конструкторских, расчётно-теоретических и экспериментально-исследовательских работ по созданию реакторных установок для АЭС и единственным конструкторским бюро, разработавшим все российские проекты действующих ВВЭР-440 и ВВЭР-1000.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований в диссертации:

– **разработана** методология оценки радиационной стойкости корпусных сталей в процессе эксплуатации в составе корпусов реакторов ВВЭР по особенностям кинетики фазообразования радиационно-индуцированных элементов структуры в облученных материалах сталей корпусов реакторов ВВЭР с

использованием атомно-зондовой томографии и просвечивающей электронной микроскопии;

– **подтверждена** эффективность проведения повторных восстановительных отжигов металлов сварных швов как наиболее критичных с позиций хрупкой прочности элементов корпусов реакторов ВВЭР-440 с учётом развития сегрегационных процессов в сталях корпусов реакторов.

Теоретическая значимость исследований обоснована тем, что:

– выявлена причина постепенного снижения темпа радиационного охрупчивания сталей корпусов реакторов ВВЭР-440 в процессе эксплуатации с промежуточными восстановительными отжигами, заключающаяся в снижении общей объёмной плотности радиационно-индуцированных преципитатов в цикле «облучение-восстановительный отжиг- облучение»;

– впервые в широком диапазоне флюенсов и флаксов быстрых нейтронов выявлены закономерности кинетики радиационно-индуцированного фазообразования в образцах-свидетелях сталей российских корпусов реакторов ВВЭР-1000.

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

– полученные дозовые зависимости изменения параметров радиационно-индуцированных элементов и установленные связи между структурными элементами и механическими характеристиками сталей корпусов ВВЭР-440 и образцов-свидетелей ВВЭР-1000 способствуют повышению обоснованности прогнозов безопасной эксплуатации корпусов в проектный и продленный период их эксплуатации;

– установленные закономерности фазообразования в сталях корпусов ВВЭР-440 позволили подтвердить обоснованность и эффективность проведения повторных восстановительных отжигов для продления срока их эксплуатации до 60 лет.

Достоверность результатов исследования подтверждается:

– расчётно-экспериментальными данными механических испытаний;

– согласованием полученных результатов с современными теоретическими представлениями, а также отсутствием противоречий с известными данными научно-технической литературы;

– неоднократным опубликованием результатов работы в реферируемых международных научных журналах и их апробацией на профильных научных конференциях, семинарах и школах.

Личный вклад автора состоит в выполнении исследований сталей корпусов ВВЭР-440 и ВВЭР-1000 с использованием методики атомно-зондовой томографии на всех циклах эксперимента; проведении систематизации, статистической обработки и оценке результатов эксперимента; интерпретации полученных экспериментальных данных и их корреляции с механическими характеристиками корпусных сталей. Все публикации по теме диссертации подготовлены при непосредственном участии автора. Автор представлял большинство результатов исследования на научных семинарах, школах и конференциях.

В ходе защиты диссертации были высказаны критические замечания, в том числе о большом количестве используемых в докладе и автореферате аббревиатур, без их предварительной расшифровки.

Соискатель Жучков Г.М. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы

Диссертационный совет пришел к выводу, что диссертация Жучкова Г.М. «Особенности фазообразования в сталях корпусов реакторов ВВЭР-440 и ВВЭР-1000 после первичного и повторного облучений», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.03 – «Ядерные энергетические установки, включая проектирование, эксплуатацию и вывод из эксплуатации», представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 в действующей редакции.

На заседании 26 октября 2021 г. диссертационный совет принял решение за получение новых научно обоснованных результатов исследования, имеющих важное значение для эксплуатации АЭС с ВВЭР и, таким образом, существенное значение для развития страны, присудить Жучкову Г.М. ученую степень кандидата технических наук по специальности 05.14.03 – «Ядерные энергетические установки, включая проектирование, эксплуатацию и вывод из эксплуатации».

При проведении тайного электронного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек (в том числе присутствовали удаленно 7 человек), из них 8 докторов наук по специальности диссертации, участвовавших в заседании, из 21 человека, входящих в состав совета, проголосовал:

за присуждение ученой степени – 16,

против присуждения ученой степени – нет.

Протокол о результатах голосования утвержден открытым голосованием единогласно.

Председатель
диссертационного совета, д.ф.-м.н.



А.А. Ковалишин

Учёный секретарь
диссертационного совета, к.ф.-м.н.

Д.А. Шкаровский

26.10.2021 г.