

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 САФОНОВА ДЕНИСА
ВАЛЕРЬЕВИЧА «СТРУКТУРНО-ФАЗОВОЕ СОСТОЯНИЕ ОБОЛОЧЕЧНЫХ
МАТЕРИАЛОВ В УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ, СУХОГО ХРАНЕНИЯ, А
ТАКЖЕ ПРОЕКТНОЙ АВАРИИ» НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 26.10.2021 г., № 13

О присуждении САФОНОВУ Денису Валерьевичу, гражданину РФ, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Структурно-фазовое состояние оболочечных материалов в условиях эксплуатации, сухого хранения, а также проектной аварии» по специальности 05.14.03 – «Ядерные энергетические установки, включая проектирование, эксплуатацию и вывод из эксплуатации» принята к защите 13.07.2021 г. (протокол №8) диссертационным советом Д 520.009.07 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт» (Правительство РФ) (далее – «НИЦ «Курчатовский институт»), 123182 г. Москва, пл. академика Курчатова, д. 1 (утвержден Приказом Минобрнауки России № 258/нк от 28.02.2020 г.).

Соискатель – Сафонов Денис Валерьевич, дата рождения 25 мая 1993 года.

В 2017 г. Сафонов Д.В. окончил специалитет Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ» по специальности 14.05.03 – «Технология разделения изотопов и ядерное топливо» с присвоением квалификации «инженер-физик».

С 01.10.2017 г. по 30.09.2021 г. Сафонов Д.В. обучался в очной аспирантуре НИЦ «Курчатовский институт». По окончании аспирантуры в 2021 г. Сафонову Д.В. присвоена квалификация «Исследователь. Преподаватель-исследователь». За время обучения в аспирантуре сдал кандидатские экзамены по иностранному языку (оценка «отлично»), 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 Сафонова Д.В. выполнена в Курчатовском комплексе НБИКС-природоподобных технологий (КК НБИКС-пт) НИЦ «Курчатовский институт».

В период подготовки диссертации Сафонов Д.В. 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:

– Кобылянский Геннадий Петрович, доктор технических наук, ведущий научный сотрудник Отделения реакторного материаловедения АО «Государственный научный центр – Научно-исследовательский институт атомных реакторов», г. Димитровград Ульяновской области;

– Белов Владислав Алексеевич, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры металловедения и физики прочности Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» (ФГАОУ ВО НИТУ «МИСиС»), г. Москва

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Акционерное общество «Высокотехнологический научно-исследовательский институт неорганических материалов имени академика А.А. Бочвара» (АО «ВНИИНМ»), г. Москва, в своем положительном заключении, подписанном кандидатом физико-математических наук, ведущим научным сотрудником Плясовым А.А., кандидатом экономических наук, ученым секретарем

АО «ВНИИНМ» Поздеевым М.В. и утвержденном кандидатом химических наук, генеральным директором АО «ВНИИНМ» Карпюком Л.А., указала, что диссертационная работа Сафонова Д.В. актуальна в связи с тем, что в настоящее время в РФ проводятся интенсивные работы по разработке отечественной технологии сухого хранения отработавшего ядерного топлива (ОЯТ) реакторов ВВЭР (PWR), по повышению безопасности действующих и перспективных ядерных реакторов, в том числе по разработке новых видов топлива, устойчивых к авариям (толерантного топлива), по повышению конкурентоспособности отечественного топлива на международном рынке. Отмечено, что диссертационная работа по постановке и решению задач представляет значительный научный интерес и важность для радиационного материаловедения. Хорошо обоснованные результаты диссертации имеют важное значение и будут использованы исследователями при дальнейшем изучении эксплуатирующихся и перспективных оболочечных сплавов.

Ведущая организация дала положительную оценку диссертации и заключила, что работа Сафонова Д.В. является законченной и логически связанной исследовательской работой, отвечает всем требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Автореферат правильно отражает содержание диссертации. Диссертационная работа соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013 г. и «Изменениям, которые вносятся в Положение о присуждении ученых степеней», утвержденным Постановлением Правительства Российской Федерации № 335 от 21.04.2016, а ее автор, Сафонов Денис Валерьевич, 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 опубликовано 5 научных статей в рецензируемых научных журналах, в том числе индексируемых в международных базах данных Scopus, Web of Science и входящих в перечень ВАК:

1. B.A. Gurovich, A.S. Frolov, E.A. Kuleshova, D.A. Maltsev, D.V. Safonov, E.V. Alekseeva, TEM-studies of the dislocation loops and niobium-based precipitates in E110

alloy after operation in VVER-type reactor conditions // Material Characterization, Volume 150, April 2019, Pages 22-30;

2. .A. Kuleshova, D.A. Maltsev, A.S. Frolov, E.V. Krikun, D.V. Safonov, I.V. Kozlov, Structure and Phase Composition of Zirconium Fuel Claddings in Initial State and after Creep Tests // KnE Materials Science | 15th International School-Conference "New materials – Materials of innovative energy, Pages 20-31;

3. Б. А. Гурович, А. С. Фролов, Е. А. Кулешова, Д. А. Мальцев, Д. В. Сафонов, В. Н. Кочкин, Е. В. Алексеева, Н. В. Степанов, Дegradация материалов оболочек твэлов на основе циркония в условиях эксплуатации реакторов типа ВВЭР // Вопросы материаловедения, №3 (95), 2018, стр. 191-205;

4. B.A. Gurovich, A.S. Frolov, E.A. Kuleshova, D.A. Maltsev, D.V. Safonov, S.V. Fedotova, V.N. Kochkin, P.P. Panferov, Structural evolution features of the 42XNM alloy during neutron irradiation under VVER conditions // Journal of Nuclear Materials, Volume 543, January 2021;

5. Р.А. Курский, Д.В. Сафонов, О.О. Забусов, А.Б. Гайдученко, А.Б. Брагин, А.В. Рожков, Д.А. Мальцев, Переориентация гидридов в необлученных оболочечных трубах из сплава Э110 в условиях, имитирующих длительное сухое хранение отработавшего ядерного топлива // Физика Металлов и Металловедение, №122 (9), 2021.

По своему содержанию публикации посвящены исследованию эволюции структурно-фазового состояния материалов использующихся и перспективных оболочек твэлов под облучением, а также в различных возможных условиях эксплуатации и проектной аварии и полностью отражают результаты, полученные в диссертационной работе.

На диссертацию и автореферат поступило 5 отзывов, все положительные.

1. Отзыв из Акционерного общества «ТВЭЛ», г. Москва. Отзыв составил директор департамента по научно-технической деятельности Шишкин А.А. Замечаний к работе в отзыве не отмечено.

2. Отзыв из Акционерного общества «Институт реакторных материалов», г. Заречный Свердловской области. Отзыв составил доктор технических наук, эксперт отдела научно-инновационного развития Козлов А.В. Отзыв имеет следующие замечания: 1) На стр. 4 автореферата в качестве целей декларируется:

исследование эволюции структурно-фазового состояния облученного сплава Э110 под действием термической ползучести в условиях сухого хранения ОТВС; исследование эволюции структурно-фазового состояния облученного сплава 42ХНМ в температурно-временных условиях максимальной проектной аварии типа ЛОСА. Исследование – это процесс, который сам по себе целью являться не может, – это средство достижения цели. Целью может быть» «установление закономерностей...», «выявление влияния...» и пр. То же относится к решенным задачам. 2) На стр. 10 приведена табл. 4, предназначенная для сравнения характеристик вторых фаз. Для двух фаз приводятся средние размеры и концентрация для третьей – гидридов, вероятно, длина и, возможно, объемная доля (расшифровки нет, можно только гадать). В то же время, таблица является основой для вывода о новизне: «Основное упрочнение обусловлено глобулярными частицами β -Nb». А как оценен вклад гидридов? 3) В ссылках обычно название статьи отделяется от названия журнала символом «//». Здесь, например, в ссылке 1., непонятно, что искать. То ли «TEM-studies of the dislocation loops and niobium-based precipitates in E110 alloy after operation in VVER-type reactor conditions Material Characterization» – название сборника, и искать надо по нему, то ли это название статьи, тогда, что это за сборник или журнал?

3. Отзыв из Акционерного общества «Институт реакторных материалов», г. Заречный Свердловской области. Отзыв составил кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник АО «ИРМ» Кинёв Е.А. Отзыв имеет следующие замечания: 1) Не указана форма и условия облучения образцов сплава Э110 для имитационных испытаний на термическую ползучесть (стр. 6). 2) Не ясно, в поперечном или продольном сечении труб (или другой продукции) определен средний размер зерна сплава Э110 (стр. 11). 3) Из текста автореферата не понятна корреляция результатов анализа микроструктуры и расчетов изменения предела прочности сплава Э110 с данными исследований на ползучесть. 4) Из таблицы 7 не видно уменьшение плотности выделений TiN в сплаве 42ХНМ с ростом дозы облучения. 5) На стр. 18 предложение о совпадении интервалов температур не согласовано, и, судя по рис. 10, среди структурных составляющих только доля прерывистого распада значительно растет при облучении, а вклады фазовых выделений близки к исходным. 6) Анализ поведения пластичности сплава 42ХНМ

при имитации аварии LOCA (стр. 21 и рис. 16а) выполнен поверхностно, не объясняя причину одновременного роста пластичности и пористости выше температур 800-900 °С. Более того, использованы данные короткого отжига (см. рис. 11), после которого все структурные изменения многократно ниже таковых при длительных отжигах.

4. Отзыв из Федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», г Москва. Отзыв составил доктор физико-математических наук, профессор, начальник отдела моделирования технологий ядерного топлива НИЦ «Курчатовский институт» Лиханский В.В. Отзыв имеет одну рекомендацию. «В работе представлены результаты исследования материалов оболочек твэлов на основе сплава Э110, изготовленного по губчатой и электролитической технологиям. Было бы интересно в дальнейшем при выполнении работ провести сравнительный анализ стойкости структурно-фазового состояния двух сплавов после облучения в условиях ВВЭР-1000.»

5. Отзыв из Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Москва. Отзыв составил кандидат технических наук, доцент Института ядерной физики и технологий НИЯУ МИФИ Джумаев П.С. Отзыв содержит одну рекомендацию: «В работе представлены сравнительные температурные зависимости изменения объемной доли структурных составляющих в сплаве 42ХНМ в результате коротких отжигов от наблюдаемой пластичности. В качестве пожелания, можно рекомендовать в будущем провести подобное сравнение и для длительных отжигов, результаты изменения объемной доли структурных составляющих для которых также приведены в работе».

Выбор официальных оппонентов обосновывается тем, что:

– Кобылянский Г.П. является специалистом в области циркониевых сплавов, а также в области исследований методом просвечивающей электронной микроскопии, имеет опыт проведения прикладных научных исследований, направленных на изучение эволюции сплава Э110 под облучением и является специалистом в области изучения термической и радиационной ползучести сплава Э110;

– Белов В.А. является специалистом в области изучения циркониевых сплавов, имеет опыт проведения прикладных научных исследований, направленных на изучение структурно-фазового состояния и механических свойств необлученных сплавов Э110.

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

Выбор ведущей организации обосновывается тем, что АО «Высокотехнологический научно-исследовательский институт неорганических материалов им. академика А.А. Бочвара» является одной из основных российских организаций, осуществляющих разработку, исследование и диагностику материалов твэлов водо-водяных реакторов, а также имеет компетенции в исследовании и модифицировании сплава 42ХНМ в качестве материала оболочек твэлов транспортных реакторов.

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

– **разработана** методика оценки сопротивления ползучести материалов оболочек твэлов, в том числе сплава Э110 на основании данных исследований структурно-фазового состояния в условиях сухого хранения;

– **установлено**, что оболочки твэлов из сплава Э110 как первый барьер на пути выхода радиоактивных продуктов деления за пределы хранилища не разрушаются под действием термической ползучести в условиях сухого хранения;

– **разработана** методика оценки пластических свойств сплава 42ХНМ в условиях максимальной проектной аварии с потерей теплоносителя в качестве кандидатного материала оболочек толерантных твэлов.

Теоретическая значимость исследований обоснована тем, что:

– впервые установлено, что в процессе испытаний на термическую ползучесть оболочек твэлов из сплава Э110 в условиях сухого хранения ОЯТ, не происходит изменения фазового состава, а ползучесть определяется преимущественно исходным состоянием сплава;

– впервые установлено, что наибольший вклад в сопротивление термической ползучести в условиях сухого хранения ОЯТ, вносят исходные глобулярные выделения β -Nb.

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

– результаты исследований структурно-фазового состояния облученных материалов оболочек ТВЭЛов из сплава Э110 используются в тепло-гидравлическом и термомеханических кодах в рамках реализации «Программы экспериментальных и расчетно-теоретических исследований для обоснования длительного сухого хранения ТВС новых типов»;

– результаты исследования сплава 42ХНМ в условиях, соответствующих максимальной проектной аварии с потерей теплоносителя, способствуют повышению обоснованности выбора материала оболочки толерантного ТВЭЛА.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

– результаты получены с использованием современных методов исследования (просвечивающей электронной микроскопии, растровой электронной микроскопии, атомно-зондовой томографии);

– расчетные данные подтверждаются результатами механических испытаний;

– результаты исследований согласуются с современными теоретическими представлениями, не противоречат известным данным научно-технической литературы и подтверждаются аналогичными исследованиями, проведенными в независимых научно-исследовательских организациях;

– результаты работы опубликованы в реферируемых международных и отечественных журналах, апробированы на профильных научных конференциях.

Личный вклад автора состоит в подготовке, проведении, систематизации, обработке и анализе результатов исследований микроструктуры сплавов Э110 и 42ХНМ во всех состояниях с использованием методов просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ). Автор принимал активное участие в планировании и подготовке механических испытаний сплава 42ХНМ. При непосредственном участии автора проведен анализ и интерпретация полученных данных микроструктурных исследований с результатами механических испытаний сплавов Э110 и 42ХНМ. Все публикации по теме диссертации подготовлены при непосредственном участии автора. Автор лично представлял результаты исследования на научных конференциях.

В ходе защиты диссертации были высказаны критические замечания, в том числе об отсутствии в докладе оценки допустимой длительности сухого хранения отработавших топливных сборок. Соискатель Сафонов Д.В. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы.

Диссертационный совет пришел к выводу, что диссертация Сафопова Д.В. «Структурно-фазовое состояние оболочечных материалов в условиях эксплуатации, сухого хранения, а также проектной аварии», 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 Сафонову Д.В. 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.н.

Учёный секретарь
диссертационного совета, к.ф.н.

26.10.2021 г.



А.А. Ковалишин

Д.А. Шкаровский