

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.162.02, СОЗДАННОГО  
НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО  
УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ИНСТИТУТА ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ им. Г.И. БУДКЕРА  
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК,  
подведомственного Минобрнауки России, ПО ДИССЕРТАЦИИ  
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_  
решение диссертационного совета от 11.02.2025 № 1

О присуждении **Черепанову Дмитрию Евгеньевичу**, гражданину Российской Федерации, ученой степени **кандидата физико-математических наук**.

Диссертация **«Экспериментальные методы исследования повреждения термическими ударами материалов первой стенки термоядерных реакторов»** по специальности **1.3.2. Приборы и методы экспериментальной физики** принята к защите 30.10.2024 (протокол заседания № 7) диссертационным советом 24.1.162.02, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института ядерной физики им. Г.И. Будкера Сибирского отделения Российской академии наук, подведомственного Минобрнауки России, 630090, г. Новосибирск, проспект академика Лаврентьева, д. 11, приказ о создании диссертационного совета № 105/нк от 11.04.2012.

**Соискатель** Черепанов Дмитрий Евгеньевич, «08» июля 1996 года рождения, работает инженером-исследователем в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте ядерной физики им. Г.И. Будкера Сибирского отделения Российской академии наук, подведомственном Минобрнауки России.

В 2020 году Черепанов Дмитрий Евгеньевич окончил магистратуру Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирского национального исследовательского государственного университета по направлению подготовки 03.04.02 «Физика». В 2024 году окончил аспирантуру Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования Новосибирского национального исследовательского государственного университета по направлению подготовки 03.06.01 «Физика и астрономия», по научной специальности 1.3.2. Приборы и методы экспериментальной физики.

Диссертация выполнена в Лаборатории 10 Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института ядерной физики им. Г.И. Будкера Сибирского отделения Российской академии наук, подведомственного Минобрнауки России.

**Научный руководитель** – доктор физико-математических наук Вячеслав Леонид Николаевич, главный научный сотрудник лаборатории 9-0 Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института ядерной физики им. Г.И. Будкера Сибирского отделения Российской академии наук.

### Официальные оппоненты:

1. **Мазуль Игорь Всеволодович** – доктор технических наук, Акционерное общество «Научно-исследовательский институт электрофизической аппаратуры им. Д.В. Ефремова», главный научный сотрудник;
2. **Позняк Игорь Михайлович** – кандидат физико-математических наук, Акционерное общество «Государственный научный центр Российской Федерации Троицкий институт инновационных и термоядерных исследований», ведущий научный сотрудник

дали **положительные** отзывы на диссертацию.

**Ведущая организация** Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики прочности и материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук, г. Томск, в своем положительном отзыве, подписанном Зуевым Львом Борисовичем, доктором физико-математических наук, профессором, заведующим лабораторией физики прочности, указала, что диссертация Д.Е. Черепанова представляет собой научное достижение в области создания материалов для новой ответственной техники. Приведенные в тексте отзыва замечания не затрагивают существа выполненной на высоком научном уровне работы и не снижают ценности полученных в ней результатов, а подчеркивают сложность и многогранность проблемы, избранной соискателем для разработки. По научной и практической ценности и своему уровню диссертация соответствует пункту II. 9 Положения о присуждении ученых степеней и может быть квалифицирована как выполненная на высоком научном уровне научно-квалификационная работа, в которой содержится решение научной задачи, имеющей значение для развития соответствующей отрасли знаний. Автореферат и публикации автора в полной мере отражают содержание диссертации, а ее автор Черепанов Дмитрий Евгеньевич заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.2 Приборы и методы экспериментальной физики.

Соискатель имеет 5 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 3 работы, из них 3 в рецензируемых научных изданиях, входящих в международные наукометрические базы данных цитирования Scopus и Web of Science. Работы посвящены исследованию эрозии обращенных к плазме материалов, протекающей в результате импульсного нагрева, возможного в ходе реализации магнитного удержания плазмы. Основные результаты по теме диссертации опубликованы в следующих работах:

1. In situ method for studying stresses in a pulse-heated tungsten plate based on measurements of surface curvature / D. E. Cherepanov, A. S. Arakcheev, A. V. Burdakov [et al.]. – Текст : электронный // Nuclear Materials and Energy. – 2021. – Vol. 26. – P. 100919. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.nme.2021.100919>. – Дата публикации: 21.01.2021.

2. In situ study of thermal shock damage to high-temperature ceramics / D. E. Cherepanov, L. N. Vyacheslavov, V. A. Popov [et al.]. – Текст : электронный // Nuclear Materials and Energy. – 2023. – Vol. 36. – P. 101495. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.nme.2023.101495>. – Дата публикации: 27.08.2023.

3. Испытания покрытий из карбида бора импульсной тепловой нагрузкой, возможной в диверторной зоне токамака ИТЭР / Д. Е. Черепанов, А. В. Бурдаков,

Л. Н. Вячеславов [и др.]. – Текст : электронный // Вопросы атомной науки и техники, Серия Термоядерный синтез. – 2024. – Т. 47, № 1. – С. 89-98. – URL: [http://vant.iterru.ru/vant\\_2024\\_1/8.pdf](http://vant.iterru.ru/vant_2024_1/8.pdf). – Дата обращения: 15.04.2024.

Авторский вклад соискателя ученой степени в работы по теме диссертации является определяющим и заключается в следующем:

в статье 1 – в разработке, реализации и настройке *in situ* системы диагностики изгиба образцов в виде вольфрамовых пластин, проведении экспериментов, обработке данных и описании экспериментально зарегистрированного процесса хрупко-пластичной деформации вольфрама, протекающей в результате импульсного нагрева, который ожидается во время протекания переходных процессов в ходе удержания плазмы в токамаке;

в статье 2 – в реализации и настройке системы диагностики диффузно рассеиваемого поверхностью исследуемого образца лазерного излучения, проведении экспериментов по изучению эрозии горячепрессованного карбида бора во время импульсного нагрева, исследовании образца после облучения, обработке экспериментальных данных и описании экспериментально зарегистрированного процесса эрозии при быстром нагреве карбида бора до температур ниже порога плавления;

в статье 3 – в проведении экспериментальной работы по испытанию образцов в виде вольфрамовых пластин с нанесенными разными методами покрытиями из карбида бора, характеристике эрозии в зависимости от производимой импульсной тепловой нагрузки;

В диссертации соискателя ученой степени Черепанова Д.Е. отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных им работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. От официального оппонента Мазуля Игоря Всеволодовича, доктора технических наук, главного научного сотрудника научно-исследовательского отделения «Энергонагруженные многослойные компоненты» Акционерного общества «Научно-исследовательский институт электрофизической аппаратуры им. Д.В. Ефремова». В отзыве описано содержание диссертационной работы, подчеркиваются актуальность темы исследования, научная новизна и практическая значимость полученных результатов. Отмечается, что работа соответствует уровню современной науки по сложности решаемой задачи, современности используемого оборудования и востребованности получаемых результатов. Отзыв содержит замечания, которые, как отмечено, не снижают значимости полученных результатов и не влияют на общую положительную оценку диссертационного исследования. В заключительной части отзыва отмечено, что диссертационная работа Черепанова Д.Е. «Экспериментальные методы исследования повреждения термическими ударами материалов первой стенки термоядерных реакторов» соответствует критериям (пп. 9-14), установленным Положением о присуждении ученых степеней №842 от 24 сентября 2013 г. (в действующей редакции) к кандидатским диссертациям, а Черепанов Д.Е. заслуживает присуждения степени кандидата физико-

математических наук по специальности 1.3.2 Приборы и методы экспериментальной физики.

2. От официального оппонента Позняка Игоря Михайловича, кандидата физико-математических наук, ведущего научного сотрудника Акционерного общества «Государственный научный центр Российской Федерации Троицкий институт инновационных и термоядерных исследований». В отзыве отражены актуальность и научная новизна работы, практическая значимость полученных результатов, а также степень обоснованности и достоверность научных положений и выводов, сформулированных в диссертации. Отзыв содержит вопросы и замечания, которые не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы и не снижают ценности полученных в ней результатов. В заключении отмечено, что диссертационная работа Черепанова Д.Е. «Экспериментальные методы исследования повреждения термическими ударами материалов первой стенки термоядерных реакторов» представляет собой завершенное научное исследование, полученные в ней результаты обладают новизной и практической ценностью, а их достоверность не вызывает сомнения. Диссертация полностью соответствует требованиям действующего Положения о присуждении ученых степеней №842, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г., а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.2 Приборы и методы экспериментальной физики.
3. На автореферат поступил отзыв, подписанный Ульяницким Владимиром Юрьевичем, доктором технических наук, главным научным сотрудником Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института гидродинамики им. М.А. Лаврентьева Сибирского отделения Российской академии наук. В отзыве отмечается актуальность и новизна проведенных диссертационных исследований. Замечания, указанные в отзыве, не снижают общей ценности предоставленной работы и могут быть использованы как рекомендации к проведению дальнейших исследований. Подчеркивается высокий профессиональный уровень работы соискателя и практическая значимость полученных результатов.

**Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается** известностью их достижений в области приборов и методов экспериментальной физики, физики плазмы и материаловедения, их компетентностью, наличием публикаций по теме защищаемой диссертации и способностью определить научную и практическую значимость диссертационного исследования, а также дать рекомендации по использованию полученных результатов.

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:**

экспериментально зарегистрирован процесс хрупко-пластичной деформации вольфрама в результате импульсного нагрева, ожидаемого в ходе работы термоядерного реактора;

описан процесс эрозии поверхности высокотемпературных керамик в случае импульсного нагрева, ожидаемого в ходе работы термоядерного реактора;

охарактеризована импульсная тепловая нагрузка, приводящая к растрескиванию поверхности вольфрама;

охарактеризована импульсная тепловая нагрузка, приводящая к эрозии поверхности горячепрессованного карбида бора, которая сопровождается потерей вещества (в случае нагрева до температуры ниже порога плавления).

**Теоретическая значимость исследования** обоснована тем, что: в результате экспериментальной работы подтверждены теоретические ожидания относительно процесса тепловой деформации вольфрама в случае его нагрева до температуры, превосходящей порог хрупко-вязкого перехода; экспериментально подтверждена теоретическая оценка максимальной температуры карбида бора, при достижении которой вследствие импульсного нагрева его поверхности начинается эрозия с потерей вещества.

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

предложена и испытана уникальная дистанционная не повреждающая методика оценки остаточных механических напряжений в импульсно нагреваемых вольфрамовых пластинах;

продемонстрирована возможность характеристики тепловых нагрузок, соответствующих порогу разрушения хрупких материалов, путем анализа диффузно рассеиваемого их поверхностью лазерного излучения;

охарактеризованы предельные параметры тепловой нагрузки, которую способен выдержать до начала эрозии с потерей вещества горячепрессованный карбид бора.

**Оценка достоверности результатов исследования** выявила:

использованы современные методы сбора и обработки экспериментальных данных;

установлено удовлетворительное качественное и количественное согласие полученных в ходе выполнения диссертационного исследования экспериментальных данных и результатов теоретического моделирования;

установлено согласие полученных соискателем результатов с результатами аналогичных исследований, проведенных другими научными группами.

**Личный вклад соискателя** состоит в непосредственном участии в наладке и настройке диагностических систем экспериментальных установок;

проведении необходимых экспериментов по облучению электронным пучком вольфрамовых образцов и лазерным излучением керамических;

проведении *post mortem* исследований образцов;

обработке и анализе полученных экспериментальных данных;

подготовке публикаций и представлении результатов на международных и всероссийских конференциях.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания. Членом диссертационного совета д.ф.-м.н. В.В. Кубаревым был задан вопрос о сравнении с зарубежными исследованиями; академиком РАН, д.ф.-м.н. Г.Н. Кулипановым был задан вопрос о практических рекомендациях, которые можно сделать на основе полученных соискателем результатов; к.ф.-м.н. А.А. Лизунов поинтересовался, как полученные результаты могут быть применены при создании термоядерного реактора на основе открытой ловушки; д.ф.-м.н. С.Ю. Таскаев сделал замечание относительно формулировки положений и спросил о последствиях нейтронного воздействия на карбид бора, попросив

прояснить, какой из видов воздействия (импульсный нагрев или облучение нейтронным потоком) раньше приведет к эрозии данной керамики; член-корреспондент РАН д.ф.-м.н. Ю.М. Шатунов спросил о том, в какой лаборатории проводились исследования; д.ф.-м.н. А.В. Аржанников попросил уточнить, какие длительности нагрева образцов реализовывались в ходе экспериментов, спросил о точности измерений кривизны и температуры поверхности образцов в реализуемых условиях, попросил прокомментировать вопрос о соответствии лазерного воздействия нагреву электронным пучком или плазменным потоком, а также сделал замечание о приведении безразмерных величин на графике, продемонстрированном на слайде 16 презентации.

Соискатель Черепанов Д.Е. согласился с замечаниями и ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы, приводя собственную аргументацию.

Диссертация Черепанова Д.Е. «Экспериментальные методы исследования повреждения термическими ударами материалов первой стенки термоядерных реакторов» соответствует всем критериям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, установленным в Положении о присуждении ученых степеней, утвержденном постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года № 842.

На заседании 11.02.2025 диссертационный совет принял решение:

за работу по развитию *in situ* систем диагностики повреждения материалов, перспективных для применения при изготовлении защиты обращенных к плазме компонентов, и проведение экспериментальных исследований процессов эрозии на поверхности вольфрама и карбида бора вследствие импульсного нагрева, ожидаемого во время работы термоядерного реактора, присудить **Черепанову Д.Е.** ученую степень **кандидата физико-математических наук.**

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 5 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 22 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за - 16, против - 1.

И.о. председателя диссертационного  
совета 24.1.162.02,

д.ф.-м.н., профессор,  
чл.-корр. РАН

 /Винокуров Николай Александрович /

Ученый секретарь диссертационного  
совета 24.1.162.02,

д.ф.-м.н., профессор РАН



 / Лотов Константин Владимирович /

13.02.2025