

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 11.11.2025 № 9

О присуждении **Касатову Александру Александровичу**, гражданину Российской Федерации, ученой степени **кандидата физико-математических наук**.

Диссертация **«Исследования плазмы и обращённых к плазме материалов с помощью оптических in situ диагностик»** по специальности **1.3.9. Физика плазмы** принята к защите 15.07.2025 (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 Касатов Александр Александрович, «07» сентября 1989 года рождения, работает научным сотрудником в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте ядерной физики им. Г.И. Будкера Сибирского отделения Российской академии наук, подведомственном Минобрнауки России.

В 2012 году соискатель окончил магистратуру Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет» по направлению «Физика», а в 2015 году - очную аспирантуру Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет».

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, доцент Вячеславов 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. Водопьянов Александр Валентинович – доктор физико-математических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова-Грехова Российской академии наук», заведующий отделом;
 2. Мухин Евгений Евгеньевич – кандидат физико-математических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией
- дали **положительные** отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Акционерное общество «Государственный научный центр Российской Федерации Троицкий институт инновационных и термоядерных исследований», г. Москва, г. Троицк, в своем положительном отзыве, подписанном Позняком Игорем Михайловичем, кандидатом физико-математических наук, ведущем научным сотрудником АО «ГНЦ РФ ТРИНИТИ», Житлухиным Анатолием Михайловичем, кандидатом физико-математических наук, заместителем председателя секции №3 Научного совета АО «ГНЦ РФ ТРИНИТИ», Гуторовым Константином Михайловичем, кандидатом физико-математических наук, ученым секретарем секции №3 Научного совета АО «ГНЦ РФ ТРИНИТИ» и Вороновым Алексеем Сергеевичем, доктором философии (PhD), Врио генерального директора АО «ГНЦ РФ ТРИНИТИ», указала, что диссертация Касатова А.А. представляет собой законченную научную работу, направленную на развитие методов бесконтактной диагностики плазмы и исследование свойств продуктов эрозии материалов при мощных тепловых воздействиях. Достоверность полученных данных обусловлена тщательной калибровкой измерительной аппаратуры, воспроизводимостью и непротиворечивостью результатов многочисленных экспериментов. Все результаты, на основе которых сформулированы выводы диссертации, получены автором лично. Автореферат полностью отражает содержание диссертационной работы, тема и материалы которой соответствуют специальности 1.3.9. Физика плазмы. Материалы диссертации опубликованы в ведущих научных журналах, входящих в перечень ВАК РФ, доложены на международных и российских конференциях. Основные публикации автора по теме работы корректно и полно отражают содержание диссертации и ее основные результаты.

По актуальности, новизне, научной и практической значимости диссертация А.А. Касатова «Исследования плазмы и обращенных к плазме материалов с помощью оптических *in situ* диагностик» соответствует требованиям и критериям, предъявляемым к диссертационным работам на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, установленным «Положением о присуждении ученых степеней», утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, а ее автор Касатов Александр Александрович заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.9. Физика плазмы за развитие системы

томсоновского рассеяния с высоким временным разрешением и создание комплекса диагностик для изучения процессов разрушения обращенных к плазме материалов.

Соискатель имеет 125 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 8 работ, из них четыре в рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК. Работы посвящены исследованиям высокотемпературной плазмы и механизмов эрозии материалов при мощных тепловых воздействиях с помощью не возмущающих оптических методов диагностики. Основные результаты по теме диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Upgrading of Thomson scattering system for measurements of spatial dynamics of plasma heating in GOL-3 / S.S. Popov, L.N. Vyacheslavov, M.V. Ivantsivskiy [et al.]. – Текст : электронный // Fusion Science and Technology. – 2011. – Vol. 59, №1T. – P. 292–294. – URL: <https://doi.org/10.13182/FST11-A11639>. – Дата публикации: 10.08.2017.
2. Two-pulse Thomson scattering system for measurements of fast fluctuations of electron density in multimirror trap GOL-3 / S.S. Popov, A.V. Burdakov, M.V. Ivantsivskiy [et al.]. – Текст : электронный // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment. – 2013. – Vol. 720. – P. 39–41. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.nima.2012.12.040>. – Дата публикации: 21.08.2013.
3. Observation of dust particles ejected from the tungsten surface by transient heat flux with small-angle scattering of CW laser light / L.N. Vyacheslavov, A.S. Arakcheev, A.V. Burdakov [et al.]. – Текст : электронный // Nuclear Materials and Energy. – 2017. – Vol. 12. – P. 494–498. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.nme.2017.01.023>. – Дата публикации: 21.10.2017.
4. Diagnostics of the dynamics of material damage by thermal shocks with the intensity possible in the ITER divertor / L.N. Vyacheslavov, A.S. Arakcheev, I.A. Bataev [et al.]. – Текст : электронный // Physica Scripta. – 2018. – Т. 93, № 3. – URL: <https://doi.org/10.1088/1402-4896/aaa119>. – Дата публикации: 19.02.2018.

Личный вклад автора в получение научных результатов, лежащих в основе диссертации, является определяющим. Все результаты по теме исследования получены автором лично или при его непосредственном участии. Автор внес ключевой вклад в развитие системы томсоновского рассеяния на установке ГОЛ-3, создании установки БЕТА и её диагностического комплекса. Автором осуществлялось планирование и моделирование экспериментов, их подготовка и проведение, обработка и анализ экспериментальных данных.

Подготовка результатов к публикации в научных журналах проводилась совместно с соавторами. Список публикаций, рекомендованных ВАК, приведенный выше, содержит 4 работы.

Вклад соискателя в 1 статью заключается в непосредственном создании двухимпульсного лазерного генератора и узлов сбора рассеянного излучения, настройка системы усилителей и системы регистрации, проведении экспериментов и обработке данных, полученных диагностикой. В данной работе

проведено исследование динамики функции распределения электронов и переноса тепла в системе электронный пучок--плазма.

Вклад автора во 2 статью состоял в подготовке эксперимента, перестройке диагностического комплекса под нужды экспериментальной кампании, проведении эксперимента и анализе данных. Для диагностики томсоновского рассеяния был разработан программный комплекс, позволяющий ускорить обработку и получать результаты измерений сразу после эксперимента. В ходе данной работы были зарегистрированы быстрые (~ 100 нс) изменения электронной плотности плазмы.

В 3 статье автором произведено моделирование системы диагностики лазерного рассеяния и её сборка. Все экспериментальные данные, представленные в данной работе, получены и обработаны автором лично. В статье показано, что диагностика малоуглового рассеяния позволяет измерять размер микрочастиц и их динамику в области занятой лазерным пучком.

В 4 статье автором произведено моделирование и сборка трехракурсной системы быстрой фотографии, а также произведена обработка экспериментальных данных, относящихся к диагностике. Важным выводом данного исследования, установленным автором экспериментально, является факт первоначального вылета микрочастиц именно из зон расплава, образующегося над поверхностными трещинами.

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

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. От официального оппонента Водопьянова Александра Валентиновича, доктора физико-математических наук, доцента, заведующего отделом физики плазмы Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова-Грехова Российской академии наук. В отзыве представлен обзор диссертационной работы, подчеркиваются актуальность темы исследования, научная новизна и практическая значимость полученных результатов. Отмечено, что в целом диссертация А.А. Касатова является законченной научно-исследовательской работой, в которой с единой точки зрения решен значительный круг задач физики плазмы, имеющих важное научное и практическое значение для современной науки. В отзыве имеются замечания, которые носят редакционный и рекомендательный характер и никаким образом не снижают общую высокую оценку диссертационной работы. В заключительной части отзыва отмечено, А.А. Касатов является высококвалифицированным специалистом в области экспериментальной физики плазмы. Основные результаты диссертации А.А. Касатова опубликованы в высокоцитируемых научных изданиях, неоднократно докладывались на конференциях, в том числе и международных, и хорошо известны специалистам.
2. От официального оппонента Мухина Евгения Евгеньевича, кандидата физико-математических наук, ведущего научного сотрудника ФТИ им.

А.Ф.Иоффе РАН. В отзыве описано содержание диссертации, актуальность и научная новизна работы, практическая значимость полученных результатов, а также обоснованность и достоверность научных положений и выводов. В отзыве подчеркивается, что работа написана очень качественно и практически без опечаток, а замечания носят скорее дискуссионный характер. В заключении отмечено, что диссертация А.А. Касатова представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, выполненную автором на высоком уровне.

3. На автореферат поступило два отзыва. Первый отзыв, подписанный Тимохиным Владимиром Михайловичем, кандидатом физико-математических наук, доцентом Физико-механическим институтом Высшей школы фундаментальных физических исследований Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого. В отзыве отмечается актуальность и новизна проведенных диссертационных исследований. Замечания, указанные в отзыве, не снижают общего впечатления от работы. В отзыве отмечено, что содержание автореферата позволяет сделать вывод о том, что диссертационная работа является самостоятельным, логическим, обоснованным и завершённым исследованием в области физики плазмы. Второй отзыв, подписанный Федоровичем Сергеем Дмитриевичем, доктором технических наук, доцентом, профессором кафедры общей физики и ядерного синтеза федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ»». В отзыве отмечается актуальность направления, практическая значимость. Имеется замечание дискуссионного характера, которое не влияет на положительную оценку диссертационной работы. В заключении отмечено, что диссертация А.А. Касатова представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, выполненную автором на высоком уровне. Диссертационная работа А.А. Касатова «Исследования плазмы и обращённых к плазме материалов с помощью оптических *in situ* диагностик», полностью удовлетворяет требованиям пунктов 9-14 «Положением о присуждении ученых степеней», утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а Касатов Александр Александрович заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.9. Физика плазмы.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается известностью их достижений в области физики плазмы, 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:

Предложены и разработаны уникальные диагностические комплексы для исследования высокотемпературной плазмы и процессов эрозии обращенных к плазме материалов. В частности, на установке ГОЛ-3 разработана новая экспериментальная методика, позволившая исследовать динамику неравновесной

функции распределения электронной компоненты и выявить флуктуации плотности плазмы.

Полученные на установке БЕТА экспериментальные данные позволили выявить новые закономерности в рождении микрочастиц при мощном импульсном тепловом воздействии на материалы. Доказано, что вылет микрочастиц вольфрама происходит после окончания импульса электронного пучка, при этом характерный размер частиц лежит в диапазоне 2 – 10 мкм, их скорости могут достигать 250 м/с, а кроме того существует обратная зависимость между скоростью и размером частицы.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

При помощи уникальной диагностики томсоновского рассеяния, на установке ГОЛ-3 были зарегистрированы быстрые флуктуации электронной плотности плазмы при инжекции в неё релятивистского электронного пучка. Быстрое изменение профиля электронной плотности может соответствовать различным нелинейным процессам в плазме, в частности, сильной ленгмюровской турбулентности.

Данные полученные при помощи диагностического комплекса установки БЕТА позволяют подтвердить теоретические модели вскипания расплавленного слоя при импульсном тепловом воздействии.

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

Определены критические импульсные тепловые нагрузки, приводящие к рождению микрочастиц. Впервые получены данные связывающие размер и скорость микрочастиц, рождающихся при мощной импульсной тепловой нагрузке, что крайне важно при проектировании элементов, обращенных к плазме будущих систем магнитного удержания.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что достоверность полученных результатов обеспечивается большим объемом экспериментальных данных, полученных с различных независимых диагностик. Результаты хорошо воспроизводимы, непротиворечивы как между собой, так и с результатами численного моделирования. Анализ ряда результатов исследования показывает хорошее соответствие с теоретическими и экспериментальными данными полученными другими авторами.

Личный вклад соискателя состоит в его определяющем участии на всех этапах работы: моделировании и создании диагностик, планировании и проведении эксперимента, обработке и анализе полученных данных, подготовке публикаций и представлении результатов на международных и российских конференциях.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие замечания. Председателем диссертационного совета, д.ф.-м.н. Багрянским П.А. был задан вопрос о применимости результатов диссертационной работы к проектированию первой стенки термоядерных установок; академик РАН, профессор, д.ф.-м.н. Бондарь А.Е. попросил уточнить какой критерий использовался для утверждения о статистически значимых флуктуациях плотности электронной компоненты, а также о процедуре обработки экспериментальных данных; д.ф.-м.н. Тимофеев И.В. задал вопрос о физике быстрых флуктуаций и характерных временах турбулентных процессов; д.ф.-м.н. Мешков О.И. задал вопрос о

различии в энергосодержании плазмы, измеренном двумя методами: методом томсоновского рассеяния и диамагнитными зондами; д.ф.-м.н. Назьмов В.П. попросил описать процедуру калибровки системы малоуглового рассеяния, а также рассказать о применении теории Ми в расчетах.

Соискатель Касатов А.А. согласился с замечаниями и ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы, приводя собственную аргументацию.

Диссертация Касатова А.А. «Исследования плазмы и обращённых к плазме материалов с помощью оптических *in situ* диагностик» 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.

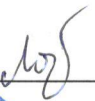
На заседании 11.11.2025 диссертационный совет принял решение: за научную работу по исследованию механизмов взаимодействия плазмы и электронных пучков, и процессов эрозии обращённых к плазме материалов, имеющей значение для развития систем магнитного удержания плазмы, присудить **Касатову А.А. ученой степень кандидата физико-математических наук.**

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации 7, участвовавших в заседании, из 21 человека, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: «за» - 16, «против» - 0.

Председатель диссертационного
совета 24.1.162.02,
д.ф.-м.н.

 / Багрянский Петр Андреевич /

Ученый секретарь диссертационного
совета 24.1.162.02,
д.ф.-м.н., профессор РАН

 / Лотов Константин Владимирович /

12.11.2025

