

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 01.07.2026 № 10

О присуждении **Спицыну Роману Игоревичу**, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация **«Исследование механизмов разрушения плазменной кильватерной волны с помощью контроля потоков энергии в численном моделировании»** по специальности **1.3.18. Физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника** принята к защите 10.04.2026 (протокол заседания № 4) 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** Спицын Роман Игоревич, «18» декабря 1992 года рождения, работает научным сотрудником в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Института ядерной физики им. Г.И. Будкера Сибирского отделения Российской академии наук, подведомственном Минобрнауки России.

В 2016 году соискатель с отличием окончил магистратуру Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет» по направлению подготовки 03.04.02 «Физика», а в 2020 году – очную аспирантуру Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института ядерной физики им. Г.И. Будкера Сибирского отделения Российской академии наук по направлению подготовки 03.06.01 «Физика и астрономия».

Диссертация выполнена в секторе 5-12 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, профессор РАН Лотов Константин Владимирович, главный научный сотрудник сектора 5-12 Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института ядерной физики им. Г.И. Будкера Сибирского отделения Российской академии наук.

### **Официальные оппоненты:**

1. Костюков Игорь Юрьевич – доктор физико-математических наук, член-корреспондент РАН, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова-Грехова Российской академии наук», заведующий отделом;
2. Цымбалов Иван Николаевич – кандидат физико-математических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт ядерных исследований Российской академии наук, научный сотрудник

дали **положительные** отзывы на диссертацию.

**Ведущая организация** Федеральное государственное унитарное предприятие «Российский Федеральный Ядерный Центр – Всероссийский научно-исследовательский институт технической физики имени академика Е.И. Забабахина», г. Снежинск, в своем положительном отзыве, подписанном Байдиным Григорием Васильевичем, кандидатом физико-математических наук, ведущим научным сотрудником НТО-2 ФГУП «РФЯЦ-ВНИИТФ имени академика Е.И. Забабахина», Брагиным Алексеем Анатольевичем, доктором физико-математических наук, председателем научно-технического совета НТО-2 ФГУП «РФЯЦ-ВНИИТФ имени академика Е.И. Забабахина», Боковым Дмитрием Николаевичем, кандидатом физико-математических наук, секретарем научно-технического совета НТО-2 ФГУП «РФЯЦ-ВНИИТФ имени академика Е.И. Забабахина» и Железновым Михаилом Евгеньевичем, кандидатом экономических наук, исполняющим обязанности директора ФГУП «РФЯЦ-ВНИИТФ имени академика Е.И. Забабахина» указала, что диссертация Спицына Р.И. представляет собой законченную научную работу, направленную на развитие и использование инструментов численного моделирования при изучении процессов плазменного кильватерного ускорения. Все результаты, на основе которых сформулированы выводы диссертации, получены автором лично. Автореферат полностью отражает тему и основные положения диссертации. Содержание диссертационной работы соответствует специальности 1.3.18. Физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника в направлении исследований «Расчётно-теоретические и экспериментальные исследования взаимодействия пучков заряженных частиц с электромагнитными полями, друг с другом, с молекулами остаточного газа и мишенями» (п.7 паспорта научной специальности). 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 её основные результаты.

По актуальности, новизне, научной и практической значимости диссертация Спицына Романа Игоревича «Исследование механизмов разрушения плазменной кильватерной волны с помощью контроля потоков энергии в численном моделировании» 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 Спицын Роман Игоревич заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.18. Физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника.

Соискатель имеет 27 опубликованных работ, индексируемых РИНЦ, среди них 16, индексируемых Scopus и Web of Science, из них по теме диссертации опубликовано 7 работ в изданиях, рекомендуемых ВАК. Основные результаты по теме диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Characterization of wavebreaking time and dissipation of weakly nonlinear wakefields due to ion motion / R.I. Spitsyn, I.V. Timofeev, A.P. Sosedkin, and K.V. Lotov. – Текст : электронный // *Physics of Plasmas*. – 2018. – Vol. 25. – nr. 4. – P. 103103. – URL: <https://doi.org/10.1063/1.5048549>. – Дата публикации: 03.10.2018.

2. Proton beam defocusing in AWAKE experiment: comparison of simulations and measurement / A.A. Gorn, M. Turner, R.I. Spitsyn [et al.]. – Текст : электронный // *Plasma Physics and Controlled Fusion*. – 2020. – Vol. 62. – nr. 12. – P. 125023. – URL: <https://doi.org/10.1088/1361-6587/abc298>. – Дата публикации: 06.11.2020.

3. Experimental study of long timescale dynamics of a plasma wakefield driven by a self-modulated proton bunch / J. Chappell, E. Adli, R.I. Spitsyn [et al.]. – Текст : электронный // *Physical Review Accelerators and Beams*. – 2021. – Vol.24. – nr. 1. – P. 011301. – URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevAccelBeams.24.011301>. – Дата публикации: 05.01.2021.

4. Wakefield decay in a radially bounded plasma due to formation of electron halo / R.I. Spitsyn, K.V. Lotov. – Текст : электронный // *Plasma Physics and Controlled Fusion*. – 2021. – Vol.63. – nr. 5. – P. 055002. – URL: <https://doi.org/10.1088/1361-6587/abe055>. – Дата публикации: 19.03.2021.

5. Advanced quasistatic approximation / Tuev P.V., Spitsyn R.I., Lotov K.V. – Текст : электронный // *Plasma Physics Reports*. – 2023. – Vol.49. – nr. 2. – P. 229–238. – URL: <https://doi.org/10.1134/S1063780X22601249>. – Дата публикации: 17.04.2023.

6. Laser Wakefield Acceleration in a Plasma Channel / M.S. Dorozhkina, K.V. Baluev, R.I. Spitsyn [et al.]. – Текст : электронный // *Bulletin of the Lebedev Physics Institute*. – 2023. – Vol.50. – Suppl. 6. – P. S715–S723. – URL: <https://doi.org/10.3103/S1068335623180057>. – Дата публикации: 07.10.2023.

7. Plasma Wakefield Acceleration Driven by XCELS Laser Pulse / Kutergin D.D., Lotov I.K., Spitsyn R.I. [et al.]. – Текст : электронный // *Physics of Particles and Nuclei Letters*. – 2024. – Vol.21. – nr. 3. – P. 316–321. – URL: <https://doi.org/10.1134/S1547477124700183>. – Дата публикации: 07.06.2024.

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. Подготовка результатов к публикации в научных журналах проводилась совместно с соавторами. Список публикаций, рекомендованных ВАК, приведенный выше, содержит 7 работ.

Вклад соискателя в 1 статью заключается в проведении численного моделирования, анализе влияния движения ионов плазмы на время жизни плазменной волны, разработке метода определения времени жизни плазменной волны в численном моделировании и установлению зависимости величины времени жизни волны от отношения массы иона плазмы к его заряду.

Вклад автора в статьи 2 и 3 состоит в объяснении механизма затухания плазменной волны вследствие её взаимодействия с электронами гало, что было одним из определяющих моментов для прохождения этими статьями внутреннего рецензирования в коллаборации AWAKE.

В 4 статье автором проведено численное моделирование, осуществлен анализ динамики электронного гало и процессов его энергообмена с плазменной кильватерной волной, а также установлен механизм её разрушения.

Вклад соискателя в статьи 5, 6 и 7 состоит в разработке и реализации численной схемы для решения уравнения эволюции лазерного импульса в плазме.

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

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. От официального оппонента Костюкова Игоря Юрьевича, доктора физико-математических наук, член-корреспондента РАН, заведующего отделом сверхбыстрых процессов (№ 330) 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 и отмечается, что в целом диссертация Р.И. Спицына является законченной научно-квалификационной работой. В отзыве имеются замечания, которые носят рекомендательный характер для дальнейшего развития тематики исследования и не снижают общую высокую оценку работы. По актуальности решаемых задач, новизне и масштабу проведенных исследований, совокупности полученных результатов, их научной и практической значимости представленная диссертационная работа соответствует всем требованиям к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук. Результаты диссертации могут быть использованы в таких научных центрах как ИОФ РАН, ФТИ РАН, ИПФ РАН, ФИ РАН, МГУ, МИФИ, НГУ и других.
2. От официального оппонента Цымбалова Ивана Николаевича, кандидата физико-математических наук, научного сотрудника лаборатории фотоядерных реакций Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института ядерных исследований Российской академии наук. В отзыве описано содержание диссертации, актуальность и научная новизна работы, практическая значимость полученных результатов, а также обоснованность и достоверность научных положений и выводов. Отзыв содержит замечания, не влияющие на общую положительную оценку

диссертационной работы и не снижающие ценности полученных в ней результатов. В заключении отмечено, что диссертация Спицына Р.И. представляет собой законченную научную работу, направленную на развитие и использование инструментов численного моделирования при изучении процессов плазменного кильватерного ускорения.

3. На автореферат поступил один отзыв, подписанный Шалимовой Ириной Александровной, кандидатом физико-математических наук, старшим научным сотрудником лаборатории стохастических задач Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института вычислительной математики и математической геофизики Сибирского отделения Российской академии наук. В отзыве отмечается, что автореферат написан грамотным научным языком, материал изложен логично и ясно. Подчеркивается актуальность и новизна проведенных диссертационных исследований, умение автором диссертации находить эффективные с точки зрения вычислительной математики алгоритмические решения. В отзыве отмечено, что работа выполнена на высоком профессиональном уровне и представляет собой законченное научно-квалификационное исследование, соответствующее требованиям, предъявляемым ВАК РФ к кандидатским диссертациям.

**Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается** известностью их достижений в области физики пучков заряженных частиц и ускорительной техники, 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:**

Контроль потоков энергии в численном моделировании является эффективным инструментом для характеристики энергетических процессов в плазменном кильватерном ускорении и удобным индикатором выхода ошибки расчетов за допустимые пределы.

Метод контроля потоков энергии позволяет определить время жизни плазменной волны.

Численным моделированием подтвержден теоретический вывод о том, что если ограничение времени жизни плазменной волны связано с движением ионов плазмы, то время жизни волны пропорционально кубическому корню отношения массы иона плазмы к его заряду.

Плазменная волна, созданная узким протонным драйвером в эксперименте AWAKE при низкой плотности плазмы ( $2 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-3}$ ), затухает за счет того, что вокруг плазмы образуется электронное гало и уносит из волны энергию.

За разрушение плазменной волны, созданной узким протонным драйвером, ответственны первые возвращающиеся электроны гало, энергия которых невелика, из-за чего они направляются полями плазменной волны именно в область её ускоряющей фазы, забирая из волны энергию.

**Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:**

С помощью численного моделирования найдены и исследованы эффекты контролируемого ускорения частиц с малым энергетическим разбросом в

экспериментах по плазменному кильватерному. Предложен метод контроля потоков энергии в численном моделировании, который позволяет отслеживать движение энергии в окне моделирования и определять требуемые параметры расчета для достижения заданной точности сохранения энергии в системе. Кроме того, объяснены дополнительные ограничения на минимальную ширину окна моделирования.

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

Разработан алгоритм численного решения уравнения эволюции огибающей вектор-потенциала лазерного импульса, встроенный в виде функционального блока в программный комплекс LCODE, позволяющий рассчитывать долговременную динамику лазерного импульса с сохранением энергобаланса системы с требуемой точностью. Предложенный метод контроля потоков энергии применен для определения момента опрокидывания плазменной волны, связанного с движением ионов плазмы, а также для изучения механизма разрушения плазменной волны электронным гало.

**Оценка достоверности результатов исследования** выявила, что достоверность полученных результатов обеспечивается качественным совпадением наблюдаемых в эксперименте процессов и результатов численного моделирования. Результаты работы докладывались автором и обсуждались на нескольких международных и российских конференциях и семинарах.

**Личный вклад соискателя** состоит в его определяющем участии на всех этапах работы: постановке задачи, разработке применяемых в работе численных кодов, проведении численного моделирования и анализе полученных результатов, а также участии в подготовке публикаций и докладов.

В ходе защиты диссертации были заданы следующие вопросы: д.ф.-м.н., профессор, академик РАН Бондарь А.Е. задал вопросы о сравнении результатов численного моделирования с экспериментальными данными; д.ф.-м.н., профессор, академик РАН Диканский Н.С. попросил объяснить граничные условия, реализованные в программном комплексе LCODE; д.ф.-м.н., с.н.с. Бурдаков А.В. попросил описать взаимодействие электронов гало со стенкой и отметить учет вторичной эмиссии; д.ф.-м.н. Тимофеев И.В. спросил про моделирование плазменного кильватерного ускорения с лазерным драйвером в сильно нелинейном режиме и про сравнение с результатами моделирования PIC-кодами, а также про пределы применимости реализованной модели описания лазерного импульса; д.ф.-м.н., профессор Аржанников А.В. попросил уточнить преимущества предложенного метода контроля потоков энергии при определении момента опрокидывания плазменной волны.

Соискатель Спицын Р.И. согласился с замечаниями и ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы, приводя собственную аргументацию.

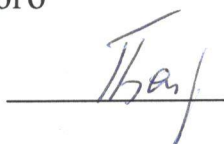
Диссертация Спицына Романа Игоревича «Исследование механизмов разрушения плазменной кильватерной волны с помощью контроля потоков энергии в численном моделировании» соответствует всем критериям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук,

установленным в Положении о присуждении ученых степеней, утвержденном постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года № 842.

На заседании 01.07.2026 диссертационный совет принял решение: за научную работу по исследованию механизмов разрушения плазменной кильватерной волны, имеющую значение для развития методов плазменного кильватерного ускорения пучков заряженных частиц, присудить **Спицыну Роману Игоревичу** ученую степень **кандидата физико-математических наук**.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 14 человек, из них 4 доктора наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 21 человека, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: «за» - 14, «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

03.07.2026



/ Лотов Константин Владимирович /