

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 05.12.2023 № 16

О присуждении **Самцову Денису Алексеевичу**, гражданину Российской Федерации, ученой степени **кандидата физико-математических наук**.

Диссертация «**Исследование генерации потока терагерцового излучения мультимегаваттного уровня мощности при релаксации РЭП в замагниченном плазменном столбе**» по специальности **1.3.9. Физика плазмы** принята к защите 22.09.2023 (протокол заседания № 10) 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 Самцов Денис Алексеевич, «10» сентября 1994 года рождения, работает младшим научным сотрудником в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте ядерной физики им. Г.И. Будкера Сибирского отделения Российской академии наук, подведомственном Минобрнауки России.

В 2018 году соискатель окончил Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет», а в 2022 году – аспирантуру Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института ядерной физики им. Г.И. Будкера Сибирского отделения Российской академии наук.

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, профессор Аржанников Андрей Васильевич, главный научный сотрудник Лаборатории 10 Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института ядерной физики им. Г.И. Будкера Сибирского отделения Российской академии наук.

Официальные оппоненты:

1. Пегель Игорь Валериевич – доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт сильноточной электроники Сибирского отделения Российской академии наук, главный научный сотрудник отдела импульсной техники;
2. Савилов Андрей Владимирович – 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 лабораторией коротковолновых СВЧ-генераторов

дали **положительные** отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова», г. Москва, в своем положительном отзыве, подписанном Двининым Сергеем Александровичем, доктором физико-математических наук, доцентом кафедры физической электроники физического факультета, и Чернышом Владимиром Савельевичем, доктором физико-математических наук, профессором, заведующим кафедрой физической электроники физического факультета, указала, что диссертация Самцова Д.А. является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи, имеющей существенное значение для развития физики плазмы. Существенных замечаний к диссертационной работе нет. Диссертационная работа выполнена на актуальную тему, обладает научной новизной и практической ценностью. Диссертация Самцова Д.А. «Исследование генерации потока терагерцового излучения мультимегаваттного уровня мощности при релаксации РЭП в замагниченном плазменном столбе» соответствует требованиям и критериям, предъявляемым к диссертационным работам на соискание ученой степени кандидата наук, установленным «Положением о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, а ее автор, Самцов Денис Алексеевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.9. Физика плазмы.

Соискатель имеет 41 опубликованную работу, в том числе по теме диссертации опубликовано 7 работ, из них в рецензируемых научных изданиях, входящих в международную реферативную базу данных цитирования Scopus, опубликовано 4 работы. Основные результаты по теме диссертации опубликованы в следующих работах:

1. New detector and data processing procedure to measure velocity angular distribution function of magnetized relativistic electrons / A. V. Arzhannikov, M. A. Makarov, D. A. Samtsov [et al.]. – Текст : электронный // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment. – 2019. – Vol. 942. – P. 162349. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.nima.2019.162349>. – Дата публикации: 10.07.2019.

2. Well-directed flux of megawatt sub-mm radiation generated by a relativistic electron beam in a magnetized plasma with strong density gradients / A. V. Arzhannikov, I. A. Ivanov, A. A. Kasatov [et al.]. – Текст : электронный // Plasma Physics and Controlled Fusion. – 2020. – Vol. 62, nr 4. – P. 045002. – URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1361-6587/ab72e3>. – Дата публикации: 19.02.2020.
3. Creation of plasma column with different density gradients to generate terahertz radiation during beam-plasma interaction / A. V. Arzhannikov, I. A. Ivanov, P. V. Kalinin [et al.]. – Текст : электронный // Journal of Physics: Conference Series. – 2020. – Vol. 1647. – P. 012011. – URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1647/1/012011> (дата обращения: 02.05.2023).
4. Energy Content and Spectral Composition of a Submillimeter Radiation Flux Generated by a High-Current Electron Beam in a Plasma Column With Density Gradients / A. V. Arzhannikov, S. L. Sinitsky, S. S. Popov [et al.]. – Текст : электронный // IEEE Transactions on Plasma Science. – 2022. – Vol. 50, nr 8. – P. 2348–2363. – URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9813494>. – Дата публикации: 01.07.2022.

Вклад соискателя ученой степени в работы по теме диссертации является определяющим. Авторский вклад соискателя в статье 1 заключается в построении численной модели для расчета прохождения релятивистских электронов через пространство, занимаемое коллекторами датчика углового разброса. Результаты численного моделирования, проведенного соискателем в рамках модели, использованы для оптимизации геометрических размеров коллекторов и вычисления их функций чувствительности, которые применяются для восстановления углового распределения скоростей электронов в пучке. Авторский вклад соискателя в статьях 2 и 4 заключается в измерении спектральной плотности мощности ТГц излучения, в обработке полученных результатов, а также в анализе зависимости спектральной плотности мощности от различных параметров эксперимента и, в частности, от плотности плазмы. В статье 3, описывающей процесс создания столба предварительной плазмы, соискателем сформулировано и реализовано в экспериментах предложение по использованию управляемого напуска нейтрального газа для варьирования продольного профиля концентрации плазмы с целью обеспечения оптимальных условий формирования продольных потоков ТГц излучения. Значительная доля экспериментов, результаты которых изложены в статье 4, выполнена под руководством соискателя. В итоге работы автора диссертации определены параметры пучково-плазменной системы, обеспечивающие генерацию направленного потока ТГц излучения мультимегаваттного уровня мощности при микросекундной длительности импульса.

В диссертации соискателя ученой степени Самцова Д.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 Пегеля Игоря Валериевича, доктора физико-математических наук, старшего научного сотрудника, главного научного сотрудника отдела импульсной техники Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института сильноточной электроники Сибирского отделения Российской академии наук. В отзыве представлен краткий обзор диссертационной работы, отмечены важнейшие научные результаты, обладающие новизной, подчеркиваются актуальность избранной темы, обоснованность и достоверность основных положений и выводов. По материалу представленной диссертации имеются замечания, которые не являются критическими, но лишь подтверждают сложность стоявшей перед соискателем научной задачи. В заключении отмечается, что диссертация Д.А. Самцова «Исследование генерации потока терагерцового излучения мультимегаваттного уровня мощности при релаксации РЭП в замагниченном плазменном столбе» представляет собой научно-квалификационную работу, в которой содержится решение научной задачи развития экспериментальных методов формирования и диагностики плотных плазменных столбов, микросекундных релятивистских электронных пучков и генерируемых при их взаимодействии импульсов терагерцового излучения, имеющей значение для развития физики плазмы, в том числе плазменной электроники. Диссертация соответствует критериям, установленным для кандидатских диссертаций в разделе 2 (п. 9 – п. 14) «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 (в действующей редакции), а автор диссертации Самцов Денис Алексеевич заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по научной специальности 1.3.9. Физика плазмы.
2. От официального оппонента Савилова Андрея Владимировича, доктора физико-математических наук, доцента, заведующего лабораторией коротковолновых СВЧ-генераторов Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова-Грехова Российской академии наук». В отзыве дано описание диссертационной работы, подчеркнуты актуальность и научная новизна работы, значимость полученных результатов для науки и практики, а также обоснованность, достоверность научных положений и выводов. В отзыве имеется ряд замечаний, которые, как отмечено, кажутся вполне естественными для большой оригинальной научной работы и не снижают научной и практической ценности этой работы. В заключении отмечено, что диссертационная работа Самцова Дениса Алексеевича «Исследование генерации потока терагерцового излучения мультимегаваттного уровня мощности при релаксации РЭП в замагниченном плазменном столбе» представляет собой важное, интересное и профессионально выполненное исследование, соответствующее статусу научно-квалификационного труда. Выводы и заключения по результатам проведенных исследований обоснованы. Диссертационная работа Самцова Д.А. соответствует

требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.9. Физика плазмы.

3. На автореферат поступил отзыв, подписанный Закревским Дмитрием Эдуардовичем, доктором физико-математических наук, заведующим лабораторией мощных газовых лазеров Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физики полупроводников им. А.В. Ржанова Сибирского отделения Российской академии наук. В отзыве подчеркиваются актуальность темы диссертации и практическая значимость полученных результатов. В отзыве отмечены некоторые погрешности в тексте автореферата, которые не влияют на хорошее впечатление и общую положительную оценку работы. В заключении отмечается, что диссертационная работа «Исследование генерации потока терагерцового излучения мультимегаваттного уровня мощности при релаксации РЭП в замагниченном плазменном столбе» полностью соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а сам Самцов Денис Алексеевич 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, плазменной и вакуумной электроники, 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 **разработана** новая методика измерения многоколлекторным контактным датчиком распределения электронов поpitch-углам в замагниченном релятивистском пучке, использующая алгоритм Танабы-Хуанга для обработки сигналов. **Показана** возможность генерации направленного потока излучения в диапазоне частот 0,1–0,6 ТГц, при релаксации РЭП в замагниченном плазменном столбе. **Достигнут** мультимегаваттный уровень мощности в этом потоке при микросекундной длительности импульса. **Выявлены** закономерности зависимости спектрального состава и мощности генерируемого потока излучения от пространственного распределения концентрации плазмы. **Доказана** перспективность использования данного метода генерации терагерцового излучения в сферах науки и практики.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что в экспериментах **установлены** закономерности генерации электромагнитного излучения на частотах электронных плазменных волн при коллективном торможении релятивистского электронного пучка в замагниченном плазменном столбе, которые служат основой для проверки адекватности теоретических

моделей, развитых в последнем десятилетии для объяснения физических механизмов генерации излучения в пучково-плазменной системе.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что в ходе проведения многочисленных экспериментов в пучково-плазменной системе **реализована** генерация направленного потока излучения в спектральной области 0,1–0,6 ТГц с энергосодержанием 5–7 Дж при длительности импульса на полувысоте 0,5–0,8 нс. На пути достижения рекордного уровня импульсной мощности 8 ± 2 МВт **определены** условия и закономерности, выполнение которых, при формировании инжектируемого РЭП и замагниченного плазменного столба, позволит другим инженерам-физикам создавать аналогичные установки по генерации ТГц.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что надежность результатов измерений обеспечивается использованием диагностик с заданными частотно-селективными характеристиками и датчиков, прошедших калибровку их абсолютной чувствительности на специальных стендах, а также высокоэффективной системой сбора и обработки данных. Представленные результаты измерений получены при многократном проведении экспериментов в условиях воспроизводимости по параметрам пучка и плазмы. Установленные в эксперименте закономерности в развитии процесса генерации излучения на плазменной электронной частоте при различном распределении концентрации плазмы подтверждаются существующими теоретическими моделями.

Личный вклад соискателя состоит в его определяющем участии в формулировании требующих решения задач, проведении необходимых экспериментов, измерении спектрального состава потока излучения и углового распределения электронов, инжектируемого РЭП, анализе полученных экспериментальных результатов, подготовке публикаций и представлении результатов на международных конференциях.

В ходе защиты диссертации д.ф.-м.н., с.н.с. Кубарев В.В. задал вопрос о частоте проводимых экспериментов и попросил уточнить приложения для генерируемого в экспериментах потока излучения, д.ф.-м.н., академик РАН Кулипанов Г.Н. спросил об изменении свойств материалов после облучения ТГц-излучением, к.ф.-м.н. Попов С.С. задал вопрос об оценке угловой расходимости потока излучения, д.ф.-м.н., чл.-корр. РАН Шатунов Ю.М. попросил прокомментировать рисунок на слайде 2, д.ф.-м.н. Таскаев С.Ю. попросил назвать возможные применения терагерцового излучения, д.ф.-м.н., академик РАН Бондарь А.Е. задал вопрос о том, чем определяется длительность импульса излучения, д.ф.-м.н., профессор РАН Лотов К.В. задал вопрос про характер распространения потока излучения в плазме, д.ф.-м.н. Таскаев С.Ю. посоветовал не использовать сокращения в названии.

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

Диссертация Самцова Д.А. «Исследование генерации потока терагерцового излучения мультимегаваттного уровня мощности при релаксации РЭП в замагниченном плазменном столбе» 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 с изменениями и дополнениями от 20 марта 2021 года № 426.

На заседании 05.12.2023 диссертационный совет принял решение:

за решение научной задачи осуществления генерации направленного потока терагерцового излучения мегаваттного уровня мощности в пучково-плазменной системе, имеющей большое значение для физики плазмы, вакуумной и плазменной электроники присудить **Самцову Д.А.** ученую степень **кандидата физико-математических наук.**

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 19 человек, из них 7 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 23 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 18, против 1.

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 /

07.12.2023

