

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 10.10.2023 № 13

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

Диссертация «**Исследование динамики пучка электронов в мощном линейном индукционном ускорителе с фокусировкой на сосредоточенных элементах**» по специальности **1.3.18. Физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника** принята к защите 29.06.2023 (протокол заседания № 3) 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 Никифоров Данила Алексеевич, «07» февраля 1990 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 2013 году соискатель окончил Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет», а в 2017 году – аспирантуру Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института ядерной физики им. Г.И. Будкера Сибирского отделения Российской академии наук.

Диссертация выполнена в Лаборатории 5-1 и Секторе 5-13 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, академик РАН Логачев Павел Владимирович, директор Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института ядерной физики им. Г.И. Будкера Сибирского отделения Российской академии наук.

Официальные оппоненты:

1. Мануилов Владимир Николаевич – доктор физико-математических наук, профессор, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского», профессор кафедры квантовой радиофизики и электроники;
2. Ростов Владислав Владимирович – доктор физико-математических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт сильноточной электроники Сибирского отделения Российской академии наук, заведующий отделом физической электроники

дали **положительные** отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Международная межправительственная организация Объединенный институт ядерных исследований, г. Дубна, в своем положительном отзыве, подписанном Сыресиним Евгением Михайловичем, доктором физико-математических наук, профессором, главным инженером установки Ускорительный комплекс Коллайдера NICA, и Шарковым Борисом Юрьевичем, доктором физико-математических наук, академиком РАН, специальным представителем директора Института по сотрудничеству с международными и российскими научными организациями, указала, что диссертация Никифорова Д.А. представляет собой выполненную на высоком научном уровне законченную научно-исследовательскую работу. Результаты, полученные в диссертационной работе (создание новой оптической схемы электронной пушки с малым эмиттансом), несомненно, будут использованы при создании подобного рода ускорителей в будущем. Диссертация Никифорова Д.А. «Исследование динамики пучка электронов в мощном линейном индукционном ускорителе с фокусировкой на сосредоточенных элементах» соответствует требованиям и критериям, предъявляемым к диссертационным работам на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, установленным в п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, а ее автор, Никифоров Данила Алексеевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.18. Физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника.

Соискатель имеет 86 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 7 работ, из них в научных журналах из перечня рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК, или в научных изданиях, входящих в международную реферативную базу данных цитирования Scopus, опубликовано 3 работы. Работы посвящены исследованиям в области динамики сильноточных релятивистских электронных пучков. Основные результаты по теме диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Эволюция эмиттанса пучка в линейном индукционном ускорителе с дискретной фокусирующей системой / Д. А. Никифоров, А. В. Иванов, С. Л. Синицкий [и др.]. – Текст : электронный // Сибирский физический журнал. – 2022. – Т. 17, № 4. – С. 31–44. – URL: <https://doi.org/10.25205/2541-9447-2022-17-4-31-44> (дата обращения: 30.05.2023).

2. Investigation of high current electron beam dynamics in linear induction accelerator for creation of a high-power THz radiation source / D. A. Nikiforov, A. V. Petrenko, S. L. Sinitsky [et al.]. – Текст : электронный // Journal of Instrumentation. – 2021. – Vol. 16, nr 11. – P. P11024. – URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-0221/16/11/P11024>. – Дата публикации: 19.11.2021.

3. High-current electron-beam transport in the LIA-5 linear induction accelerator / D. A. Nikiforov, M. F. Blinov, V. V. Fedorov [et al.]. – Текст : электронный // Physics of Particles and Nuclei Letters. – 2020. – Vol. 17, nr 2. – P. 197–203. – URL: <https://link.springer.com/article/10.1134/S1547477120020156>. – Дата публикации: 08.04.2020.

Вклад соискателя ученой степени в работы по теме диссертации является определяющим. Авторский вклад соискателя в 1 и 2 статьи заключается в получении аналитических оценок роста эмиттанса пучка в различных частях ускорителя. Численное моделирование и аналитические расчеты, выполненные соискателем в этих работах, позволили оптимизировать электронную оптику пушки и обеспечить транспортировку пучка с сохранением его эмиттанса, необходимого для его дальнейшей фокусировки и транспортировки в магнитной системе ЛСЭ. Кроме того, во 2 статье описаны результаты эксперимента по успешной компрессии с последующей транспортировкой пучка в магнитной системе предложенного ЛСЭ. Данный эксперимент был подготовлен и реализован автором диссертации. В 3 работе соискателем описана транспортировка пучка в ускорителе с энергией до 5 МэВ и выполнено измерение его параметров. Здесь было показано, что численная модель ускорителя, созданная соискателем, позволила осуществить транспортировку пучка без потерь и с сохранением его качества, необходимого для его поворота на угол 24 градуса и последующей фокусировки до размера в 1,5 мм.

В диссертации соискателя ученой степени Никифорова 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 Мануилова Владимира Николаевича, доктора физико-математических наук, профессора, профессора кафедры квантовой радиофизики и электроники Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского». В отзыве представлен обзор диссертационной работы, подчеркиваются актуальность избранной темы и новизна полученных результатов, а также обоснованность и достоверность основных положений и выводов. В отзыве имеются замечания, которые, как отмечено, не являются принципиальными и не изменяют общего положительного впечатления о работе. В заключении указано, что диссертационная работа Никифорова Д.А. 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 ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.18. Физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника.

2. От официального оппонента Ростова Владислава Владимировича, доктора физико-математических наук, заведующего отделом физической электроники Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института сильноточной электроники Сибирского отделения Российской академии наук. В отзыве кратко описано содержание диссертации, актуальность и научная новизна работы, значимость полученных результатов для науки и практики, а также обоснованность, достоверность научных положений и выводов. В отзыве имеются замечания, не снижающие общую положительную оценку работы. В заключительной части отзыва отмечено, что диссертация Никифорова Даниила Алексеевича является самостоятельным завершённым научным трудом, выполненным на высоком научном уровне, и представляет интерес для достижения прогресса в освоении терагерцового диапазона частот с высокой импульсной и средней мощностью.
3. На автореферат поступил отзыв, подписанный Демьяновым Борисом Федоровичем, доктором физико-математических наук, профессором кафедры «Физика» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова». В отзыве приводится краткий обзор содержания автореферата, отмечается актуальность темы диссертации и практическая значимость полученных результатов. Отзыв содержит замечание, не носящее принципиального характера и не снижающее общую положительную оценку работы. В заключении отмечается, что диссертационная работа 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 Никифоров Данила Алексеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.18. Физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника.

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 **разработан** подход к оптимизации электронно-оптической системы мощного линейного индукционного ускорителя. **Проанализированы** факторы прироста эмиттанса пучка в различных частях комплекса ЛИУ, а также с помощью численных расчетов и аналитического метода теории возмущений **проанализирована** динамика сильноточного пучка

в инжекторе. На основе модели пучка Капчинского – Владимирского **проведена** оптимизация электронно-оптической системы индукционного ускорителя для различных значений энергии и тока пучка. Данная оптимизация позволила обеспечить транспортировку пучка без потери тока и с сохранением эмиттанса, необходимого для эффективной генерации излучения в терагерцовом диапазоне. На основе результатов исследований был предложен подход к модификации оптики пушки, обеспечивающий равномерное пространственное распределение частиц пучка. Это распределение является необходимым условием для стационарного состояния пучка в процессе его ускорения в ЛИУ, при этом обеспечивается сохранение эмиттанса пучка. **Показана** возможность отклонения и транспортировки пучка с током до 1,5 кА на угол 24 градуса в транспортном канале сложной геометрии ускорителя ЛИУ с последующей его фокусировкой до размера 1,5 мм. Впервые экспериментально продемонстрирована возможность магнитной компрессии пучка с током до 1,5 кА до диаметра 6 мм и последующей транспортировки сжатого пучка в предложенной системе ЛСЭ.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что был **проведен** анализ различных факторов, влияющих на поперечную динамику пучка в ЛИУ с дискретной фокусирующей системой. Аналитически **исследованы** основные факторы, влияющие на рост эмиттанса пучка в мощном ЛИУ.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что созданная электронно-оптическая модель движения пучка в структуре ЛИУ позволяет обеспечить транспортировку пучка в тракте линейного ускорителя без потерь и с сохранением его качества. Полученные параметры пучка позволяют использовать его как драйвер для генерации излучения в диапазоне 300 ГГц – 1 ТГц с рекордной импульсной мощностью в системе предложенного ЛСЭ.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что результаты численных расчетов и аналитических оценок, проведенных соискателем, были сопоставлены с экспериментальными данными, полученными с помощью системы диагностики пучка в ускорителе. Полученные результаты измерений параметров пучка в различных частях ускорительного комплекса ЛИУ хорошо **согласуются** с результатами моделирования динамики и аналитическими оценками, выполненными соискателем.

Личный вклад соискателя состоит в его определяющем участии на всех этапах расчетов и создании численных моделей, а также в измерении параметров электронного пучка для различных режимов работы ускорителя и анализе полученных результатов измерений.

В ходе защиты диссертации д.ф.-м.н. Таскаев С.Ю. задал вопрос о том, что имеется ввиду под фразой “для различных токов пучка” из первого положения, выносимого на защиту, также д.ф.-м.н. Таскаев С.Ю. задал вопрос о различиях в приведенных размерах пучка в точке фокусировки на измерительной пластине; д.ф.-м.н., с.н.с. Давыденко В.И. задал вопрос о том, как часто происходят электрические пробой в инжекторе; д.ф.-м.н., академик РАН Пархомчук В.В. задал вопрос о величине вакуума в инжекторе; д.ф.-м.н., доцент Запевалов В.Е. задал вопрос о причинах использования измерительной пластины из тантала, а не другого материала для измерения качества пучка; к.ф.-м.н. Полосаткин С.В. задал вопрос о цели использования дополнительной магнитной линзы

непосредственно перед секцией ЛСЭ; д.ф.-м.н., профессор Аржанников А.В. задал вопрос о том, в какой степени можно отсечь хвосты пучка с большим энергетическим разбросом; д.ф.-м.н. Тимофеев И.В. попросил уточнить, какие именно параметры ЛСЭ на базе пучка из ЛИУ будут рекордными по сравнению с другими установками такого класса; д.ф.-м.н., профессор Котельников И.А. задал вопрос о том, какими еще работами занимается диссертант.

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

Диссертация Никифорова Д.А. «Исследование динамики пучка электронов в мощном линейном индукционном ускорителе с фокусировкой на сосредоточенных элементах» 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 10.10.2023 диссертационный совет принял решение:

за разработку методов формирования и транспортировки мощных электронных пучков в линейном индукционном ускорителе, имеющей большое значение для развития физики сильноточных электронных пучков и ускорительной техники присудить **Никифорову 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 19, 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 /

12.10.2023

