

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 ДОКТОРА НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 14.10.2025 № 8

О присуждении **Левичеву Алексею Евгеньевичу**, гражданину Российской Федерации, ученой степени доктора **физико-математических наук**.

Диссертация **«Разработка и экспериментальная проверка концепции линейного ускорителя электронов – инжектора источника синхротронного излучения четвертого поколения ЦКП «СКИФ»»** по специальности **1.3.18. Физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника** принята к защите 23.04.2025 (протокол заседания № 5) 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 Левичев Алексей Евгеньевич, «06» мая 1983 года рождения, работает ведущим научным сотрудником в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте ядерной физики им. Г.И. Будкера Сибирского отделения Российской академии наук, подведомственном Минобрнауки России.

Диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук **«Ускоряющая структура с параллельной связью с волноводным возбуждающим резонатором»** защитил в 2011 году в диссертационном совете Д 003.016.03, созданном на базе Учреждения Российской академии наук Института ядерной физики им. Г.И. Будкера Сибирского отделения РАН.

Диссертация выполнена в Секторе 5-13 Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института ядерной физики им. Г.И. Будкера Сибирского отделения Российской академии наук, подведомственного Минобрнауки России.

Научный консультант – 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. Золотухин Денис Борисович – доктор физико-математических наук, доцент, Федеральное государственное автономное образовательное

учреждение высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники», г. Томск, ведущий научный сотрудник;

2. Кравчук Леонид Владимирович – доктор технических наук, член-корреспондент РАН, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт ядерных исследований Российской академии наук, г. Москва, главный научный сотрудник;
3. Шведунов Василий Иванович – доктор физико-математических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова», Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д. В. Скобельцына, г. Москва, главный научный сотрудник

дали **положительные** отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное учреждение "Национальный исследовательский центр "Курчатовский институт", г. Москва, в своем положительном отзыве, подписанном Кулевым Тимуром Вячеславовичем, доктором технических наук, заместителем руководителя Комплекса по прикладным научным исследованиям и экспериментальным установкам ККТЭФ НИЦ «Курчатовский институт», Акиндиновым Александром Владимировичем, кандидатом физико-математических наук, руководителем семинара, руководителем ФВЭ ККТЭФ НИЦ «Курчатовский институт», Барабаш Александром Степановичем, доктором физико-математических наук, председателем заседания НТС, начальником Лаборатории физики слабых взаимодействий ККТЭФ НИЦ «Курчатовский институт» указала, что диссертация А.Е. Левичева представляет собой законченную научную работу, направленную на развитие инжекторов на основе линейных СВЧ ускорителей, включая источники СВЧ мощности для ускоряющих структур. Разработанная концепция ускорителя, созданные его элементы, разработанные стенды и полученные на данных стендах результаты подтверждают работоспособность заложенных идей и решений. Результаты, полученные в диссертации, разработанные новые технологии и устройства могут быть рекомендованы при создании других подобных проектов с использованием линейных СВЧ ускорителей. В качестве организаций, где могут быть востребованы описанные в диссертации результаты и опыт, можно перечислить: ИЯФ СО РАН, НИЦ «Курчатовский институт», ОИЯИ, РФЯЦ ВНИИЭФ и другие организации, разрабатывающие ускорители заряженных частиц, в том числе и в зарубежных ускорительных центрах. В целом, по актуальности, новизне, научной и практической значимости диссертация А.Е. Левичева «Разработка и экспериментальная проверка концепции линейного ускорителя электронов – инжектора источника синхротронного излучения четвертого поколения ЦКП «СКИФ»» соответствует требованиям и критериям, предъявляемым к диссертационным работам на соискание ученой степени доктора наук, установленным «Положением о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, а ее автор, Левичев Алексей Евгеньевич, заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.18. Физика пучков заряженных частиц и ускорительная

техника за развитие линейных СВЧ ускорителей для инжекционных комплексов различных ускорительных проектов.

Соискатель имеет 100 опубликованных работы, в том числе по теме диссертации опубликовано 15 работ, из них в рецензируемых научных изданиях, входящих в международные наукометрические базы данных цитирования Web of Science и Scopus, опубликовано 12 работ. Работы посвящены созданию линейного ускорителя инжекционного комплекса ЦКП «СКИФ», разработке его элементов, теоретическим и компьютерным моделированиям динамики пучка, а также экспериментальным подтверждениям работоспособности заложенных идей и изготовленных устройств, включая работы с ускоренным пучком. Основные результаты по теме диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Вакуумное СВЧ-окно S-диапазона для мощного клистрона / А. М. Барняков [и др.] – Текст : электронный // Приборы и техника эксперимента. – 2018. – № 2. – с. 72–77. URL: <https://www.libnauka.ru/item.php?doi=10.7868/S003281621802012X>. – Дата обращения 22.10.2022
2. Д. А. Никифоров, А. Е. Левичев, Н. Абед. Разработка источников электронов для современных и будущих источников СИ и коллайдеров в ИЯФ СО РАН. – Текст : электронный // Письма ЭЧАЯ. – 2024. – Т. 55, №4. – С. 1304-13.17. URL: http://www1.jinr.ru/Pepan/v-55-4/87_Nikifirov_r.pdf. – Дата обращения 20.11.2024
3. Разработка клистрона S-диапазона. / А. В. Андрианов [и др.] – Текст : электронный // Письма в ЭЧАЯ – 2020. – Т. 17, № 4(229). – С. 580–586. – URL: http://www1.jinr.ru/Pepan_letters/panl_2020_4/32_Andrianov_2.pdf. – Дата обращения 15.02.2023
4. Инжекционная система для сибирского кольцевого источника фотонов / С. М. Гуров [и др.] // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. – 2020. – №7. – С.3-7. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?doi=10.31857/S1028096020060072>. – Дата обращения 01.11.2024
5. Дронова Е. В., Левичев А. Е., Андрианов А. В. Анализ передачи мощности от генератора в пучок для ускоряющих структур разных типов. – Текст : непосредственный // Письма в ЭЧАЯ. – 2021. – Т. 18. – № 5(237). – С. 492–50. – URL: http://www1.jinr.ru/Pepan_letters/panl_2021_5/08_Dronova.pdf. – Дата обращения 04.06.2024
6. Results of manufacturing and operation of the first accelerating structures for the linear accelerator of the SKIF injector based on a disk-loaded waveguide. – Текст : электронный / Levichev A. [и др.]. // *Journal of Instrumentation*. – 2023. – V.18. – URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-0221/18/07/T07001>. – Дата публикации 03.07.2023
7. Development and testing of a high-power S-band klystron at BINP SB RAS. / Levichev A. [и др.] – Текст : электронный // *Nuclear Science and Techniques*. – 2024. – V. 35. – No. 7. – С. 1-10. – URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s41365-024-01471-9>. – Дата публикации 10.07.2024
8. Результаты работы стенда линейного ускорителя СКИФ. / Арсентьева М. В. [и др.] – Текст : электронный // Письма в ЭЧАЯ. – 2024. – Т. 21 – № 3(254). – С.

334–341.

— URL: http://www1.jinr.ru/Pepan_letters/panl_2024_3/11_Arsentyeva_r.pdf. — Дата обращения 04.10.2024

9. О влиянии смещения рабочей частоты на эффективность ускоряющей структуры ускорителя ЛУЭ-200. / Левичев А. Е. [и др.] — Текст : электронный // Письма в ЭЧАЯ. — 2024. — Т. 21. — № 3(254). — С. 557–563. — URL: http://www1.jinr.ru/Pepan_letters/panl_2024_3/39_Levichev_r.pdf. — Дата обращения 22.10.2024
10. Levichev A., Arsentyeva M., Grishina K. Beam energy spectra in the presence of cell-to-cell phase advance errors. — Текст : электронный // Journal of Instrumentation. — 2024. — V. 19. — T09001. — URL: <https://doi.org/10.1088/1748-0221/19/09/T09001>. — Дата публикации 02.09.2024
11. Arsentyeva M. V., Berdnikov K. N., Levichev A. E. Analysis of the particle longitudinal motion during the injection process into the disk loaded traveling wave accelerating structure. — Текст : электронный // Journal of Instrumentation. — 2020 — V. 15. — P10015. — URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-0221/15/10/P10015/pdf>. — Дата публикации 16.10.2020
12. Development of 200 MeV linac for the SKIF light source injector. / Andrianov A. [и др.] — Текст : электронный // Journal of Instrumentation. — 2022 — V. 17. — T02009. — URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-0221/17/02/T02009>. — Дата публикации 28.02.2022

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

в статье 1 — в создании стенда для тренировки вакуумного волноводного СВЧ окна и в получение измеренных характеристик окна на стенде;

в статье 2 — в измерениях параметров пучка после ВЧ пушки линейного ускорителя инжектора ЦКП «СКИФ», в разработке СВЧ фотопушки с вводом мощности коаксиального типа; в идее создания фотопушки на основе ускоряющей структуры с параллельной связью, а также в моделировании динамики пучка в предложенной фотопушке;

в статье 3 — в проработке и описании методики изготовления клистрона, в получении измеренных параметров и в их анализе;

в статье 4 — в определении требований к линейному ускорителю инжектора ЦКП «СКИФ», в создании и описании его компоновки и дизайна;

в статье 5 — в выводе аналитических уравнений для сравнения эффективности различных ускоряющих структур, в анализе полученных данных;

в статье 6 — в создании стенда измерения регулярных ускоряющих структур и структуры предускорителя-группирователя, в участии в экспериментах по измерению параметров ускоряющих структур и выходной энергии пучка;

в статье 7 — в изготовлении, настройке, измерении и получении проектных выходных параметров клистрона;

в статье 8 — в обеспечении работы с пучком на стенде линейного ускорителя в режиме ускорения пучка, в участии в измерениях параметров пучка;

в статье 9 — в разработке аналитической модели ускорения пучка при смещенной рабочей частоте генератора питания ускоряющей структуры на основе круглого диафрагмированного волновода и анализе полученных данных;

в статье 10 – в разработке аналитической модели влияния случайных фазовых ошибок ячеек ускоряющих структур на основе диафрагмированного волновода на энергию пучка и его энергетический разброс;

в статье 11 – под руководством автора была поставлена задача по определению критериев, влияющих на захват в режим ускорения электронов в ускоряющей структуре на основе круглого диафрагмированного волновода. Автор непосредственно разработал механизм описания критериев захвата, который был развит и доведен до получения конкретных критериев Арсентьевой Марией Васильевной, что легло в основу ее диссертационной работы «Разработка ускоряющей структуры резонаторов W-диапазона» на соискание степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.18 - Физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника, которая была защищена под руководством автора в 2022 году;

в статье 12 – автором была определена и описана структура линейного ускорителя инжекционного комплекса ЦКП «СКИФ». Под его руководством поставлена задача по моделированию динамики пучка и влияния ошибок выставки элементов на выходные параметры пучка в разработанной схеме линейного ускорителя. Данная задача выполнялась Арсентьевой Марией Васильевной, что легло в основу ее диссертационной работы «Разработка ускоряющей структуры резонаторов W-диапазона» на соискание степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.18 - Физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника, которая была защищена под руководством автора в 2022 году

В диссертации соискателя ученой степени Левичева А.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 Шведунова Василия Ивановича, доктора физико-математических наук, профессора, главного научного сотрудника отдела электромагнитных процессов и взаимодействия атомных ядер Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова», Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д.В.Скобельцына. В отзыве представлен обзор диссертационной работы, подчеркиваются актуальность темы исследования, научная новизна и практическая значимость полученных результатов. В отзыве имеются замечания, которые, как отмечено, не влияют на высокую оценку диссертационной работы, в которой впервые разработан линейный ускоритель – инжектор источника синхротронного излучения 4-го поколения ЦКП «СКИФ», и экспериментально подтверждена возможность достижения проектных параметров линейного ускорителя. В заключительной части отзыва отмечено, что диссертационная работа Левичева А.Е. «Разработка и экспериментальная проверка концепции линейного ускорителя электронов – инжектора источника синхротронного излучения четвертого поколения ЦКП «СКИФ»» 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 доктора наук, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.18 Физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника.
2. От официального оппонента Кравчука Леонида Владимировича, члена-корреспондента Российской академии наук, доктора технических наук, профессора, главного научного сотрудника 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, которые не имеют принципиального характера и не снижают высокой оценки результатов автора диссертации. В заключении отмечено, что диссертация А.Е. Левичева представляет собой законченную научную работу, решающую важнейшую задачу разработки и создания линейного ускорителя – инжектора первого отечественного источника синхротронного излучения четвертого поколения, в том числе разработки и создания отечественного мощного генератора СВЧ – клистрона.
 3. От официального оппонента Золотухина Дениса Борисовича, профессора кафедры физики, ведущего научного сотрудника лаборатории пучково-плазменной модификации диэлектриков Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР), доктора физико-математических наук. В отзыве описывается содержание диссертации, а также научно-практические результаты, подчеркивается актуальность работы. В отзыве имеются замечания. В заключении указано, что диссертация является законченной научно-исследовательской работой, выполненной автором самостоятельно на высоком научном уровне. Изложенные в ней научные результаты в совокупности представляют собой фундаментальное и социально-экономическое значение.
 4. На автореферат поступило два отзыва. Первый отзыв подписан Полозовым Сергеем Марковичем, доктором физико-математических наук, доцентом, заведующим кафедрой электрофизических установок (№14) Института ядерной физики и технологий Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ». В отзыве отмечается, что научная новизна и положения, выносимые на защиту в автореферате, являются актуальными, а степень достоверности не вызывает сомнений, поскольку подтверждена достаточным количеством публикаций в журналах, удовлетворяющих критериям ВАК. В отзыве приводятся замечания на автореферат, которые, тем не менее, не снижают общей положительной оценки от представленной работы. В заключении подчеркивается, что работа соответствует всем требованиям ВАК, а Левичев Алексей Евгеньевич

заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.18. Физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника.

Второй отзыв подписан Цыбулей Сергеем Васильевичем, профессором, доктором физико-математических наук, главным научным сотрудником Отдела исследования катализаторов Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Федеральный исследовательский центр «Институт катализа им. Г. К. Борескова» Сибирского отделения Российской академии наук». В отзыве указано краткое содержание диссертации, ее актуальность и новизна. Сообщается, что «степень достоверности результатов диссертации подтверждается необходимым количеством статей в рецензируемых журналах из списка ВАК, а также выступлениями на различных конференциях и совещаниях». В качестве недостатков автореферата указано на плохо читаемый рисунок 6 и на недостаточность информации о методах, позволивших увеличить выходную СВЧ мощность клистронов, изготовленных после первого рабочего прототипа. Тем не менее отмечено, что профессиональный уровень соискателя является высоким, автореферат и диссертация «Разработка и экспериментальная проверка концепции линейного ускорителя электронов – инжектора источника синхротронного излучения четвертого поколения ЦКП «СКИФ» отвечают всем необходимым требованиям ВАК, а Левичев Алексей Евгеньевич заслуживает присуждения ученой степени доктора 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, изготовлен и настроен на проектные параметры отечественный клистрон с выходной импульсной СВЧ мощностью 50 МВт при рабочей частоте 2856 МГц;

разработана и реализована схема линейного ускорителя инжектора источника синхротронного излучения на основе ВЧ пушки с термоэмиссионным катодом и управлением тока пучка по сетке с одним предускорителем-группирователем, работающим в режиме бегущей волны без изменения ее фазовой скорости;

создан специализированный экспериментальный стенд, включающий в себя источник электронов, канал группировки и первую регулярную ускоряющую структуру линейного ускорителя инжектора ЦКП «СКИФ», продемонстрировавший адекватность и работоспособность принятых и использованных решений;

получен ускоренный пучок и измерены его параметры с использованием созданного стенда на основе линейного ускорителя инжектора ЦКП «СКИФ».

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

она привела к определению необходимой точности изготовления резонансных ячеек ускоряющих структур и технологии их производства, а также к выработке способа уменьшения влияния погрешности изготовления ускоряющих ячеек на параметры пучка. Кроме этого теоретические исследования привели к созданию отечественного мощного СВЧ усилителя – клистрона, способного питать ускоряющие структуры линейных ускорителей. Все это позволило разработать и изготовить линейный ускоритель инжектора ЦКП «СКИФ».

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

разработаны и созданы элементы линейного ускорителя инжектора ЦКП «СКИФ»;

собран и запущен в работу экспериментальный стенд, представляющий собой начальную часть линейного ускорителя, позволивший убедиться в работоспособности выбранных решений;

создан клистрон с выходной импульсной СВЧ мощностью 50 МВт с рабочей частотой 2856 МГц, экспериментально подтвердивший свои выходные параметры.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что:

результаты аналитических расчётов показывают хорошее согласие с численными моделированиями;

тестирования разработанных ключевых элементов и прототипов узлов ускорителя показали корректность выбранных концепций и решений;

экспериментальное исследование динамики и параметров пучка продемонстрировало соответствие теоретических расчетов и экспериментальных данных;

полученные экспериментальные параметры созданного клистрона соответствуют заложенной теоретической модели и техническому заданию.

Личный вклад соискателя состоит в следующем:

под руководством автора разработан весь линейный ускоритель инжектора ЦКП «СКИФ»;

автором были утверждены концептуальные и технические решения, включая конструкцию линейного ускорителя и его основных систем;

под его руководством выбраны технологические решения и изготовлены базовые элементы линейного ускорителя;

автором полностью был исследован клистрон;

под его руководством был сконструирован клистрон и выработана технология его изготовления, а также был создан стенд с полномасштабным макетом клистрона, на котором были экспериментально изучены и оптимизированы параметры клистрона;

под руководством автора был запущен стенд на основе линейного ускорителя ЛИНАК-20, получен пучок электронов, измерены его параметры.

В ходе защиты диссертации были заданы следующие вопросы: д.ф.-м.н., профессор Котельников И. А. спросил о причинах выбора параметров клистрона, указанных в работе; затем д.ф.-м.н., профессор, академик РАН Диканский Н. С. спросил о проблемах надежности клистрона и ускоряющих структур с точки зрения возникновения электрических и сверхвысокочастотных пробоев, а также о темпе ускорения изготовленных структур линейного ускорителя и их предельных возможностях; д.ф.-м.н. Тумайкин Г.М. задал вопрос об отличиях разработанного клистрона в ИЯФ СО РАН от подобного клистрона, созданного ранее в Стэнфордской лаборатории линейных ускорителей, а также об использовании модулятора, описанного в диссертации Казарезова И.В.; д.ф.-м.н., профессор, академик РАН Бондарь А.Е. попросил рассказать о сравнении расчетной полосы усиления клистрона с измеренными значениями и о точности расчетов клистронов.

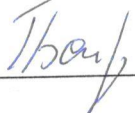
Соискатель Левичев А.Е. согласился с замечаниями и ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы, приводя собственную аргументацию.

Диссертация Левичева А.Е. «Разработка и экспериментальная проверка концепции линейного ускорителя электронов – инжектора источника синхротронного излучения четвертого поколения ЦКП «СКИФ»» соответствует всем критериям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук, установленным в Положении о присуждении ученых степеней, утвержденном постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года № 842 (в действующей редакции).

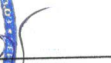
На заседании 14.10.2025 диссертационный совет принял решение: за разработку и создание линейного ускорителя инжектора источника синхротронного излучения поколения 4+, в том числе за разработку и создание отечественного мощного СВЧ усилителя клистронного типа, присудить **Левичеву А.Е.** ученую степень **доктора 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 21 человека, входящих в состав совета, дополнительно введенных на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 17, 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 /

15.10.2025

