

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.269.05,  
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
АВТОНОМНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ  
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ», МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПО  
ДИССЕРТАЦИИ  
НА СОИСКАНИЕ УЧЁНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 21 июня 2018 г. №2

О присуждении Сухих Леониду Григорьевичу, гражданину Российской Федерации, учёной степени доктора физико-математических наук.

Диссертация «Измерение размеров микронных электронных пучков высокой энергии на основе переходного излучения»

по специальности 01.04.20 – Физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника

принята к защите 27 февраля 2018 года (протокол заседания №1) диссертационным советом Д212.269.05, созданным на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования (ФГАОУ ВО) «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, 634050, г. Томск, проспект Ленина, д. 30, утверждённым приказом Министерства образования и науки РФ № 105/нк от 11 апреля 2012 г. Соискатель Сухих Леонид Григорьевич, 1984 года рождения.

Диссертацию на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук «Фокусировка переходного и дифракционного излучения изогнутыми мишенями» защитил в 2009 году, в диссертационном совете, созданном на базе государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования (ГОУ ВПО) «Томский политехнический университет», окончил

докторантуру в 2015 г. во ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет».

Работает заместителем директора по развитию Исследовательской школы физики высокоэнергетических процессов ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, ранее доцент кафедры прикладной физики ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет».

Диссертация выполнена на кафедре прикладной физики ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», Министерство образования и науки Российской Федерации

**Научный консультант** – доктор физико-математических наук, профессор Потылицын Александр Петрович, ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», Исследовательская школа физики высокоэнергетических процессов, ведущий научный сотрудник, ранее ведущий научный сотрудник кафедры прикладной физики ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет».

Официальные оппоненты:

**Кубанкин Александр Сергеевич** – доктор физико-математических наук, ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», г. Белгород, кафедра теоретической и математической физики, профессор;

**Мешков Олег Игоревич** – доктор физико-математических наук, ФГБУН Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН, г. Новосибирск, заведующий сектором 1-31;

**Стриханов Михаил Николаевич** – доктор физико-математических наук, профессор, ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Москва, ректор;

дали положительные отзывы на диссертацию.

**Ведущая организация** Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский

государственный университет имени М.В. Ломоносова», г. Москва, в своём положительном отзыве, подписанном Александром Петровичем Черняевым, доктором физико-математических наук, профессором, заведующим кафедрой физики ускорителей и радиационной медицины, и утверждённом Андреем Анатольевичем Федяниным, доктором физико-математических наук, профессором, проректором МГУ имени М.В. Ломоносова, указала, что диссертационная работа Сухих Леонида Григорьевича «Измерение размеров микронных электронных пучков высокой энергии на основе переходного излучения», представленная на соискание учёной степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.20 – «Физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника» полностью соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. №842, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени доктора наук. Диссертация является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований разработаны и экспериментально верифицированы теоретические положения, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение.

Соискатель имеет 75 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликована 31 работа, из них в рецензируемых научных изданиях опубликована 21 работа (входящих в список рекомендованных ВАК РФ для публикации материалов диссертационных исследований, 11 работ опубликовано в журналах с импакт-фактором больше единицы, входящих в базы данных Web of Science и Scopus; общий объём научных изданий – 18,1 авторских листа, авторский вклад – 75%, в диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах).

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. **Sukhikh L.G.** Backward transition radiation in EUV-region as a possible tool for beam diagnostics / **L.G. Sukhikh**, S. Yu. Gogolev, A.P. Potylitsyn // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section A: Accelerators,

Spectrometers, Detectors and Associated Equipment. – 2010. – Т. 623, № 1. – С. 567-569.

2. **Sukhikh L.G.** Experimental investigations of backward transition radiation characteristics in extreme ultraviolet region / **L.G. Sukhikh**, D. Krambrich, G. Kube, W. Lauth, Yu.A. Popov, A.P. Potylitsyn // Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering. Т. 8076. – 2011. – 80760G.
3. **Sukhikh L.G.** Backward transition radiation in the extreme ultraviolet region as a tool for the transverse beam profile diagnostic / **L.G. Sukhikh**, G. Kube, S. Bajt, W. Lauth, Yu. A. Popov, A.P. Potylitsyn // Physical Review Special Topics - Accelerators and Beams. – 2014. – Т. 17, № 11. – С. 112805.
4. **Сухих Л.Г.** Наблюдение квазимонохроматического излучения в области вакуумного ультрафиолета, генерируемого 5.7 МэВ электронами в многослойном зеркале / Углов С.Р., **Сухих Л.Г.**, Вуколов А.В., Каплин В.В. // Письма в ЖЭТФ. – 2014. – Т. 100. – Вып. 7-8. – С. 561-565.
5. **Sukhikh L.G.** Simulation of transition radiation based beam imaging from tilted targets / **Sukhikh L.G.**, Kube G., Potylitsyn A.P. // Physical Review Accelerators and Beams. – 2017. – Т. 20, № 3. – С. 032802.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы: **1) Адищева Ю.Н.**, д.ф.-м.н., с.н.с, профессора кафедры оптико-электронных приборов и дистанционного зондирования Национального исследовательского Томского государственного университета; **2) Мкртчяна А.Р.**, д.ф.-м.н., профессора, академика Национальной академии наук Республики Армения и **Сааряна А.А.**, д.ф.-м.н., профессора, руководителя управления научной политики Комитета науки Министерства образования и науки Республики Армения; **3) Рыжова В.В.**, д.ф.-м.н., ведущего научного сотрудника ФГБУН Институт сильноточной электроники Сибирского отделения Российской академии наук (ИСЭ СО РАН); **4) Ежова В.Ф.**, к.ф.-м.н., заведующего лабораторией молекулярных и атомных пучков Петербургского института ядерной физики НИЦ «Курчатовский институт». Все отзывы положительные, замечания сводятся к недостаткам оформления автореферата.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается высокой квалификацией в области физики пучков заряженных частиц и ускорительной техники, опытом проведения теоретических исследований в области физики взаимодействия заряженных частиц с веществом, а также большим экспериментальным и практическим опытом исследования характеристик излучения заряженных частиц и создания и эксплуатации систем мониторинга параметров пучков современных ускорителей.

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:**

**разработана** методика расчёта и анализа изображений пучков заряженных частиц, полученных на основе переходного излучения с произвольной длиной волны, для реальных условий эксперимента, включая наличие аббераций и расфокусировки;

**доказана** возможность измерения поперечного размера электронных пучков порядка единиц микрометров при использовании обратного переходного излучения и излучения сцинтилляторов в видимом диапазоне длин волн;

**предложена** оригинальная концепция монитора поперечного профиля электронного пучка с размером порядка 100 нм на основе переходного излучения в спектральном диапазоне вакуумного ультрафиолета с длиной волны 20 нм;

**доказана** возможность и технологическая реализуемость измерения поперечного профиля электронных пучков на основе переходного излучения в спектральном диапазоне вакуумного ультрафиолета с длиной волны 20 нм.

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

**доказаны** положения, расширяющие границы применимости переходного излучения для диагностики параметров пучков заряженных частиц;

**применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использован** комплекс современных методов математического моделирования характеристик переходного излучения, современных методов обработки изображений электронных пучков;

**изучены** особенности получения изображений пучков заряженных частиц на основе обратного переходного излучения в спектральных диапазонах видимого света и вакуумного ультрафиолета, с использованием зеркальной оптики и объектива Шварцшильда;

**изложены** подходы к анализу существенно деформированных изображений пучка заряженных частиц (в том числе из-за дифракционного предела), позволяющий извлечь истинный размер пучка;

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

**разработаны** математические модели формирования изображений пучков заряженных частиц с учётом реальных экспериментальных условий, включающих наклон мишени, расфокусировку, наличие хроматических aberrаций, а также использование различных компонент поляризации излучения;

**определены** перспективы использования сцинтиллятора LYSO ( $\text{Lu}_{2-x}\text{Y}_x\text{SiO}_5:\text{Ce}$ ) толщиной 200 мкм для измерения поперечного размера пучка порядка единиц микрометров с зарядом порядка сотен пКл при визуализации его свечения;

**определены** перспективы использования обратного переходного излучения для измерения размеров субмикронных пучков в видимом диапазоне длин волн и пучков с размером порядка 100 нм при использовании спектрального диапазона вакуумного ультрафиолета с длиной волны 20 нм;

**создан** алгоритм анализа изображений поперечного профиля пучков заряженных частиц микронных размеров, позволяющий получать абсолютное значение истинного размера пучка в широком диапазоне при наличии существенно искажённых изображений пучка;

Полученные результаты вносят важный вклад в развитие международного проекта уровня «мегасайнс» – проекта Международного линейного электрон-позитронного коллайдера в области создания станций мониторинга поперечного размера электронного и позитронного пучков микронных размеров с субмикронным разрешением.

**Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

**для экспериментальных работ:** экспериментальные исследования проводились на низкоэмиттансном ускорителе – разрезном микротроне МАМІ-В Университета им. Гутенберга (г. Майнц, Германия), с использованием современного прецизионного оборудования, а также отработанных методик получения и анализа данных, воспроизводимость результатов подтверждалась статистикой наблюдений, сопоставление результатов, полученных при использовании нескольких независимых методик, показало хорошее согласие, полученные результаты хорошо сходятся с результатами расчёта по разработанным моделям;

**теоретические результаты** обосновываются использованием хорошо зарекомендовавших себя подходов к описанию свойств переходного излучения, детальным анализом и сравнением используемых моделей, а также сравнением результатов расчётов по моделям с известными из мировой литературы данными и экспериментальными результатами;

**идея** базируется на обобщении передового опыта в области методов диагностики размеров пучка, а также на обобщении работ по исследованию свойств переходного излучения;

**использованы** данные мировой литературы по методам диагностики параметров электронных пучков;

**установлено** качественное согласие результатов автора с результатами работ, опубликованными в мировой литературе, объяснение результатов независимых исследований моделями автора;

**использованы** современные методы сбора и обработки экспериментальной информации.

**Личный вклад автора состоит в** выборе направления исследований, в прямом многолетнем участии во всех этапах исследования, включая разработку теоретических подходов и моделей генерации обратного переходного излучения и получения изображений пучка на его основе, планирование, подготовку и проведение всех экспериментальных исследований по изучению характеристик обратного переходного излучения, визуализации поперечных профилей электронных пучков с использованием сцинтилляторов и обратного переходного

излучения, обработку и анализ полученных экспериментальных данных, формулировку основных выводов и представление результатов.

**Диссертация** является завершенной научно-квалификационной работой на актуальную тему, в которой, на основании выполненных автором исследований, теоретически разработаны и экспериментально верифицированы положения в области диагностики и измерения микронных размеров пучков заряженных частиц современных и разрабатываемых ускорителей, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение, и соответствует п. 9, абз. 1 Положения о присуждении учёных степеней.

**На заседании 21 июня 2018 года диссертационный совет принял решение присудить Сухих Леониду Григорьевичу учёную степень доктора физико-математических наук.**

**При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 19 человек, из них 7 докторов наук по специальности 01.04.20 – Физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника, участвовавших в заседании, из 27 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за 18, против 1, недействительных бюллетеней нет.**

Председатель диссертационного  
совета Д 212.269.05

Учёный секретарь  
диссертационного совета  
Д 212.269.05

Рябчиков  
Александр Ильич

Кожевников  
Анатолий Владимирович

21 июня 2018 года