

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.415.03, СОЗДАННОГО НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АВТОНОМНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ» (ТУСУР)
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 16.09.2026 г. № 257

О присуждении Дагри Эброем Жозель-Эрику, гражданину Кот-д'Ивуара, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Форвакуумный плазменный источник непрерывного ленточного пучка электронов с расширенным диапазоном рабочих давлений» по специальности 1.3.5 – «Физическая электроника» принята к защите 26 июня 2026 г. (протокол заседания № 255) диссертационным советом 24.2.415.03, созданным на базе Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники» (ТУСУР), Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, 634050, г. Томск, пр. Ленина, д. 40, приказ о создании совета № 1030/нк от 30.12.2013 г.

Соискатель Дагри Эброем Жозель-Эрик, 12 сентября 1990 года рождения, в 2022 году окончил магистратуру Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники» (ТУСУР) по специальности 11.04.04 «Электроника и нанoeлектроника», затем освоил программу подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре ТУСУР (год окончания обучения - 2026 г.). В настоящее время соискатель работает младшим научным сотрудником на кафедре физики ТУСУР.

Диссертация выполнена на кафедре физики ТУСУР, Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель - доктор технических наук Климов Александр Сергеевич, ТУСУР, старший научный сотрудник, профессор кафедры физики.

Официальные оппоненты:

Каменецих Александр Сергеевич, доктор технических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории пучков частиц Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института электрофизики Уральского отделения Российской академии наук, г. Екатеринбург;

Амиров Владислав Харисович, кандидат технических наук, старший научный сотрудник научно-конструкторского отдела Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института ядерной физики им. Г.И. Будкера Сибирского отделения Российской академии наук, г. Новосибирск,
дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», г. Томск, в своем положительном отзыве, подписанном

Ремневым Геннадием Ефимовичем, доктором технических наук, профессором, заведующим научно-производственной лабораторией «Импульсно-пучковых, электроразрядных и плазменных технологий» Инженерной школы новых производственных технологий», и утвержденным Дмитрием Виссарионовичем Соном, исполняющим обязанности проректора по науке и стратегическим проектам, указала, что диссертация Дагри Эброем Жозль-Эрика «Форвакуумный плазменный источник непрерывного ленточного пучка электронов с расширенным диапазоном рабочих давлений» является законченной научно-квалифицированной работой, выполненной самостоятельно на достаточно высоком уровне, в которой, на основании выполненных автором исследований, содержится решение актуальной научно-технической задачи расширения рабочего диапазона давлений форвакуумного плазменного источника непрерывного ленточного пучка электронов до 0,1 Па, что имеет существенное значение для развития физической электроники и плазменных технологий. Также отмечено, что по актуальности, научной новизне, объему и практической значимости полученных результатов диссертационная работа соответствует критериям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 (в редакции от 16.10.2024), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Дагри Эброем Жозль-Эрик, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.3.5 – «Физическая электроника».

Соискатель имеет 14 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 13 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 5 работ, из которых 1 работа опубликована в научном издании, входящем в перечень ВАК, и 4 работы опубликованы в рецензируемых научных изданиях, индексируемых в международных базах данных Scopus, Web of Science и соответствующих требованиям ВАК (с учетом категорирования изданий). По результатам работы также получен патент РФ на полезную модель. Соавторы, принимавшие участие в отдельных направлениях исследований, указаны в списке основных публикаций по теме диссертации. Все опубликованные работы выполнены при непосредственном личном участии автора. Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Ленточный источник электронного пучка, функционирующий в широком диапазоне давлений / А. С. Климов, И. Ю. Бакеев, Ж. Э. Дагри [и др.] // Materials. Technologies. Design. – 2023. – Vol. 5, No 3(13). – P. 28-34.

2. Fore-Vacuum Ribbon Beam Plasma Electron Source Based on a Two-Stage Discharge System / A.S. Klimov, I. Y. Bakeev, J. E. Dagri, E. M. Oks, A. A. Zenin // Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics. – 2024. – Vol. 88. – No. 4. – P. 631-636.

3. Extending the Operating Pressure Range of a Forevacuum-Pressure Plasma-Cathode Ribbon Electron Beam Source / A. S. Klimov, I. Yu. Bakeev, J. E. Dagri, A. V. Dolgova, E. M. Oks, A. A. Zenin // IEEE Transactions on Plasma Science. – 2024. – Vol. 52. – No. 7. – P. 2786-2791.

4. Forevacuum plasma-cathode electron source for generation of a ribbon beam over a wide pressure range / A. S. Klimov, I. Yu. Bakeev, Yu. A. Burachevsky, J. E. Dagri [et al.] // Review of Scientific Instruments. – 2023. – Vol. 94, – No. 7. – P. 073505.

5. Ribbon electron beam for generation of beam plasma and beam-plasma treatment of polymers in the pressure range of 0.1–10 Pa / A. S. Klimov, J. E. Dagri, A. V. Dolgova, A. A.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы от ведущей организации и официальных оппонентов, а также 3 отзыва на автореферат диссертации: Отзыв из Акционерного общества Государственного научного центра «Исследовательский центр имени М.В. Келдыша», г. Москва, подписанный доктором технических наук Ризахановым Ражудином Насрединовичем; отзыв из Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физики прочности и материаловедения им. В.Е. Панина Сибирского отделения Российской академии наук (ИФПМ СО РАН), г. Томск, подписанный доктором технических наук Буяковой Светланой Петровной; отзыв из Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физического материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук, г. Улан-Удэ, подписанный кандидатом технических наук Мишигдоржийн Ундрахом Лхагвасуреновичем. Все отзывы положительные.

В качестве критических замечаний указываются:

- Недостаточно обоснована необходимость работы именно в промежуточной области давлений 0,1–1 Па.
- Неполно описана вакуумная система и газовые потоки, отсутствует сравнение с отечественными и зарубежными аналогами, а также количественные оценки ожидаемого увеличения производительности.
- Не приведены данные о длительной стабильности, ресурсе эмиссионной сетки и воспроизводимости результатов (число параллельных экспериментов, статистические погрешности).
- Не указан материал эмиссионного электрода/сетки и не обоснованы выбор нержавеющей стали, геометрии отверстий и конструктивных решений с точки зрения теплопроводности и термомеханических деформаций.
- Нет обоснования выбора материалов для пучково-плазменной обработки, режима подачи потенциала на образцы.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их широкой известностью и своими достижениями в области физики газового разряда и низкотемпературной плазмы, включая технологические применения пучков заряженных частиц и плазмы, наличием публикаций в соответствующей сфере исследования и способностью определить научную и практическую ценность диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана разрядная система на основе тлеющего разряда с протяженным полым катодом и торцевыми вспомогательными разрядами, обеспечивающая стабильное инициирование и поддержание разряда в расширенном диапазоне давлений 0,1–10 Па, что позволило создать форвакуумный плазменный источник непрерывного ленточного пучка электронов с нижней границей рабочего давления 0,1 Па;

предложены оригинальные конструктивные решения - система извлечения электронов с серией прямоугольных отверстий, позволяющая снизить неоднородность распределения плотности тока пучка, а также методы управления однородностью пучка путем регулировки соотношения токов вспомогательных разрядов;

доказана перспективность использования разработанного источника для генерации однородной пучковой плазмы, а также для ионно-плазменной модификации поверхностных свойств полимеров (полипропилена).

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказаны положения, вносящие вклад в расширение представлений о физических процессах в тлеющем разряде с протяженным полым катодом: установлены условия стабильного инициирования и поддержания разряда в диапазоне давлений 0,1–10 Па;

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использован комплекс существующих базовых методов исследования, включая зондовую диагностику (одиночный и двойной зонды Ленгмюра), оптическую спектрометрию, многосеточный энергоанализатор, инфракрасную пирометрию, а также численное моделирование методом конечных элементов для расчета температурных полей и термомеханических деформаций эмиссионного электрода;

изложены факторы, подтверждающие, что нарушение однородности распределения плотности тока пучка обусловлено термомеханической деформацией эмиссионной сетки, вызванной обратным ионным потоком, при этом показано, что переход к многоапертурной системе позволяет снизить термическое расширение сетки в 1,5–2 раза;

раскрыты существенные проявления теории: выявлены новые проблемы, связанные с влиянием асимметрии токов вспомогательных разрядов на однородность эмиссионной плазмы и пучка при пониженных давлениях (0,1–1 Па);

изучены причинно-следственные связи между параметрами разряда, тепловым состоянием эмиссионного электрода и однородностью пучка.

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

разработаны и внедрены в научно-исследовательские работы по грантам РФ результаты по генерации ленточных электронных пучков в промежуточной области давлений 0,1–1 Па. Созданный источник электронов защищен патентом РФ на полезную модель № 222392;

определены пределы и перспективы практического использования разработанного источника для модификации поверхностных свойств материалов;

создана конструкция форвакуумного плазменного источника непрерывного ленточного пучка электронов с расширенным диапазоном рабочих давлений 0,1–10 Па, обеспечивающая генерацию пучка с параметрами, востребованными в промышленных технологиях;

представлены методические рекомендации по выбору оптимальных режимов работы источника для достижения высокой однородности пучка и эффективной обработки материалов.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ – результаты получены с использованием сертифицированного и многократно апробированного диагностического оборудования (зонды Ленгмюра, пирометр, термопары, осциллографы); показана воспроизводимость результатов в различных условиях;

теория построена на известных, проверяемых данных и фактах, включая фундаментальные законы физики газового разряда, теплопроводности и термомеханики; расчетные зависимости согласуются с опубликованными экспериментальными данными

по теме диссертации и по смежным отраслям, в том числе с результатами моделирования тепловых полей и деформаций;

идея базируется на анализе практики создания форвакуумных плазменных источников и обобщении передового опыта по внешней инжекции электронов, а также на систематическом изучении физических процессов, определяющих стабильность разряда и однородность пучка;

использованы сравнения авторских данных с результатами, полученными ранее по рассматриваемой тематике (в том числе для систем дуговых и тлеющих разрядов), что подтверждает корректность выводов;

использованы современные методики сбора и обработки исходной информации: автоматизированная регистрация зондовых характеристик с последующей аппроксимацией, цифровая обработка осциллограмм, 3D-профилометрия.

Личный вклад соискателя состоит в непосредственном участии в получении исходных данных и научных экспериментах, личное участие в апробации результатов исследования, разработке ключевых элементов экспериментальных установок, выполненных при участии автора; обработке и интерпретации экспериментальных данных, выполненных лично автором или при участии автора, подготовке при участии автора основных публикаций по выполненной работе.

В ходе защиты диссертации не было высказано критических замечаний.

Соискатель Дагри Эброем Жоэль-Эрик ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию.

На заседании 16 сентября 2026 г. диссертационный совет принял решение: за решение важной научно-технической задачи расширения диапазона рабочих давлений форвакуумного плазменного источника ленточного пучка электронов, имеющей значение для развития технологии пучково-плазменной модификации полимеров, присудить Дагри Эброем Жоэль-Эрику ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 15 человек, из них 6 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 21 человека, входящего в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0, проголосовали: за - 15, против - 0, недействительных бюллетеней - 0.

Заместитель председателя
диссертационного совета

Ученый секретарь
диссертационного совета



Окс Ефим Михайлович

Казаков Андрей Викторович

16.09.2026