

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.392.01, СОЗДАННОГО НА
БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО», МИНОБРНАУКИ РОССИИ,
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 14.10.2022 № 23

О присуждении **Лещевой Ксении Александровне**, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Развитие методов формирования винтовых электронных пучков для новых разновидностей гироприборов» по специальности 1.3.5. — Физическая электроника принята к защите 23 июня 2022 года (протокол заседания № 17) диссертационным советом 24.2.392.01, созданным на базе ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского» (ФГБОУ ВО «СГУ имени Н. Г. Чернышевского»), Минобрнауки РФ, 410012, г. Саратов, ул. Астраханская, 83, приказ Минобрнауки России о создании диссертационного совета от 15.02.2013 №75/нк; приказы об изменении состава совета от 15.12.2015 № 1598/нк-9, от 28.09.2016 № 1180/нк-52, от 15.02.2017 № 116/нк-38, от 26.01.2018 № 92/нк-50, от 17.04.2018 № 431/нк-26, от 23.11.2018 № 301/нк-66, от 24.09.2019 №873/нк-26; приказ об установлении полномочий совета от 03.06.2021 № 561-нк (Приложение 1/597); приказ об изменении состава совета от 15.10.2021 № 1046/нк-33.

Соискатель Лещева Ксения Александровна, 1991 года рождения, в 2016 г. окончила ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского» (ННГУ им. Н. И. Лобачевского) с присвоением квалификации магистра по направлению подготовки 03.04.03 «Радиофизика». В 2020 г. освоила программу подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре ННГУ им. Н.И. Лобачевского по направлению подготовки 03.06.01 «Физика и астрономия», направленность «Радиофизика». В 2021 г. сдала кандидатский экзамен по специальности «Физическая электроника» в ФГБОУ ВО «СГУ име-

ни Н. Г. Чернышевского». Работает старшим преподавателем кафедры квантовой радиофизики и электроники радиофизического факультета ННГУ им. Н.И. Лобачевского», Минобрнауки РФ.

Диссертация выполнена на кафедре квантовой радиофизики и электроники радиофизического факультета ННГУ им. Н.И. Лобачевского», Минобрнауки РФ.

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, профессор Мануилов Владимир Николаевич, ННГУ Н.И. Лобачевского», кафедра квантовой радиофизики и электроники, профессор.

Официальные оппоненты:

1. **Морев Сергей Павлович**, доктор физико-математических наук (05.27.02), АО «Научно-производственное предприятие «Исток» им. А. И. Шокина» (г. Фрязино); эксперт научно-технической сферы (свидетельство ФГБНУ Республиканский исследовательский научно-консультационный центр экспертизы № 01-04436 от 24.09.20 г.) экспертной группы;

2. **Свешников Виктор Митрофанович**, доктор физико-математических наук (05.13.18), ФГБУН Институт вычислительной математики и математической геофизики Сибирского отделения РАН, (г. Новосибирск), лаборатория вычислительной физики, главный научный сотрудник,

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – ФГБУН Институт радиотехники и электроники им В. А. Котельникова РАН, г. Москва (ИРЭ им. В. А. Котельникова РАН) (г. Москва) в своем положительном отзыве, подписанном академиком РАН, доктором физико-математических наук (01.04.01), профессором Черепениным Владимиром Алексеевичем, главным научным сотрудником лаборатории математических методов в радиофизике и биомедицине, и кандидатом физико-математических наук (01.04.04) Вдовиным Владимиром Александровичем, ведущим научным сотрудником лаборатории математических методов в радиофизике и биомедицине, указала, что диссертация Лещевой Ксении Александровны представляет собой законченное исследование новых электронно-оптических систем (ЭОС) мощных высокоселективных gyroприборов. В результате разработана и применена методика моделирования сложных трехмерных систем формирования интенсивных винтовых электронных пучков, предложены и изучены новые варианты неадиабатических систем формирования винтовых электронных пучков, разработаны неадиабатические электронно-оптические системы с реверсом магнитного поля для двухкаскадного широкополосного усилителя W-диапазона с выходной мощностью несколько сотен киловатт, а

также выполнен цикл работ по разработке и экспериментальному исследованию планарной магнетронно-инжекторной пушки для систем мегаваттного уровня мощности. Диссертация Лещевой К. А. по актуальности изученного вопроса, объему проведенных исследований, степени научной новизны и практической значимости полученных результатов, их достоверности и обоснованности выводов удовлетворяет всем требованиям пп. 9-11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013, предъявляемым к диссертационным работам на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, а её автор, Лещева Ксения Александровна, достойна присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.5. – Физическая электроника.

Соискатель имеет по теме диссертации 20 опубликованных работ общим объемом 7,375 п.л. (авторский вклад 2,812 п.л.), в том числе 6 статей в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК. Список публикаций также включает 13 работ в сборниках трудов российских и международных конференций и патент на изобретение.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Samsonov S. V., **Leshcheva K. A.**, Manuilov V. N. Multitube helical-waveguide gyrotron traveling-wave amplifier: device concept and electron-optical system modeling // IEEE Trans. Electron Devices. – 2020. – Vol. 67, No. 8. – P.3385 – 3390.
2. Manuilov V. N., Samsonov S. V., Mishakin S. V., Klimov A. V., **Leshcheva K. A.** Cusp guns for helical-waveguide gyro-TWTs of a high-gain high-power W-band amplifier cascade // J. Infrared Milli. Terahz. Waves. – 2018. – Vol. 39, No. 9. – P. 447 – 455.
3. Гольденберг А. Л., Глявин М. Ю., Мануилов В. Н., **Лещева К. А.** Неадиабатическая электронно-оптическая система технологического гиротрона // Изв. вузов. Радиофизика. – 2017. – Т. 60, №. 5. – P. 442 – 448.
4. Мануилов В. Н., Заславский В. Ю., Куфтин А. Н., **Лещева К. А.** Оптимизация магнетронно-инжекторной пушки для мощного планарного гиротрона миллиметрового диапазона длин волн // Изв. вузов. Радиофизика. – 2021. – Т. 64, № 4. – С. 253 – 264.
5. Патент: 2765773. Российская Федерация. МПК H01J23/06 H01J25/00. Неадиабатическая электронная пушка для мазера на циклотронном резонансе / М. Ю. Глявин, А. Л. Гольденберг, **К. А. Лещева**, В. Н. Мануилов, М. Д. Проявин, Е. А. Солуянова, Е. М. Тай; заявитель и патентообладатель: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики Российской академии наук" (ИПФ РАН). – № 2021116212; заявл. 03.06.2021; опубл. 02.02.2022, Бюл. №4.

На автореферат диссертации поступило 5 положительных отзывов: из АО «НПП «Исток» им. А. И. Шокина» от к.ф.-м.н. (01.04.03), начальника отделения проектирования СВЧ приборов Галдецкого А. В.; из Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого от д.ф.-м.н. (01.04.04), профессора Высшей инженерно-физической школы Лукши О. И.; из Института ядерной физики им. Г. И. Будкера Сибирского отделения РАН от д.ф.-м.н. (01.04.08), гл. н.с. Аржанникова А. В.; из Института прикладной физики РАН от д.ф.-м.н. (01.04.04), в.н.с. отдела высокочастотной релятивистской электроники Абубакирова Э. Б.; из НПП «ГИКОМ», от к.ф.-м.н. (05.27.02), лауреата премии Правительства РФ в области науки и техники Соколова Е. В.

В отзывах на автореферат сделаны замечания: а) об отсутствии отражения вопроса о чувствительности достигнутых характеристик к возможным неточностям геометрии, объяснения, за счет каких принципиальных особенностей неадиабатических ЭОС может быть получено заметное снижение скоростного разброса по сравнению с адабатическими магнетронно-инжекторными пушками; описания методики определения скоростного разброса, определения «особая точка электрического поля»; б) об использовании термина «жесткость фокусировки» и единицы измерения «мкпв»; в) о некорректном описании диапазона частот гиротронов для управляемого термоядерного синтеза и зависимости максимально достижимой величины питч-фактора от диапазона рабочих частот гиротронов; г) о недостаточной полноте описания изображений на рисунках 1, 3–5 ; д) об использовании термина «двумерные поля» для некоторых схем электронной оптики;

Выбор официальных оппонентов обосновывается близким соответствием проводимых ими исследований теме диссертации, их высокой квалификацией в области физической электроники и численного моделирования сложных электронно-оптических систем формирования электронных пучков в мощных вакуумных приборах СВЧ, широкой известностью и признанными достижениями. Выбор официальных оппонентов объясняется, кроме того, отсутствием совместных печатных работ с соискателем.

Выбор ведущей организации обосновывается её высоким авторитетом среди научно-исследовательских организаций, наличием в коллективе большого числа известных специалистов, работающих в направлениях, связанных с тематикой диссертации, а также отсутствием договорных отношений с соискателем. Выбор официальных оппонентов и ведущей организации удовлетворяет критериям, сформулиро-

ванным в пп. 22 и 24 действующего «Положения о присуждении ученых степеней» от 24 сентября 2013 г. № 842.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны алгоритмы численного моделирования систем формирования винтовых электронных пучков для новых разновидностей gyroприборов при произвольной трехмерной геометрии электродов электронной пушки;

предложены и проанализированы новые варианты неадиабатических систем формирования винтовых электронных пучков, основанные на принципе инжекции прямолинейного электронного пучка под углом к магнитному полю для придания частицам первоначальной вращательной скорости;

выполнена разработка и численная оптимизация неадиабатических электронно-оптические систем с реверсом магнитного поля, формирующих моновинтовые электронные пучки с разной, отличающейся на порядок, величиной первеанса (0.1 и 1 мкпв), предназначенных для усилительного каскада, включающего две винтовые gyro-ЛБВ;

показана возможность формирования 10-ти электронных пучков с приемлемым качеством для мощной gyro-ЛБВ W-диапазона в адиабатической магнетронно-инжекторной пушке с секционированным на эллиптические участки эмиттером.

Теоретическая значимость работы обоснована тем, что:

проведено **исследование** возможности создания ЭОС формирования винтовых электронных пучков для gyroприборов с улучшенной селекцией рабочего типа колебаний и повышенной мощностью;

применительно к проблематике диссертации с получением обладающих новизной результатов эффективно использован и дополнен комплекс современных методов трехмерного численного моделирования;

получены аналитические оценки основных параметров (геометрия, режим работы, доля вращательной энергии электронного пучка) для неадиабатических систем формирования винтовых электронных пучков основанных на инжекции первоначально прямолинейного пучка под углом к магнитному полю;

изучены основные особенности формирования и оптимизации как моновинтовых, так и многолучевых электронных пучков для gyro-ЛБВ

даны аналитические оценки деформации краевых зон электронного пучка, формируемого в планарной магнетронно-инжекторной пушке, при дрейфе электронов в скрещенных электрическом и магнитном полях.

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

предложены адекватные специфике формирования винтовых электронных пучков алгоритмы их трехмерного траекторного расчета и определения их основных параметров; развитый подход эффективен при анализе и оптимизации как адиабатических, так и неадиабатических систем формирования пучков сложной геометрии;

предложены новые варианты неадиабатических ЭОС, пригодных для использования в многозеркальных гиротронах с повышенной селективностью рабочего типа колебаний, а также в новых вариантах многоствольных гиротронов;

разработаны неадиабатические ЭОС для двухкаскадного широкополосного гиросилителя W - диапазона с выходной мощностью в несколько сотен киловатт;

экспериментально **показано**, что планарные магнетронно-инжекторные пушки могут формировать электронные пучки с параметрами приемлемыми для генерации мегаваттного уровня мощности в коротковолновой части миллиметрового диапазона длин волн;

результаты исследований использовались при выполнении НИР, поддержанных грантами РФФИ № 18-32-00142, 16-02-00674, РФФИ №16-19-10332, 18-19-00704;

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

соответствие теоретических результатов расчетов и полученных в ходе эксперимента данных о качестве формируемого электронного пучка в планарной магнетронно-инжекторной пушке;

использованы специализированные программные пакеты, верифицированные при изучении широкого класса ЭОС;

в качестве тестовых расчетов **воспроизведены** достоверные данные расчетов параметров винтового электронного пучка в аксиально-симметричного гиротроне.

Личный вклад соискателя состоит в развитии аналитической теории для оценки основных параметров новых вариантов ЭОС, исследовании возможностей создания новых электронно-оптических систем гиросприборов, анализе и оптимизации параметров, а также в последующем трехмерном моделировании систем, в написании оригинальных численных кодов для адекватного задания стартовых условий для частиц на катодах сложной формы и последующего определения целого набора выходных параметров винтовых электронных пучков в рабочем пространстве гиросприборов при произвольной конфигурации электронного потока. Теоретические исследования проводились автором при консультативной поддержке со стороны научного руководителя и соавторов совместных работ. Экспериментальные ис-

следования проводились на оборудовании, установленном в ИПФ РАН при помощи разработчиков измерительного стенда. Постановка задач, обсуждение и интерпретация результатов проводились совместно с научным руководителем и соавторами.

Результаты диссертационной работы рекомендуются к использованию в научно-исследовательских учреждениях и производственных организациях: в Институте радиотехники и электроники им. В. А. Котельникова РАН (г. Москва) и его Саратовском филиале, Институте общей физики РАН (г. Москва), Институте прикладной физики РАН (г. Нижний Новгород), Институте сильноточной электроники Сибирского отделения РАН (г. Томск), НИЦ «Курчатовский институт» (г. Москва), НПП «ГИКОМ» (г. Нижний Новгород), в АО «Научно-производственное предприятие «Исток» им. А. И. Шокина» (г. Фрязино).

Результаты диссертации рекомендуются к внедрению в учебный процесс в высших учебных заведениях, ведущих подготовку в области радиофизики и электроники: НИЯУ «МИФИ», НИУ «МЭИ», национальных исследовательских государственных университетах – Нижегородском им. Н. И. Лобачевского, Новосибирском, Томском, Саратовском имени Н. Г. Чернышевского и др.

Содержание диссертации удовлетворяет требованиям пп. 9-11, 13, 14 действующего «Положения о присуждении ученых степеней» (утверждено постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.5. – Физическая электроника.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания: о необходимости более детально указать, какие алгоритмы были разработаны для задания начальных условий частиц; о необходимости исследования чувствительности многолучевой электронно-оптической системы гиро-ЛБВ к вариациям таких параметров, как ток и напряжение; о необходимости исследования влияния неоднородности нагрева эмиттера в планарных магнетронно-инжекторных пушках на характеристики винтового электронного пучка.

Соискатель ответил на замечания, содержащиеся в отзывах ведущей организации, официальных оппонентов и отзывах на автореферат, на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и дал необходимые пояснения: 1) об основных параметрах приборов, для которых разрабатываются представленные в диссертации электронно-оптические системы, их диапазоне частот, мощности; 2) о структуре рабочей моды спирально-гофрированного волновода; 3) о причинах несимметричности анода в планарной магнетронно-инжекторной пушке; 4) о задании начальных условий эми-

тируемых с поверхности катода электронов; 5) о проведенных исследованиях влияния шероховатости эмитирующей поверхности на качество пучка; 6) о параметрах экспериментально исследуемой планарной магнетронно-инжекционной пушки; 7) о степени влияния физических факторов на качество формируемого электронного пучка в адиабатических и неадиабатических электронно-оптических системах; 8) о характере неоднородности эмиссионной поверхности; 9) о величине плотности эмиссии в проведенных расчетах; 10) о причинах выбора 10 пучков в многопучковой гиро-ЛБВ.

На заседании 14 октября 2022 года диссертационный совет принял решение за решение актуальной задачи физической электроники, заключающейся в разработке и оптимизации новых электронно-оптических систем формирования винтовых электронных пучков для гироприборов с улучшенной селекцией рабочего типа колебаний и повышенной мощностью, присудить Лещевой К.А. ученую степень кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.5. – Физическая электроника.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 22 человек (21 человек находился в месте проведения заседания, 1 человек участвовал в заседании совета в удаленном интерактивном режиме), из них 7 докторов по специальности 1.3.5. – Физическая электроника, участвовавших в заседании, из 30 человек, входящих в состав совета: проголосовал: за – 22, против – нет, воздержавшихся – нет.

Председатель
диссертационного совета


Аникин Валерий Михайлович

Ученый секретарь
диссертационного совета


Сысоев Илья Вячеславович

14 октября 2022 г.