

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе
Нижегородского государственного
университета им. Н.И. Лобачевского
Иванченко Михаил Васильевич

« 26 » 04 2022 г.



ЗАКЛЮЧЕНИЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АВТОНОМНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ НИЖЕГОРОДСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. Н.И. ЛОБАЧЕВСКОГО»
(Регистрационный номер 36-22 от 26.04.2022)

по диссертации Лещевой Ксении Александровны «Развитие методов формирования винтовых электронных пучков для новых разновидностей giroприборов» на соискание ученой степени кандидата наук по научной специальности 1.3.5. – Физическая электроника

Настоящее заключение выдано на основании личного заявления соискателя ученой степени от 26.04.2022 г.

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

Тема диссертационной работы утверждена на заседании Ученого совета радиофизического факультета ННГУ им. Н.И. Лобачевского 16.12.2020 г. (протокол №20-11).

В 2016 г. соискатель ученой степени Лещева К.А. с отличием окончила магистратуру радиофизического факультета федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского» по направлению подготовки 03.04.03 «Радиофизика».

В период с 2016 г. по 2020 г. Лещева К.А. обучалась в аспирантуре по направлению 03.06.01 «Физика и астрономия». Справка об обучении в образовательной организации № 013/21 от 16.03.2021 г., содержащая сведения о сданных кандидатских экзаменах по специальности «Радиофизика» (направление 03.06.01 «Физика и астрономия»), и диплом об окончании аспирантуры № 18/04-75 от 08.10.20 выданы федеральным государственным автономным образовательным учреждением высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского». Справка об обучении №16-2021 от 24.03.2021г., содержащая сведения о сданном кандидатском экзамене по специальности «Физическая электроника», выдана федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского».

В период подготовки диссертации Лещева Ксения Александровна работала в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского» в должности ассистента (2016-2019 гг), преподавателя (2019-2021) и старшего преподавателя (с 2021 по настоящее время) кафедры квантовой радиофизики и электроники радиофизического факультета.

Научный руководитель – Мануилов Владимир Николаевич, профессор, доктор физико-математических наук, профессор кафедры квантовой радиофизики и электроники

радиофизического факультета ННГУ им. Н.И. Лобачевского, утвержденный на заседании Ученого совета радиофизического факультета ННГУ им. Н.И. Лобачевского 16.12.2020 г. (протокол №20-11), представил положительный отзыв о диссертации и соискателе.

Диссертация обсуждалась на расширенном заседании кафедры квантовой радиофизики и электроники радиофизического факультета ННГУ с приглашением специалистов по профилю диссертации из ИПФ РАН.

По итогам обсуждения принято следующее заключение.

Общая оценка работы

Диссертационная работа Лещевой К.А. посвящена развитию методов формирования винтовых электронных пучков для новых разновидностей гироприборов.

Диссертационная работа выполнена на высоком уровне. Получен ряд новых и оригинальных научных результатов.

Личное участие соискателя в получении результатов, изложенных в диссертации.

Все результаты, представленные в диссертационной работе, выполнены при непосредственном активном участии соискателя либо получены им лично.

Степени достоверности результатов проведенных исследований.

Достоверность полученных результатов, сформулированных в диссертации, обеспечивается применением широко апробированных и хорошо зарекомендовавших себя методов численного анализа, соответствием результатов численного моделирования и экспериментальных исследований. Основные результаты опубликованы в высокорейтинговых российских и зарубежных изданиях и неоднократно обсуждались на научных семинарах и конференциях.

Новизна полученных результатов.

1. Разработана методика численного моделирования систем формирования винтовых электронных пучков гироприборов произвольной геометрии, основанная на совместном использовании пакета CST Studio Suite и специализированных программ пред- и пост-обработки, разработанных соискателем. Реализована возможность переключения на различные алгоритмы задания стартовых условий и обработки результатов траекторного анализа, специфичных для адиабатических или неадиабатических систем и учитывающих пространственную структуру пучка для аксиально-симметричной, плоской или произвольной трехмерной геометрии.

2. Получены аналитические оценки основных параметров (режим, геометрия) для неадиабатических систем формирования винтовых электронных пучков, основанных на инъекции первоначально прямолинейного пучка под углом к магнитному полю. Проведена численная оптимизация таких систем. Показано, что при сохранении устойчивости пучка, возможно одновременное существенное снижение скоростного разброса и увеличение пич-фактора по сравнению с традиционными адиабатическими МИП. Предложены новые схемы трехмерных вариантов неадиабатических электронно-оптических систем, пригодные для многозеркальных и многоствольных гиротронов.

3. Изучены основные особенности формирования моновинтовых электронных пучков для гиро-ЛБВ, формируемых в неадиабатическом магнитном поле, имеющем область реверса. Проанализированы как низкопервеансные (микропервеанс $P \sim 0.1$ мкп), так и высокопервеансные ($P \sim 1$ мкп) электронно-оптические системы. Предложены подходы, позволяющие в значительной степени скомпенсировать негативное влияние сил пространственного заряда и реализовать электронно-оптические системы с качеством пучка, приемлемым для высокоэффективного взаимодействия с высокочастотным полем. Оптимизированные варианты неадиабатических электронно-оптических систем послужили основой для разработки гиро-ЛБВ с двухкаскадной схемой усиления, ориентированной на

детальную радиолокацию объектов, удаленных вплоть до геостационарной орбиты.

4. Впервые разработана и исследована 10-лучевая адиабатическая магнетронно-инжекторная пушка с секционированным эмиттером, предназначенная для мощной многоствольной гиро-ЛБВ. Предложены способы компенсации дрейфа частиц, вызванного азимутальной компонентой электрического поля пространственного заряда, и снижения скоростного разброса в каждом из парциальных пучков.

5. Теоретически и экспериментально изучены адиабатические системы, формирующие планарные винтовые электронные пучки. Даны аналитические оценки деформации краевых зон электронного пучка при дрейфе электронов в скрещенных электрическом и магнитном полях. Оценки согласуются с данными численного расчета. Аналитическая теория и методика численного моделирования ленточных ВЭП при учете основных факторов, влияющих на его качество, позволили создать электронно-оптическую систему планарного 140 ГГц гиротрона с мощностью электронного пучка 3 МВт. Экспериментальное исследование ленточного ВЭП показало хорошее соответствие расчетных и измеренных параметров пучка.

Практическая значимость полученных результатов.

Методики численного анализа систем формирования винтовых электронных пучков при произвольной трехмерной геометрии электродов, открывают возможность расчета и оптимизации новых вариантов систем формирования винтовых электронных пучков, как адиабатических, так и неадиабатических, в частности, для многолучевых и планарных гиротронов. Предложены и исследованы новые варианты неадиабатических систем формирования винтовых электронных пучков для гироприборов, позволяющие существенно снизить разброс вращательных скоростей электронов и за счет этого повысить устойчивость пучка и КПД гиротронов. Разработана 10-лучевая система формирования винтовых электронных пучков, обеспечивающая приемлемые для реализации выходной мощности 300–400 кВт параметры в многоствольной гиро-ЛБВ, предназначенной для дальнейшей радиолокации высокого разрешения. Разработаны неадиабатические электронно-оптические системы для двухкаскадного широкополосного гироусилителя W - диапазона с выходной мощностью в несколько сотен киловатт. Теоретически и 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.

Апробация работы.

Результаты, представленные в диссертации, докладывались на следующих школах, семинарах, конференциях:

- The 46th International Conference on Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves (IRMMW-THz'2021), Chengdu, China, 2021.
- Международной Крымской конференции: СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии (КрыМиКо, 2015, 2017, 2018);
- II российско-белорусской научно-технической конференции «Элементная база отечественной радиоэлектроники: импортозамещение и применение» им. О. В. Лосева (17–19 ноября 2015 г., Нижний Новгород),
- X Всероссийском семинаре по радиофизике миллиметровых и субмиллиметровых волн (29 февраля — 3 марта 2016 г., Нижний Новгород);
- V, VII, X Всероссийской конференции Электроника и микроэлектроника СВЧ (Санкт-Петербург, 2016, 2018, 2021),
- XXII Нижегородской сессии молодых ученых (Нижний Новгород, 2017),
- XXXIV Международной научно-практической конференции (Москва, 2019),

Результаты диссертации использованы при выполнении НИР поддержанных грантами РФФИ № 18-32-00142, 16-02-00674, РНФ №16-19-10332, 18-19-00704.

Ценность научных работ соискателя.

Ценность научных работ соискателя подтверждается публикацией результатов работ в ведущих научных журналах с высоким индексом цитирования.

Специальность, которой соответствует диссертация.

Диссертационная работа Лещевой К.А. является законченным научным исследованием, отвечающим требованиям пп. 9-11, 13, 14 действующего «Положения о присуждении ученых степеней» утверждено постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Тема и содержание диссертации соответствуют специальности 1.3.5. – Физическая электроника.

Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем ученой степени.

Основное содержание диссертационной работы в полной мере отражено в 6 статьях в реферируемых журналах, рекомендованных ВАК РФ для опубликования результатов диссертационных исследований на соискание степени доктора и кандидата физико-математических наук и патенте на изобретение:

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. Гольденберг А.Л., Лещева К.А., Мануилов В.Н. Влияние неоднородности эмиссии на качество винтовых пучков, формируемых неадиабатическими электронно-оптическими системами гироприборов // Прикладная физика. – 2020. – № 4. – С. 40.

6. Лещева К.А., Мануилов В.Н. Численное 3D-моделирование систем формирования винтовых электронных пучков гироприборов с азимутально неоднородным распределением тока эмиссии // Успехи прикладной физики. – 2019. – Т. 7, № 3. – С. 298 – 308.

7. Глявин М.Ю., Гольденберг А.Л., Лещева К.А., Мануилов В.Н., Проявин М.Д., Солуянова Е.А., Тай Е.М. Патент: 2765773. Российская Федерация. МПК Н01J23/06 Н01J25/00 . Неадиабатическая электронная пушка для мазера на циклотронном резонансе; ИПФ РАН – № 2021116212; заявл. 03.06.2021; опубл. 02.02.2022, Бюл. №4

Наличие в диссертации ссылок на научные работы, выполненные соискателем ученой степени в соавторстве.

В диссертации Лещевой К.А. имеются ссылки на научные работы, выполненные в соавторстве.

Результаты проверки текста диссертации на предмет неправомерных заимствований.

Проверка текста диссертации не выявила факта неправомерных заимствований.

Решение о возможности рекомендовать диссертацию к защите в диссертационном совете.

Диссертация Лещевой Ксении Александровны «Развитие методов формирования винтовых электронных пучков для новых разновидностей гироприборов» рекомендуется к

защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.5. – Физическая электроника.

Присутствовало на расширенном заседании кафедры квантовой радиофизики и электроники радиофизического факультета ННГУ:

Всего: 11 чел.,

Декан радиофизического факультета, профессор, д.ф.-м.н. Матросов В.В.; зам. директора ИПФ РАН по научной работе, д.ф.-м.н. Глявин М.Ю.; профессор РАН, д.ф.-м.н. Самсонов С.В.; профессор РАН, д.ф.-м.н. Песков Н.Ю.; зав. сектором ИПФ РАН, д.ф.-м.н. Зотова И.В.; профессор, д.ф.-м.н. Мануилов В.Н.; доцент, к.ф.-м.н. Маругин А.В.; доцент, к.ф.-м.н. Тарасова Е.А.; доцент, к.ф.-м.н. Заславский В.Ю.; ст. преподаватель, к.ф.-м.н. Волкова Е.В.; ассистент Забавичев И.Ю.,

из них 6 докторов наук, 4 кандидата наук.

Результаты голосования:

«за» - 11 чел.,

«против» - 0 чел.,

«воздержалось» - 0 чел.

Протокол № 7 от 22.04.2022 г.



Матросов Валерий Владимирович
председатель заседания, доктор физико-математических наук,
профессор, декан радиофизического факультета
ННГУ им. Н.И. Лобачевского

