

Проректор по научной работе и цифровому развитию  
ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского»  
Алексей Александрович Короновский

УТВЕРЖДАЮ:

«21» июня 2024 г.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования «Саратовский национальный исследовательский  
государственный университет имени Н.Г. Чернышевского»

по диссертации **Григорьевой Наталии Вадимовны** «Особенности синхронизации и подавления паразитных колебаний в гиротроне при воздействии внешнего гармонического сигнала» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.4. – Радиофизика, выполненной на кафедре динамических систем на базе СФИРЭ им. В.А. Котельникова РАН ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского».

Тема диссертационной работы утверждена приказом ректора СГУ № 212-Д от 28 декабря 2020 г. и переутверждена приказом ректора СГУ № 207-Д от 07 ноября 2023 г.

В 2020 г. **Григорьева Наталия Вадимовна** окончила с отличием Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского» по направлению подготовки 03.04.01 «Прикладная математика и физика» с присвоением квалификации «Магистр».

В период подготовки диссертации соискатель обучается в аспирантуре ФГБОУ ВО «СГУ имени Н. Г. Чернышевского» с 1 октября 2020 г по настоящее время по группе научных специальностей 1.3. Физические науки.

Справка о сданных кандидатских экзаменах № 10-2024 от 16 мая 2024 г. выдана федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского».

Научный руководитель – Рыскин Никита Михайлович, доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник Саратовского филиала ФГБУН ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН, заведующий кафедрой динамических систем на базе СФИРЭ им. В.А. Котельникова РАН ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского», утвержденный приказом ректора № 212-Д от 28 декабря 2020 г., представил положительный отзыв о диссертации и соискателе.

Научную экспертизу диссертация проходила на расширенном заседании кафедры динамических систем на базе СФирЭ им. В.А. Котельникова РАН Института физики ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского» с приглашением специалистов по профилю диссертации из других структурных подразделений ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского».

На заседании присутствовали:

1. Рыскин Никита Михайлович, д.ф.-м.н., профессор, заведующий кафедрой динамических систем на базе СФирЭ РАН;
2. Исаева Ольга Борисовна, к.ф.-м.н., доцент, доцент кафедры динамических систем на базе СФирЭ РАН;
3. Тюрюкина Людмила Владимировна, к.ф.-м.н., доцент, доцент кафедры динамических систем на базе СФирЭ РАН;
4. Стрелкова Галина Ивановна, д.ф.-м.н., доцент, заведующая кафедрой радиофизики и нелинейной динамики СГУ;
5. Вадивасова Татьяна Евгеньевна, д.ф.-м.н., профессор, профессор кафедры радиофизики и нелинейной динамики СГУ;
6. Шабунин Алексей Владимирович, д.ф.-м.н., доцент, профессор кафедры радиофизики и нелинейной динамики СГУ;
7. Давидович Михаил Владимирович, д.ф.-м.н., профессор, профессор кафедры радиотехники и электродинамики СГУ;
8. Бегинин Евгений Николаевич, к.ф.-м.н., доцент, заведующий кафедрой нелинейной физики СГУ;
9. Каретникова Татьяна Андреевна, к.ф.-м.н., доцент кафедры нелинейной физики СГУ;
10. Рожнёв Андрей Георгиевич, к.ф.-м.н., доцент кафедры нелинейной физики СГУ;
11. Гришин Сергей Валерьевич, к.ф.-м.н., доцент, заведующий кафедрой электроники, колебаний и волн СГУ;
12. Титов Владимир Николаевич, к.ф.-м.н., доцент кафедры электроники, колебаний и волн института физики СГУ;
13. Титов Алексей Владимирович, к.ф.-м.н., доцент кафедры электроники, колебаний и волн института физики СГУ;
14. Савин Алексей Владимирович, к.ф.-м.н., доцент, заведующий кафедрой современных методик преподавания физики на базе МОУ «Лицей прикладных наук имени Д.И. Трубецкова»;
15. Адилова Асель Булатовна, к.ф.-м.н., доцент кафедры физики открытых систем СГУ;
16. Савин Дмитрий Владимирович, к.ф.-м.н., доцент кафедры физики открытых систем СГУ;
17. Слепченков Михаил Михайлович, к.ф.-м.н., доцент, доцент кафедры радиотехники и электродинамики СГУ;
18. Рыбалова Елена Владиславовна, к.ф.-м.н., старший преподаватель кафедры радиофизики и нелинейной динамики СГУ;

19. Плотникова Анастасия Дмитриевна, к.ф.-м.н., инженер ООО «АЙФЭЛЛ».

Докладчику были заданы вопросы от Бегинина Е.Н., Давидовича М.В., Шабунина А.В., Стрелковой Г.И., Гришина С.В., Тюрюкиной Л.В.

Рецензенты диссертации:

Шабунин Алексей Владимирович, доктор физико-математических наук, доцент, профессор кафедры радиофизики и нелинейной динамики института физики ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского» представил положительный отзыв.

Тюрюкина Людмила Владимировна, кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры динамических систем на базе СФИРЭ РАН института физики ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского» представила положительный отзыв.

По итогам обсуждения диссертации принято следующее заключение:

### Заключение

по диссертации Григорьевой Наталии Вадимовны «Особенности синхронизации и подавления паразитных колебаний в гиротроне при воздействии внешнего гармонического сигнала» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.4. – Радиофизика.

Диссертация Григорьевой Н.В. посвящена исследованию особенностей синхронизации и подавления паразитных мод в гиротроне в режиме жесткого возбуждения под воздействием внешнего гармонического сигнала. Также в диссертации построена детальная бифуркационная картина синхронизации модели гиротрона, известная методика анализа устойчивости рабочей моды адаптирована на случай внешнего воздействия, выявлены возможности подавления паразитных колебаний паразитных мод в процессе установления колебаний при выбросе импульса на фронте напряжения.

**Научная новизна работы** заключается в следующем:

Автором развита упрощенная одномодовая модель гиротрона с фиксированной структурой ВЧ поля под воздействием внешнего сигнала, в которой функция электронной восприимчивости, выражена как функция амплитуды поля и расстройки циклотронного резонанса. Данная модель позволяет получить основные результаты аналитически, не прибегая к численному решению уравнений, описывающих динамику системы. В результате была построена детальная картина синхронизации внешним гармоническим сигналом для гиротрона в режиме жесткого возбуждения.

Методика анализа автомодуляционной неустойчивости в гиротроне адаптирована на случай гиротрона, под воздействием внешнего сигнала. На ее основе впервые проведен теоретический анализ структуры области

синхронизации рабочей моды многомодового гиротрона с эквидистантным спектром мод. Найдены условия подавления паразитных мод внешним сигналом.

На примере мощного гиротрона диапазона 250 ГГц с рабочей модой  $TE_{19,8}$  продемонстрирована возможность использования внешнего сигнала для подавления паразитных мод, возбуждающихся на фронте импульса при скачке ускоряющего напряжения.

**Достоверность** полученных результатов работы подтверждается использованием хорошо апробированных аналитических и численных методов, соответствием результатов бифуркационного анализа и численного моделирования.

**Научно-практическая значимость** работы состоит в том, что результаты диссертации развивают и дополняют теоретические представления об особенностях динамики гиротронов и других автоколебательных систем с жестким возбуждением под воздействием внешнего сигнала. Результаты диссертации могут быть использованы для улучшения ряда характеристик (повышение стабильности частоты, подавление паразитных колебаний, повышение мощности и КПД генерации) гиротронов, которые находят широкое практическое применение.

**Личный вклад соискателя.** Все основные результаты, включенные в диссертацию, получены лично соискателем. Соискателем выполнен теоретический анализ исследуемых математических моделей, бифуркационный анализ режимов синхронизации, разработаны программы компьютерного моделирования, проведены численные эксперименты. Постановка задачи, обсуждение и интерпретация результатов осуществлялись совместно с научным руководителем, а также с соавторами опубликованных работ.

**Апробация работы.** По результатам диссертационной работы было сделано 26 докладов на международных и всероссийских научных конференциях: 24th International Vacuum Electronics Conference (IVEC 2023), Chengdu, China, 2023; 14th UK, Europe, China Millimeter Waves and Terahertz Technology Workshop (UCMMT 2021), Lancaster University, UK, 2021; 4th International Conference Terahertz and Microwave Radiation: Generation, Detection and Applications (TERA 2020), Томск, 2020; 5th International Conference Terahertz and Microwave Radiation: Generation, Detection and Applications (TERA 2023), Москва, 2023; XXIV–XXVII Международные школы для студентов и молодых ученых по оптике, лазерной физике и биофизике Saratov Fall Meeting. International Symposium “Optics and Biophotonics”, Саратов, 2020-2023; XIII–XVII Всероссийские конференции молодых ученых «Наноэлектроника, нанофотоника и нелинейная физика», Саратов, 2018-2023; Международная научно-техническая конференция «Актуальные проблемы электронного приборостроения» (АПЭП), Саратов, 2018; Школы-конференции «Нелинейные дни в Саратове для молодых», Саратов, 2018-2021; Школы для молодых ученых «Актуальные проблемы

мощной вакуумной электроники СВЧ: источники и приложения», Нижний Новгород, 2019, 2023; XII Международная школа-конференция «Хаотические автоколебания и образование структур», Саратов, 2019 г.; XIX и XX научные школы «Нелинейные волны», Нижний Новгород, 2020 г., 2022 г.; XII Всероссийский семинар по радиофизике миллиметровых и субмиллиметровых волн, Нижний Новгород, 2022 г.; XX Всероссийская конференция «Диагностика высокотемпературной плазмы», Сочи, 2023.

**Публикации.** По теме диссертации опубликовано 25 работ, из которых 6 статей в реферируемых научных журналах, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России для опубликования основных научных результатов диссертации на соискание ученой степени доктора и кандидата наук или индексируемых в реферативных базах данных и системах цитирования Web of Science и/или Scopus:

1. **Григорьева Н.В.** Исследование синхронизации гиротрона внешним гармоническим сигналом на основе модифицированной квазилинейной теории // Изв. вузов. Прикладная нелинейная динамика. 2021. Т. 29, № 6. С. 905-914.
2. **Григорьева Н.В.**, Рыскин Н.М., Денисов Г.Г., Новожилова Ю.В., Глявин М.Ю., Бакунин В.Л. Динамика многомодовых процессов на фронте импульса ускоряющего напряжения в гиротроне при воздействии внешнего сигнала // Изв. вузов. Радиофизика. 2020. Т. 63. № 5-6. С. 422-433.
3. **Григорьева Н.В.**, Рыскин Н.М. Исследование синхронизации гиротрона в режиме жёсткого возбуждения на основе модифицированной квазилинейной модели // Изв. вузов. Радиофизика. 2022. Т. 65, № 5. С. 406–419.
4. Адилова А.Б., **Григорьева Н.В.**, Рожнев А.Г., Рыскин Н.М. Теоретический анализ устойчивости одномодового режима генерации в гиротроне // Изв. вузов. Радиофизика. 2023. Т. 66, № 2. С. 161–175.
5. **Григорьева Н.В.**, Рожнев А.Г., Рыскин Н.М. Теоретический анализ синхронизации гиротрона внешним гармоническим сигналом // ЖТФ. 2024. Т. 94, № 3. С. 507-514.
6. Адилова А.Б., **Преображенская (Григорьева) Н.В.**, Рыскин Н.М. К теории синхронизации двухмодового электронного мазера с жестким возбуждением // Изв. Сарат. ун-та. Нов. сер. Сер. Физика. 2019. Т. 19, № 1. С. 19–27.

**Общая оценка диссертации.** Диссертация Григорьевой Наталии Вадимовны «Особенности синхронизации и подавления паразитных колебаний в гиротроне при воздействии внешнего гармонического сигнала» представляет собой целостное, законченное исследование, заключающее в решении задачи современной радиофизики о выявлении фундаментальных особенностей синхронизации и подавления паразитных колебаний в гиротроне под воздействием внешнего сигнала при помощи методов теории колебаний и нелинейной динамики. Материалы диссертации полностью отражены в научных работах, опубликованных автором. Текст диссертации не содержит заимствованного материала без ссылок на авторов, а также

