

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 002.069.02 НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО НАУЧНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК» ПО
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 30.09.2019 № 93

О присуждении Ошарину Ивану Владимировичу, гражданину РФ,

ученой степени кандидата физико-математических наук

Диссертация «Селективное возбуждение высоких циклотронных гармоник и высоких продольных мод в гироприборах терагерцового частотного диапазона» по специальности 01.04.03 – радиофизика принята к защите 30 мая 2019 г., протокол № 86, диссертационным советом Д 002.069.02 на базе Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики Российской академии наук» (ИПФ РАН), 603950, Нижний Новгород, ул. Ульянова, 46, приказ ФАНО №334 от 30.06.2015.

Соискатель, Ошарин Иван Владимирович 1990 года рождения, в 2014 году окончил ННГУ им. Н.И. Лобачевского, работает младшим научным сотрудником в ИПФ РАН. Диссертация выполнена в отделе высокочастотной релятивистской электроники ИПФ РАН. Научный руководитель – доктор физико-математических наук Савилов Андрей Владимирович, заведующий лабораторией коротковолновых СВЧ генераторов.

Официальные оппоненты: Лукша Олег Игоревич, доктор физико-математических наук, профессор, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»; Куркин Семен Андреевич, доктор физико-математических наук, доцент, Центр технологий компонентов робототехники и мехатроники, Университет Иннополис, дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова» (г. Москва), в своем положительном заключении, подписанном заведующим лабораторией математических методов радиофизики, членом-корреспондентом РАН, д.ф.-м.н., профессором Черепениным Владимиром Алексеевичем и утвержденном и.о. директора ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН к.ф.-м.н. Корниенко Владимиром Николаевичем указала, что диссертация И.В. Ошарина является законченной научно-квалификационной работой, в которой предложено

возможное решение важной задачи улучшения селективности возбуждения пространственно развитых поперечных мод на высоких циклотронных гармониках в гиротронах терагерцового диапазона, а ее автор заслуживает присуждения искомой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.03 – радиофизика.

Соискатель имеет 35 публикаций по теме диссертации, из них 15 статей в рецензируемых научных изданиях, 20 публикаций в сборниках тезисов и трудов всероссийских и международных конференций. Наиболее значимыми работами являются:

1. *Bandurkin I.V., Kalynov Yu.K., Osharin I.V., Savilov A.V.* Gyrotron with a sectioned cavity based on excitation of a far-from-cutoff operating mode // *Physics of Plasmas*, 23, 013113 (2016).
2. *Kalynov Yu. K., Osharin I.V., Savilov A.V.* A method for suppression of spurious fundamental-harmonic waves in gyrotrons operating at the second cyclotron harmonic // *Physics of Plasmas* 23, 053116 (2016).
3. *Kalynov Yu.K., Osharin I.V., Savilov A.V.* Stability of excitation of travelling waves in gyrotrons with low-relativistic electron beams // *IEEE Transactions on Electron Devices*, vol. 64, no. 11 (2017).
4. *Glyavin M.Yu., Osharin I.V., Savilov A.V.* To the feasibility of a pulsed gyrotron with a peak rf power exceeding the power of the operating electron beam // *Applied Physics Letters*, 111, 073504 (2017).

На диссертацию и автореферат поступило 7 отзывов. Все отзывы положительные. В них отмечают актуальность диссертации, научная новизна и практическая значимость полученных результатов.

В положительном отзыве ведущей организации сделаны следующие замечания:

- 1) Неясно, почему уровень выходной мощности и длина фронта нарастания мощности, полученные при моделировании «гиротрино» с помощью PIC-кода и усредненных уравнений, различаются почти в два раза. Возникают вопросы: какой же метод более корректен, что существенное не учтено в схемах, разработанных автором? 2) Недостаточно подробно изложены вопросы устойчивости рассматриваемых механизмов генерации по отношению к реальным факторам эксперимента с квазирегулярными резонаторами – разбросу скоростей электронов и точности изготовления фазовых корректоров. Положительный отзыв официального оппонента д.ф.-м.н. С.А. Куркина содержит следующие замечания: 1) В работе не всегда достаточно четко указаны предположения и допущения, которые ложатся в основу рассматриваемых в диссертации математических моделей; 2) из диссертационной работы не всегда понятно, из каких соображений выбирается число фазовых корректоров в модификациях гиротронов; 3) нежелательно использовать слово «относительно» при формулировании результатов, например, во фразе «гиротроны с относительно низкими

ускоряющими напряжениями», нужно корректнее указывать диапазоны, когда это возможно; 4) диссертационную работу украсило бы более строгое сопоставление полученных результатов с экспериментальными данными в случае, когда это возможно; имеются также замечания редакционного характера.

Положительный отзыв официального оппонента д.ф.-м.н. О.И. Лукши содержит замечания: 1) остались нерассмотренными вопросы практической реализации предложенных схем, в частности, будет ли влиять на работоспособность резонаторов с фазовыми корректорами изменение их геометрии вследствие нагрева стенок скин-токами при допустимой точности изготовления 10 мкм); насколько возможно реализовать режим работы гиротрона с большой орбитой при питч-факторе 1,7 и существующем скоростном разбросе без отражения электронов от магнитной пробки; возможна ли трансформация мод на введенных неоднородностях в резонаторе; может ли повлиять электромагнитное поле на качество формируемого ВЭП при выводе мощности из резонатора в сторону катода; может ли быть равен нулю поперечный импульс электронов, эмитированных с участка катода МИП, расположенного не на оси; возможно ли в реальных условиях "отключить" электронный импульс за 1 нс; 2) Для подтверждения результатов моделирования автор приводит данные, полученные в экспериментах без ссылок на литературные источники. Возникает вопрос о роли автора в проведении этих экспериментов; 3) В отдельных случаях отмечается заметная разница между данными, полученными с помощью РС кодов, с данными моделирования на основе усредненных уравнений. Можно ли утверждать, что в других случаях эта разница незначительна и что расчеты с помощью универсальных РС кодов не повлияют на основные выводы работы? Отмечены также редакционные недостатки в представлении материала диссертации.

В положительном отзыве на автореферат д.т.н., академика РАН М.И. Яландина (Институт электрофизики УрО РАН, г. Екатеринбург) содержатся следующие замечания: в разделе о научной новизне было бы желательно видеть определение диапазона «низких ускоряющих напряжений», а также более конкретную информацию о параметрах разработанных и рассчитанных экспериментальных макетов терагерцовых гиротронов. В положительном отзыве на автореферат д.ф.-м.н. В.В. Ростова и к.ф.-м.н. Е.М. Тотьменинова (ИСЭ СО РАН, г. Томск) содержатся, наряду с редакционными, следующие замечания: 1) в автореферате необходимо было бы более подробно описать метод подавления низкочастотных паразитных колебаний в гиротронах с двумя электронными пучками; 2) у представленных в тексте экспериментально измеренных параметров отсутствуют погрешности измерения. В положительном отзыве на автореферат д.ф.-м.н. Н.М. Рыскина и М.М. Мельниковой (Саратовский филиал ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН) в качестве замечания указано, что в названии диссертации следовало бы

заменить «гиросприборы» на «гиротроны». В положительном отзыве на автореферат д.ф.-м.н. А.В. Аржанникова (ИЯФ СО РАН, г. Новосибирск) замечаний нет.

На все вопросы и замечания, содержащиеся в отзывах, И.В.Ошариным были даны удовлетворительные ответы и комментарии.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обоснован тем, что оппоненты являются признанными высококвалифицированными специалистами в области радиопизики и микроволновой электроники, а одним из направлений работ ведущей организации является исследование нелинейных процессов в различных электронных приборах.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- предложен способ возбуждения высоких продольных мод в гиротронном режиме, основанный на использовании резонаторов с периодическими фазовыми корректорами;
- предложены новые схемы гиротронных резонаторов с короткими селектирующими элементами, использование которых улучшает селективность возбуждения пространственно развитых поперечных мод на высоких циклотронных гармониках;
- теоретически и экспериментально продемонстрирована возможность работы гиротрона при очень низких для этих приборов напряжениях 1,5-2 кВ с приемлемыми уровнями КПД и выходной мощности;
- для гиротронов с низкими ускоряющими напряжениями рабочих электронных пучков продемонстрирована возможность достижения устойчивой генерации с повышенным уровнем эффективности при возбуждении высоких продольных мод в режиме взаимодействия электронов с попутной бегущей компонентой стоячей резонаторной волны;
- показано, что в низковольтных гиротронах с выводом излучения в сторону катодного конца возможна эффективная и плавная перестройка частоты генерации за счет перехода к работе на высоких продольных модах в режиме лампы обратной волны;
- предложено использование сложных режимов возбуждения гиротронов, характеризующихся сменой генерируемой моды в течение переходного процесса, для обеспечения компрессии двухчастотного выходного сигнала. Показано, что пиковая мощность СВЧ импульсов, формирующихся в результате такой компрессии, может быть на уровне мощности рабочего электронного пучка гиротрона или даже превышать ее.
- предложен и исследован режим работы гиротрона на высокой циклотронной гармонике, в котором эффективный вывод излучения осуществляется далекой от

отсечки бегущей волной за счет связи этой волны на электронном пучке с рабочей квазикритической волной гиротрона.

Практическая значимость работы обусловлена ее направленностью на создание субтерагерцовых и терагерцовых гиротронов с относительно высокими уровнями мощности, включая гиротроны, работающие на высоких гармониках циклотронной частоты.

Достоверность результатов исследования обоснована тем, что в процессе теоретических исследований и разработки численных кодов были использованы известные, проверенные ранее подходы и методы. Часть полученных автором результатов подтверждается расчетами, выполненными на основе коммерческих программ, а также опубликованными в открытой печати экспериментальными результатами. Результаты диссертации опубликованы в ведущих рецензируемых российских и зарубежных научных журналах, докладывались на международных и всероссийских конференциях.

Личный вклад соискателя состоит в аналитическом исследовании электронно-волнового взаимодействия в гиротронных резонаторах различных конфигураций, построении теоретических моделей гиротронов со сложными электродинамическими системами, численном моделировании процессов электронно-волнового взаимодействия. На основе оригинальных численных кодов, написанных автором, был разработан ряд экспериментальных макетов терагерцовых гиротронов со сложными микроволновыми системами. Постановка задач, обсуждение и интерпретация результатов проводилась совместно с научным руководителем и соавторами.

На заседании от 30.09.2019 г. диссертационный совет принял решение присудить Ошарину И.В. ученую степень кандидата физико-математических наук. При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 23 человек, из них 11 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 31 человека, входящих в состав совета, проголосовали: за – 22, против – 0, недействительных бюллетеней – 1.

Заместитель председателя диссертационного совета
член-корреспондент РАН



Г.Г. Денисов

Ученый секретарь диссертационного совета
доктор физ.-мат. наук

Э.Б. Абубакиров

«30» сентября 2019 г.