



Федеральное государственное
бюджетное учреждение науки
ИНСТИТУТ ЭЛЕКТРОФИЗИКИ
Уральского отделения
Российской академии наук
(ИЭФ УрО РАН)

Амундсена ул., д.106, г.Екатеринбург, 620016
Тел. (343) 267-87-96 Факс (343) 267-87-94

ОКПО 04839716 ОГРН 1026604936929

ИНН/КПП 6660007557/667101001

05.09 2018 г. № 16346-1256-266

на № _____ от _____
[Отзыв ведущей организации]

Утверждаю
директор ИЭФ УрО РАН
д.ф.-м.н.
Чайковский С. А.



5 сентября 2018 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу Розенталя Романа Марковича «Теоретическое и экспериментальное исследование автомодуляционных режимов генерации в приборах гирорезонансного типа», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.03 – Радиофизика

Диссертационная работа Розенталя Романа Марковича посвящена вопросам генерации мощного широкополосного излучения миллиметрового диапазона длин волн на основе приборов гирорезонансного типа – генераторов (гиротронов, гиро-ЛОВ) и усилителей (гиро-клистронов и гиро-ЛБВ с винтовой гофрировкой). В Программе фундаментальных исследований государственных академий наук РФ на 2013-2020 гг. указанные задачи выделены в пункте №13 «Фундаментальные проблемы физической электроники, в том числе разработка методов генерации, приема и преобразования электромагнитных волн с помощью твердотельных и вакуумных устройств, акустоэлектроника, релятивистская электроника больших мощностей, физика мощных пучков заряженных частиц», что обуславливает актуальность диссертационной работы. Основными задачами работы являлись, с одной стороны, уточнение теоретических моделей, описывающих электронно-волновое взаимодействие в гироприборах, а с другой – развитие на этой основе методов генерации многочастотного излучения с высоким КПД и управляемыми спектральными характеристиками. Автором получен ряд новых результатов и, в целом, защищаемые Розенталем Р.М. положения доказаны и раскрыты в диссертационной работе. Автореферат в сжатой форме достаточно полно отражает содержание диссертации.

Диссертация состоит из введения, трех глав и двух приложений, а также заключения, в котором сформулированы основные результаты работы. Во введении обоснованы актуальность темы диссертации, кратко изложены цели и задачи, личный вклад автора, положения, выносимые на защиту, а также научная новизна и практическая значимость работы.

В Главе 1 выполнены теоретические и экспериментальные исследования сложной динамики гиротронов и гиро-ЛОВ, возникающей при введении внешних запаздывающих отражений. Проведенный теоретический анализ спектра собственных мод электродинамической системы гиротрона с учетом отражений от диафрагмы, установленной в выходном волноводном тракте, показал, что в определенной области параметров добротности соседних продольных мод системы сближаются. В результате создаются условия для одновременного возбуждения указанных мод, что приводит к реализации режимов периодической автомодуляции. Важным выводом является заключение о возможности управления частотой автомодуляции в таких условиях за счет изменения положения отражателя. Выводы теории подтверждены экспериментальными исследованиями релятивистского гиротрона диапазона 30 ГГц с высоким уровнем мощности в сотни киловатт, что открывает перспективы для разработки приборов с управляемым спектром. При этом разработанный метод управления частотой автомодуляции является достаточно универсальным и может быть использован, например, для черенковских ЛОВ с отражениями, что проанализировано в Приложении 1.

Важным результатом первой главы является также экспериментальное наблюдение хаотических режимов генерации в гиротронах с внешними отражениями. Несмотря на то, что в теории хорошо известна возможность снижения бифуркационных значений токов при введении запаздывающих отражений, проведенные эксперименты позволили впервые получить такие режимы с мегаваттным уровнем мощности, что является рекордным значением для приборов с термоэмиссионными катодами.

Целью второй главы диссертации является теоретический анализ возможности существенного расширения полосы шумоподобного излучения в гиротронах в условиях большого превышения рабочего тока над стартовым значением (большой надкритичности). Следует отметить, что, несмотря на практическую направленность, выполненные работы представляют несомненный интерес также с точки зрения развития теоретического описания процессов взаимодействия в гиротронах. Принятый во внимание дополнительный член в уравнениях движения, ответственный за конечность времени пролета электронов через пространство взаимодействия, позволил описать ряд новых режимов, в том числе – генерацию гигантских ультракоротких импульсов, которые можно

интерпретировать как аналог так называемых «волн-убийц». При этом дополнительно учет изменения продольного импульса на фронте таких импульсов (несущественный для обычно рассматриваемых стационарных режимов генерации) позволил зафиксировать режимы с пиковой мощностью, превышающей мощность электронного потока (коэффициент конверсии больше 1). Полученный теоретический результат, безусловно, является новым для физики гиротронов.

Третья глава посвящена исследованию генерации многочастотного излучения миллиметрового диапазона на основе гиросилителей – гироклистронов и гирос-ЛБВ с рабочим пространством в виде волновода с винтовой многозаходной гофрировкой. Здесь, также как и во второй главе, развиваются новые подходы к описанию электронно-волнового взаимодействия на основе нестационарных самосогласованных моделей. При этом, например, для гироклистронов предложенные в диссертации модели позволяют более адекватно описать исследуемые режимы развитого хаоса, которые как показано в диссертации, характеризуются существенными изменениями продольной структуры высокочастотных полей с течением времени.

Наиболее интересные результаты второй части Главы 3 связаны с исследованием перспективных каскадных схем на основе двух связанных гирос-ЛБВ с винтовой гофрировкой. В настоящее время такие гирос-ЛБВ в миллиметровом диапазоне обеспечивают рекордную ширину полосы усиления порядка 10%, что делает их привлекательными также для целей усиления и генерации многочастотного излучения. В рассматриваемой каскадной схеме одна такая гирос-ЛБВ играет роль усилителя, тогда как вторая – роль нелинейного элемента. За счет этого происходит размывание спектра собственных мод и существенное повышение однородности генерации. В диссертации указано, что в целом такая схема аналогична так называемому «шумотрону» - генератору на основе связанных черенковских ЛБВ. В то же время использование винтовых гирос-ЛБВ должно обеспечить продвижение этих приборов в миллиметровый и субмиллиметровый диапазоны, что затруднительно на основе приборов черенковского типа. Отметим также, что интересным результатом 3 главы, вынесенным в Приложение 2, является построение теории черенковских шумотронов на основе нестационарного подхода.

По материалам диссертационной работы имеется ряд замечаний и вопросов. В частности:

1. Одной из целей диссертация является анализ возможности управления спектром выходного излучения в периодических и хаотических режимах генерации. При этом, если вопросу управления частотой периодической автомодуляции посвящена значительная

часть первой главы, то результаты по управлению параметрами хаотической автомодуляцией практически не представлены. Кроме того, сделанные автором выводы о возможности управления частотой автомодуляции в гиротронах за счет изменения положения отражателя не содержат в себе численных оценок пределов такой регулировки.

2. В Главе 2 выполнено PIC-моделирование широкополосных хаотических режимов генерации применительно к конкретному экспериментальному стенду. Вместе с тем, моделирование "волн-убийц" на основе усредненной модели в той же главе проведено для некоторых "условно достижимых" параметров гиротрона. В связи с этим возникает очевидный вопрос о перспективе получения "волн-убийц" на базе существующих экспериментальных стендов.

3. В Главе 2 рассматриваются только слаборелятивистские гиротроны, что, соответственно, определяет относительно низкую мощность генерируемых импульсов (в частности, в сравнении с источниками на основе эффектов сверхизлучения, где коэффициент конверсии также может превышать единицу). Естественным путем повышения мощности "волн-убийц" представляется увеличение энергии и тока электронного пучка. Какие физические и/или конструктивные ограничения могут возникнуть при попытке использования сильноточных релятивистских электронных пучков в этих целях?

4. Известно, что на работу гироклистрона в стационарном режиме существенное влияние оказывает начальный разброс электронов по поперечным скоростям. Вместе с тем в третьей главе диссертации рассматривается нестационарная модель без учета данного фактора.

Отмеченные замечания не влияют на общее положительное впечатление о диссертационной работе. В целом диссертация Розенталя Романа Маркович является законченной научно-квалификационной работой, в которой решены важные задачи генерации мощного широкополосного излучения миллиметрового диапазона длин волн на основе приборов гирорезонансного типа с высоким КПД и возможностью управления спектральными характеристиками. Полученные результаты, безусловно, имеют важное фундаментальное и прикладное значение и могут быть использованы для дальнейших исследований в ряде академических и других профильных организаций, в том числе, занимающихся практическими разработками.

Розенталь Роман Маркович является сложившимся специалистом в области радиофизики и высокочастотной электроники, квалификация которого не вызывает сомнений. Основные результаты его работы опубликованы в профильных реферируемых научных журналах с высоким импакт-фактором, а также неоднократно докладывались на российских и международных конференциях. Применяемые методы исследований, в том числе, экспериментальные, свидетельствуют о достоверности полученных результатов.

В целом диссертационная работа Розенталя Романа Марковича «Теоретическое и экспериментальное исследование автомодуляционных режимов генерации в приборах гирорезонансного типа» удовлетворяет требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.03 – радиофизика.

Работа заслушана и обсуждалась на расширенном семинаре лаборатории электронных ускорителей ИЭФ УрО РАН 5 сентября 2018 года (протокол №9)

Отзыв подготовил главный научный сотрудник
лаборатории электронных ускорителей
Института электрофизики УрО РАН
д.т.н., академик РАН

М. И. Яландин

Подпись главного научного сотрудника
М. И. Яландина заверяю:
Ученый секретарь ИЭФ УрО РАН
к.ф.-м.н.



Е. Е. Кокорина

Адрес:
Федеральной государственной бюджетное учреждение науки
Институт электрофизики Уральского отделения Российской академии наук
620016, Екатеринбург, ул. Амундсена, 106
Телефон: (343) 267-87-96
Факс: (343)267-87-94
E-mail: admin@iep.uran.ru