

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Михаила Дмитриевича Проявина «Увеличение эффективности гиротронных комплексов для микроволновых технологий», представленную к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.4 – Радиофизика.

Современные гиротроны обеспечивают высокий уровень излучения в миллиметровом диапазоне длин волн и весьма привлекательны для реализации целого ряда востребованных на практике технологий. Уже в течение длительного времени ведутся исследования, нацеленные на повышение мощности и эффективности, а также на улучшение эксплуатационных характеристик технологических гиротронов. Однако до сих пор возможности их совершенствования далеко не исчерпаны. Препятствует успешному решению указанных проблем недостаток информации о сложных закономерностях физических процессов в активной среде этих приборов, - в распространяющихся в неоднородных электрических и магнитных полях винтовых электронных потоках (ВЭП). Основное внимание в диссертации уделено разработке и усовершенствованию технологических гиротронов с магнитно-экранированными системами (МЭС). Выполненное М.Д. Проявиным исследование позволило выявить эффективные методы управления работой технологических гиротронов с МЭС с помощью регулируемых неоднородностей электрического и магнитного полей в области формирования и транспортировки ВЭП. В результате были разработаны и созданы технологические гиротроны с существенно улучшенными характеристиками. **Актуальность выполненной М.Д. Проявиным работы не вызывает сомнения.**

Для успешного решения поставленных в диссертации задач по совершенствованию технологических гиротронов был выполнен большой объем экспериментальных исследований и численных расчетов, проведено изучение функционирования и взаимного влияния основных элементов гиротрона различной конфигурации, разработаны и экспериментально испытаны разные конструкторские решения. Выполнение такой комплексной работы позволило автору диссертации получить ряд новых и чрезвычайно важных результатов.

**Среди наиболее существенных и новых заслуживают внимания следующие результаты диссертации:**

1. Выявлена возможность значительного (ориентировочно в 1.3 раза) увеличения эффективности генерации гиротрона в результате оптимизации профиля магнитного поля в области резонатора.
2. Разработана и испытана МЭС, позволяющая приблизительно до 3–4 раз снизить энергопотребление "теплого" соленоида при той же интенсивности и протяженности магнитного поля в области электронно-волнового

взаимодействия и таким образом существенно увеличить полный КПД гиротронного комплекса.

3. Продемонстрирована возможность использования бомбардировки катода отраженными от магнитной пробки электронами для уменьшения его накала и повышения в связи с этим срока службы гиротрона.

4. Продемонстрирована возможность создания ЭОС гиротронов с повышенной шириной эмитирующего пояса, но при сохранении скоростного и позиционного разброса электронов в ВЭП, поступающем в резонатор.

5. Разработан технологический гиротрон нового поколения, способный осуществлять эффективную (~35% без рекуперации энергии) генерацию излучения мощностью до 25 кВт на частотах 28, 35, 45 ГГц на основном циклотронном резонансе и 95 ГГц на второй гармонике гирочастоты.

Уже перечисленные результаты свидетельствуют о высоком качестве выполненной диссертантом работы. **Защищаемые положения и основные выводы**, сформулированные в диссертации, **достаточно обоснованы. Их достоверность и новизна не вызывают сомнения.**

Полученные в диссертации М.Д. Проявина данные используются и могут быть использованы в дальнейшем для создания эффективных и достаточно мощных источников излучения миллиметрового диапазона длин волн в современных технологических комплексах. Однако, только этим не исчерпывается **практическая значимость диссертации**. Проведенные исследования и выработанные в диссертации рекомендации представляют практический интерес и потому, что могут быть использованы при разработке и создании эффективных генераторов миллиметрового и субмиллиметрового диапазона, необходимых также и в других приложениях.

Диссертационная работа М.Д. Проявина, как и всякое большое по объему научное исследование, не лишена, с моей точки зрения, недостатков. По диссертации можно сделать следующие **замечания**:

1. При решении некоторых сформулированных в диссертации задач М.Д.

Проявин опирается на выполненные ранее исследования других авторов, но, к сожалению, из текста диссертации не всегда можно однозначно понять, в чем состоит новизна предложенных им решений. Было бы хорошо, например, пояснить, исследовалась ли ранее перестройка частоты в гиротроне с помощью неоднородных на длине резонатора магнитных полей.

2. В параграфе 2.3 диссертации изучаются возможности увеличения долговечности катода магнетронно-инжекторной пушки (МИП) в условиях, когда его подогрев частично осуществляется за счет бомбардировки отраженными от магнитной пробки электронами. В расчетах проведена оптимизация геометрии электродов МИП, при которой по мнению диссертанта могут быть сохранены на приемлемом уровне пич-фактор и разброс скоростей электронов в потоке. Возможность увеличения долговечности подогревателя при понижении его накала кажется очевидной, а вот надежность выводов, полученных в расчете, требует, как мне кажется, дополнительного пояснения. Непонятно, в частности, насколько сильно могут повлиять на результат расчетов реально существующие неоднородности потока бомбардирующих катод

электронов. Требуется пояснения также влияние колебаний пространственного заряда, которые могут развиваться при взаимодействии прямого и отраженного электронных потоков.

**Отмеченные недостатки** касаются, в основном, огрехов в описании некоторых данных, практически не затрагивают основных выводов и защищаемых положений и **не меняют в целом положительную оценку диссертации.**

**Основные результаты диссертации опубликованы** в ведущих рецензируемых научных журналах и неоднократно **обсуждались на представительных конференциях и симпозиумах.** Автореферат правильно и достаточно полно отражает основное содержание диссертации.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

Диссертация М.Д. Проявина является законченным научно-исследовательским трудом, выполненным на высоком научном уровне. В ней решена важная научная проблема: заложены основы создания мощных и эффективных гиротронов для технологических комплексов.

Диссертация полностью отвечает требованиям п.8 «Положения о присуждении ученых степеней», а ее автор, Михаил Дмитриевич Проявин обладает высокой научной квалификацией и заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.4 – Радиофизика.

Выражаю свое согласие на обработку моих персональных данных, связанных с защитой диссертации.

Докторская диссертация официального оппонента защищена по специальности 01.04.04 Физическая электроника.

Доктор физико-математических наук,  
профессор Высшей Инженерно-Физической Школы  
ФГАОУ ВО Санкт-Петербургский  
политехнический университет  
Петра Великого

Г.Г. Соминский

195251, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29.  
ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет  
Петра Великого»  
E-mail: office@spbstu.ru  
Тел.: +7 (812) 775-05-30

Подпись д. ф.-м. н. Соминского Геннадия Григорьевича заверяю



Соминский Г.Г.  
СТОБЕРЯЮ  
специалист  
Григорьевич  
20.4 г.