

ОТЗЫВ

официального оппонента

о диссертационной работе Седова Антона Сергеевича

«ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ЭЛЕКТРОННО-ВОЛНОВОГО
ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В ЦЕЛЯХ РАЗРАБОТКИ ВЫСОКОСТАБИЛЬНЫХ
ТЕРАГЕРЦОВЫХ ГИРОТРОНОВ СРЕДНЕЙ МОЩНОСТИ»

на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук
по специальности 01.04.03–радиофизика

Тема диссертация А.С. Седова представляется чрезвычайно актуальной для современной радиофизики и сверхвысокочастотной электроники, поскольку гиротроны средней мощности терагерцевого (ТГц) диапазона, работающие в непрерывном режиме, находят широкое применение в спектроскопии, в системах диагностики плазмы, в биомедицинских исследованиях и др. Для всех этих приложений обеспечение стабильности генерируемой мощности и частоты является задачей первостепенной важности. Также важно обеспечить перестройку частоты генерации в пределах 1 ТГц и выше. Именно этим вопросам в основном посвящена диссертация А.С. Седова.

Основное содержание диссертации изложено в четырех главах. В первой главе дан краткий обзор современного состояния исследований ТГц гиротронов, описана математическая модель, которая далее используется для проведения расчетов. Отмечу, что обзор составлен очень квалифицированно, автору удалось в полной мере продемонстрировать свою научную эрудицию. Здесь же приведено сопоставление результатов численного моделирования с экспериментом для ряда разработанных ранее гиротронов. Основным результатом является тестирование и уточнение расчетных моделей. Наиболее интересными представляются исследования вопросов, связанных с нарушением аксиальной симметрии системы.

Во второй главе рассматриваются различные вопросы улучшения характеристик ТГц гиротронов. На мой взгляд, наиболее интересные и оригинальные результаты касаются расширения возможностей перестройки частоты при сохранении высокого уровня мощности и улучшения селекции мод. В частности, обсуждается

интересная возможность в дополнение к изменению магнитного поля использовать вариацию температуры охлаждающей жидкости, что приводит к изменению радиуса волновода. Предложены и исследованы перспективные новые конструкции резонаторов: конусный резонатор, резонатор с обращенной электродинамической системой, резонатор с гофрированной стенкой. Большой интерес представляют и результаты проектирования гиротрона со скачком радиуса и трансформацией мод в диапазоне 2 ТГц.

Третья и четвертая главы содержат результаты теоретических и экспериментальных исследований гиротронов диапазона 0.26 ТГц на второй и основной гармониках гирочастоты соответственно. В результате были созданы высокостабильные непрерывные источники средней мощности, предназначенные для использования в ЯМР спектрометрах с динамической поляризацией ядер. Это несомненно значительное, важное с практической точки зрения достижение.

Основные выводы и положения представляются достоверными и обоснованными. Это подтверждается хорошим соответствием результатов теоретического анализа, численного моделирования, экспериментальных исследований. Используются хорошо апробированные численные модели, экспериментальные методики и оборудование.

Насколько можно судить из текста диссертации и автореферата, все основные результаты получены лично автором, личный вклад описан достаточно подробно. Необходимо отметить, что диссертант показал владение обширным арсеналом методов исследования, включая теоретический анализ, компьютерное моделирование, экспериментальные исследования. Это характеризует его как высококвалифицированного специалиста-радиофизика.

По тексту диссертации можно, однако, сделать ряд замечаний.

1) В главе 1 при моделировании параметры электронного пучка (скоростной разброс и питч-фактор) подбираются таким образом, чтобы значения КПД совпали с экспериментально наблюдаемыми (см., например, рис. 1.3). Однако не очевидно, что полученное решение задачи является единственным; по крайней мере, этот вопрос должным образом не обсуждается. Утверждается, что «расчетные значения питч-факторов близки к экспериментально полученным значениям ...», однако из рис. 1.3 этого не видно, т.к. на нем приведены экспериментальные значения мощ-

ности и КПД, а не питч-фактора. Неясно, каким образом эти результаты в дальнейшем использовались для проектирования гиротронов, описанных в последующих главах, что утверждается на стр. 56.

2) Не описаны должным образом многие важные детали численного моделирования: методика учета пространственного заряда, методика моделирования резонатора со скачком радиуса и гофрированного резонатора (насколько применима описанная в диссертации модель, соответствующая случаю плавно-неоднородного волновода?). То же можно сказать относительно результатов моделирования при помощи трехмерных программных пакетов (KARAT, CST). Это трудная задача, требующая высокой квалификации, однако процедура моделирования не обсуждается, просто приводятся результаты.

3) В формуле (2.14) по-видимому пропущено приближенное выражение для зависимости электронной восприимчивости от угла пролета. В результате затруднительно понять, что изображено на рис. 2.3.

4) Второе положение, выносимое на защиту, в определенной степени входит в противоречие с утверждением на стр. 90-91 («изготовление резонаторов с такой точностью на современном оборудовании представляется невозможным»).

5) На стр. 136 упоминается, что разработана автоматизированная система управления гиротронным комплексом. Однако никакой информации об этой системе не приводится. Если эта система была разработана соискателем, следовало бы описать ее более подробно, если нет — следовало бы указать, кем именно.

б) В тексте довольно много опечаток, встречаются отдельные стилистически неудачные фразы.

Разумеется, отмеченные недостатки не носят принципиальный характер и не снижают общий высокий уровень работы.

В целом можно заключить, что диссертация А.С. Седова представляет собой законченную научно-квалификационную работу, посвященную решению актуальной задачи радиофизики, которая заключается в разработке новых ТГц гиротронов с улучшенными характеристиками (повышенная стабильность частоты и мощности, расширение возможностей перестройки частоты). Основные научные результаты диссертации являются новыми и представляют значительный интерес для

специалистов. Соответствие специальности 01.04.03—«Радиофизика» не вызывает сомнений; автореферат диссертации полно и правильно отражает её содержание.

Основные выводы и положения, выносимые на защиту, в целом представляются достоверными и обоснованными. Отмечу впечатляющий уровень публикаций: имеется 14 статей в ведущих российских и зарубежных научных журналах, всего более 50 публикаций. Результаты диссертации были широко представлены на крупных российских и международных конференциях, в том числе, неоднократно докладывались на Саратовских зимних школах по СВЧ электронике и радиофизике.

Считаю, что диссертационная работа удовлетворяет всем требованиям п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней» (утверждено постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г.), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор Седов Антон Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.03—«Радиофизика».

Официальный оппонент:

Рыскин Никита Михайлович

д.ф.-м.н., профессор, заведующий кафедрой нелинейной физики

ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского»

410012, г. Саратов, ул. Астраханская, 83

e-mail: RyskinNM@info.sgu.ru

Тел. 8(8452)514311

Подпись Рыскина Н.М. заверяю:

Ученый секретарь СГУ,

к.х.н., доцент

7.04.2016



Федусенко