

ОТЗЫВ

официального оппонента доктора технических наук Комарова Дмитрия
Александровича

на диссертацию и автореферат Каретниковой Татьяны Андреевны
«Особенности распространения электромагнитных волн в замедляющих
системах типа плоских гребенок и их взаимодействия с ленточным
электронным потоком в терагерцевом диапазоне частот », представленной к
защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук
по специальности 01.04.03 – Радиофизика и 01.04.04 – Физическая
электроника.

1. Актуальность темы диссертационного исследования.

Развитие СВЧ электроники исторически связано с продвижением в
область миллиметровых и субмиллиметровых волн. Практическое
использование данных диапазонов в самое последнее время осуществлено в
системах военной связи (СРІ). Сложность практического применения сбмм
диапазона связана с необходимостью получения от источника
электромагнитных волн больших уровней мощности. При этом классические
приборы СВЧ с переходом в более высокочастотную область обнаруживают
резкое падение электронного КПД и области полосы усиления. Так
клистроны в см диапазоне имеют КПД более 40 % при относительных
величинах полосы 3-4%, в 8 мм диапазоне КПД с трудом достигает значений
30%, в 3 мм это значение уже не превосходит 15%. В ЛБВ ситуация еще
более критична – уже в 8 мм диапазоне КПД редко превышает 10%. Связано
это, прежде всего, с необходимостью резкого снижения микроперванса
электронного потока. Тем не менее ситуация с полупроводниковыми
усилителями в данном диапазоне представляется еще более критичной и,
фактически, именно в субмм диапазоне конкуренции вакуумным приборам
нет на сегодняшний день.

В этой связи работы, направленные на поиск путей создания усилителей терагерцевого диапазона длин волн являются не только актуальной задачей, но и передним краем современной СВЧ электроники.

2. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертационной работе, подтверждается использованием современных методик исследования. Автором изучены и проанализированы известные достижения по вопросам математического моделирования наиболее перспективных замедляющих систем типа плоской гребенки, развита строгая математическая модель расчета электродинамических параметров подобных ЗС. Дан детальный анализ выходных параметров ЛБВ усилителя, включая вопросы самовозбуждения лампы. Список использованной литературы содержит 130 наименований.

3. Достоверность и новизна научных положений, выводов и рекомендаций.

Научная новизна диссертационной работы заключается в том, что:

1) автором диссертации предложен и реализован строгий аналитический подход к решению задачи расчета основных электродинамических характеристик (ЭДХ) ЗС типа сдвоенной гребенки;

2) разработана программа моделирования ЭДХ и дан детальный анализ ЗС;

3) разработана и реализована модель расчета усиления субмм ЛБВ с учетом конечных нагрузок и реальной величины отражений, и произвольного числа секций в ЛБВ;

4) дан подробный анализ зависимости выходных параметров ЛБВ от геометрии ЗС, параметров ускоряющего напряжения и т.д.

Достоверность полученных результатов подтверждается использованием обоснованных теоретических методов, сопоставлением

результатов расчетов с программами высшего уровня (HFSS) и экспериментальными результатами.

4. Соответствие диссертации и автореферата требованиям положения о порядке присуждения ученых степеней.

Диссертация и автореферат по структуре и оформлению соответствуют требованиям Положения ВАК Министерства образования и науки РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Содержание автореферата полностью отражает основные результаты и выводы диссертационной работы.

5. Содержание диссертации и ее завершенность.

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения и списка литературы, содержит 144 страницы, включая 6 таблиц, 49 рисунков, список литературы из 130 наименований.

Диссертационная работа Каретниковой Т.А. является законченной научно-квалификационной работой, т.к. поставленная в работе цель достигнута, а основные задачи решены.

6. Значимость для науки и практики полученных автором диссертации результатов.

Научная значимость результатов диссертации не вызывает сомнений, т.к. они представляют законченную базовую модель для проектирования нового поколения усилителей субмм диапазона.

Практическая значимость диссертации очевидна именно в части разработки методов расчета усилителей под заданные параметры.

7. Апробация работы и публикации.

По материалам диссертации опубликована 31 работа, из них 4 статьи в рецензируемых журналах, входящих в перечень ВАК РФ, 10 статей в сборниках трудов конференций, 17 тезисов докладов.

8. Рекомендации по использованию результатов диссертации.

Результаты диссертационной работы могут быть использованы на предприятиях: АО «НПП «Алмаз» (г. Саратов), АО «НПП «Торий» (г. Москва), АО «НПП «Исток» (г. Москва).

9. Замечания по диссертационной работе.

Работа не лишена ряда недостатков:

- 1) На стр. 37 второй главы, после очень компактного изложения метода частичных областей, как черт из табакерки, появляются формулы разложения полей. Детальный вывод был бы не менее интересен, чем словесные объяснения их происхождения;
- 2) Основные интегральные уравнения предлагаемого метода расчета ЭДХ (2.20) и (2.21) – уравнения Фредгольма 1-го рода, т.е. уравнения не корректные по Адамару: малым возмущениям подынтегральной функции могут соответствовать сколь угодно большие возмущения решения. Для решения данных уравнений развита целая область, основанная на регуляризации ядра. Тем не менее, в тексте диссертации нет ни слова о неустойчивости, или методах, которые применялись для ее исключения. Или все получилось и так? И для любой области параметров?
- 3) Автор чрезвычайно много внимания уделил вопросу неадекватности численных методов, не учитывающих особенности решения на границе. При этом результаты метода, предлагаемые в самой работе, так тщательно не проанализированы: к примеру, численная задача поиска нулей детерминанта совсем не тривиальна, но об этом не сказано ни слова. Отсутствует какой-либо анализ сходимости решения от размерности определителя, анализ числа обусловленности определителя и т.д. В данном случае приходится верить на слово в абсолютную устойчивость алгоритма.
- 4) На стр.94 автор пишет об использовании теоремы о вычетах. На самом деле, речь идет о теореме разложения теории операционного

исчисления. Эта теорема имеет ряд существенных ограничений в том виде, в котором она использована в формуле (4.22): степень полинома числителя должна быть меньше степени полинома знаменателя, а полюса не могут иметь кратности. Однако, анализ полюсов и степени полиномов не представлен.

- 5) Интересно заключение о «небольших» осцилляциях на АЧХ (стр. 99), которые объяснены влиянием встречного излучения. Судя по графику, осцилляции составляют 10 дБ и увеличиваются с ростом катодного тока. В то же время, на стр.101 те же графики совсем без осцилляций, без пояснений, с чем же это связано. Кроме того, не смотря на введение матрицы рассеяния и учета реального КСВн от нагрузки, графиков КСВн нет, так же как и указаний уровня коэффициента отражения, принятого при расчете. Не с этим ли связаны осцилляции?

Разумеется, данные замечания не являются принципиальными и связаны лишь с интересом, который вызвала данная диссертация, и, конечно, не снижают высокого уровня представленной работы.

10. Заключение.

Считаю, что тема диссертации полностью соответствует паспорту специальности 01.04.03 и 01.04.04, диссертационная работа удовлетворяет всем требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней» (утверждено постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г.), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Каретникова Т.А. заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата физико-математических наук.

Комаров Дмитрий Александрович
д.т.н., начальник научно-технического центра АО «НПП «Торий»
117393, г. Москва, ул. Обручева, д. 52
e-mail: komardmitrij@yandex.ru
тел.: 8(495)3326866

Подпись Комарова Д.А. заверяю

