

Ученому секретарю  
диссертационного совета Д 212.243.01  
при ФГБОУ ВО «Саратовский национальный  
исследовательского государственного  
университета им. Н.Г. Чернышевского»  
Аникину В.М.

### ОТЗЫВ

на автореферат диссертации 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 на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальностям 01.04.03 – Радиофизика и 01.04.04 – физическая электроника

В связи с широким развитием телекоммуникационных систем, систем и устройств цифровой передачи и обработки данных, радиолокации, радионавигации, радиоастрономии, средств измерительной техники и пр. потребность в электровакуумных приборах ВЧ и СВЧ диапазона постоянно растет. При этом требования к их параметрам становятся все более жесткими. В частности ЭВП являются безальтернативными в качестве мощных источников терагерцового излучения. Для их разработки требуются новые типы электродинамических и электронно-оптических систем. К сожалению, существующие подходы и методы проектирования ЭВП СВЧ не всегда удовлетворяют потребностям разработчиков, требуют значительных временных и материальных затрат.

В работе рассмотрен ряд задач, относящихся к проектированию миллиметровых и субмиллиметровых ЛБВ. Этот круг проблем стал весьма актуальным в самое последнее время, когда освоение терагерцового диапазона резко ускорилося. Таким образом, диссертационная работа Т.А. Каретниковой, посвященная разработке методов моделирования электроники и электродинамических систем в новой конструкции замедляющей системы (ЗС) терагерцового диапазона, является новой, весьма **актуальной** и востребованной.

**Цели и задачи** работы описаны достаточно полно. При разработке конструкции терагерцовой ЛБВ предварительное моделирование ее узлов является обязательным и ключевым для успеха разработки. Таким образом, работа является **практически значимой**.

Достоинствами диссертационной работы являются следующие результаты:

1. Разработана численно-аналитическая методика моделирования ЗС типа двойная гребенка. Методика позволяет очень быстро и точно рассчитывать параметры различных вариантов такой ЗС.
2. Разработана оригинальная методика моделирования электроники ЛБВ с учетом взаимодействия пучка с попутной и встречной волной.
3. Предложена методика анализа неустойчивости в системе волна-пучок.
4. Проанализировано влияние шероховатости поверхности на потери в ЗС

К тексту автореферата можно высказать и некоторые критические замечания:

1. Во введении автореферата говорится о высокой проникающей способности терагерцового излучения. Но насколько нам известно, как правило, терагерцовое излучение обладает невысокой проникающей способностью (за редкими исключениями), падающей с частотой, но позволяет строить системы с высоким пространственным разрешением.
2. В автореферате упоминается о том, что пока не созданы работающие образцы вакуумных приборов в диапазоне длин волн 1-3 мм. Но уже созданы ЛБВ с выходной мощностью более 80 Вт в G-диапазоне (220 ГГц), а клистроны с распределенным взаимодействием на частотах 100-500 ГГц и мощностью 1000-10 Вт поставляются серийно компанией CPI Canada.
3. Во втором положении, выносимом на защиту, говорится о смыкании полос прозрачности при сдвиге гребенок на полпериода и связанным с этим расширением рабочей полосы частот. Данное заключение является частным случаем хорошо известного вывода, вытекающего из теории симметрии замедляющих систем: наличие винтовой оси второго порядка или скользящей плоскости симметрии приводит к смыканию соседних полос пропускания (см. Р.А. Силин, В.П. Сазонов. «Замедляющие системы». 1966 г.; Р.А. Силин «Периодические волноводы» 2002г.). В частности, именно этим объясняется смыкание полос в традиционной ЦСР. В рассмотренной системе со сдвигом гребенок на полпериода как раз реализуется такая симметрия.
4. По поводу расчетов электроники следует заметить, что транспортировка реального ленточного пучка в магнитном поле приводит к его заметной эволюции в этом процессе: повороту ленты как целого, загибу краев, концентрации тока на краях ленты. Такие явления могут существенно сказаться даже на расчете малосигнальных характеристик. По видимому, это приводит к тому, что приведенные в диссертации расчеты электроники являются оценочными для предельно достижимых параметров лампы.

5. При таком полном электродинамическом анализе ЗС следовало бы также рассмотреть влияние шероховатости не только на потери, но и на фазовую скорость волны в рассмотренной конструкции ЗС. Аналогичное явление наблюдалось во многих волноведущих системах с малыми зазорами. Хотя следует заметить, что в силу широкополосности данной ЗС этот эффект может быть небольшим.

Однако указанные недостатки не уменьшают практической и теоретической значимости работы. Предлагаемые в работе алгоритмы, методы и программы моделирования приборов позволяют сократить время и повысить качество проектирования вакуумных СВЧ усилителей различного назначения. Результаты работы представляют научный и технический интерес для разработчиков СВЧ устройств и систем. Автореферат выполнен в соответствии с требованиями ВАК, предъявляемыми к кандидатским диссертациям и достаточно полно отражает содержание работы.

С нашей точки зрения, диссертационная работа Т.А. Каретниковой выполнена на высоком научно-техническом уровне, соответствует специальностям 01.04.03 – Радиофизика и 01.04.04 – физическая электроника, удовлетворяет всем требованиям ВАК РФ к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук.

Начальник отделения проектирования  
СВЧ приборов АО «НПП «Исток» им. Шокина»  
к.ф.м.н. А.В. Галдецкий  
Московская обл., г. Фрязино  
Пр. Мира 27/72  
Тел. +7(496)-255-5914, e-mail: galdetskiy@istokmw.ru

  
" 01 " 12 2016 г.

Подпись А.В. Галдецкого заверяю

Ученый секретарь  
диссертационного совета  
АО «НПП «Исток» им. Шокина»



/И.В. Куликова/  
" 01 " 12 2016 г.