

**Заключение диссертационного совета Д501.001.67
на базе Федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования
«Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова»
по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук**

Аттестационное дело № 1

Решение диссертационного совета от 30 августа 2016 г. № 19

О присуждении Михееву Димитрию Алексеевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Динамика поперечных волн электронного потока в неоднородных электрических и магнитных полях» по специальности 01.04.03 – радиофизика принята к защите 27 июня 2016 г., протокол № 15, диссертационным советом Д501.001.67 на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова» (119991, Москва, Ленинские горы, д.1), созданным 19.10.2007, приказ № 2048-1288.

Соискатель Михеев Дмитрий Алексеевич, 1988 года рождения, в 2012 году окончил физический факультет Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова» по специальности «физика», в 2016 году окончил очную аспирантуру физического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова».

Диссертация выполнена на кафедре фотоники и физики микроволн физического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова».

Научный руководитель – Пирогов Юрий Андреевич, доктор физико-математических наук, профессор кафедры фотоники и физики микроволн физического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова».

Официальные оппоненты – Диденко Андрей Николаевич, доктор физико-математических наук, профессор, член-корреспондент РАН, заведующий кафедрой электрофизических установок факультета автоматики и электроники Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» и Мозговой Юрий Дмитриевич, доктор технических наук, доцент, профессор департамента электронной инженерии Московского института электроники и математики Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» – дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт радиотехники и электроники им. В. А. Котельникова Российской академии наук», г. Москва – в своем положительном заключении, подписанном Черепениным Владимиром Алексеевичем, доктором физико-математических наук, профессором, членом-корреспондентом РАН, заведующим лабораторией математических методов радиофизики и Вдовиным Владимиром Александровичем, кандидатом физико-математических наук, ведущим научным сотрудником и утвержденном Никитовым Сергеем Аполлоновичем, доктором технических наук, профессором, членом-корреспондентом РАН, директором Института радиоэлектроники им. В. А. Котельникова РАН, указала, что «Диссертация «Динамика поперечных волн электронного потока в неоднородных электрических и магнитных полях» соответствует всем критериям, установленным Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. №842 «О присуждении ученых степеней» к диссертациям на

соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, и ее автор Михеев Дмитрий Алексеевич безусловно заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.03 – «Радиофизика».

Соискатель имеет 27 опубликованных работ, все по теме диссертации, из них 6 статей (общим объемом 44 стр.) в рецензируемых научных журналах, входящих в перечень ВАК. Работы посвящены изучению динамики поперечных волн электронного потока в неоднородных электрических и магнитных полях. Все представленные в работах результаты получены автором лично или при его определяющем участии. В качестве наиболее значимых можно выделить следующие работы:

1) Михеев Д. А., Саввин В. Л. О группировке электронного пучка в неоднородных магнитных полях // Журнал радиоэлектроники. – 2016. – №5. – С.1-8.

2) Михеев Д. А., Саввин В. Л., Коннов А. В., Казарян Г. М., Пирогов Ю. А. Дискретная математическая модель ленточного электронного пучка в спадающем магнитном поле // Известия РАН. Серия физическая. – 2016. – Т.80. – №2. – С. 229-232

3) Саввин В. Л., Коннов А. В., Михеев Д. А., Казарян Г. М., Шуваев И. И. О транспортировке ленточного электронного пучка в аксиально-симметричном магнитном поле // Журнал радиоэлектроники. – 2015. – №9. – С.1-9.

4) Михеев Д. А., Саввин В. Л., Коннов А. В., Казарян Г. М., Пирогов Ю. А. Энергообмен высокочастотного поля с электронным пучком в условиях циклотронного резонанса // Известия РАН. Серия физическая. – 2014. – Т.78. – №2. – С.247-250.

На диссертацию поступили отзывы официальных оппонентов и ведущей организации. Отзывы на автореферат поступили от следующих специалистов:

Прокопенко Александр Валерьевич, кандидат технических наук, доцент Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ»;

Акимов Павел Иванович, доктор физико-математических наук, профессор, начальник отдела АО «НПП «Торий»;

Герасимов Вячеслав Борисович, доктор технических наук, профессор, начальник-главный конструктор ОКБ МИРЭА.

Все отзывы положительные. В них указывается, что диссертационная работа выполнена на высоком научном уровне, в ней решены поставленные перед соискателем научные задачи, а результаты работы имеют как научную, так и прикладную ценность. Авторы всех отзывов указывают, что соискатель заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук.

Отзыв официального оппонента Диденко А.Н. содержит следующие замечания:

1. Результаты численного моделирования, проведенного в диссертации, следовало бы подкрепить экспериментальными данными. В работе они практически не представлены. Тепловые потери мощности в стенках СВЧ приборов, вторичная эмиссия электронов и эффект обратных электронов достаточно сильно будут сказываться на итоговой эффективности устройства. Безусловно, их стоило бы учесть при моделировании электронных потоков.

2. Эффект пространственного группирования без модуляции электронов по скорости выглядит достаточно перспективным для его углубленного изучения. Но говорить о его применении в клистронах нового типа на данном этапе преждевременно – обнаруженный автором эффект пока еще недостаточно изучен и теоретически, и экспериментально. В дальнейшем необходимо провести дополнительные исследования процесса пространственного группирования. Также необходимо усовершенствовать модель электронного потока для изучения этого эффекта, так как на данном этапе в модели не учтено взаимное влияние электронов.

3. В работе описывается широко распространенный метод «частица в ячейке» для моделирования динамики электронных потоков. Среди его программных реализаций следовало бы указать достаточно известный и

zareкомендовавший себя российский код KARAT, разработанный В.П. Таракановым.

4. К сожалению, в процессе написания диссертации автору не удалось избежать ряда опечаток. Например, номер формулы (1.22) дублируется на стр. 23. Также повторяется номер рис. 4.5 на стр. 86, что вносит некоторую путаницу при прочтении.

Отзыв официального оппонента Мозгового Ю.Д. содержит следующие замечания:

1. Заявленный эффект пространственной группировки электронов на данном этапе недостаточно изучен. Исследования проведены для простой последовательности электронов без учета их взаимного влияния друг на друга. Однако, процесс образования сгустков электронов без начальной модуляции по скорости безусловно интересен для дальнейших исследований.

2. В диссертации не уделено должного внимания важному аспекту вакуумной СВЧ электроники, как ширина полосы рабочих частот приборов и устройств. Расширение рабочей полосы активных микроволновых устройств является одной из наиболее важных задач современной электроники СВЧ.

3. Имеется ряд недостаточно обоснованных или не вполне конкретизированных утверждений. Например, для повышения эффективности устройств СВЧ предлагается использовать поперечные волны электронного потока, однако эта проблема недостаточно полно рассмотрена. На стр. 78 сделан вывод о том, что в аксиально-симметричном магнитном поле можно реализовать сотни киловатт мощности циклотронной энергии ленточного электронного потока, при этом суммарная эффективность преобразования не указана.

Отзыв ведущей организации – Института радиоэлектроники им. В.А. Котельникова – содержит следующие замечания:

1. В обзорной части диссертации нет ссылок на работы по криволинейным электронным потокам, используемым в релятивистских приборах, например в гиротронах и лазерах на свободных электронах.

2. Также практически отсутствует информация о трубчатых электронных потоках. Применение трубчатых потоков по уровню реализованной мощности также перспективно, как и использование ленточных пучков.

3. Результаты, приведенные в диссертации, получены без учета ряда эффектов, таких как тепловые потери в металлических стенках, вторичная эмиссия и другие эффекты, которые могут существенным образом сказаться на выходных характеристиках СВЧ устройств. В работе хотелось бы видеть хотя бы оценки влияния этих факторов.

Отзыв на автореферат, поступивший от Прокопенко А.В., содержит следующее замечание: «После ознакомления с авторефератом диссертации в качестве замечания можно высказать следующее. Большинство результатов диссертационной работы получены на основе модельного эксперимента с рядом упрощающих допущений. Полученные результаты неплохо было бы подкрепить практическими экспериментальными данными».

Отзыв на автореферат, поступивший от Акимова П.И., содержит следующие замечания: «Автореферат не свободен от некоторых недостатков: так на стр. 9 имеется неясная фраза «...пучок в периодическом магнитном поле подвержен пробоям и сильно восприимчив к механическим смещениям». Кроме того, на стр. 11 обсуждаются формы согласующего устройства ввода энергии в циклотронный резонатор, однако вид этих устройств не показан, что затрудняет восприятие».

Во всех перечисленных отзывах отмечено, что указанные замечания не влияют на общую положительную оценку работы. Отзыв на автореферат, поступивший от Герасимова В.Б., критических замечаний не содержат.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что оппоненты являются специалистами в области радиофизики и вакуумной электроники СВЧ, имеют многочисленные публикации по тематике диссертации, а ведущая организация известна своими достижениями в области радиофизики.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

1. Разработана оригинальная трехмерная дискретная модель ленточного электронного пучка для исследования устойчивости и динамики распространения пучка в неоднородных электрических и магнитных полях.

2. Показана возможность прямого преобразования энергии быстрой циклотронной волны ленточного электронного потока в энергию постоянного электрического тока в неоднородных расширяющихся магнитных полях.

3. Изучен процесс пространственной группировки электронного потока с циклотронным вращением в неоднородных магнитных полях с аксиальной и плоской симметрией.

Теоретическая значимость и научная новизна исследования обусловлена тем, что в нем впервые изучены модовый состав и структура мод высокочастотного электрического поля цилиндрического резонатора с ламельным зазором, а также процессы взаимодействия ленточного электронного пучка с высокочастотным поперечным полем резонатора. Впервые исследованы вопросы устойчивости и деформации поперечного сечения ленточных электронных пучков с циклотронным вращением в расширяющихся аксиально- и плоско-симметричных магнитных полях. Впервые показана возможность пространственной группировки электронного потока с циклотронным вращением в неоднородных магнитных полях в отсутствие начальной модуляции продольной скорости электронов.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается возможностью их использования в разработке новых мощных и эффективных устройств СВЧ с поперечной модуляцией электронного потока. Результаты диссертационного исследования могут быть использованы в МГУ имени М.В. Ломоносова, ИРЭ РАН, ИОФ РАН, ИПФ РАН, НИЯУ «МИФИ», СПбГЭТУ «ЛЭТИ», АО «НПП «ТОРИЙ», АО «НПП «ИСТОК» и других организациях.

Оценка достоверности научных результатов, полученных в работе, выявила, что исследование основано на корректных физических моделях и математических

методах, а теоретические выводы не противоречат данным, известным из научной литературы.

Личный вклад соискателя состоит в том, что все представленные в диссертационной работе результаты получены лично автором, либо совместно с соавторами работ, опубликованных по теме диссертации, причем вклад диссертанта был определяющим.

На заседании 30 августа 2016 г. диссертационный совет принял решение присудить Михееву Димитрию Алексеевичу ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 22 человек, из них 7 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 24 человек, входящих в состав совета, проголосовали: «за» – 22, «против» – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель диссертационного совета Д501.001.67

доктор физико-математических наук,
профессор

Салецкий Александр Михайлович

Ученый секретарь диссертационного совета Д501.001.67

кандидат физико-математических наук,
доцент

Королев Анатолий Федорович

Дата оформления заключения 31 августа 2016 г.

Подписи А.М. Салецкого и А.Ф. Королева заверяю

Ученый секретарь Ученого совета физического факультета МГУ

профессор



Караваев Владимир Александрович