

Председателю Диссертационного
совета Д 212.243.01 на базе ФГБОУ ВО
«Саратовский национальный
исследовательский государственный
университет имени
Н.Г. Чернышевского»,
д.ф.-м.н., профессору Аникину В.М.

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

Куркина Семена Андреевича

на диссертацию Титова Алексея Владимировича «Волновые и колебательные явления в системах с двумя взаимодействующими электронными потоками», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.03 – «Радиофизика».

Важными задачами современной радиофизики, СВЧ электроники и физики плазмы является повышение частоты и эффективности генерации/усиления микроволнового излучения (заполнение так называемого терагерцового пробела). Автор диссертационного исследования делает очередной шаг на пути решения вышеуказанных задач с использованием методов, подходов и концепций радиофизики. В диссертационной работе изучается перспективный класс систем СВЧ электроники – двухпоточные системы, и для этого диссертантом развивается их аналитическая теория как в рамках линейного, так и нелинейного приближений. Двухпоточные приборы перспективны, в частности, с точки зрения их продвижения в терагерцовый диапазон, а их полной теории до сих пор не существует. В настоящее время более распространенным является численное исследование новых систем перед их экспериментальной реализацией. Однако аналитическая теория дает более полное и глубокое понимание физических процессов, протекающих в исследуемой системе, что становится особенно важным при практической реализации прибора. Сейчас развитие теорий новых систем СВЧ электроники является, скорее, редкостью, поэтому диссертационная работа Титова Алексея Владимировича особенно интересна и ценна с указанной точки зрения. Также результаты, полученные в работе, позволяют продвинуться на пути ясной физической трактовки явления двухпоточной неустойчивости.

В диссертационной работе решаются следующие актуальные задачи радиофизики: создание аналитической теории волновых и колебательных процессов (как линейной, так и нелинейной) в предварительно модулированных взаимодействующих электронных потоках, движущихся в попутном направлении, в частности, построение последовательной линейной теории взаимодействия двух предварительно модулированных попутных электронных потоков в рамках метода связанных волн; анализ возможных режимов взаимодействия электронных потоков между собой и с полем

бегущей электромагнитной волны; построение приближенной нелинейной теории двухпоточковой неустойчивости в рамках волнового метода Солнцева; построение приближенной нелинейной теории взаимодействия двух электронных потоков с бегущей электромагнитной волной.

Таким образом, несомненно фундаментальная и практическая значимость полученных в диссертационной работе Алексея Владимировича результатов и разработанных моделей для радиофизики и СВЧ электроники.

Диссертационная работа Титова А.В. состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы. Объем диссертации – 142 страницы, включая 2 таблицы, 85 иллюстраций и список литературы из 107 наименований. Список трудов автора по теме диссертации состоит из 5 статей в рецензируемых российских и зарубежных журналах, входящих в перечень ВАК и системы цитирования Web of Science/Scopus, и 10 работ в материалах российских и международных конференций. Автореферат диссертации изложен на 20 страницах, содержит 4 рисунка.

Все поставленные в диссертационной работе цели были успешно достигнуты. На мой взгляд, можно отметить следующие наиболее важные и интересные результаты диссертационной работы Алексея Владимировича:

1) На основе метода связанных волн проведен последовательный анализ процессов, протекающих при взаимодействии двух разноскоростных попутных электронных потоков. Рассмотрены все возможные варианты взаимодействия двух электронных потоков с точки зрения взаимодействия медленных волн пространственного заряда и быстрых волн пространственного заряда.

2) Показана возможность существования режима взаимодействия двух попутных электронных потоков, обеспечивающего вне границ области двухпоточковой неустойчивости усиление входного сигнала за счет интерференции парциальных волн постоянной амплитуды. Описанный режим представляет интерес для работы в коротковолновой области СВЧ диапазона.

3) На базе волнового метода построена приближенная нелинейная теория взаимодействия двух попутных электронных потоков. На её основе развита приближенная нелинейная теория двухпоточковой ЛБВ.

Все основные результаты диссертации обладают научной новизной и представляют интерес.

Диссертант хорошо ориентируется в работах по двухпоточковой неустойчивости в вакуумной СВЧ электронике, как в истории развития данного направления исследований, так и в его современном состоянии, что, в частности, следует из хорошо проведенного в Главе 1 обзора. Всё это дополнительно подтверждает актуальность проводимых в диссертационной работе исследований. В работе четко и последовательно изложены выводы основных выражений разработанных аналитических моделей и развитой теории, рассмотрены различные варианты реализации двухпоточковой неустойчивости. Всё это характеризует автора диссертации как высококвалифицированного исследователя-радиофизика.

В целом диссертация Титова А.В. представляет собой законченную научно-квалификационную работу, посвященную решению актуальной задачи радиофизики. Достоверность результатов диссертационной работы и высокий личный вклад автора не

вызывают сомнений. Диссертация написана грамотным языком. Основные выводы и положения, выносимые на защиту, представляются обоснованными и достоверными. Результаты диссертации в достаточной мере опубликованы в рецензируемых научных журналах, прошли апробацию на ведущих всероссийских и международных конференциях по электронике и радиофизике. Содержание диссертации полностью отвечает специальности 01.04.03 – Радиофизика.

Однако работа не лишена отдельных недостатков и неточностей:

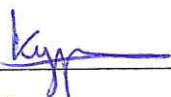
- 1) В диссертационной работе хотелось бы видеть более четкое определение и трактовку «интерференционного режима усиления». В чём его основные отличия от других режимов? Каким образом он был обоснован?
- 2) Было бы полезно, если бы перед построением каждой аналитической модели в диссертационной работе четко указывались сделанные допущения.
- 3) В разделе 3.2 присутствует ряд полученных зависимостей коэффициента усиления от длины системы при различных частотах входного сигнала для одно- и двухпоточковой моделей. На мой взгляд, не хватает количественного сравнения коэффициента усиления (например, его максимального значения) в рассмотренных ситуациях. Это позволило бы сделать выводы об оптимальных параметрах усилителя.
- 4) Почему в разделе 3.2 частоты не приведены в привычных единицах ГГц, а выбрана единица рад/с?
- 5) Из диссертационной работы не до конца понятно, что произойдет с интерференционным режимом (который был обнаружен в линейной модели) при учете нелинейности?
- 6) Диссертационная работа выиграла бы от присутствия в ней материалов по сравнению (хотя бы качественному) основных результатов, полученных с использованием развитой аналитической теории, с известными численными и экспериментальными данными. Например, это можно было бы сделать для ЛБВ с двумя потоками. К сожалению, такое сопоставление в работе отсутствует.
- 7) Чем различаются рисунки 73 и 74; 75 и 76; 77 и 78; 80 и 81; 82 и 83; 84 и 85? Чем обусловлен выбор именно таких частот входного сигнала в качестве тестовых?
- 8) В работе встречаются неточности и опечатки. Например, в начале раздела 3.1 автор пишет: «описан ряд моделей систем, включающих в себя два попутных взаимодействующих электронных потока с двумя взаимодействующими электронными потоками». Эта фраза сбивает читателя с толка в самом начале главы. И ряд других.
- 9) Автореферат, в отличие от самой диссертационной работы, характеризуется некоторой небрежностью в плане написания и оформления. В частности, не везде четко расставлены акценты на самые важные результаты; встречаются опечатки, например: «связанны изменением» (второй абзац на стр. 12 автореферата) и ряд других. Также, например, автор пишет: «режим взаимодействия усиления в системе двух взаимодействующих электронных потоков» (второй абзац на стр. 14 автореферата). Что такое «взаимодействие усиления»?

Однако высказанные замечания не снижают общего положительного впечатления от работы. Таким образом, по степени обоснованности научных положений и выводов,

сформулированных в диссертационной работе, их достоверности и новизне, актуальности выбранной темы исследования, практической значимости полученных результатов диссертация Титова Алексея Владимировича удовлетворяет всем требованиям пп. 9-11,13,14 действующего «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а автор работы заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.03 – «Радиофизика».

Официальный оппонент

Профессор лаборатории нейронауки и когнитивных технологий центра технологий компонентов робототехники и мехатроники
АНО ВО "Университет Иннополис",
доктор физико-математических наук (05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ)



Куркин Семен Андреевич

«4» 03 2021 г.

Автономная некоммерческая организация высшего образования "Университет Иннополис"

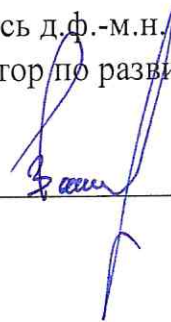
Адрес: 420500, г. Иннополис, ул. Университетская, д.1

Телефон +7 (843) 203-92-53

E-mail: university@innopolis.ru

Подпись д.ф.-м.н. Куркина Семена Андреевича удостоверяю.

Директор по развитию и кадровой политике АНО ВО "Университет Иннополис",



Валиев Радик Фларитович