

ОТЗЫВ

официального оппонента Куркина Семена Андреевича

о диссертационной работе Железнова Ильи Владимировича «Квазиоптические модели стимулированного черенковского излучения релятивистских электронных пучков и сгустков в сверхразмерных электродинамических системах» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.03 – «Радиофизика».

Диссертационная работа Ильи Владимировича Железнова посвящена развитию и применению квазиоптической теории усиления и генерации мощного коротковолнового электромагнитного излучения при прямолинейном движении релятивистских электронных потоков и сгустков над различными импедансными поверхностями, включая поверхности идеального металла с периодической гофрировкой, металла с конечной проводимостью и полуограниченной изотропной плазмы. Отметим, что разработанные в диссертационной работе модели и полученные результаты имеют большое значение для исследования и развития целого ряда приборов, включая усилители, основанные на индуцированном черенковском излучении ленточных РЭП, движущихся над периодически гофрированной поверхностью, резистивные усилители, плазменные усилители поверхностных волн, многоволновые черенковские генераторы (МВЧГ), генераторы, основанные на черенковском сверхизлучении и др. Существенным преимуществом диссертационной работы Железнова И.В. является то, что исследования в ней ведутся, в частности, с позиции оценки возможности продвижения рассматриваемых в работе приборов в коротковолновые диапазоны. Последнее является особенно актуальной задачей современной радиофизики и электроники. Также достоинством работы является сочетание различных методов исследований: теоретического анализа, численного моделирования и экспериментальных работ. Таким образом, несомненна теоретическая и практическая значимость диссертационной работы Ильи Владимировича.

Диссертационная работа Железнова И.В. состоит из введения, трех глав с 1 приложением, заключения и списка литературы. Общий объем диссертации – 159 страниц, включая 54 рисунка. Список литературы содержит 110 наименований. Список трудов автора по теме диссертации состоит из 13 статей в реферируемых журналах из списка ВАК и 5 тезисов докладов. Автореферат диссертации изложен на 28 страницах, содержит 11 рисунков.

В диссертационной работе Железнова И.В. были поставлены следующие цели.

1. Анализ возможности использования импедансных граничных условий для описания распространения электромагнитных волн над различными поверхностями, включая поверхность идеального металла с периодической гофрировкой, поверхность металла с конечной проводимостью, границу раздела плазма–вакуум.

2. Построение универсальной квазиоптической теории релятивистских черенковских усилителей поверхностной волны (как линейной, так и нелинейной), основанной на использовании импедансных граничных условий. Последовательный учет полей пространственного заряда модулированного электронного потока.

3. Развитие квазиоптической теории черенковских генераторов поверхностной волны, основанных на возбуждении поверхностных волн релятивистскими электронными пучками в периодически гофрированных сверхразмерных цилиндрических волноводах. Сопоставление результатов моделирования с известными экспериментальными данными. Оценка возможности продвижения релятивистских черенковских генераторов поверхностной волны в коротковолновые диапазоны.

4. Моделирование процессов черенковского сверхизлучения протяженных электронных сгустков в сверхразмерных периодически гофрированных волноводах. Создание теоретической базы для проведения экспериментов по генерации субнаносекундных импульсов СИ в режиме возбуждения поверхностных волн в коротковолновой части миллиметрового диапазона.

Все цели были успешно достигнуты; основными результатами диссертационной работы Железнова И.В. стали следующие результаты.

1. В приближении малого сигнала с учетом высокочастотных полей пространственного заряда получен общий вид дисперсионного уравнения, которое позволяет определить инкременты конвективной неустойчивости, развивающейся при прямолинейном движении релятивистских электронных потоков над импедансными поверхностями. Указанные поверхности могут иметь различную физическую природу и, при выполнении определенных условий, включают плоские и гофрированные металлические поверхности с конечной проводимостью, а также границу раздела плазма-вакуум.

2. В рамках квазиоптической теории с использованием импедансного граничного условия на слабогофрированной металлической поверхности построена нелинейная теория релятивистских черенковских усилителей поверхностной волны планарной геометрии. Продемонстрирован предельный переход к известному приближению фиксированной поперечной структуры поля. Для исследуемого класса усилителей проведен анализ коэф-

фициентов усиления и электронного КПД в различных частотных диапазонах от сантиметрового до субмиллиметрового.

3. На основе квазиоптической теории с использованием граничного условия Леонтовича проведен теоретический анализ линейной и нелинейной стадий резистивной неустойчивости, возникающей при движении электронных пучков вблизи металлических поверхностей с конечной проводимостью. Продемонстрирована перспективность использования указанного эффекта для реализации усилителей в коротковолновых диапазонах, проведены оценки коэффициентов усиления и электронного КПД.

4. В предположении возбуждения аксиально-симметричных мод построена квазиоптическая модель генераторов поверхностных волн цилиндрической геометрии на основе сверхразмерных волноводов с малой глубиной гофрировки, запитываемых трубчатыми релятивистскими электронными пучками. Проведено сопоставление теоретических результатов с известными экспериментальными данными по реализации генераторов указанного типа в сантиметровом диапазоне длин волн и показано хорошее соответствие, как по стартовым условиям, так и по электронному КПД. На основе численного моделирования продемонстрирована перспективность реализации генераторов указанного типа в коротковолновой части миллиметрового диапазона.

5. Развита теория черенковского сверхизлучения протяженных электронных сгустков в сверхразмерных гофрированных цилиндрических волноводах. Проведенный теоретический анализ лег в основу эксперимента по генерации коротких импульсов в режиме возбуждения поверхностных волн с использованием субнаносекундного ускорителя «РА-ДАН-303». Параметры экспериментально наблюдаемых субнаносекундных импульсов черенковского СИ с центральной частотой 140 ГГц, находились в хорошем соответствии с результатами теоретического анализа и имели рекордную для коротковолновой части миллиметрового диапазона пиковую мощность 50-70 МВт.

Все перечисленные выше основные результаты диссертации обладают научной новизной и представляют интерес. Все это характеризует автора диссертации как высококвалифицированного исследователя–радиофизика.

Тем не менее, к диссертационной работе Железнова И.В. можно сделать следующие замечания.

- 1) При разработке теории и соответствующем построении математических моделей рассматриваемых в диссертации систем необходимо четко указывать основные предположения и допущения, которые ложатся в основу данных моде-

лей, области их применения. В работе это сделано не всегда достаточно четко. Также полезным, на мой взгляд, было бы обсуждение следующих основных свойств разработанных моделей: универсальности, области адекватности и полноты.

- 2) В разделе, посвященном исследованию плазменного усилителя поверхностных волн, рассматривается исключительно случай изотропной плазмы. В то же время для транспортировки пучка используется сильное ведущее магнитное поле. Было бы логично провести подобное исследование в случае конечной величины магнитного поля как в области пучка, так и плазмы.
- 3) В ряде случаев не объяснен выбор параметров систем и рабочих диапазонов, для которых проводились оценки и расчеты. Например: «проведена оценка параметров черенковского усилителя субмиллиметрового диапазона ($\lambda = 0.9 \text{ мм}$)», «На основании развитой теории проведено моделирование усилителя на основе резистивной неустойчивости в субмиллиметровом диапазоне (0.3 мм)», «В частности, проведена оптимизация параметров генераторов импульсов СИ в диапазоне 140 ГГц » и т.д.
- 4) В диссертации встречаются неточности. Например, на рис. 1.2 обозначены геометрические параметры « b_0 » и « b_e », а ниже, в выражениях, встречаются « B_0 » и « B_e » и др.

Однако отмеченные недостатки не являются принципиальными и ни в коей мере не снижают общей положительной оценки диссертации.

В целом диссертация Железнова И.В. представляет собой законченную научно-квалификационную работу, посвященную решению актуальной задачи радиофизики. Достоверность результатов диссертационной работы не вызывает сомнений. Личный вклад автора очевиден. Диссертация написана ясным языком, аккуратно оформлена и хорошо иллюстрирована. Автореферат правильно отражает содержание диссертации. Основные выводы и положения, выносимые на защиту, представляются обоснованными и достоверными. Результаты диссертации хорошо опубликованы, включая статьи в таких ведущих научных журналах, как Phys. Rev. Lett., Phys. Plasmas, ЖЭТФ и др., прошли широкую апробацию на всероссийских и международных конференциях. Содержание диссертации полностью отвечает специальности 01.04.03 - Радиофизика.

Считаю, что диссертационная работа в полной мере удовлетворяет всем требованиям пп. 9-11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней» (утверждено постановлением Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 г.), предъявляемым к кандидатским

диссертациям, а её автор Железнов Илья Владимирович заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.03 – Радиофизика.

Официальный оппонент:

Куркин Семен Андреевич

д.ф.-м.н., доцент, заведующий кафедрой

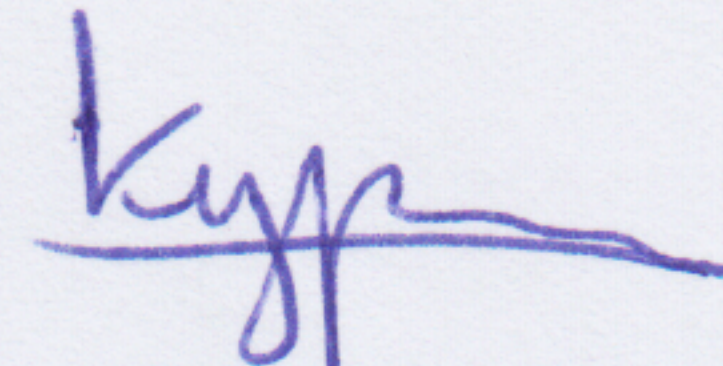
«Электронные приборы и устройства»

ФГБОУ ВО «СГТУ имени Гагарина Ю.А.»

410054, г. Саратов, ул. Политехническая, 77

e-mail: kurkinsa@gmail.com

тел.: 8(8452)998824


06.12.2018г.

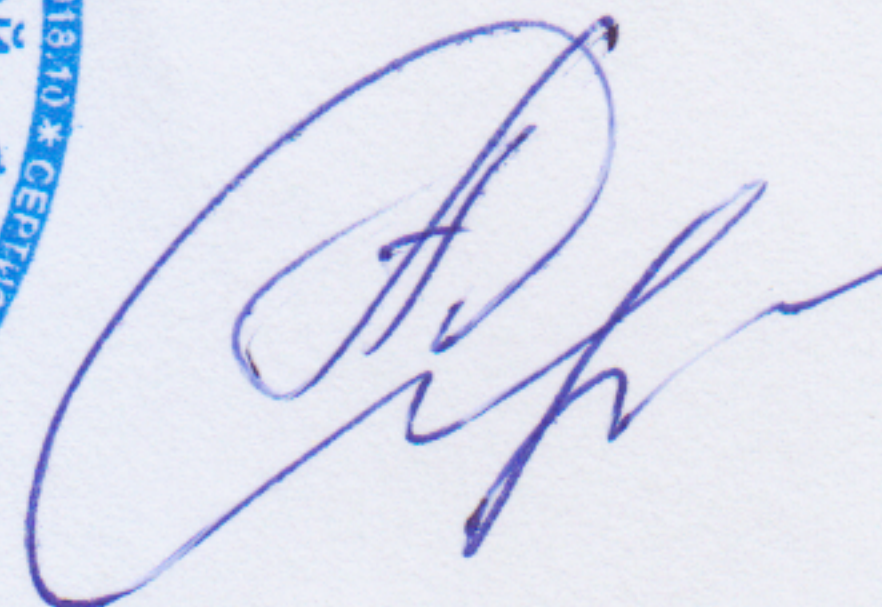
Подпись Куркина С.А. заверяю

Ученый секретарь Ученого совета

ФГБОУ ВО «СГТУ имени Гагарина Ю.А.»

к.ф.-м.н., доцент





Салтыкова О.А.