

ОТЗЫВ

официального оппонента
о диссертационной работе Широкова Евгения Алексеевича
«Возбуждение пространственно-временного пакета резонансных
квазиэлектростатических волн антеннами в магнитоактивной плазме»,
представленной на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук
по специальности 01.04.08 – физика плазмы

Диссертационная работа Е. А. Широкова посвящена теоретическому исследованию особенностей возбуждения электромагнитных волн источниками, расположенными в магнитоактивной плазме и работающими в резонансной области частот. Как известно, такие излучатели возбуждают квазиэлектростатические волны, что приводит к резкому возрастанию электрического поля вдоль так называемых резонансных направлений. Наиболее эффективно данные волны возбуждаются антеннами электрического типа с размерами, много меньшими характерной длины электромагнитной волны в плазме. Существенно, что в большинстве важных для приложений случаев, например при излучении волн дипольными антеннами, размещенными на космических аппаратах, технически достижимые размеры излучателей, как правило, удовлетворяют указанному условию. Отмеченные обстоятельства делают развитие теоретических моделей, описывающих особенности возбуждения и распространения квазиэлектростатических волн в магнитоактивной плазме, безусловно, весьма актуальной задачей.

Диссертация состоит из введения, двух глав, заключения, списка цитируемой литературы и списка публикаций автора по теме работы.

Во введении обоснована актуальность темы исследования, сформулированы цели работы, очерчен круг решаемых задач, описаны использованные методы исследования, перечислены выносимые на защиту положения, отмечена новизна полученных результатов, обоснована их достоверность, приведены сведения об их апробации, кратко изложено содержание работы.

В главе 1 рассматриваются различные аспекты возбуждения, распространения и приема пакета резонансных квазиэлектростатических волн в магнитоактивной плазме в линейном случае. При этом главное внимание сосредоточено на источниках, частота которых лежит в нижнегибридном диапазоне, принадлежащем резонансной области.

В начале главы рассматривается задача о распределении заряда по поверхности тонкого цилиндрического проводника с малой электрической длиной и его импедансе при произвольной ориентации такого проводника относительно внешнего постоянного магнитного поля. Показано, что результаты, полученные численно с использованием метода моментов, удовлетворительно согласуются с аналитическим решением данной задачи. Продемонстрирована сходимость метода моментов в резонансных диапазонах частот магнитоактивной плазмы. Установлено, что в рассматриваемом случае распределение заряда вдоль проводника является квазиоднородным, за исключением областей вблизи его концов.

Далее в этой же главе изучено возбуждение квазиэлектростатических волн дипольной антенной с малыми электрическими размерами и заданным

распределением тока, временная огибающая которого имеет прямоугольную форму, а частота заполнения принадлежит резонансной области. Исследовано расплывание огибающей возбуждаемого такой антенной сигнала при его распространении в магнитоактивной плазме с учетом поправок, связанных с тепловым движением и столкновениями электронов. Показано, что в этом случае (как и при монохроматическом возбуждении, изученном ранее другими авторами) уже на сравнительно небольшом расстоянии от источника имеет место расплывание огибающей, обусловленное интерференцией возбуждаемых квазиэлектростатических волн с близкими направлениями групповых скоростей. Примечательно, что этот эффект наблюдается и при пренебрежении квадратичным слагаемым в разложении дисперсионного соотношения по частоте. Данные результаты использованы далее для анализа излучения ряда простых дипольных источников с гладкими и разрывными распределениями заряда вдоль антенного провода и применены для объяснения временной структуры поля, регистрируемого приемной антенной в ионосферном эксперименте OEDIPUS-C.

В заключительном разделе первой главы построенная теория обобщена на случай распространения импульсного сигнала в плазменном волноводе, ориентированном вдоль внешнего постоянного магнитного поля. Для этого в квазиэлектростатическом приближении найдены собственные моды такого волновода, а затем решена задача об их возбуждении электрическими диполями с заданными монохроматическими и немонахроматическими токами.

В главе 2 автор рассматривает нелинейную задачу о формировании ориентированного вдоль внешнего магнитного поля дукта плотности вследствие ионизационного самоканалирования квазиэлектростатических волн. Следует отметить, что такие плазменные образования неоднократно наблюдались в лабораторных и активных ионосферных экспериментах (в частности, в серии натуральных ракетных экспериментов «Активный шнур» в нижней ионосфере). Автор не исследует детально структуру канала в стационарном режиме, ограничиваясь по существу некоторыми элементарными оценками, вытекающими из системы строгих уравнений для поля и баланса концентрации и энергии электронов плазмы, а сосредоточивается на анализе динамики разряда в окрестности его переднего фронта. В результате проведенного диссертантом модельного расчета найдены самосогласованные распределения поля и концентрации электронов вблизи фронта ионизации. Показано, что электрическое поле вблизи этого фронта характеризуется повышенным значением по сравнению со стационарной частью канала и может более чем на порядок величины превосходить характерное пробойное поле.

В заключении сформулированы основные результаты работы.

Оценивая диссертацию в целом, следует отметить, что она представляет собой вполне законченную научную работу, в которой получен ряд новых результатов, важных в теоретическом и практическом отношении. К числу наиболее интересных результатов диссертации можно отнести реализацию метода моментов для отыскания распределения заряда на тонком идеально проводящем теле вращения в резонансной магнитоактивной плазме; найденный диссертантом аналитический класс пространственно-временных распределений резонансного поля в линейном режиме; определение характеристик распространения электромагнитных сигналов в однородной и неоднородной магнитоактивной плазме в резонансных условиях, включая режимы каналированного распространения волн с периодическим

повторением структуры поля в пространстве. Результаты диссертации расширяют круг решенных задач по рассматриваемой тематике и представляют несомненный интерес для планирования активных экспериментов к околоземной плазме и объяснения данных, полученных в уже выполненных экспериментах

Достоверность результатов диссертации подтверждается использованием в ней апробированных теоретических и численных методов исследования, обоснованностью выводов, их согласием с имеющимися экспериментальными данными, а также результатами, полученными ранее другими авторами для частных случаев. Все результаты диссертации имеют ясную физическую интерпретацию.

Личный вклад автора состоит в проведении теоретического анализа и численных расчетов, а также объяснении ряда экспериментальных результатов и не вызывает никаких сомнений.

Диссертация написана ясным и четким языком, хорошо оформлена и содержит большое число иллюстраций, делающих изложение достаточно наглядным.

В работе имеются, однако, некоторые недостатки.

1. В первой главе при рассмотрении распределения заряда вдоль тонкого цилиндрического проводника автор не обсуждает возможное влияние двойного слоя (области нарушения квазинейтральности) вблизи поверхности излучателя на его электродинамические характеристики. Хотя для рассматриваемого в диссертации излучателя с малой электрической длиной учет такого слоя вряд ли существенно скажется на квазиоднородном распределении заряда вдоль антенного провода, влияние указанной области на импеданс тонкой антенны может быть, вообще говоря, весьма заметным.

2. Не вполне понятно, с какой целью в первой главе уделено столь большое внимание отысканию распределения заряда вдоль тонкого цилиндрического проводника с малой электрической длиной в резонансной магнитоактивной плазме. Квазиоднородный характер этого распределения в данном случае достаточно очевиден, особенно если учесть известные из литературы результаты других авторов для тонких антенн с произвольной протяженностью в такой плазменной среде.

3. На с. 82 диссертации отмечено, что одним из условий применимости модельной формулы (120) для частоты ионизации является малость продольного масштаба электронной теплопроводности по сравнению с соответствующим пространственным масштабом распределения поля. Там же указано, что это условие в рассматриваемом автором случае заведомо нарушается вблизи конца плазменного канала. Однако представленные аргументы в пользу возможности применения этой формулы (высокая интенсивность ионизации в нестационарной части, а также простота данной формулы) выглядят неубедительно.

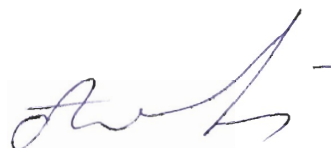
4. Структура диссертации могла бы быть более сбалансированной, если разбить материал главы 1 на две отдельные главы, разделив случаи размещения антенн в однородной безграничной плазме и в плазменном волноводе.

Отмеченные недостатки не могут влиять на общую положительную оценку диссертации Е. А. Широкова и ее научной и практической значимости.

Основные результаты диссертации опубликованы в 6 статьях в рецензируемых журналах из списка ВАК и 12 работах в сборниках трудов и тезисов докладов международных и российских научных конференций. Автореферат соответствует содержанию диссертации.

Таким образом, можно заключить, что диссертационная работа Е. А. Широкова выполнена на актуальную тему, удовлетворяет всем требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемым ВАК к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.08 – физика плазмы.

Официальный оппонент,
доктор физико-математических наук, профессор,
заведующий кафедрой электродинамики
радиофизического факультета
Национального исследовательского
Нижегородского государственного
университета им. Н. И. Лобачевского

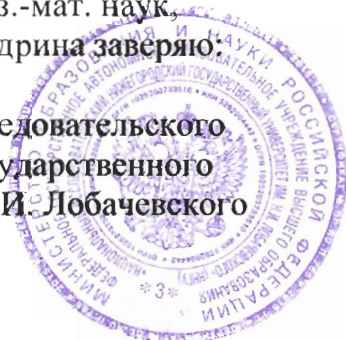


А. В. Кудрин

Контактная информация:

Кудрин Александр Владимирович,
доктор физико-математических наук, профессор,
заведующий кафедрой электродинамики радиофизического факультета
Национального исследовательского Нижегородского
государственного университета им. Н. И. Лобачевского,
федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования «Национальный исследовательский
Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского»,
603950, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, д. 23,
Тел.: (831) 4623262, e-mail: kud@rf.unn.ru

Подпись доктора физ.-мат. наук,
профессора А. В. Кудрина заверяю:
Ученый секретарь
Национального исследовательского
Нижегородского государственного
университета им. Н. И. Лобачевского



Л. Ю. Черноморская