

ОТЗЫВ НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

на диссертацию Зудина Ильи Юрьевича

«Лабораторное и численное моделирование распространения волн свистового диапазона в нестационарной и неоднородной магнитоактивной плазме»

по специальности 01.04.08 – физика плазмы

Основной целью диссертационной работы И.Ю. Зудина является исследование методами лабораторного и численного моделирования эффектов, возникающих при распространении свистовых волн в магнитоактивной плазме, модифицированной мощным электромагнитным излучением. Свистовые волны используются для решения задач диагностики и мониторинга плазменного окружения Земли, и рассматриваются как перспективный инструмент активного воздействия на энергичные электроны, захваченные геомагнитной ловушкой. Нестационарные возмущения плазмы и неоднородности, возникающие на трассе распространения свистовых волн под действием излучения мощных наземных передатчиков различных частотных диапазонов, могут использоваться для управления амплитудно-частотными характеристиками (АЧХ) свистовых волн, а также в качестве искусственных линз и волноводных каналов. Задачи диссертации актуальны и значимы для фундаментальной науки и приложений, связанных с технологиями воздействия на геофизическую среду и построением каналов космической радиосвязи.

В работе И.Ю. Зудина рассмотрены вопросы, связанные с трансформацией АЧХ свистовых волн на общей трассе с интенсивными волнами, модулированными по интенсивности (кроссмодуляция), и эффекты преобразования пространственной структуры и волноводного каналирования свистовых волн при наличии систем вытянутых вдоль магнитного поля неоднородностей концентрации плазмы. Исследование выполнено методами численного и лабораторного моделирования; лабораторные эксперименты проведены на крупномасштабном стенде «Крот», входящем в состав уникальной научной установки «Комплекс крупномасштабных геофизических стендов ИПФ РАН» (УНУ ККГС). Среди важнейших результатов, полученных в диссертации, можно отметить следующие:

Впервые на большой плазменной установке экспериментально исследовано явление кроссмодуляции свистовых волн. Установлены зависимости уровней новых компонент частотного спектра пробных свистовых волн от параметров накачки и плазмы. Предложена модель обогащения частотного спектра пробных волн на основе приближений пространственно-временной геометрической оптики нестационарных сред.

Создана численная модель распространения свистовых волн в неоднородной плазме на основе метода конечных разностей во временной области (FDTD). Реализован оригинальный алгоритм, обеспечивающий расчет волновых полей свистового диапазона в крупной области пространства, содержащей разномасштабные неоднородности концентрации электронов, при параметрах лабораторной и ионосферной плазмы.

Методами численного моделирования изучены новые режимы волноводного распространения свистовых волн при наличии систем регулярных и случайных неоднородностей с различными размерами поперек внешнего магнитного поля.

Предложена методика создания групп неоднородностей концентрации, моделирующих возмущения околоземной плазмы, на большой плазменной установке. Проведены лабораторные эксперименты, в которых продемонстрировано распространение свистовых волн в неоднородностях концентрации в режиме связанных волноводов.

Полученные результаты, на мой взгляд, имеют высокую теоретическую и практическую значимость. Проведённые И.Ю. Зудиным исследования вносят заметный вклад в понимание эффектов, сопровождающих распространение свистовых волн в возмущённой ионосфере и магнитосфере Земли. Значительная доля результатов, полученных в диссертации методами численного моделирования,

относится к конкретным постановкам активных ионосферных экспериментов, использующих мощные наземные радиостанции и геофизические ИСЗ. Исследования, проведённые в диссертации, полностью соответствуют специальности 01.04.08 – физика плазмы.

В части лабораторных экспериментов, достоверность результатов, полученных в ходе работы над диссертацией, обеспечивается применением надёжных, дополняющих друг друга методов диагностики плазмы, проведением исследований в максимально «рафинированной» постановке, которая возможна на такой специализированной установке для моделирования космической плазмы, как «Крот». В части численного моделирования, достоверность результатов подтверждается тестовыми расчетами на модельных задачах различного уровня сложности, сопоставлением получаемых результатов с точными аналитическими решениями, использованием при расчетах сеток с различным шагом, в том числе – измельчённых. Постоянство критического подхода и стремление к всесторонней верификации получаемых результатов – неотъемлемые черты научного стиля И.Ю. Зудина.

И.Ю. Зудин начал свою исследовательскую работу в отделе геофизической электродинамики ИПФ РАН в 2009 году на I курсе магистратуры факультета «Высшая школа общей и прикладной физики» (ВШОПФ) ННГУ им. Н.И. Лобачевского в рамках подготовки выпускной квалификационной работы «Генерация гармоник и кроссмодуляция интенсивных волн свистового диапазона частот в магнитоактивной плазме», успешно защищённой в 2011 году. Исследования, выполненные И.Ю. Зудиным в магистратуре ВШОПФ, легли в основу одной из глав диссертации. После окончания магистратуры И.Ю. Зудин был принят в аспирантуру ИПФ РАН по специальности 01.04.08 – физика плазмы. После окончания аспирантуры в 2014 году И.Ю. Зудин был принят на постоянную работу в ИПФ РАН в должности младшего научного сотрудника. В профессиональной деятельности И.Ю. Зудин проявил себя грамотным разносторонним специалистом, способным находить оригинальные решения различных научно-технических задач. Помимо деятельности на установке «Крот», И.Ю. Зудиным внесён большой вклад в выполнение других работ ИПФ РАН по геофизической тематике, в первую очередь связанных с измерениями в полигонных и экспедиционных условиях. И.Ю. Зудин способен самостоятельно вести научную работу, владеет современными технологиями исследований, успешно занимается автоматизацией эксперимента.

Материалы диссертации И.Ю. Зудина опубликованы в ведущих рецензируемых журналах по направлению исследований, неоднократно докладывались на конференциях и получили признание в научной среде. И.Ю. Зудин является исполнителем хоздоговорных НИР, работ, выполняемых в рамках федеральных целевых программ, участником научных коллективов, поддержанных грантами РФФИ и РНФ. На мой взгляд, И.Ю. Зудин заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.08 – физика плазмы.

Заведующий лабораторией моделирования
геофизических плазменных явлений ИПФ РАН,
кандидат физико-математических наук

e-mail: mguschin@ipfran.ru


М.Е. Гушин

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики Российской академии наук» (ИПФ РАН)
Адрес: 603950, г. Нижний Новгород, БОКС-120, ул. Ульянова, д. 46

Подпись М.Е. Гушина удостоверяю:
Учёный секретарь ИПФ РАН
кандидат физико-математических наук



И.В. Корюкин