



УТВЕРЖДАЮ

Директор ИПФ РАН,
академик РАН Т.Г. Денисов

» июля 2024 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова-Грехова Российской академии наук» (ИПФ РАН)

по диссертации Николенко Андрея Сергеевича «Экспериментальное исследование разлёта импульсной плазменной струи, создаваемой компактным коаксиальным генератором, во внешнем магнитном поле на крупномасштабной плазменной установке» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по научной специальности: 1.3.9. Физика плазмы.

Работа выполнена в отделе геофизической электродинамики (отд. 260) Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова-Грехова Российской академии наук».

Научный руководитель – Гуцин Михаил Евгеньевич, заведующий отделом моделирования геофизических плазменных явлений ИПФ РАН, кандидат физико-математических наук.

В 2019 г. соискатель учёной степени окончил магистратуру в Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования "Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского" по направлению подготовки 03.04.02. Физика.

Срок обучения в аспирантуре Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова-Грехова Российской академии наук»: 4 года (с 1 сентября 2019 года по 31 августа 2024 года; академический отпуск с 24.10.2022 по 31.08.2023).

Свидетельство об окончании аспирантуры № 105200 00000027 от 10 июля 2024 года.

В период подготовки диссертации соискатель Николенко Андрей Сергеевич работал младшим научным сотрудником в отделе геофизической электродинамики (отд. 260) Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова-Грехова Российской академии наук».

Личное участие аспиранта в получении результатов, изложенных в диссертации

Все приведенные в диссертации результаты получены либо лично аспирантом, либо при его непосредственном участии, а именно проведение лабораторных экспериментов,

интерпретация и анализ полученных данных. Для постановки эксперимента аспирантом было изготовлено коаксиальные генераторы плазмы на основе эрозионного разряда и различные диагностики, дополняющие и дублирующие те, что входят в оснащение экспериментальной установки.

Научная новизна и основные результаты диссертационного исследования

1. Компактные коаксиальные генераторы импульсных плазменных потоков на основе эрозионного разряда на полиэтилене позволяют моделировать активные космические эксперименты и астрофизические явления в крупномасштабных вакуумных камерах, оснащенных источниками квазиоднородного магнитного поля и фоновой плазмы, за счет реализации режима разлета плазмы, близкого к безграничному.

2. Облака углеродно-водородной плазмы с невысокой энергией (уровня 0.1 Дж) и умеренной скоростью (от 20 км/с) при разлете в магнитном поле в вакуум и в фоновую плазму демонстрируют широкий спектр явлений, типичных для активных космических и лабораторных лазерно-плазменных экспериментов, включая образование глубоких диамагнитных каверн, генерацию электромагнитных и структурных неустойчивостей.

3. При инъекции плазмы вдоль магнитного поля формируется диамагнитная каверна с полностью вытесненным полем, поперечный размер которой – порядка классического радиуса торможения R_B , а продольный определяется длительностью инъекции. Диффузия магнитного поля в холодную плотную плазму, заполняющую диамагнитную каверну, обусловлена кулоновскими столкновениями, а не развитием неустойчивостей как во многих активных космических и лазерно-плазменных экспериментах.

4. На стадии расширения плазменной струи вдоль магнитного поля в вакууме в диамагнитной каверне развивается нижнегибридная неустойчивость с высоким – порядка 10% – уровнем возмущений магнитного поля, которая, однако, не влияет на режим восстановления магнитного поля в плазме. Желобковая неустойчивость, развивающаяся на границе плазмы на стадии торможения облака, разделена по времени с нижнегибридной неустойчивостью.

5. Плазма, инжектируемая поперек квазиоднородного магнитного поля, формирует коллимированное струйное течение – «плазменный лист». Коллимированная плазменная струя распространяется за область диамагнитной каверны поперек внешнего поля без сильного возмущения последнего на расстояние более 1 м. В широком диапазоне индукций поперечное магнитное поле не тормозит плазму: скорость потока существенно не изменяется. При этом толщина плазменного листа обратно пропорциональна индукции внешнего магнитного поля и близка к гирорадиусу более легких ионов плазмы – протонов.

Степень достоверности результатов проведенных исследований

Все представленные результаты диссертационного исследования являются достоверными и обоснованными. Экспериментальные исследования проводились методами, включавшими в себя проверки адекватности получаемых данных и зачастую дублирование диагностических средств, иными словами, в работе применялись надежные и апробированные методы диагностики параметров плазмы. Положения и основные результаты диссертационной работы опубликованы в рецензируемых российских и

зарубежных научных журналах и подвергались оценке независимых экспертов. Результаты докладывались на всероссийских и международных конференциях и школах, обсуждались на научных семинарах. По теме диссертации опубликовано 14 работ, из которых 4 статьи по теме диссертации в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК, 10 публикаций тезисов докладов в сборниках трудов конференций и школ.

Практическая и теоретическая значимость результатов исследования

Результаты диссертационной работы имеют практическую значимость для постановки лабораторных экспериментов по моделированию разлета плазменных струй в магнитных полях различных конфигураций в присутствии различных фоновых сред, для планирования будущих натурных активных экспериментов и анализа уже проведенных, интерпретации данных наблюдательной астрономии. Эксперименты, проводимые в режиме «безграничного» разлета плазмы, являются основой для верификации численных моделей. Технология создания компактных коаксиальных генераторов на основе эрозионного разряда может применяться при моделировании плазменных устройств, включая импульсные плазменные двигатели, коммутаторы, установки УТС.

Список работ, опубликованных в журналах из Перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук

1. Гуцин М.Е., Коробков С.В., Терехин В.А., Стриковский А.В., Гундорин В.И., Зудин И.Ю., Айдакина Н.А., Николенко А.С. Эксперименты по моделированию динамики плотного плазменного облака, расширяющегося в замагниченную фоновую плазму, на крупномасштабном стенде «Крот» // Письма в ЖЭТФ. Т. 108. В. 6. 2018. С. 416 - 421.

2. Коробков С.В., Гуцин М.Е., Гундорин В.И., Зудин И.Ю., Айдакина Н.А., Стриковский А.В., Николенко А.С. Простейшая эрозионная плазменная пушка из коаксиального кабеля с полиэтиленовой изоляцией // Письма в ЖТФ, Т. 45, В. 5, 2019, С. 45 – 49.

3. Коробков С. В., Николенко А. С., Гуцин М. Е., Стриковский А. В, Зудин И. Ю., Айдакина Н. А., Шайхисламов И. Ф., Руменских М. С., Земсков Р. С., Стародубцев М. В. Особенности динамики и неустойчивости плазменных струй, расширяющихся во внешнее магнитное поле, в лабораторных экспериментах с компактными коаксиальными генераторами плазмы на крупномасштабном стенде “Крот” // *Астрономический журнал*, 2023, том 100, № 1, С. 107-118.

4. Николенко А. С., Гуцин М. Е., Коробков С. В., Зудин И. Ю., Айдакина Н. А., Стриковский А. В., Лоскутов К. Н. Динамика плазменного облака, формируемого компактной коаксиальной пушкой, при разлете в вакуум и фоновую плазму большого объема во внешнем магнитном поле // *Физика плазмы*, 2023, том 49, № 11, С. 1101-1117.

Ценность научных работ диссертанта отражается высоким уровнем публикаций в рецензируемых журналах, они неоднократно обсуждались на различных конференциях и семинарах, научных школах.

Результаты, представленные в диссертационной работе, в полной мере изложены в работах, опубликованных соискателем ученой степени. Формулировки результатов изложены в соответствии с личным вкладом автора в каждую из опубликованных статей. Ссылки на источники заимствования материалов оформлены корректно.

Научная специальность, которой соответствует диссертация: 1.3.9. Физика плазмы.

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

Диссертация соответствует критериям, установленным в соответствии с Федеральным законом Российской Федерации от 23 августа 1996 года № 127-ФЗ "О науке и государственной научно-технической политике".

Диссертация «Экспериментальное исследование разлёта импульсной плазменной струи, создаваемой компактным коаксиальным генератором, во внешнем магнитном поле на крупномасштабной плазменной установке» Николенко Андрея Сергеевича рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по научной специальности: 1.3.9. Физика плазмы.

Настоящее заключение составлено на основании решения Ученого совета отделения геофизики ИПФ РАН по проведению итоговой аттестации по программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре по научной специальности: 1.3.9. Физика плазмы.

Присутствовало на заседании 14 чел.

Результаты голосования: «за» – 14 чел., «против» – 0 чел., «воздержалось» – 0 чел.
протокол № 10 от «08» июля 2024 г.



Мареев Евгений Анатольевич,
доктор физико-математических наук,
академик РАН,
Председатель Ученого совета отделения
геофизических исследований и центра
гидроакустики



Шаталина Мария Викторовна,
кандидат физико-математических наук,
Учёный секретарь отделения геофизических
исследований и центра гидроакустики