

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Земскова Романа Сергеевича

“Магнитогидродинамические и кинетические процессы при взаимодействии высокоскоростных потоков лазерной плазмы с сильным магнитным полем”,
представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.9 - физика плазмы

Диссертационная работа Земскова Романа Сергеевича посвящена экспериментально-теоретическому исследованию фундаментальных физических процессов, возникающих при взаимодействии лазерно-созданной высокотемпературной плазмы с внешними магнитными полями. Экспериментальное исследование выполнено на базе петаваттного комплекса PEARL, обладающего сочетанием наносекундных и фемтосекундных режимов генерации, что позволяет получать плазменные потоки существенно различной природы. Благодаря этому диссертация охватывает широкий спектр физических режимов — от квазиравновесной плазмы умеренной степени ионизации до релятивистских ускоренных электронных потоков, характерных для интенсивных импульсов.

Работа включает обзор основ лабораторной астрофизики, описание экспериментальных методик, результатов экспериментальных измерений для различных конфигураций плазменных потоков и магнитного поля, сопоставление этих данных с выполненным в работе численным моделированием. Такой комплексный характер исследования делает его содержательным и методически цельным: автор стремится не просто зарегистрировать отдельные явления, но выявить общие закономерности поведения плазмы в условиях, моделирующих процессы в астрофизических системах.

Актуальность выполненной работы определяется тем, что взаимодействие плазменных потоков с магнитными полями является ключевым механизмом, формирующим динамику широкого класса астрофизических объектов. Во многих случаях исследуемые параметры — такие как структура внутренних токов, развитие неустойчивостей или характер формирования направленных потоков — не могут быть реконструированы из наблюдений, поскольку происходят в масштабах, недоступных прямой регистрации. Лабораторные эксперименты, реализуемые на мощных лазерах, предоставляют уникальную возможность в контролируемых условиях изучить процессы, имеющие прямую аналогию с поведением плазмы в окрестностях молодых звёзд, джетов или ударных фронтов в разреженной межзвёздной среде.

Научная новизна диссертации заключается в ряде новых экспериментальных результатов. Автором зафиксированы существенные различия в геометрии и динамике плазменных потоков, созданных импульсами различной длительности; обнаружены специфические формы взаимодействия этих потоков с магнитным полем; исследованы особенности формирования диамагнитных структур; детально рассмотрено развитие поперечных и продольных неустойчивостей, включая режимы, в которых доминируют холловские эффекты. Особое значение имеет регистрация длительных филаментационных образований в случае фемтосекундно-индуцированной плазмы, что представляет интерес как для астрофизической интерпретации, так и для физики термоядерной плазмы. Существенным научным результатом является также воспроизведение в лаборатории условий, напоминающих магнитные конфигурации с полоидальными компонентами типа «песочных часов», характерными для областей формирования астрофизических джетов.

Достоверность полученных результатов обеспечена использованием набора разнообразных диагностических методов (интерферометрия, поляриметрия, теневые методы), и подтверждением экспериментальных наблюдений данными численного моделирования. Модели различаются уровнем детализации, что позволяет сопоставлять экспериментальные данные как с кинетическими, так и с гидродинамическими описаниями. Это обеспечивает устойчивость выводов и минимизирует вероятность интерпретационных ошибок.

Обоснованность основных положений, вынесенных на защиту, подтверждается согласованностью результатов, полученных в различных сериях экспериментов, и их соответствием существующим теоретическим представлениям о поведении плазмы в магнитных полях. Автор корректно выстраивает причинно-следственные связи и аргументирует выводы в соответствии с наблюдаемыми явлениями.

Методическое качество исследования находится на высоком уровне. Подбор сочетания коротко- и длинноимпульсных режимов лазерного воздействия, реализация импульсного магнитного поля большой величины, использование различных диагностик и привлечение нескольких классов вычислительных моделей свидетельствуют о продуманности научного подхода. Выполненная численная часть работы не носит формального характера, а дополняет и уточняет экспериментальные данные, что повышает научную ценность исследования.

Практическая значимость работы заключается в том, что представленные результаты могут быть использованы для верификации современных численных инструментов, применяемых при моделировании плазменных процессов в астрофизике, в

задачах физики высоких температур и в исследованиях по инерциальному термоядерному синтезу.

Качество оформления диссертации и степень её завершенности соответствуют требованиям к кандидатским работам. Материал изложен последовательно и аккуратно, результаты представлены в полной мере и подтверждены 9 статьями в рецензируемых изданиях. Представленный автореферат адекватно отражает содержание диссертации и основные выводы исследования.

На основании анализа материалов автореферата и содержания выполненной работы можно заключить, что диссертация Земскова Р.С. является завершенным научным исследованием, содержащим новые результаты, обладающие научной и практической ценностью. Работа удовлетворяет установленным требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.9 «Физика плазмы», а её автор Земсков Роман Сергеевич заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук.

Доктор физико-математических наук, профессор,
Заведующий лабораторией Теория лазерной плазмы,
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Объединенный институт высоких температур Российской академии наук
(ОИВТ РАН)

Андреев Николай Евгеньевич

Согласен на обработку моих персональных данных, связанных с защитой данной диссертации.

ОИВТ РАН, 125412, г. Москва, ул. Ижорская, д.13, стр.2

тел.: +7-495-483-4211

E-mail: andreev@ras.ru

Андреев Николай Евгеньевич

Подпись доктора физ.-мат. наук, профессора Н. Е. Андреева удостоверяю.

Ученый секретарь

Объединенного института высоких температур РАН
доктор физ.-мат. наук



А.Д. Киверин
25 ноября 2025 г.