

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.238.01,  
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
БЮДЖЕТНОГО НАУЧНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ  
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК», ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ  
УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 19.12.2022 № 169

О присуждении Нечаеву Антону Андреевичу, гражданину РФ,  
учёной степени кандидата физико-математических наук

Диссертация «Магнитные и электрические квазистационарные неоднородные структуры в бесстолкновительной плазме с анизотропным распределением частиц по скоростям» по специальности 1.3.9 – физика плазмы принята к защите 10.10.2022 г., протокол № 164 , диссертационным советом 24.1.238.01, созданным на базе Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики Российской академии наук» (ИПФ РАН), 603950, Нижний Новгород, ул. Ульянова, 46, приказ Министерства образования и науки РФ о создании совета №717/нк от 09.11.2012.

Соискатель, Нечаев Антон Андреевич, 1992 года рождения, в 2015 году окончил ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет имени Н.И. Лобачевского», в 2019 году окончил аспирантуру ИПФ РАН, работает заместителем заведующего отделом в ИПФ РАН.

Диссертация выполнена в отделе астрофизики и физики космической плазмы ИПФ РАН. Научный руководитель — член-корреспондент РАН, доктор физ.-мат. наук Кочаровский Владимир Владиленович, заведующий отделом астрофизики и физики космической плазмы ИПФ РАН.

Официальные оппоненты, Андреев Николай Евгеньевич, доктор физ.-мат. наук, профессор, заведующий лабораторией ФГБУН «Объединенный институт высоких температур РАН», и Малова Хельми Витальевна, доктор физ.-мат.

наук, ведущий научный сотрудник ФГБУН «Институт космических исследований РАН», дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация, ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» (МГУ), в своём положительном заключении, подписанном доктором физ.-мат. наук, проф. А.Б. Савельевым-Трофимовым и утверждённом проректором МГУ доктором физ.-мат. наук, проф. А.А. Федяниным, указала, что диссертация А.А. Нечаева удовлетворяет критериям действующего «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.9 – физика плазмы.

Соискатель имеет по теме диссертации 11 статей в рецензируемых журналах. Наиболее значимые работы:

1. Кочаровский В. В., Кочаровский Вл. В., Мартьянов В. Ю., Нечаев А. А. Аналитическая модель токовой структуры границы магнитослоя в бесстолкновительной плазме // ПАЖ. 2019. Т. 45, № 8. С. 591–604.
2. Нечаев А. А., Гарасёв М. А., Степанов А. Н., Кочаровский В. В. Формирование слоя уплотнения в бесстолкновительной электростатической ударной волне при расширении горячей плотной плазмы в холодную и разреженную // Физика плазмы. 2020. Т. 46, № 8. С. 694–713.
3. Garasev M. A., Nechaev A. A., Stepanov A. N., Kocharovsky V. V., Kocharovsky Vl. V. Multiscale magnetic field structures in an expanding elongated plasma cloud with hot electrons subject to an external magnetic field // J. Plasma Phys. 2022. V. 88, iss. 3. Art. id. 175880301.

На диссертацию и автореферат поступило 5 отзывов. Все отзывы положительные, в них отмечаются актуальность диссертации, научная новизна и практическая значимость полученных результатов.

Положительный отзыв ведущей организации содержит, помимо редакционных замечаний, следующие вопросы: 1) при постановке задачи о слое уплотнения предполагалось однотемпературное распределение электронов по энергии с «температурой» 2.5 кэВ, однако при воздействии фемтосекундного

импульса рассматриваемой интенсивности энергии в единицы – десятки кэВ характерны только для быстрых электронов, обладающих к тому же анизотропным распределением по скоростям, а основную долю электронов составляют электроны с меньшей примерно на порядок температурой. Насколько эти факторы влияют на результаты, представленные в работе?

2) Подавляющее большинство расчетов проведено в приближении, что плазменное пятно не ограничено по одной из координат. Насколько реальная конечная длина пятна повлияет на полученные результаты, и в каких условиях возможно наблюдение указанных в работе магнитных структур?

Положительный отзыв официального оппонента д.ф.-м.н., проф. Н.Е. Андреева содержит, наряду с редакционными, следующее замечание: в главе 5 справедливость одномодового приближения, сделанного при получении аналитического выражения (5.10) для плотности энергии вейбелевского магнитного поля, требует дополнительного анализа; не ясна полезность этого выражения для оценки реальных трехмерных процессов развития и затухания вейбелевской турбулентности. Положительный отзыв официального оппонента д.ф.-м.н. Х.В. Маловой содержит, помимо редакционных, следующее замечание: необходимо подробнее описать траектории частиц в токовом слое (рис. 6.3), пересекающих плоскости смены знака проекций векторного потенциала  $A_u$  и магнитного поля  $B_u$  (рис. 6.2b); если бы компонента  $B_u$  меняла знак в области траектории протона, тот не был бы замагниченным в этой области, а двигался вдоль серпантинной траектории, как в стандартной модели Харриса и других моделях (см., например, Zelenyi et al., NPG, 2000).

Положительный отзыв на автореферат научного сотрудника Калифорнийского университета к.ф.-м.н. И.Ю. Васько содержит замечания: необходимо указать в тексте автореферата на отсутствие электрических полей в предложенной модели токового слоя и на ограничения допустимых свойств нейтрализующей компоненты плазмы. Положительный отзыв на автореферат заведующего сектором Полярного геофизического института д.ф.-м.н. О.В. Мингалёва замечаний не содержит.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обоснован тем, что оппоненты являются высококвалифицированными специалистами в области физики плазмы, а одним из направлений работ ведущей организации является исследование кинетических процессов в лазерной плазме.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- определены условия возникновения и особенности эволюции слоя уплотнения на фронте электростатической ударной волны при расширении бесстолкновительной лазерной плазмы с горячими электронами в холодную и разреженную фоновую плазму;
- установлено, что при инжекции плазмы с горячими электронами в фоновую холодную плазму или вакуум при наличии внешнего магнитного поля в широкой области параметров задачи формируются токовые структуры, мелкомасштабная составляющая которых определяется электронной вейбелевской неустойчивостью, обусловленной многопоточностью и анизотропным остыванием электронов, причем ориентация внешнего поля в плоскости, параллельной границе исходного разрыва в плазме, существенно влияет на условия возникновения и деформацию токовых структур;
- выявлены законы нелинейной эволюции и затухания пространственных гармоник магнитного поля и плотности тока, созданных в результате развития вейбелевской неустойчивости в первоначально однородной бесстолкновительной плазме со сравнимыми по величине анизотропиями и энергосодержанием электронной и ионной компонент;
- аналитически изучен широкий класс кинетических переходных токовых слоев между областями плазмы с разными величинами магнитного поля, параметрами анизотропных распределений и концентрациями частиц, допускающий широкий выбор энергетических распределений и профилей плотности тока различных фракций частиц, а также соответствующих профилей магнитного поля, в том числе обладающих широкими силовыми линиями.

**Теоретическая значимость работы** определяется новыми свойствами решений уравнений Власова – Максвелла, выявленными аналитически и

численно для ряда кинетических процессов и конфигураций полей в неравновесной бесстолкновительной плазме.

**Практическая значимость работы** обусловлена возможностью использования полученных теоретических результатов для планирования и интерпретации данных экспериментов и наблюдений в лазерной и космической плазме. Построенные модели токовых слоев дают новые возможности интерпретации наблюдений долгоживущих магнитных структур в области магнитопауз различных конфигураций, порождаемых звездным ветром.

**Достоверность результатов** обоснована применением широко известных физических моделей, строгих математических методов и апробированных численных кодов. Полученные аналитические оценки и результаты численного моделирования согласуются с экспериментальными данными и теоретическими результатами других научных групп.

**Личный вклад соискателя** состоит в том, что основные результаты, представленные в диссертации, получены автором лично или при его непосредственном участии. Постановка задач и интерпретация полученных результатов проводились совместно с научным руководителем и соавторами.

На заседании от 19.12.2022 г. диссертационный совет принял решение: за решение научной задачи, имеющей значение для развития физики плазмы, присудить А.А. Нечаеву учёную степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 23 человек, из них 6 докторов наук по специальности 1.3.9, участвовавших в заседании, из 31 человека, входящего в состав совета, проголосовали: за – 23, против – нет действительных бюллетеней – нет.

Заместитель председателя диссертационного совета,  
академик РАН

  
Денисов Григорий Геннадиевич

Ученый секретарь диссертационного совета,  
доктор физ.-мат. наук

  
Абубакиров Эдуард Булатович

«19» декабря 2022 г.

