

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.224.02,  
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
УЧРЕЖДЕНИЯ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР  
«ИНФОРМАТИКА И УПРАВЛЕНИЕ»  
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК» (ФИЦ ИУ РАН) ПО ДИССЕРТАЦИИ  
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 26 сентября 2024 г. № 3

О присуждении Гордеевой Надежде Михайловне, гражданке Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Краевая задача для системы интегро-дифференциальных уравнений, возникающая в физике плазмы» по специальности 1.1.2 — «Дифференциальные уравнения и математическая физика» принята к защите 22 июля 2024 г. (протокол № 2) диссертационным советом 24.1.224.02, созданным на базе Федерального государственного учреждения «Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук» (ФИЦ ИУ РАН), находящегося по адресу: 119333, г. Москва, ул. Вавилова, д. 44, корп. 2, приказ о создании диссертационного совета № 1337/нк от 24.10.2022.

Соискатель — Гордеева Надежда Михайловна, 1968 года рождения, в 1990 г. окончила факультет вычислительной математики и кибернетики Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова по специальности «прикладная математика», получила квалификацию математика. В 2017 г. в качестве экстерна была зачислена в аспирантуру Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет) (МГТУ им. Н.Э. Баумана) по направлению 27.06.01 «Управление в технических системах» по специальности 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ», где сдала экзамены кандидатского минимума — иностранный язык (английский), история и

философия науки, математическое моделирование, численные методы и комплексы программ, что подтверждается справкой от 22.03.2019 г. В 2019 г. Гордеева Н.М. была прикреплена к Московскому государственному областному университету для сдачи кандидатских экзаменов без освоения программ научно-педагогических кадров в аспирантуре и сдала кандидатский экзамен по специальности 01.01.03 «Математическая физика», что подтверждается справкой от 18.02.2020 г. Гордеева Н.М. по основному месту работы является старшим преподавателем МГТУ им. Н.Э. Баумана, по внешнему совместительству с 2023 г. работает в отделе 21 ФИЦ ИУ РАН, с февраля 2024 г. в должности младшего научного сотрудника. В соответствии с приказом № 3-25 от 02.04.2024 Гордеева Н.М. с 01.04.2024 по 31.03.2025 прикреплена к аспирантуре ФИЦ ИУ РАН для подготовки диссертации на соискание ученой степени кандидата наук без освоения программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре по научной специальности 1.1.2 «Дифференциальные уравнения и математическая физика».

Диссертация выполнена в отделе 21 «Федерального исследовательского центра «Информатика и управление» Российской академии наук (ФИЦ ИУ РАН)».

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, член-корреспондент РАН Безродных Сергей Игоревич. Основное место работы – Федеральное государственное учреждение «Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук», отдел 21, главный научный сотрудник.

Официальные оппоненты:

- 1) Полосин Алексей Андреевич, доктор физико-математических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», факультет вычислительной математики и кибернетики, доцент;
- 2) Миненков Дмитрий Сергеевич, кандидат физико-математических наук, ФГБУН Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского Российской



академии наук, Лаборатория механики природных катастроф, старший научный сотрудник,

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация ФГБУН Математический институт им. В.А. Стеклова Российской академии наук, Москва, в своем положительном отзыве, подписанном Болотиным Сергеем Владимировичем, д.ф.-м.н., профессором, чл.-корр. РАН, заведующим отделом механики Математического института имени В.А. Стеклова РАН, и утвержденном Трещевым Дмитрием Валерьевичем, д.ф.-м.н., профессором, академиком РАН, директором Математического института им. В.А. Стеклова РАН, указала, что диссертация Н.М. Гордеевой представляет собой законченное научное исследование, является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований разработаны теоретические положения, которые можно квалифицировать как научное достижение. Ведущая организация отметила, что в диссертации получен ряд новых результатов, которые интересны и представляются важными для теоретических вопросов, связанных с исследованием линейных интегро-дифференциальных уравнений проблем физики плазмы и ряда вопросов теории плазмы, а также для приложений в физике плазмы.

В отзыве ведущей организации отмечается, что специального упоминания заслуживают следующие результаты, полученные в диссертации.

1. Для линеаризованной системы уравнений Больцмана – Максвелла, которые описывают возмущения плазмы внешним электрическим полем, при помощи применения преобразования Фурье в нестандартных пространствах построено явное решение для безразмерного электрического поля и безразмерного отклонения функции распределения от невозмущенной функции распределения во всей плоскости переменных  $(x, v)$ .

2. Решение краевой задачи в полосе на  $(x, v)$ -плоскости для упомянутых функций с помощью решения во всей плоскости сведено к решению сингулярного интегрального уравнения, которое, в свою очередь, сведено к решению задачи сопряжения Римана на вещественной оси. Последняя задача решена в яв-

ном виде. Получено два разных решения в зависимости от наличия/отсутствия нулей дисперсионной функции.

3. Проведено численное исследование решения для напряженности внешнего электрического поля в зависимости от частоты этого поля и физических параметров плазмы. Определено поведение внешнего электрического поля в слое плазмы в зависимости от этих параметров.

В качестве замечания ведущая организация указывает на то, что вопрос о единственности решения следовало бы прокомментировать подробно, хотя отмечает, что единственность решения, очевидно, следует из его построения (единственности решения задачи Римана, см. теоремы 3.7 и 3.10). Также отмечается, что в главах 2 и 3 используемые вспомогательные результаты из теории обобщенных функций и краевых задач можно было привести более кратко. Также высказано пожелание перейти от одномерной задачи к задаче с магнитным полем, предполагающей большее число измерений. В отзыве отмечено, что указанные замечания не меняют результатов и не влияют на высокую оценку диссертации в целом.

Диссертация была рассмотрена на семинаре отдела механики Математического института им. В.А. Стеклова РАН (руководители: академик РАН, д.ф.-м.н., проф. В.В. Козлов, академик РАН, д.ф.-м.н., проф. Д.В. Трещев, чл.-корр. РАН, д.ф.-м.н., проф. С.В. Болотин) 07 июля 2024 г. Доклад Гордеевой Н.М. получил положительную оценку. Отзыв ведущей организации утвержден 26.08.2024 на заседании отдела механики МИАН.

Ведущая организация заключила, что диссертация является законченным научным исследованием, которое по актуальности и новизне изложенных результатов, а также по объему проделанной работы соответствует всем критериям, установленным п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, а ее автор, Гордеева Надежда Михайловна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.2 – «Диффе-



ренциальные уравнения и математическая физика».

Соискатель имеет 19 опубликованных работ по теме диссертации, в том числе 7 работ, опубликованных в изданиях, рекомендованных ВАК. Наиболее значительные работы:

1. Gordeeva N.M. Calculating a Perturbation of a Plasma Layer by an Electric Field // *Comp. Maths and Math. Physics*. 2024. Vol. 64. No. 3. P. 465-479.
2. Bezrodnykh S.I., Gordeeva N.M. Analytic Solution of the System of Integro-Differential Equations for the Plasma Model in an External Field // *Russian Journal of Mathematical Physics*. 2023. V. 30. № 4. Pp. 443-452.
3. Bezrodnykh S.I., Gordeeva N.M. Solution of a Boundary Value Problem for a System of Integro-Differential Equations Arising in a Modal of Plasma Physics // *Mathematical Notes*. 2023. V. 114. № 5. P. 704-715.
4. Латышев А.В., Гордеева Н.М. Поведение плазмы с произвольной степенью вырождения электронного газа в слое проводящей среды // *ТМФ*. 2017. Т. 192. № 3. С. 506-522.
5. Гордеева Н.М., Юшканов А.А. Невырожденная электронная плазма в слое во внешнем электрическом поле с зеркальным условием на границе // *ТВТ*. 2018. Т. 56. № 5. С. 687-695.
6. Гордеева Н.М., Юшканов А.А. Особенности поведения моды Дебая в электронной плазме при различных степенях вырождения электронного газа // *Письма в ЖТФ*. 2018. Т. 44. № 24. С. 143-149.
7. Гордеева Н.М., Латышев А.В. Задача о колебаниях в канале плазмы с произвольной степенью вырождения электронного газа. *Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Серия: Естественные науки*. 2018. № 3 (78). С. 97-103.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах.

На автореферат диссертации поступило 2 положительных отзыва:

1. от Игнатова Александра Михайловича, д.ф.-м.н. по специальности 1.3.9 – Физика плазмы, профессора по кафедре моделирования радиофизических

процессов, главного научного сотрудника теоретического отдела ИОФ РАН;

2. от Белоцерковского Андрея Владленовича, д.ф.-м.н., профессора, заслуженного работника высшей школы РФ, проректора МИИГАиК.

В отзывах на автореферат отмечается, что диссертация Гордеевой Н.М. удовлетворяет требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Описанное в автореферате научное исследование выполнено на достаточно высоком научном уровне. Отмечается, что для нахождения решения использовался целый спектр математических методов: линеаризация уравнений Больцмана – Максвелла, применение интегральных преобразований обобщенных функций, теория решений сингулярных интегральных уравнений. Полученные в работе результаты открывают возможности дальнейшего развития конструктивных методов для решения подобных задач. В частности, представляет интерес расширение предложенных подходов на большее число измерений. Отзывы на автореферат не содержат критических замечаний.

Выбор ведущей организации обосновывается международным признанием заслуг и компетентности Математического института им. В. А. Стеклова РАН в области разработки математического аппарата для моделирования различных физических процессов, в частности, решения задач математической физики и интегро-дифференциальных уравнений. Выбор официальных оппонентов обосновывается их научными достижениями и компетентностью в области дифференциальных уравнений и математической физики.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований

- в аналитическом виде построено общее решение системы интегро-дифференциальных уравнений, возникающей при моделировании возмущения слоя плазмы электрическим полем на основе кинетических уравнений Больцмана – Максвелла;



- с помощью подходов Г.Е. Шилова и И.М. Гельфанда выведены новые формулы для прямого и обратного преобразования Фурье обобщенных функций, имеющих вид интегралов по параметру. Эти формулы применены к решению указанной выше системы интегро-дифференциальных уравнений;
- построено аналитическое решение краевой задачи для системы интегро-дифференциальных уравнений, которой удовлетворяет возмущение функции распределения и электрическое поле; возникающее при этом сингулярное интегральное уравнение с ядром Коши и соответствующая задача Римана решены аналитически с помощью модификации классических представлений Ф.Д. Гахова и Н.И. Мусхелишвили на случай растущих данных;
- осуществлена численная реализация построенного аналитического решения для электрического поля для случая, когда невозмущенная функция распределения частиц в плазме совпадает с функцией Ферми – Дирака и Максвелла. Исследованы свойства электрического поля в зависимости от частоты внешнего поля и частоты столкновения частиц в плазме, а также от параметров выбранной невозмущенной функции распределения.

Теоретическая и практическая значимость исследования обоснована тем, что полученное в диссертации аналитическое решение линеаризованной системы Больцмана – Максвелла вносит существенный вклад в развитие конструктивных методов решения интегро-дифференциальных уравнений и их приложений к задачам физики плазмы. При построении решения найдены новые формулы для прямого и обратного преобразования Фурье для специального класса обобщенных функций, представимых в виде интегралов по параметру. Эти формулы могут быть применены для достаточно широкого класса задач математической физики, где возникают интегро-дифференциальные уравнения. Используемая при решении краевой задачи модификация метода Ф.Д. Гахова – Н.И. Мусхелишвили может быть применена к сингулярным интегральным уравнениям с неклассическими данными и задаче Римана с растущей правой частью. Построенное аналитическое решение задачи может быть использовано для верификации численных методов.



Достоверность полученных результатов обеспечивается использованием инструментов современной математической физики и применением таких разделов математических дисциплин, как теория функций комплексного переменного, краевые задачи математической физики, метод сингулярных интегральных уравнений, теория обобщенных функций.

В работе представлены подробные доказательства сформулированных теорем и приведен полный вывод решения рассматриваемой краевой задачи.

Математическая модель разработана на основе известных теоретических положений теоретической физики, физики плазмы, физики твердого тела, базовых положений кинетической теории, электродинамики сплошных сред и плазмы, электронной теории металлов, плазмы полупроводников и статистической физики твердого тела.

Положения и выводы диссертационной работы находятся в соответствии с современными представлениями математической физики, теории дифференциальных и интегральных уравнений, функционального анализа, теории краевых задач, теоретической физики, физики твердого тела и физики плазмы.

Личное участие соискателя в получении результатов, изложенных в диссертации, состоит в получении решения рассматриваемой системы интегродифференциальных уравнений, выведении новых формул для прямого и обратного преобразования Фурье введенных обобщенных функций, численной реализации построенного аналитического представления электрического поля и исследование его зависимости от параметров задачи. Решение задачи Римана, возникающей при решении сингулярного интегрального уравнения, получено совместно с научным руководителем.

В ответ на отзыв ведущей организации соискатель Н.М. Гордеева поблагодарила за подробный анализ работы и согласилась с замечаниями.

В ходе защиты диссертации соискателю были заданы вопросы о возможности численного решения поставленной задачи. Соискатель ответила, что целью диссертации было получение аналитического решения и отметила, что найденное решение продемонстрировало погранслоиный эффект и осцилляции по ко-



ординате, что приведет к трудностям при его нахождении численными методами; также соискатель отметила, что в аналитическом представлении каждое слагаемое, а также присутствующая дисперсионная функция имеют самостоятельный физический смысл, поэтому аналитическое представление удобно для исследования зависимости решения от физических параметров задачи.

На заседании 26.09.2024 диссертационный совет принял решение за успешно выполненное решение научных задач, имеющих важное значение для развития конструктивных методов математической физики и теории интегро-дифференциальных уравнений, востребованных в математических задачах физики плазмы, присудить Гордеевой Надежде Михайловне ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 19 человек, из них 5 докторов наук по специальности 1.1.2 – «Дифференциальные уравнения и математическая физика», участвовавших в заседании, из 27 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 19, против 0 недействительных бюллетеней 0.

Врио председателя

диссертационного совета 24.1.224.02

д.ф.-м.н.

В.И. Власов

Ученый секретарь

диссертационного совета 24.1.224.02

к.ф.-м.н.



В.И. Никонов

26 сентября 2024 г.