

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 24.2.306.01 НА БАЗЕ
Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Иркутский государственный университет»
Министерства науки и высшего образования Российской Федерации
по диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета
от «17» сентября 2025 г. № 3

О присуждении Лукьянцеву Дмитрию Сергеевичу, гражданину РФ,
ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Влияние рефракционных эффектов гравитационных и
плазменных неоднородностей на распространение электромагнитного
излучения космических источников» по специальности 1.3.4 –
Радиофизика принята к защите 26 мая 2025 г., протокол № 2,
диссертационным советом Д 24.2.306.01 на базе Федерального
государственного бюджетного образовательного учреждения высшего
образования «Иркутский государственный университет» Министерства
науки и высшего образования Российской Федерации (664003, г. Иркутск,
бульвар Гагарина, д. 20, приказ Рособрнадзора о создании
диссертационного совета № 1634–894 от 13.07.2007 г.).

Соискатель – Лукьянцев Дмитрий Сергеевич 1997 года рождения. В
2019 г. с отличием окончил бакалавриат Федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения высшего образования
«Иркутский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ИГУ») по
направлению подготовки 03.03.03 Радиофизика, в 2021 г. с отличием окончил
магистратуру ФГБОУ ВО «ИГУ» по направлению подготовки 03.04.03

Радиофизика и в 2025 г. — аспирантуру ФГБОУ ВО «ИГУ» по направлению подготовки 03.06.01 Физика и астрономия (направленность Радиофизика). Справка о сдаче кандидатских экзаменов выдана в 2025 г.

В период подготовки диссертации и по настоящее время соискатель Лукьянцев Д. С. работает в Научно-исследовательском Институте Прикладной Физики (НИИПФ ИГУ) в должности младшего научного сотрудника.

Диссертация выполнена на кафедре радиофизики и радиоэлектроники физического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Иркутский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ИГУ»).

Научный руководитель — Афанасьев Николай Тихонович, доктор физико-математических наук, профессор, профессор кафедры радиофизики и радиоэлектроники физического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Иркутский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ИГУ»).

Официальные оппоненты:

Чашей Игорь Владимирович, доктор физико-математических наук (01.03.02 – Астрофизика и радиоастрономия), главный научный сотрудник отдела плазменной астрофизики филиала «Пушчинская радиоастрономическая обсерватория им. В. В. Виткевича АКЦ ФИАН» Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физического института им. П. Н. Лебедева Российской академии наук (ПРАО АКЦ ФИАН).

Уралов Аркадий Михайлович, доктор физико-математических наук (01.03.03 – Гелиофизика и физика Солнечной системы), главный научный сотрудник отдела радиоастрофизики Федерального государственного бюджетного учреждения науки Ордена Трудового Красного Знамени

Института солнечно-земной физики Сибирского отделения Российской академии наук (ИСЗФ СО РАН).

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт радиотехники и электроники им. В. А. Котельникова Российской академии наук, Фрязинский филиал в своем положительном заключении, подготовленном ведущим научным сотрудником лаборатории распространения радиоволн и дистанционного зондирования атмосферы, кандидатом физико-математических наук (01.04.03 – Радиофизика) Гавриком Анатолием Леонидовичем и утвержденном директором ИРЭ им. В. А. Котельникова РАН, академиком РАН Никитовым Сергеем Аполлоновичем, указала, что представленная диссертация является законченной научно-квалификационной работой, обладающей признаками актуальности, научной новизны и значимости для теории и практики и удовлетворяет всем требованиям пп. 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» (постановление Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 г., ред. от 18.03.2023), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Лукьянцев Дмитрий Сергеевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.4 – Радиофизика.

Результаты научной деятельности по теме диссертации опубликованы в 42 работах, 6 из которых в журналах из списка ВАК, 7 в международных базах Scopus и Web of Science, 29 – в сборниках трудов конференций. В работах по теме диссертации представлены результаты исследования влияния гравитационных и плазменных неоднородностей космической среды на распространение электромагнитного излучения различных частотных диапазонов. В качестве инструмента исследования используется разработанный автором метод математического моделирования, основанный на лучевых представлениях

электромагнитного поля в детерминированных и случайно-неоднородных средах. В диссертации не обнаружены недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, авторском вкладе и объеме научных изданий.

Наиболее значимые научные публикации по теме диссертации:

1. Лукьянцев Д. С. Математическое моделирование рефракционных характеристик электромагнитного излучения в стохастическом поле тяготения / **Д. С. Лукьянцев**, Н. Т. Афанасьев, Е. И. Калашникова, А. Б. Танаев // Математическая физика и компьютерное моделирование. – 2024. – Т. 27, № 2. – С. 48–60. **DOI** : 10.15688/mpcm.jvolsu.2024.2.4. (MathSciNet, ВАК)

2. Лукьянцев Д. С. Численно-аналитическое моделирование гравитационного линзирования электромагнитных волн в случайно-неоднородной космической плазме / **Д. С. Лукьянцев**, Н. Т. Афанасьев, А. Б. Танаев, С. О. Чудаев // Компьютерные исследования и моделирование. – 2024. – Т. 16, № 2. – С. 433–443. **DOI** : 10.20537/2076-7633-2024-16-2-433-443. (Scopus, ВАК)

3. Лукьянцев Д. С. Численно-аналитическое моделирование рефракции низкочастотных солнечных радиовсплесков в возмущенной короне / **Д. С. Лукьянцев**, Н. Т. Афанасьев, А. Б. Танаев, С. О. Чудаев // Математическая физика и компьютерное моделирование. – 2023. – № 4. – С. 43–54. **DOI** : 10.15688/mpcm.jvolsu.2023.4.4. (MathSciNet, ВАК)

4. Лукьянцев Д. С. Математическое моделирование влияния локализованного гравитационного шума на распространение электромагнитного излучения в поле тяготения / **Д. С. Лукьянцев**, Н. Т. Афанасьев, Е. И. Калашникова, А. Б. Танаев // Журнал технической физики. – 2024. – Т. 94, № 12. – С. 1990–1993. **DOI** : 10.61011/JTF.2024.12.59240.338-24. (Scopus, ВАК)

5. Афанасьев Н. Т. Декаметровая радиодиагностика тонкой структуры ионосферы с высокоорбитальных ИСЗ / Н. Т. Афанасьев, Д. С. Лукьянцев, А. Б. Танаев, С. О. Чудаев // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. Физические основы, методы и технологии мониторинга окружающей среды, потенциально опасных явлений и объектов. – 2023. – Т. 20, № 4. – С. 299–307. DOI : 10.21046/2070-7401-2023-20-4-299-307. (Web of Science, ВАК)

6. Чудаев С. О. Диагностика флуктуаций групповой задержки высокочастотного сигнала в ионосферном канале связи / С. О. Чудаев, Н. Т. Афанасьев, Д. С. Лукьянцев, А. Б. Танаев // Техника радиосвязи. – 2022. – Т. 54, № 3. – С. 21–30. (ВАК)

7. **Lukyantsev D. S.** Mathematical modeling of refraction of light in asymmetrical gravitational field / **D. S. Lukyantsev**, N. T. Afanasiev, A. B. Tanaev // Technical Physics. – 2023. – V. 68, № 12. – P. 1625–1627. DOI : 10.61011/TP.2023.12.57725.f248-23. (Scopus, ВАК)

8. **Lukyantsev D. S.** Mathematical modeling of effects of plasma and gravitational inhomogeneities in structure of electromagnetic signals / **D. S. Lukyantsev**, N. T. Afanasiev, A. B. Tanaev // St. Petersburg Polytechnic University Journal. Physics and Mathematics. – 2023. – V. 16, № 1.2. – P. 377–382. DOI : 10.18721/JPM.161.257. (Scopus, ВАК)

9. Chudaev S. O. The diagnostics of the CME cavity using data of multiwave measurements of behind-the-limb solar radio bursts / S. O. Chudaev, N. T. Afanasiev, **D. S. Lukyantsev** // St. Petersburg Polytechnic University Journal. Physics and Mathematics. – 2023. – V. 16, № 1.2. – P. 383–388. DOI : 10.18721/JPM.161.258. (Scopus, ВАК)

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

Официальный оппонент Чашей Игорь Владимирович, доктор физико-математических наук (01.03.02 – Астрофизика и радиоастрономия),

главный научный сотрудник отдела плазменной астрофизики филиала «Пушинская радиоастрономическая обсерватория им. В. В. Виткевича АКЦ ФИАН» Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физического института им. П. Н. Лебедева Российской академии наук (ПРАО АКЦ ФИАН). Отзыв положительный, содержит следующие замечания:

1 Не подвергая сомнению результаты модельных расчетов, сомнительным представляется реализуемость эксперимента по радиопросвечиванию звездных атмосфер. Дело в том, что межзвездная плазма, через которую в любом случае проходит излучения просвечивающего источника содержит турбулентность в широком диапазоне масштабов, в том числе и тех, которые могут вызывать рефракционные эффекты. Это было показано во многих работах, в том числе и выполненных в рамках миссии «Радиоастрон». В частности, в работе [Smirnova T. V. et al., *Astrophys. J.* – 2014. – V. 786. – P. 115] показано, что в межзвездной среде существуют выделенные слои, приводящие к заметной рефракции даже на частоте 324 МГц. При этом уровень флуктуаций фазы на дифракционном френелевском масштабе много больше единицы. На частотах 20–75 МГц, для которых выполнены расчеты, маскирующее влияние межзвездной среды будет существенно более значительным, даже для источников, излучение которых приходит на направление антицентра Галактики. Кроме того, сложности могут возникнуть с поиском пары удаленных источников источник-звезда такой, что луч зрения проходит на незначительном расстоянии от звезды. Вместе с тем, в качестве пожелания можно было бы подумать о возможности применения развитой модели к радиопросвечиванию околосолнечной плазмы с учетом азимутально-широтных градиентов и КВМ, но на более высоких частотах.

2 В подписи к рис. 1.1 следовало бы пояснить, что начало координат совпадает с центром гравитирующего объекта.

3 В формуле 1.2.13 гравитационный потенциал выражается через дисперсию скоростей. Тем самым неявно предполагается выполнение теоремы вириала и игнорируется возможное влияние темной материи, что следовало бы пояснить в тексте.

4 Неудачным представляется термин «натурный эксперимент», поскольку на самом деле речь идет об астрономических наблюдениях.

Официальный оппонент Уралов Аркадий Михайлович, доктор физико-математических наук (01.03.03 – Гелиофизика и физика Солнечной системы), главный научный сотрудник отдела радиоастрофизики Федерального государственного бюджетного учреждения науки Ордена Трудового Красного Знамени Института солнечно-земной физики Сибирского отделения Российской академии наук (ИСЗФ СО РАН). Отзыв положительный, содержит следующие замечания:

1 Перед написанием соотношения (1.1.2) диссертанту следовало кратко разъяснить суть приближения, в котором удобно и возможно использование упрощенного выражения для элемента дуги лучевой траектории.

2 Представление соотношением (1.2.15) эффективного показателя преломления, как произведения известных показателей преломления в плазме и гравитационном потенциале, несмотря на ссылку, следовало также пояснить простеньким выводом общего характера, что не составило бы труда диссертанту, но обеспечило легкость прочтения.

3 Используемая в диссертации схема оценки распределения интенсивности не содержит учета поглощения радиоволны в плазме. Игнорирование этого эффекта в рассмотренных примерах кажется вполне обоснованным. Тем не менее, дальнейшее развитие разработанной схемы расчета в приложении к плазменным атмосферам Солнца и звезд должно

включать поглощение, в частности, кулоновское. При рефракционном отражении кулоновские потери высокочастотного сигнала могут существенно превышать потери низкочастотного.

4 К мелким замечаниям можно отнести неуказание размерности N_e в формулах с численными коэффициентами раздела 1.2.1.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт радиотехники и электроники им. В. А. Котельникова Российской академии наук, Фрязинский филиал. Отзыв положительный, содержит следующие замечания:

1 В предложенной модели эффективного показателя преломления вакуума в случае множества гравитационных объектов следует пояснить, как учитывается модовая структура гравитационного потенциала дополнительных гравитационных неоднородностей. В общем случае количество мод может быть больше количества массивных объектов. В каких астрофизических условиях можно использовать предложенную модель?

2 Для оценки электронной плотности фронтальной части коронального выброса звездной массы предлагается, наряду с многочастотными радиоизмерениями групповых задержек сигналов просвечивания дискретных источников, использовать данные оптических наблюдений. Какие оптические наблюдения для этого требуются, есть ли примеры таких наблюдений?

3 При решении задачи просвечивания звездной короны внешним источником радиоизлучения в работе не исследованы возможные ограничения предлагаемого метода, связанные с тем, что корональная плазма сама является мощным радиоисточником. Каким должен быть просвечивающий сигнал по отношению к собственному корональному излучению, чтобы было возможно реализовать предлагаемый метод?

4 Также необходимо сделать техническое замечание по оформлению списка литературы. В автореферате указано общее число публикаций автора по теме диссертации, которое составляет 42. Но автор диссертации не привел все ссылки на публикации, а ссылается только на наиболее значимые собственные публикации, идеи и результаты которых он использует в диссертации.

Отзывы на автореферат:

1. Вертоградов Геннадий Георгиевич, доктор физико-математических наук (специальность 1.3.4 – Радиофизика), профессор кафедры радиофизики физического факультета Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южный федеральный университет», старший научный сотрудник по специальности «Радиофизика», «Почётный работник высшего профессионального образования Российской Федерации». Отзыв положительный, содержит следующие замечания:

- Из текста автореферата не всегда понятны смыслы физических величин, фигурирующих в приведенных формулах.

- Записанные лучевые уравнения и диэлектрическая проницаемость плазмы не учитывают влияние внешних электромагнитных полей, но обоснование этого приближения отсутствует.

- На стр. 10 «Отмечено, что в зависимости от положения экзопланеты, сектора углов падающего излучения, подверженные ее влиянию существенно изменяются». Но в автореферате отсутствуют количественные оценки этого явления.

- На стр. 13 сказано: «Таким образом, совместный расчет уравнений (8) и (11) позволяет переходить к постановке обратной задачи по восстановлению структуры гравитационно-линзовой системы». Но как это сделать (алгоритм), да и сама обратная задача в автореферате не рассматривается.

- На стр. 16 указано: «Входящие в выражение (17) пространственные параметры КВМ можно определить на основе данных наблюдений в оптическом и рентгеновском диапазонах. Тогда просвечивание выброса сигналами на различных частотах радиодиапазона позволяет по разности групповых задержек определить параметр μ , характеризующий максимальное возмущение выброса». Если это так, то хотелось бы увидеть пример, как это можно осуществить по реальным экспериментальным данным, и что для этого необходимо.

2. Илюшин Ярослав Александрович, доктор физико-математических наук (специальность 01.04.03 – Радиофизика), доцент, доцент кафедры физики атмосферы физического факультета федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова». Отзыв положительный, содержит следующие замечания:

- Неудачные формулировки ряда утверждений. В частности, стр. 2 «рассмотрены основные положения лучевого приближения...» – хорошо известные положения, смысл специального рассмотрения в данной работе неочевиден.

- «представлен вывод лучевых дифференциальных уравнений в форме Лагранжа-Эйлера, полученных из вариационного принципа Ферма» — новизна вывода сомнительна, скорее всего, многократно выведено ранее.

- «...рабочая частотЫ источника излучения» — явная опечатка.

- Стр. 11 «Результаты расчетов показали, что метровый диапазон длин волн можно считать условной низкочастотной границей электромагнитной шкалы, на которой еще возможно наблюдение линзовых

эффектов» — из текста автореферата принцип расчета не ясен, и сделанный вывод неочевиден.

- Стр. 12 «Расчет среднеквадратичных отклонений (СКО) боковых отклонений луча показал, что область фокусировки формируется...» — неочевидна связь статистических характеристик случайной лучевой картины с детерминированной структурой области фокусировки.

- Кроме того, в тексте автореферата присутствует нарушение стилистики русского языка типа «численный расчет уравнения...», «Автор сделал вывод основных аналитических соотношений...» и т.д.

- Следует также отметить мелкий размер шрифта, затрудняющий прочтение автореферата.

3. Котонаева Надежда Геннадьевна, доктор физико-математических наук (специальность 25.00.29 – Физика атмосферы и гидросферы), доцент, заведующий отделом 6 Федерального государственного бюджетного учреждения «Институт прикладной геофизики имени академика Е. К. Федорова». Отзыв положительный, содержит следующие замечания:

- Некорректная формулировка цели диссертации — исследование методом математического моделирования особенностей распространения электромагнитного излучения космических источников с учетом рефракционных эффектов гравитационных и плазменных неоднородностей. Поскольку диссертация уже представляет собой исследование, то ее целью не может быть исследование.

- Из текста автореферата не ясно, проводил ли соискатель сравнение предложенного метода и созданного программного комплекса с данными натурных наблюдений, и какие именно (с каких инструментов) результаты наблюдений рефракционных характеристик возможно использовать для оценки рефракционных эффектов гравитационных и плазменных

неоднородностей в структуре электромагнитного излучения космических источников по предложенному методу.

4. Ойнац Алексей Владимирович, кандидат физико-математических наук (специальность 1.3.4 – Радиофизика), доцент, заведующий лабораторией диагностики ионосферы и распространения радиоволн (2.03) Федерального государственного бюджетного учреждения науки Ордена Трудового Красного Знамени Института солнечно-земной физики Сибирского отделения Российской академии наук (ИСЗФ СО РАН). Отзыв положительный, содержит следующие замечания:

- В работе используется лучевое приближение и теория возмущений, что справедливо для слабых гравитационных полей и умеренных плазменных неоднородностей. Однако остается непонятным, будет ли предлагаемый автором метод применим в случае гравитационных полей высокой интенсивности (около нейтронных звезд и черных дыр) и/или турбулентной анизотропной космической плазмы (вблизи пульсаров). В целом из автореферата не до конца понятны ограничения предлагаемого метода и используемых моделей.

- Никак не затрагиваются вопросы реализации численной схемы решения. Например, не обсуждаются чувствительность результатов к шагу интегрирования в системе (6) и возможные артефакты при моделировании многопутевого распространения (рис. 3–4).

- Автор проводит тестирование программного комплекса на аналитических решениях для простых случаев (например, эффекты Эйнштейна и Шапиро). Однако отсутствует сравнение с реальными данными, например, с измерениями солнечных корональных выбросов (КВМ) зондами Parker Solar Probe или SOHO.

5. Фирсов Константин Михайлович, доктор физико-математических наук (специальность 01.04.05 – Оптика), профессор, профессор кафедры

«Радиофизика» Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный университет». Отзыв положительный, содержит следующие замечания:

- Результаты, приведенные в данной работе справедливы лишь для внеатмосферных наблюдений. Представляло бы значительный интерес исследовать, как изменились бы результаты моделирования при наблюдениях с Земли, когда необходимо учитывать взаимодействие электромагнитного излучения с заряженными частицами верхней атмосферы, молекулами и аэрозольными частицами нижней и средней атмосферы Земли, а также турбулентные искажения регистрируемых сигналов.

6. Хуторова Ольга Германовна, доктор физико-математических наук (специальность 25.00.29 – Физика атмосферы и гидросферы), профессор, профессор кафедры радиоастрономии института физики Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Казанский (Приволжский) федеральный университет». Отзыв положительный, содержит следующее замечание:

- Недостаточно подробная формулировка задач работы, связанная с проведенными численными экспериментами.

7. Крашенинников Игорь Васильевич, доктор физико-математических наук (специальность 1.3.4 – Радиофизика), ведущий научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт Земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н. В. Пушкова Российской Академии наук (ИЗМИРАН). Отзыв положительный, содержит следующее замечание:

- Хотелось бы видеть более наглядные результаты сопоставлений результатов математического моделирования и астрофизических измерений с понятной интерпретацией.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается широкой известностью их достижений в области радиофизики, радиоастрофизики, радиоастрономии и гелиофизики. Официальный оппонент доктор физико-математических наук Чашей Игорь Владимирович – ведущий специалист в области радиоастрономии и плазменной астрофизики; имеет большое количество публикаций в высокорейтинговых российских и зарубежных журналах. Официальный оппонент доктор физико-математических наук Уралов Аркадий Михайлович – ведущий специалист в области радиоастрофизики и гелиофизики; имеет большое количество публикаций в высокорейтинговых российских и зарубежных журналах. Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт радиотехники и электроники им. В. А. Котельникова Российской академии наук, Фрязинский филиал – научное учреждение, широко известное своими комплексными исследованиями в области радиофизики, радиоэлектроники, распространения электромагнитного излучения в околоземной и космической среде, непосредственно связано с темой диссертации. Кандидат физико-математических наук Гаврик Анатолий Леонидович – широко известный ученый в области космической радиофизики и высококвалифицированный специалист в методах радиопросвечивания космической плазмы, имеющий общепризнанные научные публикации в российских и международных журналах.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований: **предложен** численно-аналитический метод моделирования рефракционных характеристик электромагнитного

излучения при распространении в космической среде с гравитационными и плазменными неоднородностями. **Разработан** программный комплекс для расчета направления распространения, групповой задержки и пространственного ослабления потока электромагнитного излучения различных частотных диапазонов в поле тяготения группы астрофизических объектов в присутствии гравитационного шума и флуктуаций показателя преломления космической плазмы. **Получены** теоретические оценки условий стохастического замыкания гравитационно-линзовых эффектов под воздействием хаотических плазменных неоднородностей и гравитационного шума, связанного с флуктуациями поля тяготения. **Определена** приближенная низкочастотная граница электромагнитного диапазона, при которой возникает существенное замыкание эффектов гравитационного линзирования. **Получены** интегральные соотношения для диагностики параметров звездного коронального выброса по данным многоволнового радиопросвечивания сигналами дискретных космических источников, учитывающие значительные искривления траекторий просвечивания. **Показана** возможность определения плотности регулярной фронтальной части звездного выброса по данным многочастотных измерений групповых задержек сигналов просвечивания. На основе результатов моделирования **показано**, что залимбовые источники метровых и дециметровых солнечных радиовсплесков можно рассматривать в качестве естественных зондов для мониторинга солнечных КВМ. Разработанный аппарат моделирования может быть **применен** для интерпретации экспериментальных данных залимбового просвечивания солнечных КВМ с космических аппаратов, сигналами планетарных радаров и радиоизлучением дискретных космических источников.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что предложен метод численно-аналитического моделирования

рефракционных характеристик электромагнитного излучения различных частотных диапазонов, позволяющий единым образом описать эффекты окружающих полей тяготения и рефракцию в холодной плазме. Задавая различные конфигурации систем астрофизических объектов, с помощью разработанного программного комплекса можно синтезировать лучевые структуры излучения в картинной плоскости наблюдателя. Совместный расчет гравитационного линзирования и флуктуаций электромагнитного излучения в космической плазме позволяет уточнить мощность энерговыделения непосредственно самого источника излучения. Решение данной задачи особенно важно в настоящее время при регистрации мощных электромагнитных всплесков.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики. Практическая значимость полученных результатов заключается в том, что их можно использовать при интерпретации данных астрофизических наблюдений на существующих экспериментальных установках и в будущих научно-исследовательских проектах наземного и космического базирования. Разработанный аппарат численно-аналитического моделирования рефракции электромагнитного излучения в космической среде применим для изучения гравитационных объектов невидимых в электромагнитном диапазоне. Полученные функциональные соотношения в задаче многоволнового просвечивания возмущенной околозвездной среды могут быть использованы для оценки плазменной структуры корональных выбросов звездной массы в ближайших и будущих экспериментах, в том числе для исследования солнечной короны и процессов солнечной активности.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что полученные в диссертационном исследовании результаты являются достоверными. Это обеспечено адекватным использованием математического аппарата, совпадением полученных аналитических

результатов в предельных частных случаях с известными из литературы, а также использованием для моделирования хорошо апробированных численных схем. Полученные теоретические и экспериментальные результаты не противоречат известным положениям теории, результатам работ других авторов в аналогичных областях исследований.

Личный вклад соискателя. Основные результаты работы были получены лично самим автором, либо при его непосредственном участии. Автор сделал вывод основных аналитических соотношений, представленных в диссертации, разработал программный комплекс расчета и выполнил численные эксперименты. Анализ полученных результатов был выполнен автором совместно с научным руководителем. У автора нет конфликта интересов с другими коллегами, принимавшими участие в исследованиях, отраженных в диссертации.

В ходе защиты диссертации были высказаны замечания. Соискатель Лукьянцев Д. С. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию, пояснив используемую в работе квазисферическую систему координат, а также согласился с рядом замечаний.

Диссертационный совет пришел к выводу, что диссертация Лукьянцева Д. С. является законченным научным исследованием, выполненным по актуальной тематике, результаты которого имеют высокую научную и практическую значимость. Работа соответствует специальности 1.3.4 – Радиофизика и п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г., редакция от 18.03.2023, а также отвечает требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям.

На заседании 17 сентября 2025 г. диссертационный совет принял решение присудить Лукьянцеву Дмитрию Сергеевичу ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 6 докторов по специальности 1.3.4 – Радиофизика, участвовавших в заседании, из 20 человека, входящих в совет, проголосовали: за - 16, против - 0, недействительных бюллетеней - 0.

Председатель

диссертационного совета Д 24.2.306.01

доктор физико-математических наук,

старший научный сотрудник



Буднев Николай Михайлович

Ученый секретарь диссертационного совета

Д 24.2.306.01, доктор физико-

математических наук

Растёгин Алексей Эдуардович

17 сентября 2025 г.