

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.193.01  
(Д 002.110.02), СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ  
ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР  
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА  
СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 20.12.2023г. №18

О присуждении Алексеевской Анастасии Александровне, гражданке  
Российской Федерации ученой степени кандидата физико-математических  
наук.

Диссертация «Активные броуновские частицы и их структуры в  
плазме высокочастотного емкостного разряда» по специальности 1.3.9 –  
физика плазмы принята к защите 19.10.2023г. (протокол заседания № 12)  
диссертационным советом 24.1.193.01 (Д 002.110.02), созданным на базе  
Федерального государственного бюджетного учреждения науки  
Объединенного института высоких температур Российской академии наук  
(125412, г. Москва, Ижорская ул., д. 13, стр. 2, (495) 485-8345, jiht.ru),  
утвержденного Приказом Министерства образования и науки Российской  
Федерации № 105/нк от 11.04.2012г.

Соискатель Алексеевская Анастасия Александровна 1993 года  
рождения, в 2017 году окончила Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования «Московский физико-  
технический институт (национальный исследовательский университет)».

Работает в должности младшего научного сотрудника лаборатории  
№17.3. – активных кулоновских систем Федерального государственного  
бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких  
температур Российской академии наук.

В 2021 году окончила очную аспирантуру Федерального  
государственного автономного образовательного учреждения высшего

образования «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)».

Диссертация выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Объединённом институте высоких температур Российской академии наук на кафедре физики высоких плотностей энергии.

Научный руководитель доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории № 17.3. – активных кулоновских систем Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединённого института высоких температур Российской академии наук Васильев Михаил Михайлович.

Официальные оппоненты:

- Доктор физико-математических наук, профессор кафедры общей физики-1 Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургского государственного университета» Карасев Виктор Юрьевич;

- Доктор физико-математических наук, заведующий лабораторией разреженных газов Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института теплофизики им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии наук (ИТ СО РАН) Новопашин Сергей Андреевич.

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федерального исследовательского центра «Институт общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук» в своем положительном заключении, составленном главным научным сотрудником теоретического отдела ИОФ РАН, доктором физико-математических наук, профессором А.М. Игнатовым (утвержденном 15.11.2023г. директором федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Институт общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук» членом-корреспондентом РАН С.В. Гарновым) указала, что актуальность работы связана с тем, что активные броуновские

частицы, формируемые в открытых коллоидных системах могут найти своё применение в приложениях микробиологии и коллоидной химии. Таким образом, изучение свойств и методов диагностики пылевой плазмы и разработка способов управления её пылевой компонентой – актуальное и перспективное направление исследований. Полученные в работе результаты по исследованию динамических плазменно-пылевых структур позволяют глубже понять возникновение и существование различного рода неустойчивостей: автоколебаний, вихревого движения в таких структурах. Полученные экспериментальные сведения о кинетике самоорганизации в пылевой плазме могут быть полезны для разработки практических методов управления пылевой компонентой в плазме, что может лечь в основу новых методов производства материалов с заданными свойствами и повышению качества различных технологических плазменных процессов.

Результаты, представленные в данной работе, могут найти применение в исследованиях широкого спектра специалистов, в т.ч. занимающихся изучением пылевой плазмы, её свойств и практических приложений. Представляется целесообразным использование результатов настоящей работы в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки «Объединённый институт высоких температур РАН», Национальном исследовательском центре «Курчатовский институт», Федеральном государственном бюджетном учреждении науки «Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН», Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ», Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Московский физико-технический институт (Национальный исследовательский университет)». Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Федеральном исследовательском центре химической физики им. Н.Н. Семенова РАН, Федеральном государственном бюджетном учреждении науки

Федеральном исследовательском центре «Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН» и других научных организациях.

Автор диссертации выступала с докладами на 57-й, 58-й, 59-й, 60-й, 61-й, 62-й и 63-й конференциях МФТИ; International Conference on Interaction of Intense Energy Fluxes with Matter 2017, 2019; International Conference on Equations of State for Matter, 2018; 9th International Conference On The Physics Of Dusty Plasmas; 17th International Conference on the Physics of Non-Ideal Plasmas 2016, 2021; The 1st COMPACT Science Definition Workshop (Международная сессия 2021); Scientific-Coordination Workshop on Nonideal Plasma Physics 2022, 9th International Workshop Complex Systems of Charged Particles and Their Interactions with Electromagnetic Radiation (CSCPIER-2023). По теме исследований опубликованы 5 научных работ в ведущих зарубежных и российских рецензируемых научных журналах из перечня ВАК:

1. F. M. Trukhachev, R. E. Boltnev, A. A. Alekseevskaya, M. M. Vasiliev, O. F. Petrov // Dust-acoustic waves in weakly-coupled (gaseous) cryogenic dusty plasma // Physics of Plasmas 2021, 28(9):093701; DOI:10.1063/5.0058560

2. Mikhail M. Vasiliev, Oleg F. Petrov, Anastasiya A. Alekseevskaya, Alexander S. Ivanov and Elena V. Vasilieva // Dynamic Effects of Laser Action on Quasi-Two- Dimensional Dusty Plasma Systems of Charged Particles // Molecules 2020, 25(15), 3375; <https://doi.org/10.3390/molecules25153375>

3. Anastasiya A. Alekseevskaya, Elena V. Vasilieva, Anatoly V. Filippov, Mikhail M. Vasiliev and Oleg F. Petrov // Isotropic and Anisotropic Monolayer Structures in RF Discharge Plasma // Molecules 2023, 28(7), 3259; <https://doi.org/10.3390/molecules28073259>

4. К. Г. Косс, И. И. Лисина, М. М. Васильев, А. А. Алексеевская, Е. А. Кононов, О. Ф. Петров // Фрактальное броуновское движение коллоидных частиц в плазме // Физика плазмы, 2023, Т. 49, № 1, стр. 33-41; DOI: 10.31857/S0367292122600972

5. Ф. М. Трухачёв, Р. Е. Болтнев, А. А. Алексеевская, М. М. Васильев, О. Ф. Петров, Нелинейные пыле-акустические волны в околоидеальной

(газоподобной) криогенной пылевой плазме тлеющего разряда // Физика плазмы, 2023, Т. 49, № 1, стр. 85-9, DOI: 10.31857/S0367292122600923

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

**1. Государственное научное учреждение «Институт физики имени Б.И. Степанова Национальной академии наук Беларуси»** (ведущий научный сотрудник центра «Физика плазмы», кандидат физико-математических наук Филатова И.И.) – отзыв положительный, с замечаниями:

- схему экспериментальной установки (рис.1) следовало бы дополнить изображением контейнера с инжестируемыми частицами для иллюстрации описанного способа инъекции частиц в газовый разряд с помощью «цилиндрического контейнера с сетчатым дном» (стр. 8);
- на стр. 19 представлены графики парных корреляционных функций для протяжённой структуры из янус-частиц, соответствующих различным значениям мощности лазерного излучения и показывающих переход от упорядоченной структуры к жидкоподобной, однако из-за наложения парных корфункций друг на друга и загромождения графика несколько снижается его информативность.

**2. Казанский федеральный университет. Институт искусственного интеллекта, робототехники и системной инженерии** (доцент кафедры физики перспективных технологий и материаловедения, кандидат технических наук Лучкин А.Г.) – отзыв положительный, с замечанием:

- на стр. 12 представлена диаграмма изменения кинетической энергии при различных мощностях лазера. Однако из текста автореферата не понятно для каких частиц построена данная диаграмма и чем объясняется значительное отклонение между энергиями при мощности лазера 1.0 Вт.

**3. Акционерное общество «Государственный научный центр Российской Федерации Троицкий институт инновационных и термоядерных исследований»** (ведущий научный сотрудник лаборатории физики плазмы, отделения теоретической физики, вычислительной

математики и перспективных разработок, кандидат технических наук, Решетняк В.В.) – отзыв положительный с замечаниями:

- низкое качество рисунков: плохо читаются подписи к осям на рис.3 и рис.4, ячейки Вороного на рис.10 и рис.12 не видны.
- в автореферате встречаются некорректные утверждения и терминологические ошибки. В частности, упорядоченной структуре противопоставляются «разогретая» (стр. 22) и «жидкоподобная» (стр. 20) структуры. На стр. 20 в последнем абзаце утверждается, что «Все посчитанные кинетические энергии совпадают с визуальным наблюдением за структурой».
- при анализе экспериментальных данных диссертантом был рассчитан параметр неидеальности пылевой подсистемы, однако алгоритм расчета в автореферате не описан, ссылки на соответствующие литературные источники не приводятся.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается:

- Доктор физико-математических наук, профессор Карасев Виктор Юрьевич является ведущим ученым в области физики пылевой плазмы, известен исследованиями плазменно-пылевых структур в магнитном поле.

1. Абдирахманов А. Р., Карасев В.Ю., Дзлиева Е.С., Павлов С.И., Новиков Л.А., Досболаев М.К., Коданова С.К., Рамазанов Т.С. Вращение пылевой структуры в сильном неоднородном магнитном поле //Теплофизика высоких температур. – 2021. – Т. 59. – №. 5. – С. 657-662.

2. Дзлиева Е. С., Дьячков Л.Г., Карасев В.Ю., Новиков Л.А., Павлов С.И. Пылевая плазма в условиях тлеющего разряда в магнитном поле до 2.5 Тл //Физика плазмы. – 2023. – Т. 49. – №. 1. – С. 7-11.

3. Дзлиева Е.С., Горбенко А. П., Голубев М.С., Ермоленко М.А., Новиков Л.А., Павлов С.И., Полищук В.А., Карасев В.Ю. О модификации и потере массы частиц меламин-формальдегида в пылевой плазме в тяжелом инертном газе //Физика плазмы. – 2023. – Т. 49. – №. 1. – С. 92-97.

- Доктор физико-математических наук Новопашин Сергей Андреевич является признанным специалистом в области физики плазмы.

1. Fedoseev A. V., Sukhinin G.I., Sakhapov S.Z., Zaikovskii A.V., Novopashin S.A. Elongated dust particles growth in a spherical glow discharge in ethanol //AIP Conference Proceedings. – AIP Publishing, 2018. – Т. 1925. – №. 1.

2. Derevyannikova E. A., Kardash T.Yu., Stadnichenko A.I., Slavinskaya E.M., Zaikovskii A.V., Novopashin S.A., Boronin A.I. Plasma-arc sputtering for synthesis of Pt/CeO<sub>2</sub> and Pd/CeO<sub>2</sub> nanosystems //Journal of Physics: Conference Series. – IOP Publishing, 2018. – Т. 1124. – №. 2. – С. 022024.

3. Sakhapov S. Z., Zaikovskii A.V., Fedoseev A.V., Sukhinin G.I., Novopashin S.A. Core-shell Fe-C nanoparticles synthesis in a spherical striated glow discharge //Europhysics Letters. – 2019. – Т. 125. – №. 1. – С. 15002.

- Федеральное государственное бюджетное учреждения науки Федерального исследовательского центра «Институт общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук» является профильной организацией, в том числе специализирующейся на проведении исследований в области физики плазмы, включая физику пылевой плазмы. Институт общей физики РАН широко известен в нашей стране и за рубежом как ведущий научно-исследовательский институт в области физики. Результаты проводимых там исследований обладают высокой степенью новизны, крайне актуальны и имеют обширную сферу применения.

1. Sinkevich O. A., Gusein-zade N. G. Charged Particles of Dust, Electrical Discharges, and the Generation of Vortices in Atmospheres of Planets and the Moon //Journal of Russian Laser Research. – 2019. – Т. 40. – С. 447-451.

2. Игнатов А. М. Плазменный кристалл как временной кристалл //Физика плазмы. – 2021. – Т. 47. – №. 2. – С. 117-125.

3. Игнатов А. М. Броуновское движение пылевой молекулы //Физика плазмы. – 2022. – Т. 48. – №. 7. – С. 628-634.

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:**

– Получены экспериментальные результаты по формированию квазидвумерных кластеров активных броуновских макрочастиц и исследована их динамика в плазме высокочастотного разряда емкостного типа. Проведён анализ траекторий, среднеквадратичного смещения, изменения кинетической энергии частиц, фрактальной размерности и динамической энтропии при различных значениях плотности мощности лазерного излучения;

– Экспериментально обнаружен эффект упорядочивания структуры кластера из 19 янус-частиц с увеличением плотности мощности лазерного излучения подсвечивающего лазера. При увеличении мощности лазерного излучения на поглощающей поверхности частиц в 10 раз, наблюдается структурный фазовый переход с увеличением эффективного параметра неидеальности с  $\Gamma^* \sim 120$  до 330;

– Сформулированы условия на давление в камере и мощность ВЧ разряда для формирования квазидвумерных структур заряженных макрочастиц в параболической ловушке с изотропным и неизотропным распределением частиц в радиальном направлении;

– Получены экспериментальные результаты по формированию направленного движения активных броуновских макрочастиц в монослойной плазменно-пылевой структуре в ВЧ разряде. Экспериментально обнаружен эффект порогового характера развития «течения» и его зависимость от степени корреляции пылевой системы и свойств поверхности пылевых частиц;

– Получены экспериментальные результаты по формированию протяженных квазидвумерных структур из янус-частиц и их динамики в плазме высокочастотного разряда емкостного типа при различных значениях мощности лазерного излучения. Проведён анализ траекторий, среднеквадратичного смещения, кинетической энергии и топологических дефектов.

**Теоретическая значимость исследования** обоснована тем, что вопрос

о возникновении сложных структур в открытых системах, далеких от равновесия - один из важнейших вопросов современного естествознания. В таких науках как физика, химия, биология, диссипативные структуры играют особую роль. В качестве примера можно привести, периодические реакции в химии, разнообразные коллективные явления в биологических средах, морфогенез и проблему предбиологической эволюции. С точки зрения физики в открытых диссипативных системах ведутся исследования как их самоорганизации, так и различных динамических и структурных переходов. Значимость представленных в работе исследований определяется экспериментальными результатами и полученными сведениями об эволюции плазменно-пылевых систем и их свойствах. Полученные в работе данные могут использоваться для изучения явлений самоорганизации и фазовых переходов в открытых диссипативных системах.

**Практическая значимость работы** состоит в том, что полученные в работе результаты по исследованию динамических плазменно-пылевых структур позволяют глубже понять возникновение и существование различного рода неустойчивостей: автоколебаний, вихревого движения в динамических плазменно-пылевых структурах.

Полученные экспериментальные сведения о кинетике самоорганизации в пылевой плазме могут быть полезны для разработки практических методов управления пылевой компонентой в плазме, что может лечь в основу новых методов производства материалов с заданными свойствами и повышению качества различных технологических плазменных процессов.

Полученные в диссертационной работе результаты могут найти применение в исследованиях широкого спектра специалистов, в т.ч. занимающихся изучением пылевой плазмы, ее свойств и практических приложений. Представляется целесообразным использование результатов настоящей работы в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Объединённом институте высоких температур РАН, Национальном исследовательском центре Курчатовском институте, Федеральном

государственном бюджетном учреждении науки Физическом институте им. П.Н. Лебедева РАН, Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования Национальном исследовательском университете «МЭИ», Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования Московском физико-техническом институте (Национальный исследовательский университет), Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Федеральном исследовательском центре химической физики им. Н.Н. Семенова РАН, Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Федеральном исследовательском центре Институте общей физики им. А.М. Прохорова РАН и других научных организациях.

**Оценка достоверности результатов** исследования выявила, что представленные в данной диссертационной работе результаты экспериментальных исследований, полученных с использованием проверенных диагностик и методик, с высокой точностью воспроизводятся в многочисленных экспериментах и согласуются с известными данными в совпадающих условиях. Работа обобщает результаты, представленные в научных публикациях автора. Результаты работы обсуждались на российских и международных конференциях и были опубликованы в рецензируемых журналах.

**Личный вклад соискателя** состоит в том, что все представленные в диссертационной работе результаты получены автором лично или при его непосредственном участии. Автор принимал участие в подготовке и проведении экспериментальных работ, обработке и анализе результатов. Автор принимал участие во всех совместных обсуждениях результатов и подготовке рукописей к публикации.

Апробация результатов исследования проводилась на российских и международных конференциях и симпозиумах.

В ходе защиты диссертации критические замечания высказаны не были.

Соискатель Алексеевская Анастасия Александровна ответила на

заданные ей в ходе заседания вопросы, согласилась с замечаниями и привела собственную аргументацию.

На заседании от 20.12.2023г. диссертационный совет принял решение: за решение научной задачи, имеющей значение для развития соответствующей отрасли знаний, либо новые научно обоснованные технические, технологические или иные решения и разработки, имеющие существенное значение для развития страны присудить Алексеивской Анастасии Александровне ученую степень кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.9 – физика плазмы.

При проведении тайного голосования Диссертационный совет 24.1.193.01 (Д 002.110.02) в количестве 23 человек, из них очно: 8 докторов наук по специальности 1.3.9 – физика плазмы и 4 доктора наук по специальности 1.3.14 – теплофизика и теоретическая теплотехника, дистанционно: 5 доктора наук по специальности 1.3.9 – физика плазмы и 4 доктора наук по специальности 1.3.14 – теплофизика и теоретическая теплотехника, участвовавших в заседании, из 31 человека, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту - человек, проголосовали: за 23, против 0, недействительных бюллетеней - 0.

Заместитель председателя диссертационного совета 24.1.193.01 (Д 002.110.02)  
д.ф.-м.н., профессор

Андреев Н.Е.

Ученый секретарь диссертационного совета 24.1.193.01 (Д 002.110.02)  
к.ф.-м.н.



Тимофеев А.В.

20.12.2023г.