

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ  
ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР  
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК**

**СТЕНОГРАММА**

заседания 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  
(125412, г. Москва, ул. Ижорская, д. 13, стр. 2)  
от 20 декабря 2023 г. (протокол № 18)

Защита диссертации Алексеевской Анастасии Александровны  
на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук  
«Активные броуновские частицы и их структуры в плазме высокочастотного емкостного  
разряда»  
Специальность 1.3.9 – физика плазмы

## СТЕНОГРАММА

заседания диссертационного совета 24.1.193.01 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур Российской академии наук (125412, г. Москва, ул. Ижорская, д. 13, стр. 2).  
Протокол № 18 от 20 декабря 2023 г.

Диссертационный совет 24.1.193.01 (Д 002.110.02) утвержден Приказом Министерства образования и науки РФ от 11.04.2012 г. № 105/нк в составе 31 человека. На заседании присутствуют 23 человек, из них 13 докторов наук по специальности 1.3.9 – физика плазмы и 8 докторов наук по специальности 1.3.14 – теплофизика и теоретическая теплотехника. Дополнительно введены на разовую защиту 0 человек. Кворум имеется.

Председатель – зам. председателя диссертационного совета 24.1.193.01 (Д 002.110.02) д.ф.-м.н., профессор Андреев Николай Евгеньевич

Ученый секретарь – ученый секретарь диссертационного совета 24.1.193.01 (Д 002.110.02) к.ф.-м.н. Тимофеев Алексей Владимирович

№	ФИО	Ученая степень	Шифр специальности	Статус
1.	Петров О.Ф.	Академик	1.3.9	Подключен
2.	Андреев Н.Е.	д.ф.-м.н., профессор	1.3.9	Присутствует
3.	Храпак А.Г.	д.ф.-м.н., профессор	1.3.14	Присутствует
4.	Тимофеев А.В.	к.ф.-м.н.	1.3.9	Присутствует
5.	Агранат М.Б.	д.ф.-м.н., с.н.с.	1.3.14	Отсутствует
6.	Амиров Р.Х.	д.ф.-м.н., с.н.с.	1.3.9	Подключен
7.	Беляев И.А.	к.т.н.	1.3.14	Присутствует
8.	Вараксин А.Ю.	чл.-корр. РАН, профессор	1.3.14	Подключен
9.	Васильев М.М.	д.ф.-м.н.	1.3.9	Присутствует
10.	Васильев М.Н.	д.т.н., профессор	1.3.14	Присутствует
11.	Василяк Л.М.	д.ф.-м.н., профессор	1.3.9	Присутствует
12.	Гавриков А.В.	д.ф.-м.н., доцент	1.3.9	Присутствует
13.	Голуб В.В.	д.ф.-м.н., профессор	1.3.14	Отсутствует
14.	Грязнов В.К.	д.ф.-м.н.	1.3.14	Подключен
15.	Дьячков Л.Г.	д.ф.-м.н.	1.3.9	Присутствует

16.	Еремин А.В.	д.ф.-м.н., профессор	1.3.14	Присутствует
17.	Зейгарник Ю.А.	д.т.н., с.н.с	1.3.14	Отсутствует
18.	Зеленер Б.Б.	д.ф.-м.н.	1.3.9	Подключен
19.	Зобнин А.В.	д.ф.-м.н.	1.3.9	Присутствует
20.	Иосилевский И.Л.	д.ф.-м.н., профессор	1.3.9	Подключен
21.	Киверин А.Д.	д.ф.-м.н.	1.3.14	Присутствует
22.	Лагарьков А.Н.	Академик	1.3.9	Отсутствует
23.	Левашов П.Р.	к.ф.-м.н.	1.3.14	Отсутствует
24.	Ломоносов И.В.	д.ф.-м.н., профессор	1.3.14	Отсутствует
25.	Медин С.А.	д.т.н., профессор	1.3.14	Подключен
26.	Норман Г.Э.	д.ф.-м.н., профессор	1.3.9	Подключен
27.	Пикуз С.А.	к.ф.-м.н.	1.3.9	Отсутствует
28.	Савватимский А.И.	д.т.н.	1.3.14	Подключен
29.	Стегайлов В.В.	д.ф.-м.н.	1.3.9	Присутствует
30.	Филиппов А.В.	д.ф.-м.н., профессор	1.3.9	Присутствует
31.	Яньков Г.Г.	д.т.н., с.н.с.	1.3.14	Отсутствует

## ПОВЕСТКА ДНЯ

На повестке дня защита диссертации младшего научного сотрудника лаборатории №17.3. – активных кулоновских систем Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур Российской академии наук (ОИВТ РАН) Алексеевской Анастасии Александровны на тему «Активные броуновские частицы и их структуры в плазме высокочастотного емкостного разряда». Диссертация впервые представлена на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.9 – физика плазмы. Диссертация выполнена в лаборатории №17.3. – активных кулоновских систем ОИВТ РАН (125412, г. Москва, ул. Ижорская, д. 13, стр. 2, [jih.ru](http://jih.ru)).

Научный руководитель:

Васильев Михаил Михайлович – д.ф.-м.н., ведущий научный сотрудник лаборатории № 17.3. – активных кулоновских систем Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур Российской академии наук (ОИВТ РАН).

Официальные оппоненты:

Карасев Виктор Юрьевич – гражданин РФ, д.ф.-м.н., профессор кафедры общей физики-1 Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургского государственного университета» (СПбГУ; Россия, 199034, Санкт-Петербург, Университетская наб., д. 7–9).

Новопашин Сергей Александрович – гражданин РФ, д.ф.-м.н., заведующий лабораторией разреженных газов Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института теплофизики им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии наук (ИТ СО РАН; Россия, 630090, г. Новосибирск, проспект Академика Лаврентьева, д. 1).

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федерального исследовательского центра Институт общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук (ИОФ РАН; Россия, 119991, г. Москва, ул. Вавилова, д. 38).

На заседании присутствуют официальные оппоненты д.ф.-м.н., профессор Карасев В.Ю. и д.ф.-м.н. Новопашин С.А., научный руководитель Алексеевской А.А. д.ф.-м.н. Васильев М.М.

## СТЕНОГРАММА

### Председатель

Уважаемые члены диссертационного совета, те кто ещё не подтянулся, пожалуйста, заходите или подключайтесь, кто дистанционно, потому что мы переходим ко второй запланированной на сегодня защите. Это диссертация Алексеевской Анастасии Александровны «Активные броуновские частицы и их структуры в плазме высокочастотного емкостного разряда». Алексей Владимирович, ознакомьте нас, пожалуйста.

### Ученый секретарь

Дорогие коллеги, традиционно напоминаю о регламенте. Вопросы мы задаём в микрофон по центру зала, чтобы слышали дистанционные члены диссертационного совета. Кроме того, научный руководитель и оппоненты выступают на трибуне. Традиционно в конце будет голосование, которое потребует авторизации, и по диссертационному уделу. В наш диссертационный совет обратилась Анастасия Александровна Алексеевская, младший научный сотрудник лаборатории 17.3 активных кулоновских систем ОИВТ РАН с просьбой принять диссертацию "Активные броуновские частицы и их структуры в плазме высокочастотного ёмкостного разряда" к защите по специальности 1.3.9 физика плазмы.

*(Зачитывает данные о соискателе по материалам личного дела и сообщает о соответствии представленных документов требованиям ВАК Министерства образования и науки РФ).*

### Председатель

Спасибо, если вопросов нет, то тогда, Анастасия Александровна, пожалуйста, Вам двадцать минут, ознакомьте нас с основными результатами вашей работы.

### Алексеевская А.А.

*Выступает с докладом по диссертационной работе (выступление не стенографируется, доклад Алексеевской А.А. имеется в деле).*

### Председатель

Спасибо, Анастасия Александровна, какие есть вопросы к соискателю по доложенному материалу? Кто хотел бы задать, пожалуйста.

### Зобнин Андрей Вячеславович

Можно узнать, когда вы рассчитывали энтропию, динамическую энтропию, вы использовали какую-то стандартную программу или у вас свой алгоритм?

### Алексеевская А.А.

Динамическая энтропия считается как обратная величина времени выхода частицы за определённый радиус. То есть специально была программа написана, такой способ подсчёта динамической энтропии.

### Зобнин

Ну вообще я там знаю есть несколько разных подходов к подсчёту энтропии там Докинза или на основе непосредственно теоремы Синая, ну ладно.

### Председатель

Да, пожалуйста.

### Храпак Алексей Георгиевич

К сожалению, я сам доклад плохо слышал, видимо микрофоны не очень хорошо работают, но в реферате я обнаружил такую фразу, что вы использовали, вернее сделали модификацию установки. Вот меня бы интересовало, в чем состояла эта модификация и насколько она была отлична от всего существующего. Ведь во многих лабораториях работают с такими разрядными камерами и так далее. Вот в чем суть вашей модификации? Поясните пожалуйста.

### Алексеевская А.А.

Ну был разработан газонапуск системы, то есть поддерживается определенное давление. Мощность разряда. Также разработан вот этот способ позиционирования электродов. Раньше не было этого использовано, то есть только таким способом можно обеспечить монослойность структуры. Таким способом никто не пользовался ранее, это было сделано в нашей лаборатории. Также установка создавалась с нуля, её полностью разобрали и собрали, потому что был ремонт в нашей лаборатории.

### Председатель

Достаточно?

### Васильев Михаил Николаевич

Можно ещё один вопрос?

### Председатель

Можно-можно, пожалуйста, у нас время вопросов.

### Васильев Михаил Николаевич

У меня вопрос по эксперименту, Вы и в выступлении об этом сказали, и в автореферате есть и в диссертации есть, я прочитал достаточно обстоятельно. Вы использовали плазмообразующий газ аргон. Что-нибудь поменяется в выводах и в результатах, если вместо аргона использовать, например, гелий, или какой-то другой газ. Гелий, потому что он вроде как инертный. И это первый вопрос. Второй вопрос связан вот с тем же абзацем, который в автореферате есть. Вы использовали частицы пластиковые, в автореферате написано, что все они имели один и тот же размер, я по крайней мере так это понял, но, скорее всего, в реальной жизни был какой-то разброс по размерам частиц. И дальше идёт число, которое плотность характеризует. А вот теперь представим себе, что я взял такую же частицу (по размерам), и у неё будет плотность другая. Ну, например, пузырёк это будет, полость внутри вот этой частицы. Что-нибудь поменяется в ваших выводах и тех результатах, которые Вы получили в интерпретации результатов. В том числе, это имеет прямое отношение к вычислению кинетической энергии. Какая была масса частицы, если она однородна это одно, а если это пузырёк - то это другое.

### Алексеевская А.А.

Сначала отвечу на первый вопрос. Насчёт гелия я не могу сказать, но я проводила эксперименты, допустим, в воздушной атмосфере, и при исследовании течения в некоторых случаях не наблюдалось течения. То есть, очень сильно меняется сам эксперимент, если поменять газ. То есть насчёт гелия пока не могу сказать, к сожалению, могу ответить, допустим, если такие же эксперименты провести в воздушной атмосфере - такое проводила. По поводу частиц, частицы калиброванные радиусом десять микрон, масса, по-моему, 10 в -10 грам. То есть на счёт разброса не могу сказать, это нужно посмотреть на колбочке. Конечно все поменяется. Кинетическая энергия зависит от массы, и поглощающая поверхность зависит от того, какие частицы мы используем. Все поменяется.

**Председатель**

Ещё вопросы, пожалуйста.

**Тимофеев Алексей Владимирович**

Анастасия Александровна, а можно вернуться на слайд с экспериментальным среднеквадратическим смещением от времени при разной мощности лазера.

**Алексеевская А.А.**

Для кластера или для протяжённым структур?

**Тимофеев Алексей Владимирович**

Ещё раз?

**Алексеевская А.А.**

Для кластера или для протяжённым структур?

**Тимофеев Алексей Владимирович**

Эм, график, где у вас был, по-моему, для кластера это был.

**Алексеевская А.А.**

У меня просто и там, и там.

**Тимофеев Алексей Владимирович**

Для кластера вроде. Да вот этот вот. Скажите, пожалуйста, у Вас тут вот есть первая зависимость вторая зависимость. По первой зависимости, с чем связаны эти вот осцилляции, и по правой части графика, у вас там идёт некоторое перемещение. Есть ли тут какой-то физический смысл, или это просто какой-то недостаток статистики. Просто так неочевидный переход к зависимости линейной.

**Алексеевская А.А.**

В конце графика, если выходит на полочку, например, зелёный или синий график, это говорит о том, что структура самая коррелированная. То есть диффузия уходит. Это значит, что вот этот фиолетовый, допустим, график, оранжевый — это менее коррелированная структура, то есть более разогретая.

**Тимофеев Алексей Владимирович**

Понятно, а в левой части осцилляции?

**Алексеевская А.А.**

Баллистический режим. Скорее всего частица вращалась. Ну то есть маленькое вращение как раз повлияло на осцилляции.

**Председатель**

Ну, ответ получен, спасибо.

**Алексеевская А.А.**

По маленькому радиусу, там две тысячных сантиметра каждая частица вращалась.

**Председатель**

Ещё вопросы пожалуйста.

**Амиров Равиль Хабибулович**

Можно вопрос?

**Председатель**

Да, пожалуйста, конечно.

**Амиров Равиль Хабибулович**

Вы определяете фрактальную размерность ваших структур. По методике - используете стандартную программу? Как методически это делается?

**Алексеевская А.А.**

Для динамической энтропии была специально написана программа. Фрактальная размерность — это подсчёт производной этой динамической энтропии. То есть, если нам нужно ещё определить максимум фрактальной размерности, то это уже смотрится на графиках вот этой функции фрактальной размерности. С помощью подсчёта производной. Это тоже была специально написана для данного эксперимента программа.

**Амиров Равиль Хабибулович**

И ещё вопрос. Вот вы говорили, что в природе всевозможные активные броуновские системы. Есть ли системы с близкой фрактальной размерностью, но не пылевая плазма?

**Алексеевская А.А.**

Можно повторить вопрос? Не услышала.

**Амиров Равиль Хабибулович**

С подобной фрактальной размерностью, есть ли системы, но которые не относятся к пылевой плазме? Другие примеры броуновских систем с подобной фрактальной размерностью? Вопрос понятен?

**Алексеевская А.А.**

Не совсем, если честно.

**Амиров Равиль Хабибулович**

Ну вы говорили, что в введении есть соответствующие в природе активные броуновские системы. Вот для них фрактальная размерность определялась? И есть ли близкие значения с вашими?

**Алексеевская А.А.**

Для классической броуновской частицы, она равна двойке, фрактальная размерность для наших систем - между единицей и двойкой.

**Амиров Равиль Хабибулович**

А в других работах определяли фрактальную размерность экспериментально?

**Алексеевская А.А.**

Скорее всего определяли. В биологии, скорее всего, проводились такие эксперименты на микроорганизмах. Не могу точно привести ссылку.

**Амиров Равиль Хабибулович**

Спасибо.

**Андреев Николай Евгеньевич (председатель)**

Ещё вопросы пожалуйста? Если нет, то Анастасия Александровна, можно я такой общеобразовательный вопрос задам. Он навеян тем разъяснением, который на прошлом совете нам дали относительно терминологии - полевая или коллоидная плазма. Вот в вашей работе тоже встречается: пылевые частицы, макрочастицы, потом активные броуновские частицы и янус-частицы. Вот это что, как они различаются? В автореферате по крайней мере разъяснения нет. Хотя у вас кое где через запятую используются эти понятия, а кое-где, по-видимому, какая-то разница должна быть.

**Алексеевская А.А.**

Если мы в плазму вбрасываем частицы субмикронных или микронных размеров, то плазма является пылевой. Активные частицы способны преобразовывать энергию, внешне полученную, в энергию собственно движения. Янус-частицы, они, по сути, должны быть наполовину, допустим, состоять из пластика, наполовину из меди, но в нашем случае, так как мы сами в лабораторных условиях производили такие частицы, то это скорее квази-янус-частицы. То есть частицы, которые только частично покрыты медью. То есть островками покрыты, медным покрытием. Это в своей работе я называю янус-частицами, но, скорее всего, нужно было использовать термин квази-янус-частиц, что было предложено на прошлом совете.

**Председатель**

Спасибо. Больше нет вопросов? Тогда мы переходим... Вот, Михаил Михайлович, Ваше слово.

**Васильев Михаил Михайлович**

*(Выступление научного руководителя не стенографируется. Положительный отзыв Васильева М.М. имеется в деле)*

**Председатель**

Спасибо, спасибо, Михаил Михайлович. Алексей Владимирович, Вы нас, наверное, ознакомите с отзывами письменными, которые поступили из разных мест.

**Ученый секретарь**

Коллеги, в деле имеется целый ряд документов. В первую очередь это заключение объединённого института высоких температур. Я подробно о работе изложения полученных результатов, если позволите, не буду. Отзыв принят на заседании семинара ОИВТ под руководством академика РАН Олега Фёдоровича Петрова, им же подписан и утверждён заместителем директора. Вердикт отзыва - диссертация Алексеевской Анастасии Александровны рекомендуется к защите на соискание учёной степени кандидата наук по специальности 1.3.9 физика плазмы. Кроме того, в деле имеется отзыв ведущей организации. Это институт общей физики имени Прохорова. Отзыв составлен главным научным сотрудником теоретического отдела ИОФ РАН, доктором физмат наук, профессором Александром Михайловичем Игнатовым. Кроме того, председателем учёного совета теоретического отдела ИОФ РАН, доктором физмат наук, профессором, Гусейн-заде Намик Гусейнага оглы. Подписан также учёным секретарём, Николаем Николаевичем Богачовым, ну и соответствующим образом заверен. Если позволите, опять же, подробное описание работы, сути, достоверности, актуальности, апробации и прочее я пропущу. Мы достаточно подробно про это уже услышали. И перейду к недостаткам отмеченным. Первое, экспериментально показано, что меня мощность разряда и/или давление плазмообразующего газа можно влиять на радиальное распределение межчастичного расстояния в пылевом монослое и на однородность структуры. В исследовании необходимо

было контролировать не только монослойность структуры, но и положение частиц в вертикальной плоскости. Это дало бы однозначный ответ об изменении заряда частиц, чего не было сделано в данной работе. Второе замечание - в представленной диссертации при экспериментальном изучении фазовых переходов кристалла-жидкость протяжённых двумерных структур, сформированных янус-частицами, не удалось пронаблюдать гексатическую фазу. Тем не менее, для монослойных структур в плазме высокочастотного разряда гексатическая фаза экспериментально уже обнаружена. Соискателю следует объяснить, как анизотропия в свойствах поверхности частиц может влиять на характер фазовых переходов в квази-двумерных системах. Третье замечание - в работе соискателя было продемонстрировано, что сценарий перехода кристалл-жидкость для кластеров пооблочным плавлением отличается от перехода для протяжённой системы. Представляется целесообразным предметно изучить влияние размера квази-двумерной системы активных броуновских частиц на реализующиеся сценарии перехода. Все перечисленные замечания носят рекомендательный характер и не снижают общей значимости диссертационной работы. Диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует всем критериям, пункта 9 Положения о порядке присуждения учёных степеней, а её автор Алексеевская Анастасия Александровна заслуживает присуждения учёной степени кандидата физмат наук по специальности 1.3.9 физика плазмы. Если позволите, последнюю часть о соответствии положению и рекомендации признать я буду пропускать в следующих отзывах. Было получено на автореферат три отзыва, все положительные с замечаниями. Первый отзыв был получен от ведущего научного сотрудника центра "Физика плазмы" института физики имени Степанова национальной академии наук Беларуси, кандидата физмат наук Ирины Ивановны Филатовой. В качестве замечания по автореферату следует указать следующее: первое - схему экспериментальной установки (первый рисунок) следовало бы дополнить изображением контейнера с инжектируемыми частицами для иллюстрации описанного способа инъекции частиц в газовый разряд с помощью «цилиндрического контейнера с сетчатым дном» (страница 8). Второе замечание - на странице 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 корреляционных функций друг на друга и загромождения графика несколько снижается его информативность. Дальше идут такие же пункты о соответствии положению о порядке присуждения степеней. Перехожу к следующему отзыву. Следующий отзыв был получен от ведущего научного сотрудника лаборатории физики плазмы отделения теоретической физики, вычислительной математики и перспективных разработок ТРИНИТИ, кандидата технических наук, Виктора Витальевича Решетняка. Отзыв положительный с замечаниями. Первое - низкое качество рисунков: плохо читаются подписи к осям на рисунке 3 и рисунке 4, ячейки Вороного на рисунке 10 и рисунке 12 не видны. Второе - в автореферате встречаются некорректные утверждения и терминологические ошибки. В частности, упорядоченной структуре противопоставляются «разогретая» (страница 22) и «жидкоподобная» (страница 20). На странице 20 в последнем абзаце утверждается, что «Все посчитанные кинетические энергии совпадают с визуальным наблюдением за структурой». Третье замечание - 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. Опять же отзыв положительный. И третий отзыв на автореферат получен от доцента кафедры физики перспективных технологий и материаловедения Казанского федерального университета кандидата технических наук Александра Григорьевича Лучкина. Есть замечание. На странице двенадцать представлена диаграмма изменения кинетической энергии при различных мощностях лазером однако из текста автореферата непонятно для каких частиц построена данная диаграмма и чем объясняется значительное отклонение между энергиями

при мощности лазера одна точка ноль ватта. Опять же отзыв положительный, фраза о соответствии положению есть также, как и в остальных отзывах. На этом отзывы закончены.

### **Председатель**

Да, спасибо, Анастасия, пожалуйста вам слово для ответа на те замечания, которые мы услышали.

### **Алексеевская А.А.**

Сначала отвечу на замечания от ведущей организации. Насчёт первого замечания, В данном эксперименте мы наблюдали действительно за структурой только сверху. Не велась видеосъемка в горизонтальном направлении. Но в тех экспериментах, где это было очень важно, контролировать монослойность, там вторая камера применялась. Здесь, действительно, этого сделано не было. Комментарий очень полезный, и в продолжении данной работы мы постараемся это учесть и изменение заряда, и ионный фокус, который влияет на распределение частиц в параболической ловушке. Насчёт второго замечания, в экспериментах, в которых монослойная структура формировалась именно янус-частицами, пронаблюдать гексатическую фазу не удалось. В основном, исследование возникновения промежуточной фазы строится на анализе асимптотики ориентационных и трансляционных корреляционных функций. В связи с тем, что у нас есть анизотропия свойств частиц с неоднородным покрытием, кинетический разогрев при воздействии лазерного излучения происходит неоднородно. И аккуратно нам построить и проанализировать трансляционные корреляционные функции у нас не получилось, невозможно. Из-за того, что лазерное воздействие воспринимается не одинаково и не изотропно. Может ли в системе янус-частиц реализовываться БКТ сценарий – пока однозначного ответа нет. Возможно, если удастся сделать калиброванные сферы, где будут частицы иметь именно одинаковое металлическое покрытие наполовину, и тогда прецизионное воздействие лазерного излучения будет однородно на всю структуру, отклик на воздействие будет изотропным, возможно тогда пронаблюдать гексатическую фазу удастся. Пока с частицами, которые мы производим в нашей лаборатории, это сделать не удалось. По поводу третьего замечания, наращивая количество оболочек (то есть переходя постепенно от кластера с одной оболочкой, потом с двумя, тремя) мы изучаем, как меняется характер плавления. В нашей лаборатории был магистр из Мьянмы, который в своей работе проводил эксперимент, где в зависимости от количества оболочек изучалось, когда именно исчезает это пооболочное плавление и когда коллективные эффекты и однородный разогрев начинают проявляться. В зависимости от параметров разряда и давления буферного газа тогда было около 5-6 оболочек, когда мы переходили от «штук» к протяженной структуре. В нашей лаборатории планируется предметно изучить влияние размера квазидвумерной системы активных броуновских частиц на сценарий перехода. По поводу первого отзыва Александра Григорьевича - свойства открытых систем, которые состоят из янус-частиц, заключается в том, что они не всегда возвращаются в своё исходное состояние при обратных процессах. То есть возникает гистерезис, который мы наблюдаем экспериментально. Связано это с тем, что система может запасать энергию или эволюционировать. У системы может, например меняться эффективность преобразования лазерного излучения. Изменение свойств поверхности происходит у частиц (например эрозия частиц). Может возникать деградация поверхности, разрушение металлического покрытия. В нашей работе были проведены похожие эксперименты. И есть наша публикации в *Nanomaterials* о том, что частицы могут приобретать металлическую поверхность, просто находясь в газовом разряде. А значит эффективность воздействия лазерного излучения, преобразование ее в кинетическую энергию будут разные. Поэтому система не всегда возвращается в исходное состояние. Поэтому присутствует гистерезис. По поводу отзыва Ирины Ивановны - схема установки была исправлена, контейнер был добавлен. По поводу второго комментария - согласна. В

дальнейших работах обязательно учту данные замечания. По поводу отзыва Виктора Витальевича. С первым комментарием согласна. В дальнейших работах обязательно учту. Второй отзыв - Под «разогретой» или «жидкоподобной» структурой в работе подразумевается структура, которая имеет высокую среднюю кинетическую энергию частиц. Если говорить о проведённых мною экспериментах, это, по сути, означает высокую степень неупорядоченности системы. То есть частицы двигаются по структуре, меняются местами, расталкивают своих соседей и так далее. Именно в этом смысле указанные определения ставятся в противопоставление упорядоченной структуре. Хотя, в общем смысле, такие формулировки, действительно, могут вызвать вопросы. Что касается фразы «Все кинетические энергии совпадают с визуальным наблюдением за структурой» – это действительно утверждение звучит не совсем корректно. Я имела ввиду, что на видеоизображении структур с высокой средней кинетической энергией частицы, они, действительно, двигаются быстрее, чем на видеоизображении с низкой средней кинетической энергией. Оба выдвинутых замечания справедливы и будут учтены в моей дальнейшей работе. На счёт третьего замечания - эффективный параметр неидеальности, представляющий собой отношение потенциальной энергии взаимодействия к кинетической энергии движения, рассчитывался по первому пику парной корреляционной функции. Использовались результаты численного моделирования Ваулиной, где по первому максимуму парной корреляционной функции определялось значение параметра неидеальности. У меня всё.

#### **Председатель**

Спасибо, Анастасия Александровна, значит мы переходим сейчас к заслушиванию официальных оппонентов. Они оба присутствуют у нас дистанционно, насколько я понимаю. И как у нас первый оппонент Сергей Андреевич Новопашин он на связи?

#### **Новопашин Сергей Андреевич (оппонент)**

Да, я на связи, если меня слышно. У меня всё хорошо, я вас отлично слышу. Система работает очень хорошо. Так меня слышно, нет?

#### **Председатель**

Да, слышно, пожалуйста, мы вас слушаем.

#### **Новопашин Сергей Андреевич (оппонент)**

Уважаемый председатель, уважаемые члены диссовета, очень рад выступить на вашем собрании. Отзыв у меня положительный, поэтому с разрешения председателя я бы хотел большую часть сказать своими словами, а замечания, собственно, я уже зачитаю, и заключительные слова тоже.

#### **Председатель**

Да, конечно, пожалуйста.

#### **Новопашин Сергей Андреевич (оппонент)**

*(Выступление оппонента не стенографируется. Положительный отзыв Новопашина С.А. имеется в деле)*

Все перечисленные замечания не снижают общей положительной оценки диссертационной работы. Диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует всем критериям, установленным в пункте 9 Положения о порядке присуждения учёных степеней номер 842 от 24.09.2013, а её автор Алексеевская Анастасия Александровна заслуживает присуждения учёной степени кандидата физмат наук по специальности 1.3.9 физика плазмы. Спасибо за внимание.

### Председатель

Спасибо, спасибо большое Сергей Андреевич. Значит, Анастасия Александровна, пожалуйста, Вам время, сейчас у нас экран переключился, чтоб Вы могли документировано ответить на замечания.

### Алексеевская А.А.

Спасибо большое, Сергей Андреевич. По поводу первого замечания, фрактальная размерность траекторий активных частиц была использована успешно для анализа динамических характеристик в ряде работ. В то время как траектория пассивной броуновской частицы является фракталом с размерностью 2, в случае активного броуновского движения размерность траектории может изменяться. Так, в работе десятого года движение крупных морских хищников было рассмотрено как фрактальное броуновское. Выяснилось, что оно представляет собой полёты Леви с показателем степени от 1 до 3. Аналогичный подход был использован и в нашей лаборатории для анализа динамических характеристик коллоидных частиц в плазме Ксенией Георгиевной Косс и соавторами в 22 году. Было получено, что, в зависимости от характеристик коллоидной частицы и разряда, в который она помещена, фрактальная размерность её может варьироваться от 1 до 3. Фрактальная размерность траектории коллоидной частицы вычислялась как производная её динамической энтропии на больших масштабах движения (когда частица выходит на диффузионный режим движения). По поводу второго вопроса, вернее замечания - функция динамической энтропии первого пересечения, была предложена в работе Allegrini, и является приближением энтропии Колмогорова-Синяя, и характеризует степень рандомизации траекторий системы в фазовом пространстве. Являясь, таким образом, скорее более статистической, чем термодинамической характеристикой, она не требует ограничений на величину сил и потоков в системе. Предполагая пространственный масштаб не слишком мелким, можно примерно вычислить динамическую энтропию данным образом. То есть в момент времени 0 строится сфера радиуса  $\epsilon$  с центром в точке нахождения частицы. Затем находится момент времени  $\tau$ , в который частица впервые пересекает эту границу. Динамическая энтропия первого пересечения определяется как обратное значение  $\tau$ . По поводу третьего замечания, использовался твердотельный лазер с длиной волны 532 нанометра. Об этом было указано только косвенно на странице 70. Мощность лазера приводится на рисунках с траекториями частиц в подписях. Чтобы ответить на четвёртое замечание, нужно заглянуть в Энциклопедию низкотемпературной плазмы том 1. Пылевая плазма. Глава 3. Указано, что положение кривой плавления соответствует на фазовой диаграмме гамма порядка 105-106. А расчеты в модели однокомпонентной плазмы говорят о том, что кристаллизация приходит именно при значении 106, или 170, если использовался радиус Вегнера-Зейтца, как единица длины. Речь идет об эффективном параметре неидеальности, представляющем собой отношение потенциальной энергии взаимодействия и кинетической энергии движения. И чем выше этот параметр, тем больше взаимодействие превалирует над кинетической энергией частиц. В численных расчетах, где использовался радиус Вегнера-Зейтца, как и единицы длины, в модели однокомпонентной плазмы, и для пылевой плазмы, положение кривой плавления кристаллизации на фазовой диаграмме соответствует именно этому числу. Эти сведения из энциклопедии по пылевой плазме. В моей работе, к сожалению, не было источника, ссылающегося на данную работу, вот сейчас я его рассказала. По поводу пятого замечания, из-за того, что действие силы не совпадает с направлением лазерного пучка, и как следствие, вектор частиц может быть направлен в различном направлении, и значение силы для разных частиц может быть различным, ламинарное течение не образовывается. Формулировку действительно следовало бы сделать более понятно. По поводу того, что «недостаточно», имелось ввиду, что именно направленной компоненты недостаточно для формирования течения. По поводу шестого

замечания - если посмотреть на коэффициент отражения: при длине волны 500 нанометров – то для меди будет 63,2. То есть 60 процентов медь отразит, и только 40 поглотит. Также на поверхности частицы могут возникать окислы. Оксиды меди очень хорошо поглощают лазерное излучение. Это все приводит к тому, что процесс фотофоритического разогрева, связанный с поглощением частицами с медным покрытием лазерного излучения, играет заметную роль. И мы действительно не изучали оптические свойства частиц. Как они зависят от свойств поверхности, способа напыления и так далее. Нам было важно, что здесь присутствует данный эффект. И этот эффект связан с поглощением лазерного излучения для частиц с медным покрытием. А к чему данный эффект приводит, мы и исследуем в нашей работе. По поводу всех замечаний редакционного характера - я сразу согласна.

**Председатель**

Спасибо, Анастасия Александровна. Мы переходим к заслушиванию второго нашего официального оппонента. Это Карасев Виктор Юрьевич. Он присутствует у нас дистанционно, поэтому давайте попробуем соединиться с ним.

**Карасев Виктор Юрьевич (оппонент)**

Коллеги, меня видно слышно?

**Председатель**

Да, отлично, Виктор Юрьевич, пожалуйста, добрый день, приступайте.

**Карасев Виктор Юрьевич (оппонент)**

*(Выступление официального оппонента не стенографируется. Положительный отзыв Карасева В.Ю. имеется в деле)*

Ну и как бы подводя итог, наверное, своей речи, я скажу, что, сделанные замечания не портят позитивной картины всех полученных результатов. Рецензируемая диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует всем критериям, установленным в пункте 9 Положения о порядке присуждения учёных степеней номер 842 от 24.09.2013, а её автор Алексеевская Анастасия Александровна заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.9 физика плазмы. Ну, коллеги, в финале я бы хотел сказать, что я хочу пожелать, чтоб вот прекрасный день, как сказал Михаил Михайлович не только у него, потому что у него аспирантка защищается, но и у самой претендентки тоже был сегодня. Ну, я закончил.

**Председатель**

Спасибо, Виктор Юрьевич, мы постараемся чтобы он был прекрасным. Анастасия Александровна, пожалуйста, там было несколько было замечаний, ответьте, пожалуйста.

**Алексеевская А.А.**

Да, я начну с первого вопроса. В ряде моих работ использовался только аргоновый лазер для подсветки. Для экспериментов, где нужно было дополнительно воздействовать на структуру и создать течение, иногда использовался дополнительный лазерный пучок (то есть твердотельный лазер). И когда мы использовали второй лазер, мы старались вырезать однородный пучок, который будет воздействовать на структуру, именно обрезали «крылья» в распределения мощности с помощью диафрагмы. По поводу второго вопроса, в нашей работе сделан вывод, что сила ионного увлечения не мала, и она может оказывать заметное влияние на распределение частиц, меняя среднее расстояние между частицами от центра к периферии. Со слов Виктора Юрьевича, наши оценки силы были снизу. И даже в этом случае она важна. Если она больше, то ее влияние просто возрастет. И главный вывод тут

только один, что для того, чтоб объяснить, почему может меняться межчастичное расстояние между частицами, нужно учитывать силу ионного увлечения, ионный фокус за каждой частицей. То есть фактически у нас экранирован не монослой заряженных частиц, а еще и виртуальные положительные заряды под каждой частицей. По поводу третьего вопроса, частично уже отвечала. Точность определения параметра неидеальности по парным корреляционным функциям оказывается достаточно низким. Погрешности, которые нанесены на график, достаточно большие. И наибольший гистерезис, например, для точки 0.5 Вт имеет разницу гамма примерно 50. Между ними может влезть только одна точка с погрешностью. Это же и видно на графике энергий. Где также между двумя точками может влезть только одна точка с учётом погрешностей. То есть разброс примерно одинаковый, что по кинетическим энергиям, что по гамме. Гистерезис есть в обоих случаях, и размер гистерезиса одинаковый. Выбраны разные масштабы по оси ординат, из-за этого это не так явно заметно на графике кинетической энергии этот гистерезис. Свойства открытых систем заключается в том, что они не всегда возвращаются в исходное состояние, собственно, поэтому здесь присутствует в принципе данный гистерезис. Потому система не возвращается в исходное состояние. Вроде бы я ответила на все три вопроса.

### **Председатель**

Спасибо Анастасия Александровна. Ну, опять пришло любимое время для дискуссий. Есть ли у нас желающие что-нибудь сказать? Пожалуйста, Лев Михайлович. Леонид Михайлович, я извиняюсь. Я тебя неправильно назвал, все в порядке. Имя перепутал.

### **Василяк Леонид Михайлович**

Уважаемые коллеги, мы заслушали замечательную экспериментальную диссертацию. Поскольку нас все время призывают к тому, чтобы эксперимента было больше, поскольку теория, конечно, и вычислительные методы быстро, хорошо развивается, но они должны на что-то опираться. Вот в данном случае мы увидели замечательную экспериментальную работу, где полученные новые эффекты. Они объяснены и подтверждены экспериментально различными способами. Я считаю, что работа соответствует всем требованиям и рекомендую, предлагаю членам учёного совета проголосовать ЗА.

### **Председатель**

Спасибо, Леонид Михайлович. Ещё кто-нибудь хочет? Да, Анатолий Васильевич, пожалуйста.

### **Филиппов Анатолий Васильевич**

Я присоединяюсь к прекрасным словам Леонида Михайловича и скажу вот: до сих пор до этих работ в научной литературе существовало мнение, что изотропное распределение частиц по радиусу разряжается к центру, то есть задаётся параболическая ловушка, и считается, и вот такое мнение, там Алексей Владимирович этого предположения придерживается, Клубов там и многие другие. Вот пожалуйста, Анастасия Александровна сумела показать, что распределение может быть и таким, и всяким, и это зависит от разрядных условий. Поэтому теоретикам есть куда дальше развиваться и спасибо за это Анастасии Александровне. Работа прекрасная, призываю поддержать и я проголосую ЗА.

### **Председатель**

Спасибо. Кто ещё хочет? Пожалуйста.

### **Тимофеев Алексей Владимирович**

Ну если меня упомянули, наверное, я не могу не встать и не присоединиться. Анатолий Васильевич, я думаю ваше высказывание в мою сторону отдельно обсудим, а сосредоточусь на работе Анастасии Александровны. Анастасия Александровна, на мой взгляд сделала

очень хорошую работу. Я присоединюсь к словам Виктора Юрьевича, что представление сильно не дотягивает до конкретных результатов, и результаты затрагивают сразу несколько областей. На самом деле, если постараться и развить, то может получиться больше, чем одна кандидатская работа. На мой взгляд здесь есть явная перспектива, ну и я поддерживаю работу, и призываю коллег тоже поддержать.

**Председатель**

Спасибо большое, Алексей Владимирович. Пожалуйста, ещё кто-нибудь хочет высказаться? Да, только пожалуйста, к микрофону.

**Трухачёв Фёдор Михайлович**

Уважаемые коллеги, добрый день, Трухачёв Фёдор Михайлович. Мне довелось работать над публикациями с Анастасией Александровной. И вот моя задача была - интерпретации экспериментов, а, соответственно, описание экспериментов — это была часть работ Анастасии Александровны. И вот я могу сказать, что очень хорошая взаимосвязь получилось. Я задавал вопросы, которые нужно, запрашивал те данные, которые нужны были мне для информации - всегда получал их. Просил что-то пересчитать или обработать данные - всегда соответственно получал новые данные в том виде, о котором я хотел их видеть. Ну или в другом, но тоже очень полезном. Ну и я хочу сказать, что, Анастасия Александровна охарактеризовала себя как очень квалифицированный экспериментатор. Все.

**Председатель**

Спасибо, спасибо большое, за Ваше позитивное мнение. Ещё есть желающие выступить? Если нет, то давайте будем считать, что в общем все ясно, поэтому после возможности поблагодарить, выразить последнее слово мы будем переходить к голосованию.

**Алексеевская А.А.**

Хотела бы поблагодарить своего научного руководителя Васильева Михаила Михайловича и всех, кто помогал мне в подготовке диссертации. Спасибо большое.

**Председатель**

Алексей Владимирович, тогда пожалуйста.

**Ученый секретарь**

Дорогие коллеги, наше заседание проводится в комбинированном очно-дистанционном режиме. Голосование производится с использованием телекоммуникационных систем, то есть на сайте нашего института. Прошу всех присутствующих членов диссертационного совета, очно или дистанционно присутствующих опять же, войти под своим логином и паролем на сайт ОИВТ РАН и проголосовать в разделе диссертационные советы. Можете воспользоваться либо своим устройством, либо компьютером диссовета.

*(Проводится процедура тайного голосования)*

**Председатель**

Спасибо, а мы пока можем начать нашу заключительную работу над «заключением». Если есть уже предложения, пожалуйста, Леонид Михайлович, начнём с Вас. Анастасия Александровна, фиксируйте, пожалуйста, замечания заключения. Тогда Лев Гаврилыч уже готов. Или голосовать ещё? Ну проголосуй сначала.

**Дьячков Лев Гаврилович**

Там пока занято.

**Председатель**

Хорошо.

**Дьячков Лев Гаврилович**

Значит, Настя, готовы фиксировать? Вот у меня немного замечаний. Во-первых, страницы, конечно, не пронумерованы, но вот где идёт выступление с докладами на конференциях, вот наша Эльбрусская конференция, она нумерация сплошная, а название чередуются. Вот здесь все-таки, а у Вас сразу идёт три номера подряд к двум названиям, вот лучше к каждому названию свой номер. Да-да, и ещё, значит, ещё я особо не придираюсь, но вот ну это уж совсем вопиющая опечатка, могу сказать. Вот где идёт речь об оппонентах, Карасёв в частности, тут, ну принято писать, упоминать несколько работ. Вот здесь три работы и из них две — это одно и то же. Да вот, но у Карасёва этих работ даже в этом году там в несколько раз больше, чем здесь упоминаются, поэтому нет никаких проблем вместо третьей поставить что-то ещё. Ну вот, собственно, у меня все.

**Председатель**

Спасибо Лев Гаврилович.

**Филиппов Анатолий Васильевич**

И на кафедре там указано - нужно уточнить. Вот там же на странице, где официальные оппоненты - доктор и в конце после дефиса единичка. Что это означает?

**Председатель**

Доктор номер один.

**Филиппов Анатолий Васильевич**

Или Федеральное государственное бюджетное учреждение Санкт-Петербург номер один. По поводу вот списка работ, вот Карасёва и других там. Лучше не и «др», а все-таки указать всех авторов. Вас никто не ограничивает в объёме.

**Председатель**

Ну да, чтобы хотя бы Карасёв был виден. А то его не видно тут.

**Филиппов Анатолий Васильевич**

Так, ещё что-то тут было. Ну вот, Гербенко А.П. и др. И да, первый и третий совпадают. Точно так же Semikolenova O. et.al.

**Председатель**

Ну, в любом случае дойти в пересечении авторов до того, кто упоминается, чьи работы имеются ввиду.

**Филиппов Анатолий Васильевич**

Дальше там, где диссертационный совет отмечает. Вот были-были эксперименты, и вдруг выплывает "плотности мощности лазерного излучения". Вопрос возникает - при чем тут лазер, зачем он нужен? Вот указать - возмущающего пылевые частицы, например, лазерного излучения. Уточнить это вот слово. Ну и тут запятые где-то нужно убрать. Таких наук, как физика - все-таки это я думаю заменить на разделах, или областях там указать. Это моё личное мнение. По-моему все.

### **Председатель**

Спасибо, Анатолий Васильевич. Или мы, голосование закончилось, может мы завершим официальную часть? Оно тогда будет и более правильно, на самом деле, обсуждать решение после того, как голосование закончилось.

### **Ученый секретарь**

Дорогие коллеги, всего присутствовало на заседании 23 члена диссертационного совета, в том числе докторов наук по профилю рассматриваемой диссертации 13. Очно присутствовало 14 членов диссертационного совета, в том числе докторов наук по профилю рассматривать диссертации 8. Дистанционно присутствовало 9, в том числе докторов наук по профилю рассматривать диссертации 5. Было получено 23 голоса. За - 23. Против - 0. Недействительно - 0.

### **Председатель**

Спасибо, прошу утвердить результат голосования. Кто за? Есть ли против? Воздержавшихся нет. Как у нас там дистанционно? Все согласны? Нету, нету возражений. Значит тогда будем считать, что единогласно мы приняли. Да, давайте поздравим. И продолжил работу над заключением нашего совета. Пожалуйста.

### **Василяк Леонид Михайлович**

Значит страниц, к сожалению, тут нет. Кстати, давайте на будущее попросим нумеровать. Диссертационный совет отмечает, как всегда. Значит второй пункт - экспериментально обнаружен эффект упорядочения структуры кластеров с увеличением плотности мощности лазерного излучения. Но мы вот как раз слушали оппонента, который сказал, четыре разных лазера по-разному действуют. Пожалуйста, Анастасия, могли бы уточнить, о чем идёт речь здесь в этом пункте. О каком лазере и что он делает. И какие частицы там янус-частицы или ещё какие. Теперь следующий пункт, сформулированные условия формирования квазидвумерных структур заряженных частиц в параболической ловушке (но там ещё есть дальше). Поскольку условия, они разные бывают, там, например гамма сто семнадцать, да - тоже в условии. Поэтому, пожалуйста, о каких условиях идёт речь (или там давление) необходимо уточнить. Ну и в общем уточните этот пункт, пожалуйста. У меня ещё не всё.

### **Председатель**

Хорошо, хорошо, я хотел сказать, что это принимается.

### **Василяк Леонид Михайлович**

Оценка достоверности - то, на что ВАК обращает внимание тщательно. Мы этот пункт должны всегда смотреть. Выявило, что ну вот в данном случае он слишком короткий и указано, что результаты воспроизводятся с высокой точностью. Это один только аспект. Давайте все-таки этот пункт расширять, так, как мы это делаем. Во-первых, после слов "экспериментальных исследований" я рекомендую добавить "полученных с использованием проверенных диагностик и методик", а далее "с высокой точностью воспроизводятся" оставим "во многочисленных экспериментах". И после вот перед точкой добавим ещё следующее "и согласуется с известными данными в совпадающих условиях". Также, по-видимому, будет правильно добавить, что результаты работы обсуждались на конференциях. Это вообще тоже свидетельство достоверности. И были опубликованы в рецензируемых журналах.

**Председатель**

Руководителю отдайте. Анастасия вообще фиксирует, насколько я понимаю.

**Киверин Алексей Дмитриевич**

У меня пара тоже замечаний. Первое как раз касается руководителя, потому что вот его так сказать должности в автореферате и в заключение разнятся. В автореферате указано "ведущий научный сотрудник", видимо это основное место работы, а в заключении, что "заведующий лабораторией". По всей видимости надо тоже ведущий научный сотрудник написать.

**Председатель**

Это должности руководителя?

**Киверин Алексей Дмитриевич**

Да, да.

**Председатель**

Ну, можно и третью тогда ещё написать.

**Киверин Алексей Дмитриевич**

Вообще я так понимаю, что должности "заведующего лабораторией" нету сейчас. На него возложена обязанность.

**Председатель**

Ну тогда четвёртую можно ещё дописать.

**Киверин Алексей Дмитриевич**

Не, ну я думаю, что должно совпадать с тем, что в других документах.

**Председатель**

Михаил Михайлович, вы выберете, какая Вам больше всего подходит, мы Вам напишем.

**Киверин Алексей Дмитриевич**

И вот опять мне кажется, вот видимо это в шаблоне все-таки вот недочёт какой-то. Вот на последней страничке, вот это все-таки ответила на «заданные» вопросы, а они «задаваемые», наверное. То же самое замечание, что это уже произошло, поэтому совершенный вид должен быть.

**Председатель**

Хорошо, ещё есть предложения? Если нет, тогда давайте примем, в целом, с теми замечаниями, которые были сделаны. Кто за? Прошу голосовать. Против - нету. Там дистанционно тоже никто не возражает? Тогда спасибо всем, сегодня мы заканчиваем наше заседание. У нас осталось в этом году ещё одно. Спасибо.

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. № \_\_\_\_\_

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 12.10.2023г. (протокол заседания № 21) 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 Объединенного 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 Алексеевской 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 докторов 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.