

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

СТЕНОГРАММА

заседания диссертационного совета Д 002.110.02 на базе
Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Объединенного института высоких температур Российской академии наук
(125412, г. Москва, ул. Ижорская, д. 13, стр. 2)
от 17 октября 2018 г. (протокол № 16)

Защита диссертации **Сыроватки Романа Александровича**
на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук
**«Кулоновские структуры микрочастиц в электродинамических
ловушках при атмосферном давлении»**

Специальность 01.04.08 – физика плазмы

Москва – 2018

СТЕНОГРАММА

заседания диссертационного совета Д 002.110.02 на базе
Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Объединенного института высоких температур Российской академии наук
(125412, г. Москва, ул. Ижорская, д. 13, стр. 2)
Протокол № 16 от 17 октября 2018 г.

Диссертационный совет 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 22 человек, из них 10 докторов наук по специальности 01.04.08 – физика плазмы и 11 докторов наук по специальности 01.04.14 – теплофизика и теоретическая теплотехника. Дополнительно введены на разовую защиту 0 человек. Кворум имеется.

Председатель – зам. председателя диссертационного совета Д 002.110.02

д.ф.-м.н., профессор Андреев Н.Е.

Ученый секретарь – ученый секретарь диссертационного совета Д 002.110.02

к.ф.-м.н. Васильев М.М.

1	Фортов В.Е.	Академик	01.04.08	Отсутствует
2	Канель Г.И.	Чл.-корр. РАН, д.ф.-м.н., профессор	01.04.14	Присутствует
3	Андреев Н.Е.	Д.ф.-м.н., профессор	01.04.08	Присутствует
4	Васильев М.М.	К.ф.-м.н.	01.04.08	Присутствует
5	Агранат М.Б.	Д.ф.-м.н., с.н.с.	01.04.14	Присутствует
6	Амиров Р.Х.	Д.ф.-м.н., с.н.с.	01.04.08	Присутствует
7	Баженова Т.В.	Д.ф.-м.н., профессор	01.04.08	Присутствует
8	Вараксин А.Ю.	Чл.-корр. РАН, д.ф.-м.н., профессор	01.04.14	Присутствует
9	Васильев М.Н.	Д.т.н., профессор	01.04.14	Присутствует
10	Василяк Л.М.	Д.ф.-м.н., профессор	01.04.08	Присутствует
11	Воробьев В.С.	Д.ф.-м.н., профессор	01.04.08	Присутствует
12	Голуб В.В.	Д.ф.-м.н., профессор	01.04.14	Присутствует
13	Гордон Е.Б.	Д.ф.-м.н., профессор	01.04.08	Отсутствует
14	Грязнов В.К.	Д.ф.-м.н.	01.04.14	Присутствует
15	Дьячков Л.Г.	Д.ф.-м.н.	01.04.08	Присутствует
16	Зейгарник Ю.А.	Д.т.н., с.н.с.	01.04.14	Присутствует
17	Еремин А.В.	Д.ф.-м.н., профессор	01.04.14	Присутствует
18	Иванов М.Ф.	Д.ф.-м.н., профессор	01.04.14	Отсутствует
19	Иосилевский И.Л.	Д.ф.-м.н., профессор	01.04.08	Присутствует
20	Кириллин А.В.	Д.ф.-м.н.	01.04.14	Отсутствует
21	Лагарьков А.Н.	Академик	01.04.08	Отсутствует
22	Ломоносов И.В.	Д.ф.-м.н., профессор	01.04.14	Отсутствует
23	Медин С.А.	Д.т.н., профессор	01.04.14	Присутствует
24	Норман Г.Э.	Д.ф.-м.н., профессор	01.04.08	Присутствует
25	Петров О.Ф.	Академик	01.04.08	Присутствует
26	Полежаев Ю.В.	Чл.-корр. РАН, д.т.н., профессор	01.04.14	Отсутствует
27	Савватимский А.И.	Д.т.н.	01.04.14	Присутствует
28	Сон Э.Е.	Чл.-корр. РАН, д.ф.-м.н., профессор	01.04.08	Присутствует
29	Старостин А.Н.	Д.ф.-м.н., профессор	01.04.08	Отсутствует
30	Храпак А.Г.	Д.ф.-м.н., профессор	01.04.14	Присутствует
31	Якубов И.Т.	Д.ф.-м.н., профессор	01.04.08	Отсутствует

ПОВЕСТКА ДНЯ

На повестке дня защита диссертации научного сотрудника лаборатории 1.2.1.1 – плазменно-пылевых процессов Научно-исследовательского центра теплофизики экстремальных состояний (НИЦ-1 ТЭС) Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур Российской академии наук (ОИВТ РАН) **Сыроватки Романа Александровича** на тему «Кулоновские структуры микрочастиц в электродинамических ловушках при атмосферном давлении». Диссертация впервые представлена на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.08 – физика плазмы. Диссертация выполнена в лаборатории 1.2.1.1. – плазменно-пылевых процессов НИЦ-1 ТЭС ОИВТ РАН (125412, г. Москва, ул. Ижорская, д. 13, стр. 2, jih.t.ru).

Научный руководитель:

Филинов Владимир Сергеевич – д.ф.-м.н., главный научный сотрудник лаборатории 1.2.1.1 – плазменно-пылевых процессов Научно-исследовательского центра теплофизики экстремальных состояний Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур Российской академии наук, г. Москва.

Официальные оппоненты:

Карасев Виктор Юрьевич - гражданин РФ, д.ф.-м.н., доцент, профессор кафедры Общей физики-1 Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет» (СПбГУ; Россия, 199034, Санкт-Петербург, Университетская набережная 7-9).

Филиппов Анатолий Васильевич – гражданин РФ, д.ф.-м.н., первый заместитель директора отделения – начальник отдела Акционерного общества «Государственный научный центр Российской федерации Троицкий институт инновационных и термоядерных исследований» (ГНЦ РФ ТРИНИТИ; Россия, 142092, г. Москва, г. Троицк, ул. Пушкиновых, вл. 12).

Ведущая организация:

ФГБУН Институт нефтехимического синтеза им. А. В. Топчиева Российской академии наук (ИНХС РАН; Россия, 119991, Москва, Ленинский проспект, 29).

На заседании присутствуют официальные оппоненты д.ф.-м.н., доцент Карасев В.Ю. и д.ф.-м.н. Филиппов А.В., научный руководитель Сыроватки Р.А. д.ф.-м.н. Филинов В.С.

СТЕНОГРАММА

Председатель

Перейдем к следующей защите Сыроватки Романа Александровича. Он присутствует? Хорошо, хотелось бы увидеть вашу презентацию. Пока презентация готовится, Михаил Михайлович ознакомит нас с необходимыми документами.

Ученый секретарь

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

Председатель

Есть ли вопросы по документам, представленным нам в совет? Если нет, то перейдем к существу работы, Роман Александрович, пожалуйста, у вас двадцать минут.

Сыроватка Р.А.

Выступает с докладом по диссертационной работе (выступление не стенографируется, доклад Сыроватки Р.А. прилагается).

Председатель

Спасибо, Роман Александрович. Пожалуйста, вопросы к соискателю. Кто хочет спросить чтонибудь? Александр Викторович.

Еремин А.В.

Представлены интересные теоретические и экспериментальные результаты, однако вы ничего не сказали про сравнение эксперимента с результатами моделирования. Покажите пожалуйста при каких параметрах проводилось моделирование и каковы результаты сравнения моделирования и эксперимента.

Сыроватка Р.А.

Во-первых, расчетная схема проверялась на известных аналитических примерах.

Еремин А.В.

Расчетная схема чего? Что считалось?

Сыроватка Р.А.

Уравнение Ланжевена. На слайде представлено сравнение экспериментальных данных и результатов моделирования. В моделировании, конечно, точно такой же результат не получится, потому что заряд частиц в эксперименте варьируется, да и размер точно не узнать.

Еремин А.В.

Чисто качественное сравнение?

Сыроватка Р.А.

По факту да.

Председатель

Масштабы разные? Тут сантиметры, а тут миллиметры.

Филинов В.С.

Тут тоже сантиметры.

Председатель

На правом рисунке одна сотая метра, это сантиметр. Так, еще вопросы какие есть? Да, Равиль Хабибулович.

Амиров Р.Х.

Вы привели формулу, как зависит заряд частиц от размера. Каково характерное время, вот там последний член в скобках, он позволяет оценить время, за которое достигается предельный заряд. Эта формула ведет себя асимптотически?

Сыроватка Р.А.

Да.

Амиров Р.Х.

Так вот, для этого необходимо знать подвижность ионов, концентрацию ионов и сорт ионов. Вопросы следующие: каково характерное время, за которое частица получает половину предельного заряда; какие были ионы и как отличалась их подвижность, и учитывали ли вы такие тонкие эффекты, как влияние влажности на образование комплексных ионов?

Сыроватка Р.А.

Влажность не учитывалась. Я проводил оценки, частица заряжалась до 90% за одну сотую секунды.

Амиров Р.Х.

При какой концентрации ионов?

Сыроватка Р.А.

Для коронного разряда представленной конструкции концентрация ионов составляла около 10^9 см^{-3} .

Амиров Р.Х.

Понятно, спасибо.

Председатель

Спасибо, еще вопросы? Да, пожалуйста, Михаил Михайлович.

Васильев М.М.

У меня два вопроса: по постановке эксперимента и по методике определения. Вы показывали распределение, там, где сепарация частиц. Вы показывали распределения частиц по размерам, полученные в сепараторе. Вопрос заключается в том, каким образом эти измерения проводились.

Сыроватка Р.А.

Каким образом?

Васильев М.М.

Да, каким образом вы мерили размер частиц в разных областях? Микроскопом? По ситу?

Сыроватка Р.А.

Простите, в разных частях чего?

Васильев М.М.

Ну вы же говорили о том, что в разных частях сепаратора находятся частицы разного размера.

Сыроватка Р.А.

Можно поднести предметное стекло, например, к верхнему облаку частиц, собрать их и потом посмотреть.

Васильев М.М.

То есть вы извлекали частицы и потом анализировали, статистику проводили?

Сыроватка Р.А.

Да.

Васильев М.М.

И второй вопрос у меня касается корреляционной функции, которую вы приводили. Вопрос связан вот с чем: какая толщина лазерного пучка, которым вы подсвечивали структуру?

Сыроватка Р.А.

Двести пятьдесят микрон.

Васильев М.М.

Двести пятьдесят микрон. Следственно смотрите, первый пик парной кор. функции вы видите где-то на толщине?

Сыроватка Р.А.

Та толщине около двухсот пятидесяти микрон.

Васильев М.М.

Порядка тех же самых двухсот пятидесяти – трехсот микрон. То есть делать вывод о том, что у вас структура неупорядоченная вы не можете. Вы должны сказать, что по всей видимости попадает не один слой частиц. И из-за их перекрытия получается такой первый пик. То есть вывод о том, что у вас жидкостная структура и так далее несколько опрометчиво.

Председатель

Да пожалуйста, Виктор Юрьевич.

Карасев В.Ю.

У меня вопрос про сепарацию частиц, или скорее про метод наблюдения в эксперименте. Я понял из вашего ответа, что глазами в оптический микроскоп и в таком широком диапазоне велись наблюдения. Понятно, что с одним окуляром нельзя было

сделать всю эту выборку от пяти микрон до пятидесяти микрон. То есть вы должны учитывать, что в разные объективы частицы по-разному видны. Как было произведено это «сшивание»? И еще такой вопрос. Если это оптический микроскоп, то есть ограничение, связанное с длиной волны меньше микрона, а их там может быть подавляющее большинство, если это полидисперсный порошок. То есть если это так и их там огромное количество мелких частиц, то распределения могут быть сильно изменены. То есть не мешало бы мелкую фракцию отнести на электронный микроскоп и сопоставить.

Председатель

Это пожелание? А первый вопрос был таким: какие минимальные частицы как вы думаете, вы видели?

Сывратка Р.А.

(Показывает на графике). Вот меньше этого размера частиц уже не было видно. Около трехсот нанометров. А про то что разные объективы. Да, приходилось их менять. Были такие частицы, которые с максимально увеличивающим объективом не влезали целиком в область зрения. Особых проблем с этим нет, поскольку наблюдения ведутся с помощью видеокамеры, для которой есть специальное программное обеспечение, пересчитывающее размер с учетом масштаба.

Председатель

Хорошо, еще вопросы есть? Да пожалуйста, Алексей Георгиевич.

Храпак А.Г.

Можно рисунок, где измерение заряда? Он уже раз фигурировал в вопросах. В реферате стоит в подписи, что это результаты измерений заряда и массы частиц. Вы, наверное, имели в виду, что d это масса.

Сывратка Р.А.

Да я пишу, как синоним, что размер эквивалентен массе.

Храпак А.Г.

Просто нигде в реферате про это не сказано.

Председатель

Если известное вещество, то это так.

Храпак А.Г.

Второй вопрос. Насколько я понял, вы умеете удерживать частицы в области заряда, когда идет воздушный поток?

Сывратка Р.А.

Все верно.

Храпак А.Г.

А патент называется «способ удаления». Как вы себе это мыслите? То, что вы удерживаете, это я понимаю. А как вы потом будете удалять это все?

Сыроватка Р.А.

Например, поставив вот тут дополнительный электрод, который будет выталкивать частицы вбок.

Синкевич О.А.

Выводить из области разряда

Филинов В.С.

За счет продольного поля.

Храпак А.Г.

Вы пробовали удалять, получается?

Сыроватка Р.А.

В принципе получается. Пока что удаляются не все частицы. Над этим еще надо работать.

Председатель

Еще вопросы есть? Нет. Восьмой слайд можно посмотреть? А девятый? Вот смотрите, у вас записана сила действующая, это в высокочастотном поле усреднённая за период, а на нижней границе, как вы говорили, частица вылетает за половину периода. Эта сила не годится.

Сыроватка Р.А.

Да, эта сила приведена для того что бы объяснить механизм вылета на верхней границе.

Председатель

То есть эта сила годится не во всей области. Хорошо, вы объяснили. Еще вопросы есть? Да, Михаил Михайлович.

Васильев М.М.

На видео, которые вы приводили в диссертации, везде ли одна и та же скорость съемки? Частота кадров видеозаписи везде одна и та же?

Сыроватка Р.А.

Нет.

Васильев М.М.

Тогда следовало бы к каждому видео делать подпись, потому что очень тяжело воспринимать и сопоставлять. Все пытаются угадать, какая частота частиц, как они движутся. Это пожелание.

Председатель

Мы перешли к пожеланиям значит уже? Хорошо. Вопросов больше нет. Тогда, Владимир Сергеевич, скажите нам о соискателе несколько слов.

Филинов В.С.

Я хочу сказать, что Роман за период своей учебы в аспирантуре получил очень интересные и разнообразные результаты. Он проявил себя не только как экспериментатор, но и как теоретик. Он одинаково хорошо владеет экспериментальной техникой, причем может ее создавать, и вычислительными методами, и разбирается в том, как их использовать. С моей точки зрения наиболее интересным является результат возбуждения волн в ловушке Пауля. Он ничего не сказал об этом, но форма этих волн, как оказалось,

описана в книжке Арнольда «Теория катастроф». Эти «треугольнички», которые вы наблюдали, соответствуют определенному типу волн.

Председатель

Владимир Сергеевич, вообще то мы не о волнах, а о Романе говорим.

Филинов В.С.

Я хочу сказать о результатах. Во-первых, Роман опубликовал много статей, во-вторых, получено два патента. Я считаю, что это большое достижение. Я считаю, что Роман заслуживает присуждения искомой степени.

Председатель

Спасибо, Владимир Сергеевич. Вопросов нету к руководителю? Тогда, Михаил Михайлович, ознакомьте нас с отзывами.

Ученый секретарь

Уважаемы коллеги, в наш совет поступил отзыв ведущей организации. В качестве ведущей организации выступал **Институт нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева Российской академии наук**. Отзыв составлен г.н.с лаборатории плазмохимии и физикохимии импульсных процессов Ю.А. Лебедевым. Отзыв утвержден зам директора ИНХС РАН С.В. Антоновым. Отзыв положительный. С вашего позволения целиком его зачитывать не буду. Здесь обсуждается структура, актуальность, значимость. Остановлюсь на замечаниях. Замечания следующие:

- было бы правильным в конце литературного обзора сформулировать нерешенные проблемы, откуда должны вытекать задачи исследования;
- на рис. 12 приведены данные о скорости «электрического ветра». Не написано, как она измерялась и какова погрешность?
- в третьей главе описан разработанный автором метод определения заряда и массы частиц. В выводах необходимо было сформулировать достоинства предложенного метода по сравнению с известными, описанными в разделе 1.4;
- в третьей главе результаты расчетов (напр., рис. 25). Нет пояснений, разрабатывались ли коды автором, или использовался один из известных пакетов программ (напр., Comsol)? Для наглядности было бы правильным сопроводить двухмерную картинку аксиальным распределением поля. В тексте говорится о большой погрешности в определении последнего. Об этом свидетельствует и рис. 24;
- какую массу имели тестовые микросферы? Это были сферы из меламинформальдегида, или из стеклоуглерода? Для первых плотность дана в главе;
- формулы 4.1 дают параметры, которые можно определить с помощью парной корреляционной функции. В тексте же приведено значение только одной величины;
- есть текстовые неточности. Например, на стр. 24 написано «зарядке макрочастиц в воздушной и газовой среде атмосферного давления», на стр. 34 «Для определения количества длины, приходящееся на один пиксель», название п. 4.1 и др.

Перечисленные замечания не снижают важность и достоверность полученных результатов и в целом делается вывод, что работа соответствует требованиям ВАК и заслуживает присуждения искомой степени.

Так же на автореферат Романа Александровича поступили **отзывы в количестве четырех штук. Отзывы положительные.**

(Первый отзыв) Отзыв из Института лазерной физики Сибирского отделения РАН, составленный старшим научным сотрудником Лаборатории физики лазеров сверхкоротких импульсов д.ф.-м.н. **Автаевой Светланой Владимировной**. Отзыв положительный с замечаниями:

- судя по автореферату, в работе нет сравнения эффективности удержания (захвата) пылевых частиц в ловушках разного типа;

- из автореферата непонятно, есть ли согласие между результатами экспериментов и моделирования;
- в автореферате экспериментальная установка описана очень кратко, четвертая глава диссертации непропорционально большая по сравнению с остальными главами и могла бы быть разбита на 2 главы.

(Второй отзыв) Еще один отзыв поступил из **Физико-энергетического института имени А.И. Лейпунского**, подписан начальником лаборатории атомных возбуждений отделения космических энергосистем, к.ф.-м.н. **Денежкиным Ильей Александровичем**. Отзыв положительный без замечаний.

(Третий отзыв) Третий отзыв поступил из **Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ»**, подписан заведующим кафедрой физики плазмы, д.ф.-м.н., профессором **Курнаевым Валерием Александровичем**. Отзыв положительный с замечаниями:

- имеется большое количество опечаток. Например, неоднократно упоминается фотовольтанический преобразователь, хотя общепринято использовать термин фотовольтаический;
- в автореферате недостаточно подробно описана установка, при этом ее создание вынесено в первый из основных результатов работы. Всего отмечается четыре составных части: устройство зарядки пылевых частиц в коронном разряде, электродинамические ловушки различной конструкции, система регистрации и визуализации, а также система измерения заряда. Однако приведена только схема зарядки пылинок в коронном разряде. Не приведена и схема «новой квадрупольной ловушки в виде кольца», поэтому трудно представить «торообразную структуру вдоль оси ловушки» и понять, почему в ней «отсутствуют краевые эффекты»;
- предложенный «новый метод измерения размера и заряда пылевых частиц, находящихся в электродинамической ловушке» очень напоминает классический метод Милликена, поэтому желательно выделить оригинальные черты;
- судя по рис. 12, на котором показаны расчетные области удержания частиц по частоте и скорости воздушного потока, захват возможен только при скоростях потока воздуха в единицы мм/с. Такие скорости представляются очень малыми для практического применения предполагаемого метода фильтрации.

(Четвертый отзыв) Четвертый отзыв пришел из **Обнинского института атомной энергетики – филиала федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «МИФИ»**. Подписан заведующим кафедрой «Теплофизика», Начальником ресурсного центра, д.т.н. **Чусовым Игорем Александровичем**. Отзыв положительный с замечанием:

- при рассмотрении в опытах крупных частиц, особенно это касается частиц размером 50 мкм, не реализуется Стоксовский режим их обтекания, и нет учета не сферичности их формы. В этом случае второе слагаемое уравнения (1) автореферата запишется в несколько иной, более общей форме.

Все, спасибо.

Председатель

Спасибо, Михаил Михайлович. Роман Александрович, вам предоставляется возможность ответить на все эти замечания.

Сыроватка Р.А.

Согласен с замечаниями.

Председатель

С замечаниями об опечатках?

Сыроватка Р.А.

Да, об опечатках. А на вопросы я отвечаю. К вопросу об электрическом ветре. Его

скорость измерялась по скорости движения частиц, которые двигались с воздушным потоком (particle image velocimetry).

Было много вопросов про измерение заряда. Во-первых, чем предложенный метод отличается от метода Милликена. В измерениях Милликена после измерений заряда и массы, частица утрачивалась. В нашем же методе после проведения измерений частица остается в ловушке. Скажу еще про отличительные черты. Известна работа, в которой заряд частиц определяется похожим методом, но напряженность поля там считается по аналитической формуле. В качестве торцевого электрода использовалось кольцо. Формула известна. Как было выяснено, такие расчеты по аналитическим формулам приводят к большой погрешности. Расчет напряженности поля в работе производился в Comsol'e.

На рисунке кружками представлен численный расчет аксиального распределения электрического поля шарового электрода, а крестиками – расчет по формуле для заряженного шара. Как можно видеть, разница очень существенная. Для примера на рисунке представлены результаты измерений при различных значениях потенциала шара. Кружками обозначены полученные значения заряда при численном расчете напряженности, а квадратиками расчет по формуле. Погрешность может достигать 300%.

К вопросу о калиброванных микросферах. Их масса составляла $4.7 \cdot 10^{-13}$ г.

В работе действительно нет сравнений эффективности удержания в ловушках различных типов. В работе область удержания была построена только для квадрупольной ловушки.

Про согласие эксперимента и моделирования я уже отвечал.

Про малые скорости потока при которых частицы удерживаются. Действительно, чем меньше размер частицы, тем скорость потока, при котором она захватывается меньше, но можно более крупные частицы ловить.

У меня все.

Председатель

Спасибо. А мы переходим к ознакомлению с мнениями официальных оппонентов. Первый у нас Филиппов Анатолий Васильевич из ТРИНИТИ. Пожалуйста.

Филиппов А.В.

Я не буду подробно пересказывать работу. Роман Александрович это хорошо сделал. Коротко только отмечу то, что особенно понравилось. Первое – это то что это экспериментальная работа. В наше время очень тяжело проводить эксперименты. Роман Александрович провел прекрасную работу и не одну. Понравился мне метод измерения заряда. Мы его раньше тоже использовали. Всегда есть вопросы о том, какие заряды на пылевых частицах в плазме. Это все только оценки обычно идут и теоретические расчеты.

А тут прямой метод измерения. У Милликена статический метод, а тут – динамический. По большому счету в этом вся разница. Работа содержит так же и теоретическую часть. Все полученные результаты теоретически осмысливались, подтверждены численными расчетами. В этом смысле очень хорошая работа.

Ну и про недостатки нужно сказать. Какие недостатки мне бросились в глаза. Про научные положения – это проблема всех, кто защищается. Это просто перечисление задач, которые решались.

Второе, измерялся заряд частиц в положительной и отрицательной короне. В положительной короне результаты очень хорошо ложатся на квадратичную зависимость от размера, а для отрицательной короны имеет место нерегулярное поведение. И это нерегулярное поведение осталось без внимания диссертанта. Интересно было бы узнать с чем это связано.

Третье – про парную корреляционную функцию. Если четырнадцатый слайд открыть. Если присмотреться, то в центральной части картинка более красивая. Было бы интересно посмотреть какая там корреляционная функция будет. Несмотря на то, что ширина ножа есть какая-то. Там большой порядок просматривается. Мне непонятно,

почему для верхней хаотической части был проведен анализ, а здесь нет.

На мой четвертый вопрос про волновые движения Владимир Сергеевич уже пытался ответить, ссылаясь на Арнольда. По картинкам, представленным в диссертации видно, что просто движется облако пылевых частиц. Мне не удалось увидеть волновых движений.

Ну и замечание, которое касается наших работ. Мы много исследовали пылевую плазму при атмосферном давлении, а Роман Александрович утверждает, что таких исследований не было. И наши работы как-то прошли мимо, хотя я уверен, что Роман их знает, т.к. мы с ним очень много пересекались на разных конференциях, обсуждали его работы и наши работы.

Отмеченные недостатки не снижают высокую оценку проделанной работы. Я считаю, что Роман Александрович заслуживает присуждения ему степени кандидата физико-математических наук.

Председатель

Спасибо большое, Анатолий Васильевич. Ну что, Роман Александрович, давайте начнем с последнего замечания.

Сывратка Р.А.

Действительно, в обзоре литературы эти работы не были упомянуты, что является ошибкой, необходимо было их добавить. В диссертации имелись в виду самостоятельные разряды, в которых устойчивые структуры не были получены. В несамостоятельных разрядах таких, как ядерновозбуждаемая плазма, такие результаты были получены.

К вопросу о волнах. Сейчас термин «волна» применяется к таким процессам, в которых происходит не только перенос энергии, но еще и вещества, например волны горения и лазерное излучение в активной среде. Название было дано по аналогии.

Про корреляционную функцию можно сказать следующее. Действительно, в центральной части структуры наблюдается упорядоченность, и ее было бы интересно построить. Проблема заключалась не в толщине лазерного ножа, а в малом количестве частиц в этой части структуры. Получилось бы захватить не больше одного пика. Но в принципе это можно сделать.

Председатель

Вы пробовали это сделать или нет?

Сывратка Р.А.

Не пробовал.

Васильев М.М.

А протяженность видео у вас может быть большая? Анализируйте по времени.

Сывратка Р.А.

Для построения парной корреляционной функции использовались данные пятисот кадров.

Председатель

Еще что-то хотите добавить?

Сывратка Р.А.

Не монотонность заряда частиц в отрицательной короне действительно наблюдается, но в работе детально не анализировалась.

Председатель

Хорошо, давайте тогда заслушаем Карасева Виктора Юрьевича. Это оппонент из Санкт-Петербургского государственного университета.

Карасев В.Ю.

Уважаемые коллеги, это большое удовольствие, когда в руки попадает экспериментальная и очень обширная диссертация, где очень много сделано не то что бы впервые, но самостоятельно. Речь идет не об улучшении, какого то параметра или известного метода. Очень много новизны, того, что было придумано, и это очень здорово и интересно. Второй интерес, это иметь объект – заряженную систему частиц, где зарядка и ловушка отделены друг от друга. Очень интересна комбинация, когда есть удерживающие коронирующие электроды, которые помещены вместе. Мне кажется, что если это работает, то это надо развивать, потому что это следующий шаг в подобных исследованиях: применение поверхностного, барьерного и коронного разряда для зарядки частиц при атмосферном давлении. Мне работа принципиально нравится. Я с удовольствием взялся за нее, читал, и у меня есть вопросы в основном как у экспериментатора.

Есть вопрос контроля температуры практически во всех экспериментах. Я во время презентации увидел, что в случае восьмиэлектродной ловушки центр симметрии относительно оси ловушки смещен. Вопрос заключается в следующем. Насколько это могло быть вызвано каким-то изменением температуры, поскольку есть сила термофореза. В случае большого давления она существенна. Производился ли в экспериментах контроль температуры, поскольку вблизи электродов может быть какой-то разогрев среды.

Исходя из описания на 57 странице диссертации можно думать, что наблюдался фазовый переход. Вы говорили в докладе про более упорядоченные и менее упорядоченные структуры. Как количественно определялась упорядоченность? Корреляционные функции строились для всех экспериментов?

Сыроватка Р.А.

Не для всех.

Карасев В.Ю.

То есть на глаз определялось наличие или отсутствие порядка.

Сыроватка Р.А.

Я не утверждаю являются ли представленные структуры кристаллом или жидкостью.

Карасев В.Ю.

На 91 странице диссертации и в презентации представлена стоячая волна. Как известно, стоячая волна является суперпозицией двух волн. Т.к. она сначала стоит на месте, потом разделяется на две волны, значит есть какое-то изменение, влияющее на одну волну. Что это может быть хотя бы качественно? Это очень интересный вопрос. По-видимому, имеют место какие-то коллективные эффекты. Какие физические эффекты могут воздействовать на одну волну?

И последний вопрос про утверждение на 87 странице диссертации. О заряде одиночных частиц и частиц в структуре. Какова погрешность измерения заряда по колебаниям?

Несмотря на сделанные мною замечания, работа мне очень нравится, и я думаю, что диссертант достоин искомой степени. Я зачитаю последнюю фразу своего отзыва. «Диссертация представляет собой законченную работу, которая соответствует всем

критериям, установленным п.9 Положения о порядке присуждения ученых степеней, а ее автор Сыроватка Роман Александрович заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.08 – физика плазмы».

Председатель

Спасибо большое, Виктор Юрьевич. Благодаря вашей форме представления отзыва мы второй вопрос так же уже решили. Роман Александрович, вы отвечали по мере поступления вопросов, хотите ли что-то еще добавить? Тогда переходим к дискуссии. Будьте любезны, Олег Арсеньевич.

Синкевич О.А.

Уважаемы коллеги, мне приходилось наблюдать за это работой с самого начала ее постановки и развития, но тем не менее я был удивлен окончательными полученными результатами, которые были сейчас доложены. На мой взгляд очень важным результатом является зависимость заряда частиц от размера. Очень любопытна не монотонность, которая наблюдается. Хотя если судить по известной формуле, она должна быть монотонной. На мой взгляд это связано с несколькими факторами. Во-первых, это связано с тем, что частицы разного размера разное время находятся в области зарядки. Это очень интересный факт, который может играть роль. Его нужно более детально исследовать. И наконец, как специалист по устойчивости и волнам, я хотел бы вернуться к последнему результату о волнах. Этот объект нужно идентифицировать. Я не думаю, что это солитон или уединенная волна, т.к. скорость их распространения зависит от массы. Можно было бы сделать эксперимент, в котором в ловушку закачивалась бы разная масса, и посмотреть будут ли волны двигаться с разной скоростью. Второе – это вопрос отражения. Как известно, если два солитона встречаются, то они проходят друг через друга. С точки зрения чистой науки полученные результаты интересны. Ну и наконец я отмечу некоторую прикладную важность. Мне приходится заседать в трех советах, где защищаются и на технические науки, но я мало вижу, что бы там были патенты, хотя, казалось бы, для технических наук это естественно. Полученные результаты можно использовать для сепарации частиц. Большой интерес представляют пылевые структуры заряженных частиц из делящегося вещества. Сейчас проводится большое количество работ и проводятся симпозиумы по прямому преобразованию ядерной энергии в другие виды. Я призываю положительно оценить работу.

Председатель

Спасибо большое, кто-нибудь еще? Пожалуйста, Леонид Михайлович.

Василяк Л.М.

Я хорошо знаю эту работу, поскольку принимал в ней участие. Я должен сказать, что Роман высококвалифицированный специалист, потому что до его работ получали облако в ловушке, которое просто было хаотично. Ему удалось получить устойчивую структуру ловушке, потому что он опирался на расчеты предыдущего аспиранта Димы Лапицкого, диссертацию которого мы рассматривали здесь. Когда была проанализирована емкость ловушки, ему удалось это сделать. О селективности здесь прозвучало меньше на фоне всего остального, но это большая проблема. В электростатических фильтрах есть окно прозрачности от 0,3 до 1 мкм. Роман показал, что в этой области частицы можно селективно захватывать. Это очень важно с точки зрения теории и практики. Волны так же являются замечательным результатом с моей точки зрения. Это конечно не солитоны, т.к. солитон консервативная система. Это несомненно уединенная волна. И скорее всего это уединенная волна, которая относится к классу автоволн, потому что при атмосферном давлении затухание направленного импульса происходит на очень малой длине. А эта система подкачивается энергией переменных электрических полей. Я бы сказал, что данная система похожа на движение фотонов в активной среде, где имеет место такая же

подписка. Я рекомендую членам ученого совета проголосовать за, потому что работа очень интересная и мы видим прекрасные возможности ее продолжения.

Председатель

Насколько система активна я не знаю. То, что она не замкнута – это факт. Кто-нибудь еще хочет сказать? Если нет, то соискателю предоставляется заключительное слово.

Сыроватка Р.А.

Я благодарю своего научного руководителя, всех сотрудников лаборатории, с которыми я поддерживаю очень хорошие отношения. Спасибо оппонентам за то, что прочитали внимательно диссертацию и дали ценные замечания. Благодарю ученый совет за внимание. Всем спасибо.

Председатель

И вам спасибо, Роман Александрович. Мы должны теперь перейти к голосованию. Предлагаю продолжить работу предыдущей счетной комиссии с одной заменой. Вместо Васильева предлагаю Александра Викторовича (*Еремина*). Если нет возражений, то предлагаю голосовать (*комиссия из трех человек: Храпак А.Г. (председатель), Грязнов В.К., Еремин А.В.*). Кто за? Прошу голосовать. Возражения? Нет? (*Счётная комиссия выбирается единогласно*). Тогда прошу счётную комиссию приступить, а всех членов диссертационного совета проголосовать. (*Проводится процедура тайного голосования*).

Председатель

Уважаемые члены Совета! Давайте послушаем результаты.

Храпак А.Г.

Уважаемые члены Совета! Позвольте огласить протокол заседания комиссии. Состав диссертационного совета утвержден в количестве **31** человека. Дополнительно введены члены совета – **нет**. Присутствовало на заседании **22** членов совета, в том числе, докторов наук по профилю рассматриваемой специальности – **10**. Роздано бюллетеней – **22**, осталось не роздано – **9**, оказалось в урне бюллетеней – **22**.

Результаты голосования по вопросу о присуждении ученой степени кандидата физико-математических наук Князеву Дмитрию Владимировичу:

за – 22, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель

Спасибо. Мы должны утвердить, а потом похлопать. Кто за? Против нет? Воздержавшихся нет? (*Протокол счетной комиссии утвержден единогласно*).

Спасибо большое, поздравляем.

Переходим к обсуждению проекта заключения. Есть замечания, пожелания? (*Члены диссертационного совета обсуждают проект заключения*). Если больше нет желающих обсуждать проект, тогда мы должны его проголосовать с теми замечаниями, которые были высказаны. Кто за заключение с замечаниями, которые были указаны? Кто против? Нет. Кто воздержался? Нет. Спасибо, принято единогласно. (*Проект заключения принят единогласно*).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 002.110.02
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 17.10.2018 протокол № 16

О присуждении Сыроватке Роману Александровичу, гражданину Российской Федерации ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Кулоновские структуры микрочастиц в электродинамических ловушках при атмосферном давлении» в виде рукописи по специальности 01.04.08 – Физика плазмы, принята к защите 27.06.2018г., протокол № 10, диссертационным советом Д 002.110.02 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур Российской академии наук (125412, г. Москва, ул. Ижорская, д. 13, стр.2, jiht.ru, (495) 485-8345), утвержденного Приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 11.04.2012г. № 105/нк.

Соискатель Сыроватка Роман Александрович 1989 года рождения, в 2012 году окончил Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ») (111250, г. Москва, ул. Красноказарменная, д.14).

В 2016 году окончил очную аспирантуру ОИВТ РАН.

Диссертация выполнена в Лаборатории № 1.2.1.1 – плазменно-пылевых процессов НИЦ – 1 Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур Российской академии наук.

Сыроватка Р.А. работает научным сотрудником Лаборатории № 1.2.1.1 – плазменно-пылевых процессов НИЦ – 1 Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур Российской академии.

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник, Филинов Владимир Сергеевич, Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур Российской академии наук, НИЦ-1, Лаборатория №1.2.1.1.

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук, первый заместитель директора отделения центра теоретической физики и вычислительной математики Акционерного общества Государственного научного центра Российской Федерации Троицкого института инновационных и термоядерных исследований (ГНФ РФ ТРИНИТИ, 142190, г. Москва, г. Троицк, ул. Пушкиных, вл. 12, тел.: (495) 841-5776, triniti.ru, e-mail -liner@triniti.ru) Филиппов Анатолий Васильевич.

доктор физико-математических наук, доцент Физического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования Санкт-Петербургского государственного университета (Университетская наб., 7/9, Санкт-Петербург, 199034, (812) 328-9455, spbu.ru, e-mail: spbu@spbu.ru) Карасев Виктор Юрьевич

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Ордена Трудового Красного Знамени Институт нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева Российской академии наук (утвержденном директором ФГБУН ИНХС им. А.В. Топчиева РАН д.х.н., профессором А.Л. Максимовым), в своем положительном заключении, составленном главным научным сотрудником лаборатории Плазмохимии и

физикохимии импульсных процессов ИНХС РАН, доктором физико-математических наук Лебедевым Юрием Анатольевичем, указала что в работе получены следующие результаты:

1. разработан оригинальный метод определения заряда и массы заряженных частиц;
2. осуществлено удержание стабильных кулоновских структур из большого количества пылевых частиц в воздухе при атмосферном давлении с помощью электродинамических ловушек с различной конфигурацией электродов;
3. получены стабильные структуры заряженных частиц в плазме коронного разряда в воздухе при атмосферном давлении в линейной электродинамической ловушке;
4. осуществлено возбуждение уединенных волн плотности в линейной электродинамической ловушке.

Результаты диссертационного исследования могут быть рекомендованы для использования в организациях, работающих в области исследования и применения плазменных систем (ИОФ РАН, ИСЭ РАН, МРТИ РАН, ФТИ РАН, ИКИ РАН, ИНХС РАН, МГУ, МГТУ, КНИТУ, СПБГУ, ГНЦ ФЭИ, МИФИ, МФТИ).

Соискатель имеет 8 статей в реферируемых журналах, входящих в список ВАК), получено 2 патента:

Основные работы:

1. Syrovatka R.A., Deputatova L.V., Filinov V.S., Lapitsky D.S., Pecherkin V.Ya., Vasilyak L.M., Vladimirov V.I. Charge and Mass Measurements of a Dust Particle in the Linear Quadrupole Trap // *Contrib. Plasma Phys.*, – 2016. – V. 56, – № 5, – Pp. 419–424.
2. Syrovatka R.A., Vasilyak L.M., Deputatova L.V., Filinov V.S., Lapitsky D.S., Pecherkin V.Ya., Vladimirov V.I. Coulomb Structure with a Large Number of Particles in the Dynamic Trap at Atmospheric Pressure // *Contrib. Plasma Phys.*, – 2016. – V. 56, – № 3-4, – Pp. 321–326.
3. Lapitsky D.S., Filinov V.S., Vasilyak L.M., Syrovatka R.A., Deputatova L.V., Vladimirov V.I., Pecherkin V.Ya. Confinement of the charged microparticles by alternating electric fields in a gas flow // *Europhys. Lett.*, – 2015, – V. 110, – № 1, – Pp. 15001.
4. Deputatova L.V., Filinov V.S., Lapitsky D.S., Pecherkin V.Ya., Syrovatka R.A., Vasilyak L.M., Vladimirov V.I. Measurement of the charge of a single dust particle // *J. Phys.: Conf. Ser.*, – 2015, – V. 653, – Pp. 012129.
5. Deputatova L.V., Filinov V.S., Lapitsky D.S., Pecherkin V.Ya., Syrovatka R.A., Vasilyak L.M., Vladimirov V.I. Confinement of charged microparticles in a gas flow by the linear Paul trap // *J. Phys.: Conf. Ser.*, – 2015, – V. 653, – Pp. 012131.
6. Василяк Л.М., Владимиров В.И., Депутатова Л.В., Лапицкий Д.С., Печеркин В.Я., Сыроватка Р.А., Филинов В.С. Зарядка микрочастиц в коронном разряде в воздушном потоке // *Успехи прикладной физики*. 2017. Т. 5. № 2. С. 329-334.
7. Лапицкий Д.С., Филинов В.С., Василяк Л.М., Сыроватка Р.А., Депутатова Л.В., Владимиров В.И., Печеркин В.Я. Расчет термодинамических величин заряженных структур микрочастиц в электродинамических ловушках // *Успехи прикладной физики*. 2017. Т. 5. № 4. С. 32-36.
8. Mihalcea B.M., Stan C., Giurgiu L.C., Groza A., Surmeian A., Ganciu M., Filinov V.S., Lapitsky D.S., Deputatova L.V., Vasilyak L.M., Pecherkin V.Ya., Vladimirov V.I., Syrovatka R.A. Multipole Traps as Tools in Environmental Studies // *Rom J. Phys.*, – 2016, – V. 61, No. 7-8, Pp. 1395-1411.
9. Патент РФ № 2612292, 06.03.2017, Бюл. № 7, приоритет от 26.10.2015. Способ удаления заряженных микрочастиц из газового потока // Лапицкий Д.С., Печеркин В.Я., Филинов В.С., Василяк Л.М., Владимиров В.И., Депутатова Л.В., Сыроватка Р.А.
10. Патент РФ № 173873, 15.09.2017, Бюл. № 26, приоритет от 26.12.2016. Устройство для измерения удельного заряда частиц микронного размера // Лапицкий Д.С., Печеркин В.Я., Василяк Л.М., Филинов В.С., Сыроватка Р.А., Депутатова Л.В.,

Владимиров В.И.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. Физико-энергетический институт имени А.И. Лейпунского (Начальник лаборатории атомных возбуждений отделения космических энергосистем, к.ф.-м.н., Денежкин Илья Александрович) – отзыв положительный, без замечаний:

2. Институт лазерной физики СО РАН (старший научный сотрудник Лаборатории физики лазеров сверхкоротких лазерных импульсов, д.ф.-м.н., доцент Автаева Светлана Владимировна) - отзыв положительный, с замечаниями:

- судя по автореферату, в работе нет сравнения эффективности удержания (захвата) пылевых частиц в ловушках разного типа;

- из автореферата непонятно, есть ли согласие между результатами экспериментов и моделирования;

- в автореферате экспериментальная установка описана очень кратко, четвертая глава диссертации непропорционально большая по сравнению с остальными главами и могла бы быть разбита на 2 главы.

3. Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» (Зав. кафедрой физики плазмы, д.ф.-м.н., профессор Курнаев Валерий Александрович) - отзыв положительный, с замечаниями:

- имеется большое количество опечаток. Например, неоднократно упоминается фотовольтаический преобразователь, хотя общепринято использовать термин фотовольтаический;

- в автореферате недостаточно подробно описана установка, при этом ее создание вынесено в первый из основных результатов работы. Всего отмечается четыре составных части: устройство зарядки пылевых частиц в коронном разряде, электродинамические ловушки различной конструкции, система регистрации и визуализации, а также система измерения заряда. Однако приведена только схема зарядки пылинок в коронном разряде. Не приведена и схема «новой квадрупольной ловушки в виде кольца», поэтому трудно представить «торообразную структуру вдоль оси ловушки» и понять, почему в ней «отсутствуют краевые эффекты»;

- предложенный «новый метод измерения размера и заряда пылевых частиц, находящихся в электродинамической ловушке» очень напоминает классический метод Милликена, поэтому желательно выделить оригинальные черты;

- судя по рис. 12, на котором показаны расчетные области удержания частиц по частоте и скорости воздушного потока, захват возможен только при скоростях потока воздуха в единицы мм/с. Такие скорости представляются очень малыми для практического применения предполагаемого метода фильтрации.

4. Обнинский институт атомной энергетики – филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» (Зав. кафедрой «Теплофизика», Начальник ресурсного центра, д.т.н., профессор Чусов Игорь Александрович) - отзыв положительный, с замечанием:

-при рассмотрении в опытах крупных частиц, особенно это касается частиц размером 50 мкм, не реализуется Стоксовский режим их обтекания, и нет учета не сферичности их формы. В этом случае второе слагаемое уравнения (1) автореферата запишется в несколько иной, более общей форме.

Выбор официальных оппонентов обосновывается тем, что:

- д.ф.-м.н., доцент Карасев В.Ю. является ведущим ученым в области низкотемпературной и комплексной плазмы.

1. Karasev V., Golubovskii Yu., Kartasheva A. Dust particle charging in a stratified glow discharge considering nonlocal electron kinetics // Plasma Sources Science and Technology, – 2016, – V. 26, – № 11, – P. 115003.

2. Карасев В.Ю., Дзлиева Е.С., Полищук В.А., Горбенко А.П., Миронова И.И. Изменение текстуры поверхности полимерных материалов в пылевой плазме // ЖТФ. 2017. Т. 87. № 3. С. 473-475;

3. Karasev V.Yu., Dzlieva E.S., Pavlov S.I., Ermolenko M.A., Novikov L.A. Method of Control of Ion Drag Force in Complex Plasmas // Contrib. Plasma Phys., – 2016, – Vol. 51, – №6, –P. 221-227.

- д.ф.-м.н., Филиппов А.В. является ведущим ученым в области комплексной плазмы и исследованиях заряженных макрочастиц.

1. Филиппов А.В., Дятко Н.А., Костенко А.С. Исследование зарядки пылевых частиц в слабоионизованных инертных газах с учетом нелокальности функции распределения электронов по энергии // ЖЭТФ. 2014. Т. 146. № 11. С.1122-1134.

2. Дербенев И.Н., Филиппов А.В. Экранирование заряда пылевой частицы в плазме сухого воздуха, создаваемой внешним источником ионизации // ЖЭТФ. 2015. Т. 148. № 5(11). С.1039-1055.

3. Филиппов А.В., Паль А.Ф., Старостин А.Н. Электростатическое взаимодействие двух заряженных макрочастиц в равновесной плазме // ЖЭТФ. 2015. Т. 148. № 2(8). С.391-406.

Выбор Федерального государственного бюджетного учреждения науки Ордена трудового красного знамени Института нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева Российской академии наук «ИНХС РАН» в качестве ведущей организации обусловлен тем, что «ИНХС РАН» является одной из лидирующих организаций в физике плазмы.

1. Lebedev Yu.A., Tatarinov A.V., Titiov A.Yu., et al. Effect of small additives of argon on the parameters of a non-uniform microwave discharge in hydrogen at reduced pressures // J. Phys. D: Appl. Phys., – 2014, – V. 47, – P. 335203.

2. Лебедев Ю.А., Эпштейн И.Л., Юсупова Е.В. Влияние постоянного поля на приэлектродную область неоднородного СВЧ разряда в водороде // ТВТ. 2014. Т. 52. № 3. С. 167-173;

3. Lebedev Yu.A., Tatarinov A.V., Epstein I.L., Averin K.A. The formation of gas bubbles by processing of liquid n-heptane in the microwave discharge // Plasma Chemistry and Plasma Processing, – 2016, – Vol. 36, – P. 535-532.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- разработан метод определения заряда и размера частиц, находящихся непосредственно в электродинамических ловушках. Проведены исследования зарядки макрочастиц в коронном разряде;

- были получены устойчивые структуры, состоящие из нескольких тысяч частиц в электродинамических ловушках при атмосферном давлении. Исследован процесс возникновения уединенных волн в таких структурах;

- экспериментально показано, что возможны захват и удержание заряженных частиц электродинамическими ловушками в воздушном потоке со скоростью до 50 см/с;

- получены устойчивые кулоновские структуры в плазме переменного коронного разряда при атмосферном давлении, создаваемого электродами электродинамической ловушки.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- применительно к проблематике диссертации результативно использован метод ланжевеновской динамики для заряженных макрочастиц в электродинамической ловушке;

- Рассчитаны термодинамические величины кулоновской системы, содержащей десять тысяч частиц;

- Изучен процесс захвата заряженных частиц размером порядка одного микрона электродинамической ловушкой из воздушного потока.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

- был предложен новый метод определения заряда и размера частиц в

электродинамической ловушке. Предложенный метод защищен патентом;
- разработан принцип очистки запыленных газовых сред с помощью переменных электрических полей; получен патент;
- упорядоченные структуры, содержащие несколько тысяч частиц, могут найти применение в фотовольтаических преобразователях энергии.

Результаты диссертационного исследования могут быть рекомендованы для использования в организациях, работающих в области исследования и применения плазменных систем (ИОФ РАН, ИСЭ РАН, МРТИ РАН, ФТИ РАН, ИКИ РАН, ИНХС РАН, МГУ, МГТУ, КНИТУ, СПБГУ, ГНЦ ФЭИ, МИФИ, МФТИ).

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

- результаты получены на сертифицированном оборудовании, показана воспроизводимость результатов исследования;
- расчетно-теоретические исследования построены на известных, проверяемых данных, фактах, общепризнанных физических законах. Они согласуются с опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации;
- обработка экспериментальных данных производилась с учетом общепринятых правил и методов обработки статистических данных;

Личный вклад соискателя. Содержание диссертации и основные положения, выносимые на защиту, отражают персональный вклад автора в опубликованные работы. Основные публикации по выполненной работе подготовлены лично или в соавторстве. Все представленные в диссертации результаты получены лично автором.

Диссертационным советом сделан вывод о том, что диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, соответствует критериям пункта 9, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней № 842 от 24.09.2013г.

На заседании от 17.10.2018г. диссертационный совет принял решение присудить Сыроватке Р.А. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 22 человек, из них 10 докторов наук по специальности 01.04.08 – физика плазмы и 11 докторов наук по специальности 01.04.14 – теплофизика и теоретическая теплотехника, участвовавших в заседании, из 31 человека, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 22, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Зам. председателя диссертационного совета Д 002.110.02
чл.-корр. РАН, д.ф.-м.н., профессор

Андреев Н.Е.

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

Васильев М.М.
17.10.2018г.

