

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 06.12.2023г. № 15

О присуждении Саметову Эдуарду Александровичу, гражданину
Российской Федерации ученой степени кандидата физико-математических
наук.

Диссертация «Спектральная плотность случайных процессов и
межчастичное взаимодействие в комплексной плазме» по специальности
1.3.9 – физика плазмы принята к защите 06.10.2023г. (протокол заседания №
8) 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 Саметов Эдуард Александрович 1995 года рождения, в
2019 году окончил 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 2023 году окончил очную аспирантуру Федерального
государственного автономного образовательного учреждения высшего

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

Диссертация выполнена на кафедре физики высоких плотностей энергии Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московского физико-технического института (национальный исследовательский университет)».

Научный руководитель кандидат физико-математических наук, заведующий лабораторией № 17.2. – диагностики пылевой плазмы Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур Российской академии наук Лисин Евгений Александрович.

Официальные оппоненты:

- доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Институт общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук» Игнатов Александр Михайлович;

- кандидат физико-математических наук, доцент кафедры общей физики I Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургского государственного университета» Павлов Сергей Иванович

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Акционерное общество «Государственный научный центр Российской Федерации Троицкий институт инновационных и термоядерных исследований» в своем положительном заключении, составленном начальником отдела физики неидеальной плазмы отделения Центр теоретической физики и вычислительной математики д.ф.-м.н. Трушкиным Н.И. (утвержденном 15.11.2023г. научным руководителем АО «ГНЦ РФ ТРИНИТИ» д.ф.-м.н., профессором Черковцем В.Е.) указала, что актуальность работы связана с тем, что глубокое понимание процессов в пылевой плазме имеет важное значение не только для развития науки о

сложных открытых диссипативных системах, но и для решения ряда практических задач. При этом новый метод, представленный в работе, не только способствует более полному научному пониманию происходящих в сложных диссипативных системах процессов, но и позволяет наглядно продемонстрировать причины самоорганизации заряженных частиц в упорядоченные структуры в комплексной плазме.

Полученные в диссертационной работе результаты могут быть использованы широким кругом специалистов, занимающихся изучением свойств систем заряженных частиц, пылевой, коллоидной плазмы. Результаты работы целесообразно использовать в Институте космических исследований РАН, Объединенном институте высоких температур РАН, Физическом институте им. П.Н. Лебедева РАН, Национальном исследовательском центре «Курчатовский институт», МГУ им. М.В. Ломоносова, АО «ГНЦ РФ ТРИНИТИ», Институте общей физики им. А.М. Прохорова РАН, Московском физико-техническом институте, Национальном исследовательском ядерном университете «МИФИ» и в других научных организациях, проводящих исследования в области физики пылевой плазмы.

Соискатель имеет 39 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации в рецензируемых научных изданиях опубликовано 13 работ, 26 тезисов в сборниках трудов конференций:

1. *Sametov E.A., Timirkhanov R.A., Vaulina O.S.* Influence of thermal fluctuations on dynamics of charged particles in electromagnetic fields // *Physics of Plasmas*. 2017. Vol. 24, № 12. P. 123504.
2. *Ваулина О.С., Лисин Е.А., Саметов Э.А.* Процессы диффузии для ограниченного ансамбля заряженных частиц в постоянном магнитном поле // *ЖЭТФ*. 2017. Т. 152, № 5. С. 1144–1151.
3. *Ваулина О.С., Саметов Э.А.* Спектральные и структурные характеристики для кластерных систем заряженных броуновских частиц // *ЖЭТФ*. 2018. Т. 154, № 2(8). С. 407–414.
4. *Vaulina O.S., Lisin E.A., Sametov E.A., Timirkhanov R.A.* Thermal Motion of

Charged Particles in Confined Ensemble under Constant Electromagnetic Field // Plasma and Fusion Research. 2018. Vol. 13, P. 1406125–1406125.

5. Ваулина О.С., Саметов Э.А. Влияние магнитного поля на спектральные характеристики теплового движения заряженных частиц в изотропной ловушке // Физ. плазмы. 2019. Т. 45, № 3. С. 258–267.

6. Ваулина О.С., Саметов Э.А. Влияние магнитного поля на динамику движения заряженных частиц в кластерных системах // ЖЭТФ. 2019. № 5. С. 947–955.

7. Саметов Э.А., Лусин Е.А., Ваулина О.С. Колебания диссипативной системы двух невязанно связанных осцилляторов при воздействии случайных сил // Вестник ОИВТ РАН. 2019. Т. 2, № 1. С. 33–35.

8. Саметов Э.А., Лусин Е.А., Ваулина О.С. Спектральные характеристики стохастического движения в системе из двух взаимодействующих частиц // ЖЭТФ. 2020. Т. 157, № 3. С. 552–560.

9. Ваулина О.С., Саметов Э.А., Лусин Е.А. Спектральные характеристики заряженных частиц в ограниченных цепочечных структурах // ЖЭТФ. 2020. Т. 158, № 2(8). С. 399–412.

10. Lisin E.A., Petrov O.F., Sametov E.A., Vaulina O.S., Statsenko K.B., Vasiliev M.M., Carmona-Reyes J., Hyde T.W. Experimental study of the nonreciprocal effective interactions between microparticles in an anisotropic plasma // Sci. Rep. 2020. Vol. 10, № 1. P. 13653.

11. Ваулина О.С., Саметов Э.А., Лусин Е.А., Лусина И.И. Спектральные характеристики для малоразмерных квазидвумерных кластеров // Физ. плазмы. 2020. Т. 46, № 12. С. 1125–1134.

12. Lisin E.A., Kononov E.A., Sametov E.A., Vasiliev M.M., Petrov O.F. Alignments of a Microparticle Pair in a Glow Discharge // Molecules. 2021. Vol. 26, № 24. P. 7535.

13. Саметов Э.А., Лусин Е.А., Ваулина О.С. Спектры колебаний броуновских частиц в ловушке с эффективным нарушением симметрии межчастичного взаимодействия // Физ. плазмы. 2023. Т. 49, № 1. С. 67–74.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт космических исследований Российской академии наук (заведующий лабораторией № 513 – плазменно-пылевых процессов в космических объектах д.ф.-м.н., профессор Попель С.И.) – отзыв положительный, с замечанием:

- автор автореферата пишет: «пылевая (комплексная) плазма представляет собой ионизированный газ, в котором присутствуют заряженные макроскопические частицы микронных размеров». Такая формулировка не совсем точна, поскольку в пылевой плазме могут присутствовать и субмикронные частицы (см., например, Q.-Z. Luo, N. D'Angelo, and R. L. Merlino, *Phys. Plasmas* 6, 3455 (1999)) и даже наномасштабные частицы (см., например, S. I. Popel, A. P. Golub', L. M. Zelenyi, and A. Yu. Dubinskii, *Planet. Space Sci.* 156, 71 (2018)). Более того, при рассмотрении плазменно-пылевых систем колец таких планет, как Сатурн, Юпитер, Уран, Нептун в качестве «пылевых частиц» оказывается возможным рассматривать весьма крупные (например, метровые) объекты (см. В. Н. Цытович, *УФН* 167, 57 (1997)).

2. Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный университет имени Аль-Фараби» (профессор кафедры физики плазмы, нанотехнологии и компьютерной физики физико-технического факультета академик НАН РК, д.ф.-м.н., профессор Рамазанов Т.С.) – отзыв положительный, с замечаниями:

- в работе везде в качестве результатов показаны силы (или их производные) взаимодействия между частицами. Для более лучшего понимания физических процессов, было бы хорошо привести данные по самим эффективным межчастичным потенциалам.

- при исследовании взаимодействия вертикально расположенных частиц обнаружен дополнительный эффект притяжения. Подобное свойство, как известно из литературных источников, проявляется и у «кильватерного»

потенциала. В этой связи, желательно провести сравнение, хотя бы на качественном уровне.

- можно ли сказать что-то новое о характере экранирования полей зарядов с учетом рассмотренной в работе специфики взаимодействия частиц (невзаимность, неидентичность, колебание заряда и т.п.)?

3. Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова-Грехова Российской академии наук» (старший научный сотрудник отдела № 120 – физики плазмы к.ф.-м.н. Викторов М.Е.) – отзыв положительный, без замечаний.

4. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе Сибирского Отделения Российской академии наук (главный научный сотрудник лаборатории № 4.1 д.ф.-м.н., профессор Сухинин Г.И.) – отзыв положительный, с замечаниями:

- автореферат содержит ряд опечаток и неточностей.

- ввиду большого количества полученных и представленных к защите результатов, текст Автореферата пересыщен материалом, а некоторые параграфы диссертации описаны в Автореферате поверхностно. Как следствие, для понимания некоторых утверждений необходимо было обращаться к тексту диссертации или к статьям соискателя. В качестве примера можно привести минимальное описание Главы V в Автореферате.

- из текста Автореферата непонятно, учитывалась ли сила ионного увлечения в построенной соискателем модели, и какой эффект она оказывает на спектральные характеристики пылевых частиц в разрядной плазме?

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается:

- д.ф.-м.н., профессор Игнатов А.М. является признанным специалистом в области физики плазмы, в том числе динамики пылевой плазмы.

1. Игнатов А.М. Коллективная сила ионного увлечения // Физика плазмы. – 2019. – Т. 45. – №. 9. – С. 825-830.
2. Игнатов А.М. Устойчивость линейного плазменного кристалла // Физика плазмы. – 2020. – Т. 46. – №. 3. – С. 213-218.
3. Игнатов А. М. Нелинейная динамика линейной цепочки пылевых частиц // Физика плазмы. – 2020. – Т. 46. – №. 9. – С. 847-853.

- к.ф.-м.н. Павлов Сергей Иванович является ведущим ученым в области физики пылевой плазмы, известен исследованиями плазменно-пылевых структур в магнитном поле.

1. Карасев В.Ю., Дзлиева Е.С., Павлов С.И., Новиков Л.А., Машек И.Ч. Регистрация собственного вращения пылевых частиц в условиях ВЧ разряда индукционного типа // Журнал технической физики. – 2019. – Т. 89. – №. 1. – С. 50.
2. Karasev V.Y., Dzlieva E.S., Pavlov S.I., Matvievskaia O.V., Polischuk V.A., Ermolenko M.A., Eikhval'd A.I., Gorbenko A.P. Surface modification of melamine formaldehyde resin particles in a stratified glow discharge in neon // Contributions to Plasma Physics. – 2019. – Т. 59. – №. 4-5. – С. e201800145.
3. Pavlov S.I., Dzlieva E.S., Ermolenko M.A., Novikov L.A., Karasev V.Y. The influence of magnetic field on the geometrical dimensions of dusty structure in striations // Journal of Physics: Conference Series. – 2020. – Т. 1556. – №. 1. – С. 012081.

- Акционерное общество «Государственный научный центр Российской Федерации Троицкий институт инновационных и термоядерных исследований» является профильной организацией, специализирующейся на проведении исследований в области физики плазмы, включая физику пылевой плазмы. АО "ГНЦ РФ ТРИНИТИ" является известным в России и за рубежом своими результатами и достижениями центром научных исследований в области управляемого термоядерного синтеза, физики плазмы, лазерной физики и техники. Результаты проводимых там исследований обладают высокой степенью новизны, крайне актуальны и

имеют обширную сферу применения.

1. Synek P., Akishev Yu.S., Petryakov A.V., Trushkin N.I., Vorac J., Hoder T. Electrical analysis and ultra-fast sequential imaging of surface barrier discharge with streamer-leader sequence generated with 100 kHz frequency at the water interface // Plasma Sources Science and Technology. – 2019. – Т. 28. – №. 9. – С. 095018.

3. Akishev Yu.S., Balakirev A.A., Grushin M.E., Karalnik V.B., Medvedev M.A., Petryakov A.V., Trushkin N.I. Pin-to-plane self-pulsing discharge in transversal airflow: interaction with a substrate of plasma filaments blown out from the discharge zone // Plasma Sources Science and Technology. – 2020. – Т. 29. – №. 4. – С. 045012.

3. Akishev Y.S., Balakirev A.A., Medvedev M.A., Petryakov A.V., Trushkin N.I. Effect of the speed of the flat substrate movement on the air plasma jet transversal spreading at its impinging the surface // Journal of Physics: Conference Series. – 2020. – Т. 1588. – №. 1. – С. 012042.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

– получены аналитические выражения для спектральной плотности случайных процессов, происходящих в обобщенной системе связанных гармонических осцилляторов, в том числе и с учетом нарушения симметрии их взаимодействия;

– предложен новый метод бесконтактной диагностики параметров плазменно-пылевой системы, основанный на анализе спектральной плотности случайных процессов;

– получены результаты экспериментального исследования нарушения симметрии эффективного взаимодействия между микрочастицами, левитирующими в приэлектродном слое высокочастотного газового разряда емкостного типа при различных давлениях буферного газа и мощностях разряда;

– проведена экспериментальная проверка критериев конфигурационной устойчивости системы из двух пылевых частиц в условиях тлеющего разряда постоянного тока;

– получены новые данные о влиянии магнитного поля на спектральные, структурные и транспортные характеристики заряженных броуновских частиц в электрических полях различной конфигурации.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

– проведен количественный анализ внешнего удерживающего поля и взаимодействия между пылевыми частицами, образующими цепочечные системы в приэлектродном слое ВЧ разряда и в страте разряда постоянного тока;

– были определены производные удельных внешних и межчастичных сил;

– зарегистрировано значительное нарушение симметрии эффективного взаимодействия между частицами.

Значение полученных соискателем результатов **исследования для практики** заключается в возможности использования предложенной методики восстановления параметров системы специалистами, занимающимися изучением физических свойств пылевой плазмы. Методика применима для систем, состоящих из разносортных частиц, имеющих различные размеры, заряды и кинетические температуры, и с любым типом межчастичного взаимодействия. Описанная методика диагностики также применима для анализа широкого круга дисперсных систем различной природы, в которых возможно экспериментальное измерение спектральной плотности случайных процессов (коллоидные суспензии, биомакромолекулы в растворах).

Полученные в диссертационной работе результаты могут быть использованы широким кругом специалистов, занимающихся изучением свойств систем заряженных частиц, пылевой, коллоидной плазмы. Результаты работы целесообразно использовать в Институте космических

исследований РАН, Объединенном институте высоких температур РАН, Физическом институте им. П.Н. Лебедева РАН, Национальном исследовательском центре «Курчатовский институт», МГУ им. М.В. Ломоносова, АО «ГНЦ РФ ТРИНИТИ», Институте общей физики им. А.М. Прохорова РАН, Московском физико-техническом институте, Национальном исследовательском ядерном университете «МИФИ» и в других научных организациях, проводящих исследования в области физики пылевой плазмы.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что достоверность полученных аналитических выражений для спектральной плотности случайных процессов, происходящих в обобщенной системе связанных гармонических осцилляторов, подтверждается их хорошим согласием с результатами численного моделирования и экспериментами с пылевыми частицами, левитирующими в газовых разрядах. Анализируемые экспериментальные данные были получены с использованием современных экспериментальных средств и методов обработки данных, что позволило обеспечить воспроизводимость результатов. Достоверность результатов анализа экспериментальных данных подтверждается согласием полученных коэффициентов трения и относительных зарядов частиц с литературными данными.

Личный вклад соискателя состоит в развитии конкретных направлений в рамках обозначенной тематики работы. Содержание диссертации и основные положения, выносимые на защиту, отражают персональный вклад автора в опубликованные работы. Подготовка полученных результатов к публикации проводилась совместно с соавторами, причем вклад диссертанта был определяющим. Все представленные в диссертации результаты получены автором лично.

Апробация результатов исследования проводилась на 18 российских и международных конференциях и симпозиумах.

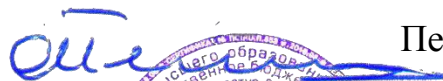
В ходе защиты диссертации критические замечания высказаны не были.

Соискатель Саметов Эдуард Александрович ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы, согласился с замечаниями и привел собственную аргументацию.

На заседании от 06.12.2023г. 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 Саметову Эдуарду Александровичу 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 22 человек, из них очно: 7 докторов наук по специальности 1.3.9 – физика плазмы и 6 докторов наук по специальности 1.3.14 – теплофизика и теоретическая теплотехника, дистанционно: 3 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 0 человек, проголосовали: за 22, против 0, недействительных бюллетеней - 0.

Председатель диссертационного совета 24.1.193.01 (Д 002.110.02)
академик РАН, д.ф.-м.н., профессор



Петров О.Ф.

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



Тимофеев А.В.

06.12.2023г.