

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.190.06 НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ПЕТРОЗАВОДСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ» ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ
УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 16.06.2017 г., протокол № 43

о присуждении **Савину Василию Николаевичу**, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация *«Механизмы зарядки пылевых частиц в плазме разряда с учетом эмиссии электронов»* в виде рукописи по специальности 01.04.04 – «физическая электроника» выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Петрозаводский государственный университет» на кафедре электроники и электроэнергетики физико-технического института.

Диссертация принята к защите «17» марта 2017 года, № протокола 42.

Соискатель Савин Василий Николаевич, 1989 года рождения, гражданин Российской Федерации, на момент защиты работает в средней общеобразовательной школе №14 г. Петрозаводска учителем физики и информатики. В 2011 году соискатель с отличием окончил Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Карельскую государственную педагогическую академию» по специальности «учитель физики и информатики». В 2015 году окончил очную аспирантуру Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Петрозаводский государственный университет» по направлению 01.04.04 - «физическая электроника».

Диссертация выполнена на кафедре электроники и электроэнергетики физико-технического института Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Петрозаводский государственный университет».

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, доцент Мольков Сергей Иванович, работает в должности профессора кафедры электроники и

электроэнергетики физико-технического института Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Петрозаводский государственный университет».

Официальные оппоненты:

1. **Степанов Владимир Анатольевич**, гражданин Российской Федерации, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой общей и теоретической физики и МПФ Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Рязанский государственный университет им. С.А. Есенина»,
2. **Головицкий Александр Петрович**, гражданин Российской Федерации, доктор физико-математических наук, доцент, профессор кафедры «Физическая электроника» Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»,

дали **положительные** отзывы о диссертации.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет» (СПбГУ), г. Санкт-Петербург, в своем положительном заключении, подписанном профессором кафедры Общей физики-1 физического факультета СПбГУ, доктором физико-математических наук, Карасевым Виктором Юрьевичем и заведующим кафедрой Общей физики-1 физического факультета СПбГУ, доктором физико-математических наук, профессором Машеком Игорем Чеславовичем и утверждённым проректором СПбГУ, доктором геолого-минералогических наук, профессором Аглоновым Сергеем Витальевичем, указала, что «представленная диссертационная работа удовлетворяет требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, и соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор заслуживает присуждения искомой ученой степени». Отзыв о диссертационной работе Савина В.Н. рассмотрен и утвержден на заседании коллектива кафедры Общей физики-1 Санкт-Петербургского государственного университета 12 мая 2017 г., протокол № 5.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. **Коненкова Николая Витальевича**, профессора, доктора физико-математических наук, профессора по кафедре общей и теоретической физике и МПФ Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Рязанский государственный университет имени С.А. Есенина»

Замечания и вопросы:

- 1) ФРЭЭ считалась автором максвелловской с температурой T_e . Реально же в условиях разряда низкого давления она немаксвелловская, и скорее всего нелокальная. Проводилась ли автором оценка влияния этого фактора на результаты?
- 2) Вблизи малых пылевых частиц, особенно в области микроострий на их поверхности, электрическое поле достигает значительных величин. При этом автором учитывается автоэмиссия, а учитывается ли зависимость частоты ион-атомных столкновений от величины поля.
- 3) Как рассчитывалась плотность потока резонансных фотонов на поверхность пылевой частицы.

2. **Печникова Андрея Анатольевича**, кандидата физико-математических наук, доктора технических наук, главного научного сотрудника Института прикладных математических исследований Карельского научного центра РАН.

Замечание: говорится о программной реализации предложенных алгоритмов, однако не упоминается ни программная среда, ни языки программирования, ни программно-технические средства.

3. **Фотиади Александра Эпаминондовича**, профессора, доктора физико-математических наук, профессора кафедры «Физическая электроника» Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого».

Замечание: способ решения дифференциальных уравнений (4)-(7) с применением метода оптимизации с использованием целевой функции недостаточно конкретизирован. В ряде случаев после приведенных формул не всем использованным величинам дается полное описание, например, для плотности потока резонансных фотонов в формулах (1)-(2).

Все отзывы, поступившие на диссертацию и автореферат, **положительные** и заканчиваются выводом, что диссертационная работа Савина В.Н. полностью

соответствует требованиям, которые ВАК предъявляет к кандидатским диссертациям, а её автор – Савин В.Н. – заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.04 – физическая электроника.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается компетентностью оппонентов в области физической электроники, значимым вкладом ведущей организации в области изучения свойств плазменно-пылевых структур, получаемых в лабораторной плазме тлеющего разряда низкого давления, что подтверждается публикациями за последние пять лет оппонентов и ученых из ведущей организации в высокорейтинговых научных журналах в области физической электроники.

Соискатель имеет 10 опубликованных работ, из них по теме диссертации опубликовано 10 научных работ общим объёмом 5 печатных листов, в том числе 4 статьи в научных журналах и изданиях, которые включены в перечень российских рецензируемых научных журналов и изданий для опубликования основных научных результатов диссертаций; 6 работ опубликованы в материалах всероссийских и международных конференций.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Мольков, С.И. Влияние процессов электронной эмиссии на заряд пылевых частиц в упорядоченных плазменно-пылевых структурах / С.И. Мольков, В.Н. Савин // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Физико-математические науки. – 2013. – №1(165), – С. 80 – 86.
2. Mol'kov, S.I. Influence of processes on dust particles' surface on their electrical charge in ordered plasma-dust structures / S.I. Mol'kov, V.N. Savin // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. Естественные и технические науки. – 2013. – № 6(135). – С. 89 – 94.
3. Савин, В.Н. Учет влияния эмиссионных процессов на заряд микро- и наночастиц в пылевой плазме для технологических приложений / В.Н. Савин, С.И. Мольков // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Физико-математические науки. – 2016. – №3 (248). – С.78–87, <http://dx.doi.org/10.1016/j.spjpm.2016.08.006>.
4. Мольков, С.И. Механизмы зарядки пылевых частиц в плазме с учетом эмиссионных процессов / С.И. Мольков, В.Н. Савин // Физика плазмы. – 2017. – Т.43, №2. – С.193–202.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

получены расчетные зависимости потенциала (заряда) пылевых частиц от параметров плазмы с учетом влияния вторичной ионно-электронной, фото и термоавтоэлектронной эмиссии, а также влияния шероховатости поверхности частицы в широком диапазоне параметров плазмы. Помимо этого, рассчитаны значения концентрации плазмы, получаемые из зондовых измерений, с учетом эмиссии электронов с поверхности зонда;

предложена физико-математическая модель механизма зарядки пылевых частиц с учетом эмиссионных процессов, опирающаяся на уравнения балансов заряда и энергии на поверхности пылевой частицы, уравнения моментов и уравнение Пуассона и справедливая в широком диапазоне плазменных параметров;

доказана возможность использования теоретических методов в области исследования процессов зарядки пылевых частиц в плазме разряда в промежуточном режиме при произвольном соотношении характерных масштабов задачи: радиуса частицы, дебаевского радиуса, длины свободного пробега ионов.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказано, что предложенная оптимизационная методика расчета позволяет получить заряд пылевой частицы, размер области возмущения плазмы, а также распределения плазменных параметров в этой области; также доказано, что данная методика может быть адаптирована для случая плотной плазменно-пылевой структуры;

изложены и корректно обоснованы особенности применения численных методов при реализации предложенного метода оптимизации при получении результатов исследования;

раскрыт характер влияния столкновений ионов с атомами и ионизации атомов на заряд пылевых частиц, ионный ток и размер области возмущения плазмы за счет присутствия пылевых частиц;

изучено комплексное влияние параметров плазмы на заряд пылевых частиц, влияние эмиссии электронов на заряд, а также влияние шероховатости поверхности частиц на эмиссию и теплообмен поверхности частицы с компонентами плазмы;

установлено, что эмиссия электронов оказывает значительное влияние на величину заряда пылевых частиц и может привести к смене знака заряда. Рост степени

шероховатости поверхности приводит к уменьшению влияния эмиссии (в пренебрежении термоавтоэмиссии) и уменьшению температуры поверхности частицы.

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

определены возможности практического использования результатов исследований, проведенных автором, для анализа процессов в пылевой плазме, а также для диагностики характеристик плазмы;

разработаны и приведены в работе доступные реализации предложенных алгоритмов расчета заряда пылевых частиц, как в уединенном, так и связанном состоянии, а также концентрации плазмы на основании зондовых измерений с учетом эмиссии электронов;

представлены и обоснованы пути дальнейшего развития зондовых методов диагностики плазмы.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

результаты получены на современном компьютерном оборудовании, в работе использованы актуальные компьютерные программные средства, находящиеся в свободном распространении.

идея анализа заряда пылевых частиц *базируется* на сопоставлении полученных результатов численных расчетов с аналогичными расчетами, проведенными ранее, и экспериментальными данными;

использовано сравнение результатов исследований, полученных автором, с результатами теоретического моделирования и экспериментальными данными ряда работ по рассматриваемой тематике; результаты расчетов воспроизводимы и не противоречат литературным данным по тематике исследования;

установлено качественное совпадение авторских результатов с результатами экспериментов и результатами теоретического моделирования, представленными в независимых источниках по данной тематике.

Таким образом, представленные в диссертационной работе результаты и выводы достоверны и обоснованы.

Личный вклад соискателя состоит в:

непосредственном участии автора в постановке задачи и разработке физико-математической модели исследования, в разработке алгоритмов решения системы уравнений, основанных на методе оптимизации, описывающих зарядку пылевых

частиц, в программной реализации предложенных алгоритмов и получении всех численных результатов расчетов, в подготовке всех публикаций по теме выполненной работы.

Диссертация охватывает основные вопросы поставленной научной задачи и соответствует критерию внутреннего единства, что подтверждается наличием последовательного плана исследований, непротиворечивостью результатов и взаимосвязанностью выводов.

Диссертационный совет Д 212.190.06 на заседании 16 июня 2017 г. пришёл к выводу о том, что диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 30 января 2002 г. № 74 (в редакции постановления Правительства Российской Федерации от 20 июня 2011 г. № 475), и принял решение присудить **Савину Василию Николаевичу** ученую степень кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.04 – физическая электроника.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 14 человек, из них 6 докторов наук по специальности 01.04.04 – «физическая электроника», участвовавших в заседании, из 21 человека, входящего в состав совета, проголосовали: за присуждение учёной степени – 14, против присуждения учёной степени – 0 (нет), недействительных бюллетеней – 0 (нет).

Председатель

диссертационного совета

Гуртов Валерий Алексеевич

Ученый секретарь

диссертационного совета

Пикулев Виталий Борисович

16 июня 2017 г.

Подпись руки	<i>Гуртова</i>
	<i>Валерий Алексеевич</i>
УДОСТОВЕРЯЮ.	
Уч. секретарь ученого совета	<i>Девиенко</i>
	<i>Девиенко Наталья С.С.</i>
	<i>«22» июня 2017</i>

