

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Шемахина Александра Юрьевича на тему «Математическая модель струйного ВЧИ-разряда пониженного давления с учетом слоя положительного заряда у поверхности твердого тела», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 1.1.9. Механика жидкости, газа и плазмы

Создание и развитие физико-математических моделей, адекватно описывающих параметры неравновесной плазмы и протекающие в ней процессы при различных способах возбуждения газовых разрядов – всегда актуальная задача. Диссертационное исследование Александра Юрьевича Шемахина нацелено на разработку научных основ и создание математической модели индукционного высокочастотного разряда, который реализуется в потоке газа при пониженном давлении. Наряду с построением математической модели автором проведены многочисленные эксперименты по определению параметров разряда, а также представлены результаты прикладных разработок, выполненных с использованием изучаемого разряда. Таким образом, выполненная автором работа актуальна и представленные результаты обладают практической значимостью.

Выделим основные по мнению рецензента новые научные результаты, полученные в работе.

1. Впервые создана единая математическая модель ВЧИ-разряда в потоке газа при пониженном давлении, учитывающая режим течения газа, потенциальную и вихревую компоненты электрического поля, неравновесный характер функции распределения электронов по энергиям. Разработан численный метод реализации модели.

2. Выявлены особенности плазмы ВЧ-разряда в невозмущенном потоке и при обтекании твердого тела.

3. Установлено влияние частоты электромагнитного поля на концентрацию и температуру электронов, а также на температуру газа, что позволяет управлять процессами взаимодействия ВЧИ-плазмы с твердым телом.

Теоретическая значимость работы состоит в развитии новых научных представлений об особенностях ВЧИ-разряда при пониженном давлении, включая формирование слоя положительного объемного заряда у поверхности твердого тела, контактирующего с плазмой.

Практическая значимость работы несомненна и связана с использованием ее результатов при проектировании ВЧ-плазменных установок и создании технологических процессов, включая процессы модификации поверхности медицинских инструментов, а также процессы

полировки поверхности ситалла, упомянутые в автореферате. Следует отметить, что результаты работы внедрены в ООО «Плазма-ВСТ», ООО Производственное объединение «Медтехника» и ООО «Научно-производственная фирма «ХЭЛП» с экономическим эффектом 13,320 млн. руб.

Достоверность полученных результатов не вызывает сомнений и подтверждается использованием современных методов и средств измерений, анализом источников ошибок. При построении модели использованы современные представления о физике газового разряда, численные методы протестированы при решении модельных задач. Сопоставление результатов расчетов с полученными экспериментальными данными показало хорошее согласие.

Основные результаты работы с достаточной степенью полноты отражены в 23 публикациях в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных для опубликования результатов докторских диссертаций и входящих в библиографические базы Web of Science и Scopus. Результаты и выводы прошли серьезную апробацию в виде докладов на двадцати профильных научных и научно-технических конференциях.

Содержание автореферата позволяет утверждать, что диссертация построена логично и непротиворечиво. Выводы и рекомендации соответствуют цели и задачам диссертационного исследования и естественно вытекают из полученных результатов.

В качестве замечаний и вопросов можно отметить следующее.

1. Из текста автореферата не ясно, какие процессы соударений электронов учитывались при решении уравнения Больцмана.

2. Неравновесная функция распределения электронов по энергиям зависит от приведенного электрического поля в плазме (E/N). При каких значениях E/N выполнены расчеты и из каких соображений эти значения приведенного поля были выбраны?

3. Учитывался ли при интерпретации результатов измерений температуры в поперечном сечении струи газа (стр. 32 автореферата) эффект нагрева термопар, обусловленный тепловыделением при рекомбинации на их поверхности заряженных частиц и метастабильных электронно-возбужденных атомов?

Отмеченные вопросы и замечания не снижают хорошего впечатления о выполненном исследовании и не ставят под сомнение основные результаты и выводы диссертации.

Таким образом, диссертационная работа Шемахина Александра Юрьевича на тему «Математическая модель струйного ВЧИ-разряда

пониженного давления с учетом слоя положительного заряда у поверхности твердого тела» является законченной научно-квалификационной работой, отвечает требованиям пп. 9-11, 13, 14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а Шемахин Александр Юрьевич заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 1.1.9. Механика жидкости, газа и плазмы.

Профессор кафедры правового обеспечения
надзорной деятельности

(в составе учебно-научного комплекса
«Государственный надзор»)

Ивановской пожарно-спасательной
академии ГПС МЧС России

доктор физико-математических наук,
доцент

« 22 » 09 2025 г.

Валерий Александрович Титов

Подпись Титова Валерия Александровича заверяю:

Ученый секретарь Ученого совета

Ивановской пожарно-спасательной
академии ГПС МЧС России

кандидат биологических наук

доцент

« 22 »



Татьяна Александровна Мочалова

Татьяна Александровна Мочалова

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Ивановская пожарно-спасательная академия
Государственной противопожарной службы Министерства Российской
Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и
ликвидации последствий стихийных бедствий»

Адрес: 153040, г. Иваново, проспект Строителей, д. 33.

Тел./факс: (4932) 93-08-18.

Сайт: <http://www.edufire37.ru>.

Телефон: 8(4932) 26-37-09.

Адрес электронной почты: titov25@gmail.com

Вход. № 05-8577
« 3 » 10 2025 г.
подпись

Иванов