

**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 30 мая 2018 г. (протокол № 8)

Защита диссертации **Лизякина Геннадия Дмитриевича**

на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук

**«Создание управляемого стационарного электрического поля в плазме
масс-сепаратора»**

Специальность 01.04.08 – физика плазмы

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 № 8 от 30 мая 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 23 человек, из них 12 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 – ВРИО ученого секретаря диссертационного совета
Д002.110.02 д.ф.-м.н., профессор Василяк Л.М.

1	Фортов В.Е.	Академик, д.ф.-м.н., профессор	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	Василяк Л.М.	Д.ф.-м.н., профессор	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	Васильев М.М.	К.ф.-м.н.	01.04.08	Отсутствует
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	Отсутствует
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	Присутствует
21	Лагарьков А.Н.	Академик, д.ф.-м.н., профессор	01.04.08	Присутствует
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, д.ф.-м.н., профессор	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.	Академик, д.ф.-м.н., профессор	01.04.08	Присутствует
29	Старостин А.Н.	Д.ф.-м.н., профессор	01.04.08	Присутствует
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 младшего научного сотрудника лаборатории 2.1.4.2 – диагностики и измерительных систем НИЦ – 2 Научно-исследовательского центра физико-технических проблем энергетики (НИЦ-2 ФТПЭ) Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур Российской академии наук (ОИВТ РАН) **Лизякина Геннадия Дмитриевича** на тему «Создание управляемого стационарного электрического поля в плазме масс-сепаратора». Диссертация впервые представлена на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.08 – физика плазмы. Диссертация выполнена в лаборатории 2.1.4.2 – диагностики и измерительных систем НИЦ-2 ФТПЭ ОИВТ РАН (125412, г. Москва, ул. Ижорская, д. 13, стр. 2, jiht.ru).

Научный руководитель:

Гавриков Андрей Владимирович – к.ф.-м.н., доцент, заместитель директора Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур Российской академии наук, г. Москва.

Официальные оппоненты:

Калинин Юрий Григорьевич – гражданин РФ, д.ф.-м.н., начальник отдела источников излучения Федерального государственного бюджетного учреждения Национального исследовательского центра «Курчатовского института» (123182, г. Москва, пл. Академика Курчатова, д. 1).

Климов Николай Сергеевич – гражданин РФ, к.ф.-м.н., старший научный сотрудник отделения магнитных и оптических исследований Акционерного общества "Государственный научный центр Российской Федерации Троицкий институт инновационных и термоядерных исследований" (142190, г. Москва, г. Троицк, ул. Пушкиновых, вл. 12).

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки 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., Калинин Ю.Г. и к.ф.-м.н. Климов Н.С., научный руководитель Лизякина Г.Д. к.ф.-м.н. Гавриков А.В.

СТЕНОГРАММА

Председатель

Совет восстановился в полном составе, поэтому давайте мы перейдем ко второму пункту – защита диссертации Лизякина Геннадия Дмитриевича. И сначала Леонид Михайлович нас ознакомит с имеющимися материалами.

Ученый секретарь

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

Председатель

Поскольку вопросов нет, тогда пожалуйста Геннадий Дмитриевич представьте свою работу в течении не более 20 минут.

Лизякин Г.Д.

Выступает с докладом по диссертационной работе (выступление не стенографируется, доклад Лизякина Г.Д. прилагается).

Председатель

Спасибо, Геннадий Дмитриевич. Вопросы какие возникли? Пожалуйста, Равиль Хабибулович.

Амиров Р.Х.

Судя по всему, характеристики вашего отражательного разряда существенно зависят от эмиссии на катоде и от сорта ионов. Из каких соображений вы выбирали гелий и аргон почему там не ксенон? И может быть выбирая материал катода имело смысл выбирать материалы с существенно разными механизмами эмиссии, разными коэффициентами вторичной эмиссии. Ваши соображения по этому поводу.

Лизякин Г.Д.

Спасибо за вопрос. Гелий выбирался из соображения того, что он имеет наименьшую массу. Для процесса сепарации, когда в установку будет поступать отработавшее ядерное топливо в скрещенные поля, чем меньше масса буферного газа, тем соответственно меньше рассеяния и нежелательных траекторий по отношению к разделению. То есть выбирался газ с наименьшей массой с точки зрения непосредственного практического применения. Материал электродов выбирался... Нержавеющая сталь выбрана с точки зрения прочностных характеристик и обрабатываемости. Про алюминий хочу сказать следующий момент, что объяснение характера поведения разряда, при варьировании давления, объясняется тем, что на алюминии образовывается диэлектрический слой, который приводит к зарядке ионами. Тем самым этот заряд облегчает выход электронов из катода.

Амиров Р.Х.

Спасибо. Ответ я получил.

Председатель

Еще вопросы пожалуйста.

Храпак А.Г.

Не могли бы вы пояснить смысл слов «отражательный разряд». Что здесь от чего отражается?

Лизякин Г.Д.

Есть магнитное поле, которое направленно вдоль оси разряда. Есть катода с другой

стороны располагается такой же антикатода. Если электрон родился на оси камеры его транспорт поперек поля осложнен. Соответственно отражаясь от катодов электрон ионизует газ, поэтому такой разряд существует при достаточно низких давлениях. Еще такой разряд называют разрядом Пеннинга.

Председатель

Понятно. Ответ получен. Есть еще вопросы? Да пожалуйста.

Вараксин А.Ю.

Вы говорили про расчетные поверхности, и Вам нужно в эксперименте какими-то параметрами подобрать так, чтобы реализовывался потенциал в плазме. Какой-нибудь критерий, что получилось или не получилось у Вас был?

Лизякин Г.Д.

Критерий в первую очередь, это график, который я приводил. Сравнение экспериментального и расчетного. Конечно есть расхождение в области больших радиусов. Но в эксперименте дальше планируется, что в это электрическое поле будут вводиться частицы, соответственно, приводит оно к разделению или нет мы узнаем из эксперимента. На сегодняшний момент критерий такой, что если накладывается экспериментальный график на расчетный, то считаем, что достаточно хорошее совпадение.

Председатель

Еще вопросы есть?

Васильев М.Н.

Откройте пожалуйста схему. Правильно ли я понял, что высокая частота подается на индуктор. А генератор у Вас не нарисован на этой схеме. А как осуществлялось согласование вашего индуктора с генератором. Были ли случаи, когда это согласование нарушалось и к чему это могло привести. Это первая часть вопроса. И вторая часть вопроса, а что делалось чтобы оценить мощность, вкладываемую в разряд. Потому что если согласования нет, то не вся мощность, которую выдает генератор закачивается в плазму.

Лизякин Г.Д.

Спасибо за вопрос. Действительно это очень важная для нас задача, связанная с согласованием вч генератора и нагрузки, в роли которой выступает плазма и ее характеристики могут изменяться. На фотографии установки можно видеть бокс согласования. Мы использовали параллельный контур и П контур согласования. Дальше от бокса согласования идет кабель и бокс расположенный на выходе вч генератора. То есть согласование идет в нескольких частях. Основные параметры варьирования — это емкость внутри этого согласования. При этом поглощённая мощность измеряется по разнице между падающей волной и отраженной, методом коаксиального двунаправленного рефлектометра. На слайде можно видеть, что на кабеле, по которому идет высокочастотная волна реализуются петли....

Васильев М.Н.

Вы измеряли мощность, выдаваемую генератором и мощность, которая отражается?

Лизякин Г.Д.

Да.

Васильев М.Н.

А вот этот ящик, с помощью которого осуществляется согласование, он автоматически подстраивает нагрузку вашего согласования или вы нашли какой-то один определенный

режим, когда согласование имеет место и об этом забыли?

Лизякин Г.Д.

На сегодняшний день автоматическая система согласования не реализована, но мы идем в этом направлении. А режимов согласования на самом деле достаточно много с той или иной степенью согласованности, то есть с различным коэффициентом отражения. Была предпринята попытка сначала оценить некоторое значение эквивалентного сопротивления плазмы ее индуктивность. Потом подобрать соответствующие характеристики высокочастотного разряда. Но и потом уже подобрать все экспериментально. Всю эту работу мы проделали.

Васильев М.Н.

И бокс уже больше не подстраивался, вот конденсаторы какие там были, такие там и стоят?

Лизякин Г.Д.

Нет дело в том, что параметры согласования меняются. Например, сначала разряд зажигается без магнитного поля, это одни параметры согласования. Потом подается магнитное поле и емкости подстраиваются.

Васильев М.Н.

Все ответ получен.

Председатель

Спасибо. Еще вопросы есть? Геннадий Дмитриевич, а можно вот такой вопрос, немножко в стороне стоящий. Ваша диссертация, которую мы сегодня слушаем уже вторая с одной и той же мотивацией – разделение ядерных отходов. Значит, в результате первой диссертации мы узнали, как создавать ионизованное вещество, которое дальше подлежит сепарации. Вы вроде создаете поля, с помощью которых эту сепарацию можно производить. Так вот как соотносятся эти две установки по существу. Там уже ионизованное вещество, с нужной степенью ионизации. Вы создаете свой разряд, казалось бы, можно просто обсуждать поля, в которые может поступать то вещество которое создано в результате работы первой установки.

Лизякин Г.Д.

Да без сомнения, спасибо за вопрос, следующим этапом является сопряжение этих двух устройств. Первое это источник плазмы, а второе поля, в которых будет разделяться это вещество. Это следующий этап. К этому мы и движемся.

Председатель

А разряд зачем? Если там уже ионизованное вещество.

Лизякин Г.Д.

А, все я Вас понял. Спасибо большое за вопрос. Он действительно раскрывает суть плазменной сепарации. Она состоит в следующем. Профиль, который я исследую, он имеет отрицательное значение в максимуме минус 400 вольт. Соответственно из источника плазмы выходит плазменный поток, содержащий электроны и ионы. Электроны не пойдут на эту потенциальную горку. Образуется не скомпенсированный объемный заряд – ионный. По закону Чайлда - Ленгмюра этот ток будет существенно ограничен. Задача буферной плазмы, которую я исследую в своем разряде она... у нее две задачи. Первая, это скомпенсировать этот объемный заряд, который будет образован ионами, а второе – это создать вот эти поля. То есть компенсация и создание электрических полей.

Председатель

Так вот те плотности, с которыми Вы работаете их достаточно для компенсации.

Лизякин Г.Д.

Так, тоже очень важный вопрос. Действительно, если говорить про высокочастотный разряд, то характерные плотности, я приводил, там максимум на уровне десять в двенадцатой и с того момента как мы закончили эти исследования, сейчас продолжаем, мы получаем уже большие плотности, там два на десять в двенадцатой. Даже чуть больше. Конечно это ниже чем в источнике плазмы в его самой сердцевине. Это сопоставимо с тем, что на сегодняшний день получается в заанодной плазме источника. Однако хочу заметить, что нет жесткого условия на соответствие концентраций буферной плазмы и плазмы источника. По большому счету концентрация в источнике плазмы может быть больше, поскольку компенсация объемного заряда происходит электронами, а электроны имеют большую подвижность на четыре порядка больше соответственно.

Председатель

Если больше вопросов нет, то тогда Андрей Владимирович Вам слово.

Гавриков А.В.

Также как и про Равилю, я могу сказать только хорошее. Так и про Гену продолжаю серию хороших слов говорю, что да это такие сотрудники на которых можно положиться. Работа очень хорошая. Мы выполняем ответственное направление и с нас достаточно жесткий спрос за него идет. Ребята выполняют работу на уровне уже готовых кандидатов. Они трудятся как полноценные члены коллектива, а не как подрастающее поколение.

Председатель

И будущее такое же?

Гавриков А.В.

Мы на это очень рассчитываем. Поэтому самые только хорошие могу сказать слова. Трудятся с самого начала уже давно. Когда приступали к этой задаче не было ясно ничего. А сейчас мы сильно продвинулись. Хотя конечно есть куда работать.

Председатель

Спасибо Андрей Владимирович. Давайте ознакомимся с отзывами. С письменными которые поступили. Пожалуйста Леонид Михайлович.

Ученый секретарь

На диссертацию поступили отзывы из ведущей организации, которой является институт общей физики и пять отзывов на автореферат. Все отзывы положительные. Я зачитаю недостатки. Ведущая организация. Два недостатка. Недостаточно четкое объяснение физического механизма приводящего к уменьшению поглощения вч мощности генератора в разряде при работе в диапазоне напряжений на электроде ниже минус пятидесяти вольт. Отсутствие оценки влияния обнаруженной в отражательном разряде флуктуаций потенциала на искажение траекторий разделяемых в плазме частиц.

И отзывы на автореферат. Первый отзыв из МГУ отзыв предоставила д.ф.-м.н. Кралякина. Положительный с замечаниями: Недостаточно подробное описание экспериментальной установки, затрудняющее понимание полученных результатов. Отсутствие обсуждения физических причин результатов, полученных в диссертации. Второй отзыв. Томский политехнический университет доктор технических наук Ремнев Заведующий Научно-производственной лабораторией "Импульсно-пучковых, электроразрядных и плазменных технологий. Замечания: Научная новизна исследований и Положения, выносимые на защиту, сформулированы не конкретно. Текст автореферата в

ряде мест наполнен жаргонными выражениями. Третий отзыв. Институт ядерной физики сибирское отделение РАН. Замечания. ВЧ разряд исследован гораздо менее полно, чем отражательный, хотя именно он представляет большую прикладную ценность с точки зрения эффективности сепаратора. Также в автореферате содержится некоторое количество грамматических ошибок и опечаток. Четвертый отзыв Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники. профессор кафедры физики, д.т.н. Климов А.С., заведующий кафедрой физики д.т.н., профессор Окс Е.М. Замечания: В тексте автореферата не описана методика зондовых измерений потенциала плазмы при наличии в ней магнитного поля, хотя известно, что такие измерения могут быть сопряжены со значительными трудностями в анализе результатов измерений. Не обосновано также использование различных зондовых методик - так в разделе 4.2 используется двойной зонд, в то время как в разделе 3.2 - одинарный, с чем связано такое различие в типах используемых зондов? Имеются небрежности в оформлении текста автореферата. Пятый. НИЦ Курчатовский институт ведущий научный сотрудник к.ф.-м.н., Муромкин Ю.А. Замечания: Не отражена перспектива экспериментов, представленных в гл. 4 диссертации. Не раскрыты «шаги», которые, по мнению автора, в дальнейшем приведут к успеху и этого способа создания необходимого распределения электрического потенциала. В тексте автореферата имеются опечатки.

Председатель

Спасибо. Геннадий Дмитриевич постарайтесь отвечать на те физические вопросы, которые есть, а вопросы, связанные с опечатками и чего-то недостающего, наверное, сразу соглашайтесь поскольку раз совершили. Без перечисления как некоторые.

Лизякин Г.Д.

Я начну с первого вопроса от ведущей организации. Это объяснение причин расогласования при изменении напряжения на электродах в высокочастотном разряде. Одним из объяснений этого процесса может выступать то, что меняется характер диффузии в магнитном поле при создании электрического поля. В работе Магс и Картер проводился эксперимент, в котором также была осевая плазма и создавалась разность потенциалов между центральным столбом и обечайкой камеры. И обнаружено, что при изменении сдвига, то есть увеличении напряжения между осевой плазмой и камерой, то есть создании электрического поля, примерно около ста вольт происходит переход между бомовской диффузией (турбулентной) к классическому случаю. В нашем случае это значит, что раз меняется характер диффузии то изменяется и эквивалентное сопротивление плазмы которое нужно соответствующим образом изменять и в согласующем устройстве. Что касается второго вопроса. Вопросы о флуктуациях. То есть в отражательном разряде существуют флуктуации. Я говорил, что есть стабильные режимы и не очень. А моделирование не проводилось. То есть влияние этих флуктуаций на моделирование нами не проводилось и можно сказать, что исследования в данной работе могут служить толчком к проведению таких работ, поскольку они выявили вообще такую проблему.

Что касается замечаний Окса Ефима Михайловича по поводу различных зондовых методик. В первой части в основном используется плавающий зонд, предназначенный для измерения потенциала плазмы. Также применяется двойной зонд этот зонд мы используем для измерения концентрации и температуры электронов в плазме. Соответственно, интерпретация этих данных. В отзыве говорится что есть некоторые трудности в интерпретации, здесь речь идет о том, что для классического одиночного зонда Ленгмюра

в магнитном поле характеристика в магнитном поле размывается и сложно определить положение насыщения электронного тока, то есть потенциала пространства. В нашем случае мы использовали именно плавающий зонд, то есть ток на зонд не тек и соответственно и интерпретация в этом случае проще. Что касается замечаний Муромкина, то основную перспективу нашего исследования мы видим без сомнения в развитии высокочастотного разряда с увеличением мощности поглощенной в плазме и улучшением согласования генератора с плазмой.

Председатель

Спасибо. Давайте теперь ознакомимся с отзывами оппонентов. И первое слово я предоставляю Юрию Григорьевичу Калинину из Курчатовского института.

Калинин Ю.Г.

Ну я не буду зачитывать обыкновенную часть. Про актуальность работы известно. Задача очень важная. Нужно отметить следующую вещь, что сейчас встречается достаточно редко – достаточно хороший и интересный обзор по тематике распределения электрических полей в самых разных разрядах многие из которых уже забыли. Ну и что касается эксперимента и новизны. Во-первых, проблема чисто экспериментально достаточно тяжелая. Проводить такие вот эксперименты, измерения на достаточно мощной стационарной установке. Одно дело это какие-нибудь миллисекунды другое дело стационарная машина и поэтому, экспериментальные трудности превзошли. И проблемы с катодом были решены с некоторым изяществом. В этом смысле работа очень хорошая. Впервые были проведены исследования влияния физических параметров разряда давление, магнитное поле, разрядное напряжение на потенциал плазмы и на его распределение. Впервые было получено хотя бы модельное распределение электростатического поля в отражательном разряде, необходимое для существенного разделения моделей компонентов ядерного топлива. То есть в этом смысле работа очень хорошая. Достоверность тоже не подлежит сомнению. Потому что было довольно много измерений. Сняты целый ряд зависимостей. Какие бы я отметил, на мой взгляд, два существенных недостатка. Недостаток первый, из этой работы, я не мог понять, какая для электрического потенциала и для других величин необходима установка, которая будет иметь не демонстрационную, а практическую цель. Какая производительность должна быть этого модельного модуля. Что надо поменять в нем, что бы они практически работали. И какие проблемы возникнут с распределением и генерацией электростатических полей. Второй недостаток это большое количество всяких синтаксических и стилистических ошибок. Я приведу два примера «шина изготовлена из бескислородной меди, которая обладает превосходной поаемостью и свариваемостью. Ну как то кандидату наук надо говорить иначе. Но страшное не это, а что иногда вот такие выражения, казалось бы, чисто литературные могут вызвать некое недоумение и вопросы квалификации. Вот есть такой пример «часть линий магнитного поля... и поскольку таких линий достаточно много» что такое много линий? Поэтому, вместо того, чтобы сказать, что сложная геометрия магнитного поля на электродах и так далее, произносятся такие вот... что конечно может в разговоре человек все прекрасно понимает, но когда читаешь такую фразу... это несмотря на то, что, казалось бы, второстепенное и все, но на самом деле это серьезный недостаток, но мы надеемся... У молодого поколения сейчас это часто бывает. Ну, а в принципе диссертация представляет собой законченную научно квалификационную работу, которая соответствует всем критериям ВАК, а ее автор

несомненно заслуживает присуждения ему степени кандидата физико-математических наук по специальности физика плазмы.

Председатель

Спасибо большое Юрий Григорьевич за то, что вы обратили внимание на тот сленг, который не только молодежь в настоящее время использует, но особенно молодежь конечно. Это важно сказать в надежде на то, что все-таки, именно такого рода замечания позволят сохранить научность тех текстов, которые создаются.

Лизякин Г.Д.

Что касается вопроса по производительности, масштабируемости установки до промышленной. И на что рассчитана наша установка. У нашей установки две задачи. Во-первых, это показать принципиальную возможность разделения частиц. Пусть на небольшом количестве с небольшим током, но с электрическим полем, реализованным именно в плазменной среде, а не электростатически. И здесь может быть производительность небольшой на уровне 10 грамм в час. Вообще, установка наша предполагается по расчетам параметров, что она выйдет на характерную производительность 100 грамм в час, это если круглосуточно работать, то это около 700 кг в год, что даже с промышленной точки зрения существенные значения. Если говорить о масштабируемости задачи и увеличении производительности, то в первую очередь надо обратить внимание на то, чем определяется эта производительность. В первую очередь это концентрация частиц в источнике сепарируемого вещества. Во-вторых, площадью этого источника и скоростью этих частиц, которые туда попадают. Соответственно в заявленных требованиях, как я уже говорил, 100 грамм в час кажется реалистичным. Дальнейшее увеличение не предполагает изменения магнитных полей или электрических единственное что нужно изменять это концентрацию буферной плазмы и концентрацию в источнике и ее площадь. То есть, если реализован ленточный источник, то его необходимо соответственно удлинять. Саму установку в виде цилиндров можно тоже наращивать. То есть в таком смысле масштабируемость линейна по таким параметрам как площадь и концентрация, а магнитные и электрические поля такими же останутся при промышленной переработки.

Председатель

Спасибо. Давайте заслушаем мнение второго оппонента. Николай Сергеевич Климов Вам слово.

Климов Н.С.

Я приветствую коллег. Что касается диссертации, то тема диссертационной работы она безусловно актуальна и результаты, которые получены соискателем они имеют существенное практическое значение. Действительно в значительной степени развитие атомной энергетики немыслимо без разработки технологий по переработки отработавшего ядерного топлива отходов атомных станций. Физике плазмы здесь есть действительно что предложить. Плазменные технологии могут позволить решить те проблемы, которые другими методами не решаются. Поэтому здесь задача актуальна и важна и имеет практическое применение. И данных естественно видно, что для создания такой технологии в настоящее время научных их недостаточно требуется широкий спектр НИОКР и естественно этот НИОКР нельзя осуществить без экспериментальных исследований. Важно, что диссертация связана именно с экспериментальными исследованиями. Важно отметить, что в ходе работы соискателем и при его непосредственном участии был создан фактически некоторый уникальный

экспериментальный стенд на нем как правило и эта диссертация не исключение когда появляется новый стен, появляются новые данные и в новизне их сомневаться не приходится. Я лично считаю, что в результате каждой диссертации на кандидатскую диссертацию должен подобный экспериментальный стенд создаваться. Это мой такой взгляд. И видно, что на этом экспериментальном стенде были получены те параметры, которые хотелось получить. Понятно, что слету такие вещи не делаются. Это говорит о том, что проделана очень большая работа и поэтому в квалификации соискателя сомневаться не приходится. Результаты эти были доложены на международных конференциях опубликованы в журналах и в диссертации представлены первичные экспериментальные данные. Сомневаться в достоверности их не приходится. Поэтому соискатель представляет большую работу. Если говорить о некоторых недостатках, то два недостатка я отметил по результатам прочтения диссертации. Первый недостаток имеет отношение к обзору литературы. Говориться о том, что необходимы скрещенные электрические и магнитные поля и выбрана такая конфигурация, когда у нас продольное магнитное поле, а радиальное электрическое. Но есть и другие варианты, когда может быть радиальное электрическое поле и азимутальное магнитное, которое может создаваться собственным током, который течет через плазму. Более того есть теоретические работы, которые показывают, что в этой системе тоже возможна сепарация частиц и такие системы, как мне кажется, более естественно подходят, когда есть задача через систему прогонять поток вещества. И почему-то в обзоре литературы, когда про скрещенные поля говориться, там ничего про это не сказано. И не понятно почему именно такая схема была выбрана в обзоре. Это исторически так сложилось или есть какие-либо преимущества по сравнению с альтернативным вариантом. Это один недостаток, а второй недостаток опять же по результатам прочтения диссертации. Дело в том, что один из основных параметров эксперимента – это величина магнитного поля, в диссертации много приведено данных по расчету конфигурации магнитного поля, но мы знаем, что когда у нас есть магнитное поле в плазме по которой течет ток, то реальные поля они могут отличаться от тех, которые получаются в расчете без плазмы. И я так понимаю, что магнитное поле в экспериментах каким-то образом контролировалось, но почему-то в самой диссертации измерений магнитного поля в плазменной системе практически нет. Тем не менее эти недостатки я считаю они не принципиальны. Соискатель заслуживает присвоения ему квалификации по специальности физика плазмы кандидата наук. Сама диссертация, автореферат и соискатель соответствуют всем требованиям, которые ВАК предъявляет для защиты диссертаций на учетную степень кандидата физмат наук по специальности физика плазмы.

Председатель

Спасибо Николай Сергеевич. Пожалуйста Вам слово Геннадий Дмитриевич.

Лизякин Г.Д.

Благодарю за вопросы. Действительно, на стадии проектирования нашей установки мы рассматривали системы, связанные с азимутальным магнитным полем. И есть некоторые расчеты какое возможно в них разделение. И по большому счету на сегодняшний день принципиального различия между аксиальным магнитным полем и азимутальными конфигурациями мы не выявили. Однако при принятии решения какую установку нам конструировать также принимались факторы и чисто инженерные. Во-первых, если создавать такую систему, то ток, который течет по оси, для создания магнитного поля он должен быть порядка сотен килоампер. То есть источник питания для такой системы, а

речь идет о стационарной системе, которая должна работать часами, достаточно дорогостоящий. Если сравнивать с аксиальным магнитным полем где используются источники на полтора килоампера. Кроме того эти сто килоампер должны подводиться по какой-то шине при этом должен быть обеспечен доступ внутрь камеры для монтажа того же источника плазмы или электродов. Также нужны разъемные соединения на сто килоампер и все это должно отодвигаться. Конструирование чисто с инженерной точки зрения... мы пришли к выводу, что удобнее было бы на сегодняшний момент, эксплуатировать установку с аксиальным магнитным полем. Измерение магнитного поля. Магнитное поле мы рассчитывали и измеряли в эксперименте, но без плазмы. Как правильно замечено. Когда нет никакого разряда. Просто как сходятся с расчетом измерения магнитного поля. Достаточно хорошее совпадение мы наблюдаем. И хочется заметить, что на сегодняшний день токи, которые текут в плазме, вот я приводил, находятся на уровне 2,5 А. Конечно они будут расти с ростом концентрации плазмы. На сегодняшний день до 10 А мы получаем. Однако такие токи не создают значительного магнитного поля. Но я все равно благодарен за это замечание поскольку дальше токи будут изменяться и с точки зрения промышленного применения и безусловно эти параметры нужно контролировать.

Председатель

Хорошо. Спасибо. Я думаю, что вы удовлетворены (*Климову Н.С.*). Мы переходим к дискуссии. Пожалуйста, кто хотел бы высказаться? Как Игорь Львович? Копите силы на работу комиссии? Кто хотел бы сказать что-нибудь?

Вараксин А.Ю.

Не хочется ничего говорить по существу работы. Потому что достаточно убедительным был доклад сегодняшнего диссертанта. Все мы знаем эту прекрасную команду. Руководителем которой является присутствующий здесь Андрей Владимирович. Я думаю достойные хорошие вопросы прозвучали. У нас квалифицированные чрезвычайно оппоненты. Поэтому для меня этот вопрос, абсолютно решенный я буду поддерживать эту работу и призываю всех присоединиться ко мне. Вот собственно говоря и все.

Председатель

Есть еще желающие? Если нет, то я бы тоже присоединился к сказанному только что. Мне кажется, что действительно ситуация настолько ясная, что тут дискутировать нет смысла. Поэтому давайте мы перейдем к голосованию. И я предлагаю оставить, по крайней мере на второй этап ту же счетную комиссию. Если нет возражений давайте мы ее еще раз выберем (*совет единогласно голосует за*). И перейдем к голосованию. За это время посмотрим на заключение диссертационного совета. Чтобы нам сегодня все-таки до полуночи покинуть этот зал.

(*Совет голосует*)

Уважаемые члены совета. Присутствующие. На данном момент есть какие-нибудь замечания предложения по... Вот, будьте любезны.

Храпак А.Г.

Тут на третьей странице при перечислении статей Калинина. Первая статья не содержит фамилии Калинин.

Председатель

Значит там, где перечисляются работы оппонента приводится статья, не содержащая фамилию оппонента

Храпак А.Г.

Это видимо опечатка. Статья правильная? Скорее всего.

Председатель

А мы сейчас спросим. Юрий Григорьевич, там в нашем документе есть статья, которая относится к Вам, как к оппоненту. В физике плазмы. А в напечатанном варианте авторов, там вашей фамилии нет. Это печатка?

Калинин Ю.Г.

Конечно это опечатка.

Храпак А.Г.

И второе. Там, где перечисляются работы Климова в третьей статье в отличии от всех остальных авторы поставлены после названия.

Председатель

А это ГОСТ какой-то есть. Знаете, это я тоже спрашивал....

Васильев М.М.

На той же третьей странице, там, где замечания про опечатки написано необъяснимо упоминание 160 той массы при том что масса 150 я. А потом на четвертой странице, когда идет речь про разделение компонентов приведена масса 160 и 240 все-таки 160 или 150 масса?

Лизякин Г.Д.

150-я.

Васильев М.М.

Значит в результатах правьте 150-я и 240-я.

Председатель

Есть компромисс не писать вообще число по решению совета. Давайте так и поступим. Хорошо. Еще замечания есть? Если нет, то пока комиссия не сказала свое решающее слово, я приношу свои извинения я не предоставил заключительное слово соискателю. Пусть сначала скажет, а потом уж мы объявим.

Лизякин Г.Д.

Я хотел бы поблагодарить руководителя своего Андрея Владимировича. Он вложил в меня много сил, знаний и оптимизма. Он помогал мне двигаться по моей траектории и все время поддерживал и не давал расслабиться. Кроме того, хотел сказать спасибо коллегам экспериментаторам. Без которых соответственно тоже не удалось бы создать установку и провести исследования. Мы работаем в команде, и я вынужден всех поблагодарить за то, что мы создали. Спасибо большое членам совета, которые уделили свое время для рассмотрения этого вопроса. Оппонентам огромное спасибо за чтение диссертации и очень полезные замечания. Также всем кто отзывы на автореферат присылал. Спасибо.

Председатель

Спасибо Геннадий Дмитриевич. Теперь Игорь Львович Вы нас порадуете результатами нашей работы

Иосилевский И.Л.

Коллеги, протокол подсчета голосов о голосовании по диссертации Лизякина Геннадия Дмитриевича: в совете **31** человек. Присутствовало на заседании **23** из них **12** по профилю диссертации. Роздано бюллетеней – **23**, в урне оказалось – **23**, не розданных – **8**.

Результаты голосования:

за – 23, против – нет, недействительных – нет.

Председатель

Спасибо. Давайте утвердим результаты

(Протокол счетной комиссии утвержден единогласно).

И поздравим соискателя.

Еще раз возвращаемся к нашему заключению. Геннадий Дмитриевич Вы отнеситесь серьезно к тем замечаниям, которые здесь прозвучали и которые в письменном виде присутствуют. Потому что в бумаге должно быть все выверено. Неудачные слова надо заменять. Особенно имея в виду, что замечания по поводу вашего сленга уже звучали. Поэтому постарайтесь в заключении доработать. Общее замечание такое, что там, где перечисляется много численных параметров вместо этого лучше написать внятные физические достигнутые результаты.

Тогда мы голосуем за проект заключения с теми замечаниями, которые сделаны.

Кто за?

(Проект заключения принят единогласно).

Спасибо. Против нет? Тогда на этом вторая защита у нас завершена.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 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 30.05.2018г. протокол № 8

О присуждении Лизякину Геннадию Дмитриевичу, гражданину Российской Федерации ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Создание управляемого стационарного электрического поля в плазме масс-сепаратора», в виде рукописи, по специальности 01.04.08 - физика плазмы, принята к защите 26.03.2018г., (протокол заседания № б) диссертационным советом Д 002.110.02, созданным 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), утвержденным Приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 11.04.2012г. № 105/нк.

Соискатель Лизякин Геннадий Дмитриевич 1990 года рождения, в 2014 году окончил Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ».

С 2014 года по настоящее время, проходит обучение в очной аспирантуре Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур Российской академии наук.

Диссертация выполнена в лаборатории № 2.1.4.2 – диагностики и измерительных систем НИЦ – 2 Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур Российской академии наук.

Научный руководитель – к.ф.-м.н., доцент Гавриков Андрей Владимирович, заместитель директора Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур Российской академии наук.

Официальные оппоненты:

- д.ф.-м.н., с.н.с., начальник отдела источников излучения Федерального государственного бюджетного учреждения Национального исследовательского центра «Курчатовского института» (123182, г. Москва, пл. Академика Курчатова, д. 1, тел.: (499) 196-9639, nrcki.ru, e-mail: nrcki@nrcki.ru) Калинин Юрий Григорьевич;

- к.ф.-м.н., старший научный сотрудник отделения магнитных и оптических исследований Акционерного общества "Государственный научный центр Российской Федерации Троицкий институт инновационных и термоядерных исследований" (142190, г. Москва, г. Троицк, ул. Пушкиных, вл. 12, тел.: (495) 841-5776, triniti.ru, e-mail - liner@triniti.ru) Климов Николай Сергеевич,

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук, в своем положительном заключении, подписанном старшим научным сотрудником отдела физики плазмы кандидатом физико-математических наук Борзосековым В.Д. (утвержденном Врио директора чл.-корр. РАН Гарновым С.В.), указала что:

1. Создана экспериментальная установка для исследования способов генерации управляемого распределения потенциала и подтверждения возможности практической реализации плазменного масс-сепаратора;
2. Получен большой объем экспериментальных данных о распределении потенциала в плазме отражательного разряда в широком диапазоне значений основных параметров разряда;
3. В отражательном разряде найдены операционные режимы, в которых получено распределение электростатического потенциала, соответствующее расчетному

распределению, необходимому для разделения компонентов отработавшего ядерного топлива;

4. Обнаружены два режима вч разряда, в одном из которых возможно управление потенциалом плазмы путем изменения напряжения на торцевых электродах, а во втором такая управляемость практически отсутствует;

5. Обнаружены «неустойчивые» режимы отражательного разряда со значительными флуктуациями потенциала плазмы.

Результаты диссертационной работы можно рекомендовать для использования в организациях, ведущих исследования по физике плазменно-поверхностного взаимодействия: НИЦ "Курчатовский институт", АО «ГНЦ РФ ТРИНИТИ», ИОФ РАН, ИПФ РАН, ФИ РАН, НИЯУ МИФИ, ИЯФ СО РАН, ИСЭ СО РАН, МФТИ, МГУ и в других научных и образовательных учреждениях.

Соискатель имеет 15 работ, опубликованных в рецензируемых научных изданиях, в том числе 5 работ по теме диссертации.

Основные работы по теме диссертации:

1. Liziakin G., Gavrikov A., Usmanov R., Timirkhanov R., Smirnov V. Electric potential profile created by end electrodes in a magnetized rf discharge plasma // AIP Advances. 2017. Vol. 7, no. 12, P. 125108.

2. Liziakin G.D., Gavrikov A.V., Murzaev Y.A., Usmanov R.A., Smirnov V.P. Parameters influencing plasma column potential in a reflex discharge // Physics of Plasmas. 2016. Vol. 23, no. 12, Pp. 123502.

3. Samokhin A., Gavrikov A., Liziakin G., Usmanov R., Smirnov V. Experiment and Numerical Simulation of Peculiarities in the Development of Helium DC Discharge in Reflex Geometry // Plasma and Fusion Research. 2016. Vol. 11. P. 1401116.

4. Liziakin G., Usmanov R. Current-voltage characteristics of the high pressure reflex discharge in helium // Physics Procedia. 2015. Vol 71. Pp. 138-141.

5. Liziakin G.D., Gavrikov A.V., Usmanov R.A., Smirnov V.P. Propagation of the end-face electrodes potential in the plasma volume of rf discharge // Journal of Physics: Conference Series. 2018. Vol. 946. P. 012173.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова (в.н.с., д.ф.-м.н. Кралякина Е.А.) – отзыв положительный, с замечаниями:

- Недостаточно подробное описание экспериментальной установки, затрудняющее понимание полученных результатов;
- Отсутствие обсуждения физических причин результатов, полученных в диссертации.

2. Томский политехнический университет

(Заведующий Научно-производственной лабораторией "Импульсно-пучковых, электроразрядных и плазменных технологий, профессор, д.т.н Ремнев Г.Е.) – отзыв положительный, с замечаниями:

- Научная новизна исследований и Положения, выносимые на защиту, сформулированы не конкретно;
- Текст автореферата в ряде мест наполнен жаргонными выражениями.

3. Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН (с.н.с., к.ф.-м.н., Солдаткина Е.И.) – отзыв положительный, с замечаниями:

- ВЧ разряд исследован гораздо менее полно, чем отражательный, хотя именно он представляет большую прикладную ценность с точки зрения эффективности сепаратора;
- Также в автореферате содержится некоторое количество грамматических ошибок и опечаток.

4. Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники (профессор кафедры физики, д.т.н. Климов А.С., заведующий кафедрой физики д.т.н., профессор Окс Е.М.) – отзыв положительный, с замечаниями:

- В тексте автореферата не описана методика зондовых измерений потенциала плазмы при наличии в ней магнитного поля, хотя известно, что такие измерения могут быть сопряжены со значительными трудностями в анализе результатов измерений;
- Не обосновано также использование различных зондовых методик - так в разделе 4.2 используется двойной зонд, в то время как в разделе 3.2 - одинарный, с чем связано такое различие в типах используемых зондов?
- Имеются небрежности в оформлении текста автореферата, например, на обороте титульной страницы научный руководитель и официальный оппонент указаны как кандидат А (следовало оставить - кандидат).

5. НИЦ «Курчатовский институт»

(в.н.с., к.ф.-м.н., Муромкин Ю.А.) – отзыв положительный, с замечаниями:

- Не отражена перспектива экспериментов, представленных в гл. 4 диссертации. Не раскрыты «шаги», которые, по мнению автора, в дальнейшем приведут к успеху и этого способа создания необходимого распределения электрического потенциала;
- В тексте автореферата имеются опечатки, отражающие, по-видимому, поспешность в его оформлении. Необъяснимо упоминание 160-й массы: в цитируемой работе [10] масса 150-я.

Выбор официальных оппонентов обосновывается тем, что:

- д.ф.-м.н., Калинин Ю.Г. является ведущим ученым в области физики плазмы, мощных плазменных установок и диагностики мощных импульсов рентгеновского излучения;

1. Ананьев С.С., Багдасаров Г.А., Гасилов В.А., Данько С.А., Демидов Б.А., Казаков Е.Д., Калинин Ю.Г., Курило А.А., Ольховская О.Г., Стрижаков М.Г., Ткаченко С.И. Исследование динамики анодной плазмы при воздействии мощного электронного пучка на эпоксидную смолу // Физика плазмы. 2017. Т. 43. №7. С. 608-615.

2. Александров В.В., Брызгунов В.А., Ерабовский Е.В., Еришук А.Н., Волобуев И.В. Казаков Е.Д., Калинин Ю.Г. Королев В.Д., Лаухин Я.И., Медовщиков С.Ф., Митрофанов К.Н., Олейник Е.М., Смирнова Е.А. Устроенов Г.И. Измерение параметров конденсированного дейтерированного Z- пинча на установке Ангара-5-1 // Физика плазмы. 2016. Т. 42. №4. С. 361-368.

3. Ю. Л. Бакшаев, Г. И. Долгачев, Е. Д. Казаков, Д. Д. Калинин Ю.Г. Масленников В. И. Мижирицкий А. С. Федоткин, И. А. Ходеев, А. А. Шведов. Импульсный генератор тормозного рентгеновского излучения с высокой пиковой мощностью дозы // Приборы и техника эксперимента, 2016, №3, с. 69-74.

- к.ф.-м.н. Климов Н.С. является признанным специалистом в области физики плазмы и взаимодействия плазмы с поверхностью.

1. Klimov N.S., Podkovyrov V.L., Zhitlukhin A.M., Muzichenko A.D., Kovalenko D.V., Putrik A.B., Kupriyanov I.B., Giniyatulin R.N., Gervash A.A., Safronov V.M. Plasma-facing materials erosion under iter-like transient loads at qspa plasma gun facility // Fusion Science and Technology. 2014. Т. 66. № 1. С. 118-124.

2. Klimov N.S., Putrik A.B., Zhitlukhin A.M., Podkovyrov V.L., Muzichenko A.D., Kovalenko D.V., Barsuk V.A., Danilina N.A., Kupriyanov I.B., Ivanov B.V., Sergeecheva Ya.V., Lesina I.G., Spitsyn A.V., Linke J., Ogorodnikova O.V., Giniyatulin R.N., Pitts R.A., Bazylev B.N. // Plasma facing materials performance under iter-relevant mitigated disruption photonic heat loads // Journal of Nuclear Materials. 2015. Т. 463. С. 61-65.

3. Budaev V.P., Martynenko Yu.V., Karpov A.V., Belova N.E., Zhitlukhin A.M., Klimov N.S., Podkovyrov V.L., Barsuk V.A., Putrik A.B., Yaroshevskaya A.D., Safronov V.M., Giniyatulin R.N., Khimchenko L.N. Tungsten recrystallization and cracking under iter-relevant heat loads // Journal of Nuclear Materials. 2015. Т. 463. С. 237-240.

Выбор Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук в качестве ведущей организации обусловлен тем, что ИОФ РАН является авторитетной научной

организацией, ведущей исследования по целому ряду направлений, в частности в отделении физики плазмы ИОФ РАН ведутся работы по исследованию газового разряда и диагностике плазмы, что близко к тематике диссертационного исследования соискателя.

1. Shmelev D.L., Barengolts S.A., Shchitov N.N. The effect of cathode deuteration on the parameters of vacuum-arc plasma // Technical Physics Letters. 2014. Т. 40. № 9. С. 783-786.
2. Jia Q., Fisch N.J., Barth I., Edwards M.R., Mikhailova J.M. Distinguishing raman from strongly coupled brillouin amplification for short pulses // Physics of Plasmas. 2016. Т. 23. № 5. С. 053118.
3. Batanov G.M., Borzosekov V.D., Kolik L.V., Malakhov D.V., Petrov A.E., Pshenichnikov A.A., Sarksyun K.A., Skvortsova N.N., Kharchev N.K. Effect of electron-cyclotron resonance heating conditions on the local parameters of short-wavelength plasma turbulence in the I-2m stellarator // Plasma Physics Reports. 2014. Т. 40. № 4. С. 265-275.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

Разработан и создан экспериментальный блок установки плазменного масс-сепаратора для изучения и генерации электрических полей в плазме с замагниченными электронами.

Получены новые экспериментальные данные о пространственном распределении электрического потенциала в плазменном столбе отражательного разряда со сложной геометрией катодов. Показано, что в отражательном разряде с катодом, диаметр которого значительно меньше диаметра анода, зависимость потенциала плазмы на оси разряда от давления имеет два максимума, положение максимумов определяется величиной магнитного поля. Также обнаружено, что при увеличении разрядного напряжения потенциал плазмы на оси разряда перестает увеличиваться при том же напряжении, при котором разрядный ток перестает расти. Показано, что при увеличении магнитного поля потенциал плазмы на оси разряда монотонно увеличивается.

Отмечен и изучен эффект увеличения потенциала плазмы с ростом радиуса катода. Показано, что материал катода может оказывать значительное влияние на потенциал плазмы, так на катоде из алюминия потенциал плазменного столба почти вдвое превышал значение, полученное при использовании стального катода при прочих равных условиях. Найдены экспериментальные режимы отражательного разряда, при которых возможно создание в плазме пространственного распределения электростатического поля, необходимого для осуществления разделения компонентов отработавшего ядерного топлива.

Исследована возможность создания электрического поля в плазме высокочастотного разряда с помощью торцевых электродов. Показана возможность передачи потенциала электродов в объем вч плазмы, выявлено существование двух режимов функционирования разряда, зависящих от напряжения на торцевых электродах и существенно отличающихся (примерно на полпорядка) токами на них. Переход в режим 2 (большие напряжения на торцевых электродах, но меньшие токи), по-видимому, является следствием изменения характера диффузии плазмы поперек магнитного поля.

Полученные данные кроме фундаментального интереса, связанного с расширением представлений о физике плазмы отражательного и вч разрядов и, прежде всего, особенностях поведения потенциала плазмы в широком диапазоне параметров разряда, представляют интерес и для прикладных задач, связанных с необходимостью реализации в плазменном объеме профиля электрического потенциала заданной конфигурации. Практическая значимость полученных соискателем результатов исследования подтверждается тем, что была продемонстрирована возможность создания различных конфигураций электрических полей в плазме отражательного разряда, в частности была реализована конфигурация, необходимая для апробации метода плазменной сепарации и разработки новой технологии переработки ОЯТ и РАО.

Результаты диссертационной работы можно рекомендовать для использования в организациях, ведущих исследования по физике плазменно-поверхностного взаимодействия: НИЦ "Курчатовский институт", АО «ГНЦ РФ ТРИНИТИ», ИОФ РАН, ИПФ РАН, ФИ РАН, НИЯУ МИФИ, ИЯФ СО РАН, ИСЭ СО РАН, МФТИ, МГУ и в других научных и образовательных учреждениях.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

- воспроизводимость результатов исследования;
- использованные в работе методы диагностики хорошо известны и дают достоверный результат.
- полученные в работе результаты не противоречат опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации;
- идея диссертационной работы базируется на анализе научно-технической литературы по предметной области исследования, обобщении передового опыта работы других научных групп.

Личный вклад соискателя:

Содержание диссертации и основные положения, выносимые на защиту, отражают персональный вклад автора в опубликованные работы. Подготовка к публикации полученных результатов проводилась совместно с соавторами, причем вклад диссертанта был определяющим. Все представленные в диссертации результаты получены при непосредственном участии автора. Апробация результатов исследования проводилась на 7 российских и международных конференциях и симпозиумах, в которых соискатель принимал личное участие.

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 30.05.2018г. диссертационный совет принял решение присудить Лизякину Г.Д. ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 23 человек, из них 12 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 23, против 0, недействительных бюллетеней 0.

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



Андреев Н.Е.

ВРИО ученого секретаря диссертационного совета Д 002.110.02
д.ф.-м.н., профессор



Василяк Л.М.

30.05.2018г.

