

## ОТЗЫВ

официального оппонента

на диссертационную работу Лизякина Геннадия Дмитриевича

«Создание управляемого стационарного электрического поля в плазме масс-сепаратора»,  
на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук  
по специальности 01.04.08 – физика плазмы

Диссертационная работа Лизякина Г. Д. представляет собой экспериментальное исследование механизмов создания управляемого стационарного электрического поля погруженного в замагниченную плазму и ориентированного поперек линий магнитного поля. Эта работа является составной частью в исследованиях по разработке метода плазменной переработки отработавшего ядерного топлива (ОЯТ). Переработка необходима для перехода к замкнутому ядерному топливному циклу с целью более полного вовлечения ресурсов топлива реакторов.

**Во введении** к работе дается краткое обоснование научной новизны и практической значимости задач, рассматриваемых в работе, формулируются цели работы и положения, выносимые на защиту. **Первая глава** представляет собой обзор исследований проводимых по теме диссертационной работы. В ней рассмотрены существующие методики измерения электрического поля в плазме отражательного разряда при наличии магнитного поля, приведен анализ преимуществ и недостатков данных методик. Представлен обзор работ по исследованию аксиальных плазменных систем с магнитным полем и радиальным электрическим полем, созданным торцевыми электродами. **Во второй главе** дано описание экспериментальной установки. Отдельно уделено внимание системе торцевых электродов, для создания радиального электрического поля в камере плазменного сепаратора. **В третьей главе** представлено экспериментальное исследование распределения электростатического потенциала плазмы в отражательном разряде. Эксперименты проводились в широком диапазоне значения таких параметров как магнитное поле 0-0,2 Тл, давление 1-200 мТорр, разрядное напряжение 0-2 кВ. **В четвертой главе** исследована возможность создания электрического поля в плазме высокочастотного (ВЧ) разряда с помощью торцевых электродов. ВЧ разряд генерировался на частоте ~5 МГц в аргоне. Поглощенная плазмой ВЧ мощность лежала в диапазоне 0,5-1,5 кВт. При магнитном поле 65 мТл. **В заключении** приведены основные результаты, полученные в работе.

Актуальность работ обусловлена тем, что на сегодняшний день отсутствуют промышленные технологии неводных методов переработки ОЯТ. Плазменная сепарация является одним из перспективных методов для создания подобных технологий, однако исследовательских данных для этого в настоящее время недостаточно. Требуется проведения большого объема НИОКР направленных на решение физических и



технических проблем. Диссертационная работа Лизякина Г. Д. представляет собой исследование одного из ключевых аспектов создания технологии плазменной сепарации.

Новизна работы не представляет сомнения. Исследования отражательного и высокочастотного разрядов, выполненные в диссертации, отличаются от проводимых ранее международным сообществом, спецификой реализованных в эксперименте условий, вытекающих из предполагаемого практического применением плазменного сепаратора. В частности, во-первых, существенно большим размером плазменного образования, и во-вторых, специальной геометрией катода.

Автор проделал значительную работу, в процессе которой разработан и создан экспериментальный блок установки плазменного масс-сепаратора, реализована методика измерения электрического потенциала плазмы с помощью плавающего зонда, исследовано влияние физических (давление, величина магнитного поля и разрядного напряжения) и геометрических (кольцевые и круглые катоды различного диаметра) параметров на потенциал плазмы в отражательном разряде, изучено пространственное распределение электрического потенциала в замагниченной плазме высокочастотного разряда.

В результате этой работы автором получено необходимое распределение электростатического поля в плазме отражательного разряда для осуществления разделения компонентов (160 и 240 а.е.м.) отработавшего ядерного топлива, а в плазме ВЧ разряда получено распределение электростатического поля с градиентом потенциала 10 В/см.

Результаты диссертационной работы можно рекомендовать для использования в организациях, ведущих исследования по физике плазмы и взаимодействию плазмы с поверхностью: НИЦ "Курчатовский институт", ГНЦ РФ ТРИНИТИ, ИОФ РАН, ОИВТ РАН, ИПФ РАН, ФИ РАН, НИЯУ МИФИ, ИЯФ СО РАН, ИСЭ СО РАН.

Диссертационная работа не лишена некоторых недостатков. В частности, в работе выбран один из вариантов реализации «скрещенных полей» — продольное магнитное поле и радиальное электрическое, создаваемое торцевыми электродами, а сравнение с альтернативными способами, например, азимутальное магнитное и радиальное электрическое, при котором реализуются другие способы создания стационарного электрического поля в плазме, отсутствует в обзоре литературы. По этой причине выбор для плазменной сепарации систем с продольным магнитным полем выглядит не достаточно обоснованным, а его перспективы, по сравнению с другими схемами плазменной сепарации, до конца не ясны из текста диссертации.

Второй недостаток относится к контролю величины магнитного поля в плазме, которая является одним из ключевых параметров проведенных экспериментов. В диссертации представлены расчетные распределения магнитного поля, полученные без учета токов, протекающих через плазму. В присутствии токов магнитное поле в плазме может существенно отклоняться от полученного в таких расчетах. В диссертации отсутствует информация о том, каким образом осуществлялся контроль величины магнитного поля, и насколько его реальные значения отличаются от расчетных.



Все перечисленные замечания носят рекомендательный характер и не снижают общей значимости диссертационной работы.

Автореферат полностью отражает содержание диссертации. Апробация включает многочисленные конференции, на которых докладывались и обсуждались результаты диссертационной работы. Также эти результаты опубликованы в рецензируемых журналах: AIP Advances, Physics of Plasmas, Plasma and Fusion Research, Physics Procedia, Journal of Physics: Conference Series.

Представленная диссертационная работа является целостным научным трудом, вклад автора в который является определяющим.

Диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует всем критериям, установленным п. 9 Положения о порядке присуждения ученых степеней № 842 от 24.09.2013г., а ее автор Г. Д. Лизякин несомненно заслуживает присуждения ему степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.08 – физика плазмы.

Отзыв составил старший научный сотрудник отделения магнитных и оптических исследований АО «ГНЦ РФ ТРИНИТИ»  
канд. физ.-мат. наук Климов Николай Сергеевич  
108840, г. Москва, г. Троицк, ул. Пушкиных, вл. 12.  
Телефон: 8(495)851-05-02. Email: klimov@triniti.ru.

Ученый секретарь АО «ГНЦ РФ ТРИНИТИ»  
канд. физ.-мат. наук Ежов Александр Александрович  
108840, г. Москва, г. Троицк, ул. Пушкиных, вл. 12.  
Телефон: 8(495)851-88-27. Email: ezhov@triniti.ru



Акционерное общество «Государственный научный центр Российской Федерации Троицкий институт инновационных и термоядерных исследований» Россия, 108840, г. Москва, г. Троицк, ул. Пушкиных, вл. 12. 8(495)841-57-76. Email: liner@triniti.ru