

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Лизякина Геннадия Дмитриевича **«Создание управляемого стационарного электрического поля в плазме масс-сепаратора»**, представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.08 – физика плазмы.

Диссертационная работа Г.Д. Лизякина посвящена генерации стационарного электрического поля с заданными характеристиками в замагниченной плазме масс-сепаратора, измерению его напряженности в различных точках плазменного объема, определению условий разряда и параметров разрядной плазмы, при которых пространственное распределение потенциала будет соответствовать необходимому для осуществления эффективной масс-сепарации ионов с заданными атомными массами. Эта работа является частью исследований по разработке методов плазменной переработки отработавшего ядерного топлива (ОЯТ), что является одним из перспективных направлений решения одной из важнейших проблем развития атомной энергетики.

Плазменные методы предполагают перевод конденсированного вещества ОЯТ в плазменное состояние и последующее разделение компонентов в электрических и магнитных полях. Важнейшее отличие плазменного подхода от общепринятых электромагнитных способов разделения ионов в магнитном поле состоит в том, что ионы сепарируемых элементов все время движутся в условиях компенсированного объемного заряда. При таком движении снимается ограничение на величину ионного тока, и может быть достигнута производительность, необходимая для практического применения в промышленности. Однако для этой цели необходимо создание стационарного электрического поля с заданными характеристиками в замагниченной плазме, что является нетривиальной

задачей. Все выше сказанное и определяет **актуальность исследований**, результаты которых изложены в представленной диссертации.

Несмотря на то, что проблема создания распределения электрического потенциала в плазме уже изучалась ранее (достаточно содержательный обзор проведенных ранее работ представлен в первой главе диссертации), исследования Г.Д. Лизякина отличаются **существенной научной новизной**.

В первую очередь следует отметить направленность экспериментов, обусловленную предполагаемым практическим применением плазменного сепаратора, что требует проведения исследований на **достаточно крупной стационарной** установке, тогда как обычно эксперименты проводились на импульсных устройствах. Это обстоятельство, с одной стороны, может вызвать различные особенности в протекании физических процессов, и, с другой стороны, значительно усложняет проведение экспериментов из-за большой энергонапряженности систем электропитания. Соискатель успешно справился со всеми трудностями. Им был разработан и создан экспериментальный блок для генерации электрического поля, опробована различная и выбрана оптимальная геометрия электродов (кольцевые и круглые катоды различного диаметра) для формирования распределения потенциала в плазме; здесь следует отметить изящество некоторых конструктивных решений при создании катодных узлов. **Впервые** были также проведены систематические исследования влияния физических параметров разряда (давление, величина магнитного поля и разрядного напряжения) на потенциал плазмы в отражательном разряде, реализована методика измерения электрического потенциала плазмы с помощью плавающего зонда, исследовано пространственное распределение электрического потенциала в замагниченной плазме высокочастотного разряда. Благодаря этому **впервые** получено необходимое распределение электростатического поля в плазме отражательного разряда для осуществления разделения компонентов (160 и 240 а.е.м.) отработавшего ядерного топлива. Продуманная методика многочисленных измерений, их



теоретическая обоснованность и тщательность исполнения при различных режимах разрядов убеждают в **достоверности** результатов и **обоснованности** сделанных выводов.

Данные исследования кроме фундаментального интереса, связанного с расширением представлений о физике плазмы отражательного и высокочастотного разрядов и, прежде всего, особенностях поведения потенциала плазмы в широком диапазоне параметров, представляют интерес и для прикладных задач, связанных с необходимостью реализации в плазменном объеме профиля потенциала заданной конфигурации. В этом и состоит **практическая ценность результатов выполненных исследований**, которые продемонстрировали возможность передачи потенциала электродов в плазменный объем, что позволяет создавать различные конфигурации электрических полей в плазме. В частности, реализована конфигурация, необходимая для метода плазменной сепарации компонентов (160 и 240 а.е.м) ОЯТ. Результаты диссертационной работы можно рекомендовать для использования в организациях, ведущих исследования по физике плазменно-поверхностного взаимодействия: НИЦ "Курчатовский институт", ТРИНИТИ, ИОФ РАН, ИПФ РАН, ФИ РАН, НИЯУ МИФИ, ИЯФ СО РАН, ИСЭ СО РАН.

Необходимо отметить следующие **недостатки** работы:

1. В работе не отмечено, чем определяется и какую производительность может иметь установка, на которой производились работы, а также существует ли какой-либо оптимальный «скейлинг» для определения параметров разряда для практически полезного сепаратора.
2. Большое количество синтаксических и стилистических ошибок, например «Шина изготовлена из бескислородной меди....которая обладает.....превосходной паяемостью и свариваемостью» (стр. 47), иногда искажающих физический смысл, например «...часть линий магнитного поля.....Поскольку таких линий достаточно много....» (стр 58-59).

Однако эти недостатки не снижают общее благоприятное впечатление о работе, **содержание которой соответствует специальности 01.04.08 – физика плазмы.**

Все основные положения и выводы диссертации изложены в 5 работах, опубликованных в следующих рецензируемых журналах: AIP Advances, Physics of Plasmas, Plasma and Fusion Research, Physics Procedia, Journal of Physics: Conference Series, а также докладывались на 10 научных конференциях. Автореферат соискателя в полной степени отражает положения, выводы и рекомендации, содержащиеся в диссертации.

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 **Геннадий Дмитриевич Лизякин несомненно заслуживает присуждения ему степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.08 – физика плазмы.**

Доктор физико-математических наук,  
старший научный сотрудник,

Калинин Юрий Григорьевич

начальник Отдела источников излучения ОПТ ККФХТ  
тел. (499) 196- 91-57, e-mail Kalinin\_YG@nrcki.ru

НИЦ «Курчатовский институт»

Москва, пл. Академика Курчатова, д. 1

Подпись Ю.Г. Калинина заверяю:

Главный учёный секретарь  
НИЦ «Курчатовский институт»



С.Ю. Стремоухов