

## О Т З Ы В

на автореферат диссертации Бахаревой Ольги Александровны  
«Роль испаренного вещества при взаимодействии примесных макрочастиц  
с высокотемпературной плазмой установок с магнитным удержанием»,  
представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук  
по специальности 1.3.9 – «Физика плазмы»

Диссертационная работа О.А. Бахаревой посвящена исследованию структуры пеллетного облака и ее влияния как на процесс испарения макрочастицы, так и на особенности перезарядки быстрых ионов в нем. Актуальность темы обусловлена важностью технологии инжекции макрочастиц для управления параметрами удерживаемой плазмы, в первую очередь для ввода топлива, а также для диагностики параметров плазмы, важнейшим из которых является функция распределения быстрых частиц по энергии, как термоядерных альфа-частиц так и ионов нагревного пучка.

Из автореферата следует, что в диссертационной работе:

1. Была создана модель испарения примесных макрочастиц с учетом нейтрального экранирования для широкого диапазона параметров макрочастицы и высокотемпературной плазмы с максвелловским распределение электронов. Сравнение результатов расчетов по модели с экспериментальными данными по испарению в плазме установок T-10, Heliotron E, W7-AS, LHD, TFTR, ASDEX Upgrade, позволили прояснить, что учет электростатического экранирования с потенциалом порядка горячей температуры электронов окружающей плазмы, как следует из одномерной модели, приводит к заметному, по сравнению с экспериментом, снижению расчетных значений скорости испарения макрочастиц.

2. Был выполнен анализ данных по структуре углеродных облаков в стеллараторе W7-AS и углеводородных облаков на гелиотроне LHD и продемонстрировано, что роль холодных электронов пеллетного облака сопоставима с ролью горячих электронов окружающей плазмы в ионизации первого иона углерода в углеродных облаках, а в углеводородных облаках роль холодных электронов заметно преобладает.

3. С использованием полученных новых представлений о структуре углеводородного облака автору удалось создать модель для совместного расчета скорости испарения и параметров облака примесной макрочастицы с учетом

нейтрального и плазменного экранирования Модель была проверена путем сопоставления расчетных параметров с экспериментальными данными по испарению макрочастиц и параметрам углеводородных облаков при инжекции полистироловых макрочастиц в плазму гелиотрона LHD.

4. Была усовершенствована методика расчета нейтрализации быстрых протонов в углеводородном облаке на основе полученных данных о зарядовом составе облака при испарении полистироловой макрочастицы, выработаны рекомендации для оптимизации измерений функции распределения по энергии быстрых протонов с помощью их нейтрализации в углеводородном облаке.

5. Применение разработанной модели, учитывающей пространственное распределение ионизационного состав облака, к литиевым пеллетным облакам позволило заметно улучшить интерпретацию абсолютных значений энергетического спектра альфа-частиц, измеренного в дейтериево-третиевых экспериментах на токамаке TFTR с помощью РСХ диагностики, использующей перезарядку альфа части на пеллетном облаке.

Обработка экспериментальных результатов и моделирование проведены на высоком научном уровне. Достоверность полученных в работе результатов подтверждается сравнением с многочисленными экспериментальными данными по испарению примесных макрочастиц и излучению пеллетных облаков, полученными на различных установках с магнитным удержанием, а также согласием с результатами, полученными другими авторами. Автореферат содержит достаточно иллюстративного материала и позволяет получить достаточно полное представление о работе.

В качестве замечаний можно отметить следующее:

1) В диссертации рассматривается вопрос о измерении функции распределения надтепловых ионов с помощью диагностики РСХ, однако не рассматривается влияние надтепловых ионов на процесс сгорания пеллеты.

2) На стр.4 сказано: «тепловой поток может ослабляться из-за экранирования нейтральным и плазменным облаком, окружающим испаряющуюся макрочастицу (нейтральное и плазменное экранирование), а также под действием электростатической разности потенциалов, возникающей на границе облака и фоновой плазмы (электростатическое экранирование) [7].» Возможно правильное уточнить, что речь о потоке электронов. Поскольку тепловой поток ионов упомянутая разность потенциалов будет несколько увеличивать.

3) На стр.6 фигурирует термин «кривые испарения». По всей видимости, имеется в виду зависимость скорости испарения макрочастицы от времени, либо от её положения в установке. Однако это специфический жаргон, который может быть не вполне понятен тем, кто мало знаком с исследованиями испарения пеллетов.

Тем не менее, указанные замечания не являются существенными и не влияют на общее положительное впечатление от работы.

Из автореферата можно заключить, что работа удовлетворяет требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.9 «Физика плазмы» согласно Положению о присуждении ученых степеней в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Физико-техническом институте им. А. Ф. Иоффе Российской академии наук, а ее автор О.А. Бахарева заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата физико-математических наук.

Вершков Владимир Александрович

доктор физико-математических наук,  
ведущий научный сотрудник Отдела  
Физических Исследований Отделения  
Экспериментальной Физики Плазмы  
Комплекса термоядерной энергетики  
и плазменных технологий НИЦ  
«Курчатовский институт», диссертация  
защищена по специальности  
01.04.08 – Физика плазмы.  
Тел: +7(499)-196-16-11  
E-mail: Vershkov\_VA@nrcki.ru

\_\_\_\_\_ подпись ФИО  
« \_\_\_\_\_ 2024 г.

Контактные данные организации:  
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный  
исследовательский центр «Курчатовский институт», 123182, Россия, Москва, пл.  
Курчатова, дом 1, тел.: +7 (499) 196–95-39, <http://www.nrcki.ru> nrcki@nrcki.ru.

Подпись В.А. Вершкова заверяю  
Первый заместитель главного ученого секретаря  
НИЦ «Курчатовский институт»  
« » \_\_\_\_\_ 2024 г.

К. Е. Борисов