

Министерство образования и науки
Российской Федерации



Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования

«Московский государственный
технический университет имени Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)»
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)

105005, г. Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1
Тел. (499) 263-63-91 Факс (499) 267-48-44
E-mail: bauman@bmstu.ru
ОГРН 1027739051779
ИНН 7701002520 КПП 770101001

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор –
проректор по научной работе
д.т.н., профессор

В.И. Зимин

«15» ноября 2016 г.



№ _____

на № _____

от _____

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертацию Юрова Дмитрия Викторовича
**«Численная модель DOL и расчеты параметров осесимметричной
открытой ловушки»**, представленную на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук по специальности
01.04.08 – «Физика плазмы»

Актуальность темы исследования

Диссертация Юрова Д. В. посвящена разработке физико-математической модели плазмы и ее численной реализации для осесимметричной открытой ловушки, проверке соответствия теоретических положений модели экспериментальным данным и применению для прогнозирования характеристик источника нейтронов на основе открытой ловушки.

Численный анализ поведения плазмы в газодинамической ловушке (ГДЛ), относящейся к классу открытых осесимметричных ловушек для удержания высокотемпературной плазмы, является значимой частью комплекса исследований, необходимой как для сопровождения экспериментальных работ на этой установке, так и для физико-технического обоснования технологических приложений на ее основе. Используя до настоящего времени средства анализа и моделирования поведения плазмы в газодинамической ловушке использовали ряд приближений, которые не в

полной мере соответствуют современному уровню знаний о физике процессов в установках класса ГДЛ. Поэтому задача разработки новых методик и средств моделирования, решенная в представленной диссертации, является актуальной.

Важно отметить, что концепция ГДЛ с самого начала исследований рассматривалась в качестве основы для мощного источника нейтронов. Такой источник нейтронов может быть использован в подкритичных гибридных системах. Поэтому исследование применимости источника нейтронов на основе ГДЛ в качестве элемента гибридной системы, проведенное в представленной диссертации, также является актуальной задачей.

Оценка структуры и содержания работы

Содержание и структура диссертации находятся в логическом единстве и соответствуют поставленной цели исследования. Положения, выносимые соискателем на защиту, являются новыми.

Во введении обосновывается актуальность темы диссертации, формулируются цели и задачи диссертационной работы. В первой главе описываются основные компоненты математической модели, лежащей в основе разработанного кода DOL. Во второй главе приведены результаты моделирования параметров плазмы для нескольких экспериментов ГДЛ, подтверждающие корректность результатов вычислений, проводимых с помощью кода. Также во второй главе проведены тестовые расчеты, демонстрирующие особенности модели. Третья глава посвящена параметрическому анализу источника нейтронов на основе открытой ловушки, предназначенного для использования в гибридной системе. В заключении приводятся основные результаты диссертационной работы.

Соответствие содержания диссертации заявленной специальности и теме диссертации

Содержание диссертации соответствует заявленной специальности 01.04.08 – «Физика плазмы» и названию работы.

Соответствие автореферата диссертации её содержанию

Автореферат диссертации достаточно полно и последовательно отражает содержание и основные положения диссертации.

Личный вклад соискателя в получении результатов исследования

Все результаты, приведенные в диссертации, получены лично автором, что отражено в публикациях. Соискателем разработан и реализован код параметрического анализа источника нейтронов с использованием метода дифференциальной эволюции. Математическая модель и код DOL созданы на основе более ранней версии модели Ю. А. Цидулко, но все элементы исходной модели подверглись существенной переработке, также был добавлен ряд новых компонентов. Поэтому разработанные средства моделирования можно считать новыми. Вклад диссертанта в их разработку является определяющим.

Степень достоверности результатов исследования

Достоверность результатов обусловлена строгим обоснованием приближений и выбором адекватных методик решения. Результаты диссертации представлены в шести статьях в рецензируемых журналах и освещены на ряде всероссийских и международных конференций. Также диссертационная работа была представлена на научно-техническом семинаре в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана».

Теоретическая и практическая значимость полученных автором диссертации результатов

Теоретическая и практическая значимость результатов диссертационной работы состоит, во-первых, в созданных средствах моделирования плазмы в открытых осесимметричных ловушках и, во-вторых, в полученных результатах параметрического анализа источника нейтронов. Разработанный код является экономичным по времени вычислений, что хорошо подходит для быстрой оценки параметров плазмы и параметрического анализа, продемонстрированных в диссертационной работе. Результаты параметрического анализа источника нейтронов на основе ГДЛ представляют самостоятельный практический интерес, так как они могут быть использованы при проектировании такого источника.

Конкретные рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Созданная численная модель может использоваться для сопровождения экспериментальных работ на установке ГДЛ, включая интерпретацию наблюдаемых в эксперименте эффектов; для оценки параметров плазмы в модификациях существующей установки; для расчета характеристик плазмы в ловушках с улучшенным продольным удержанием (например, в реализованной к настоящему моменту в ИЯФ СО РАН ловушке GOL-NB).

Полученные аппроксимации зависимости коэффициента усиления мощности источника нейтронов от длины ловушки и мощности нагрева плазмы могут быть использованы для быстрой оценки достижимого коэффициента усиления в определенных диапазонах указанных параметров, представляющих практический интерес для таких систем.

Новизна полученных результатов

Научная новизна представленной диссертации состоит в создании и применении более совершенных средств и методов моделирования для анализа параметров источника нейтронов на основе ГДЛ и уточнении полученных ранее результатов. Код DOL и соответствующая ему математическая модель позволяют учесть зависимость характеристик плазмы от положения вдоль оси симметрии ловушки в отличие от нуль-мерных моделей, ранее использовавшихся для расчета параметров плазмы в газодинамической ловушке. Также в коде DOL предусмотрен расчет потерь частиц и энергии как для газодинамического, так и адиабатического режимов

продольного удержания. Еще одной отличительной особенностью разработанной численной модели является более точная аппроксимация взаимодействия быстрых ионов с плазмой, учитывающая влияние функции распределения быстрых частиц по энергии на коэффициенты торможения и диффузии в пространстве скоростей.

Несмотря на обилие публикаций, касающихся оптимизации источника нейтронов на основе ГДЛ, подавляющее большинство работ не использовало систематических алгоритмов для определения конфигурации источника нейтронов, наилучшим образом отвечающей заданному приложению. В представленной диссертации был проведен параметрический анализ источника нейтронов с использованием алгоритма дифференциальной эволюции. Предыдущие работы, использовавшие алгоритмы поиска максимума/минимума целевой функции (в настоящем случае – коэффициента усиления мощности), предполагали вычисление параметров плазмы с помощью существенно более грубых упрощений.

Замечания по диссертационной работе

1. Среди параметров нейтронного источника не приведена плотность потока энергии нейтронов из плазмы. От этой величины зависит срок службы элементов первой стенки, и поэтому информация о ней может быть важна при проектировании гибридных систем.

2. Энергии инжектируемых атомов дейтерия и трития для анализа параметров нейтронного источника приняты равными, однако в близких условиях оптимальным является отношение энергий примерно равное отношению масс инжектируемых атомов (см., например, [Dawson M., et al. // Phys. Rev. Lett. 1971. V. 26. P. 1156], подтверждается также и более поздними работами).

3. В диссертации подробно описана математическая модель, но отсутствует описание разностных аппроксимаций и применяемых численных методов.

Высказанные замечания принципиально не влияют на общую положительную характеристику диссертационной работы.

Заключение по диссертации

По результатам рассмотрения, диссертационная работа Д.В. Юрова «Численная модель DOL и расчеты параметров осесимметричной открытой ловушки» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задачи по разработке модели плазмы в открытой ловушке газодинамического типа и расчету параметров источника нейтронов на основе такой ловушки. Решенная задача имеет существенное значение для развития соответствующей отрасли знаний, а именно физики открытых ловушек, что соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842.

Автор диссертационной работы, Юров Д.В., заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.08 – «Физика плазмы».

Заключение рассмотрено на заседании кафедры «Теплофизика» (Э6) МГТУ им. Н.Э. Баумана, протокол № 4 от 09.11.2016 г.

Заведующий кафедрой
«Теплофизика»



А.Ю. Чирков

Чирков Алексей Юрьевич, доктор физико-математических наук, доцент,
заведующий кафедрой «Теплофизика» МГТУ им. Н.Э. Баумана,
научная специальность 01.04.08 – «Физика плазмы»,
105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1, кафедра Э6
телефон: +7 (499) 265 7905
адрес электронной почты: chirkov@bmstu.ru