

ОТЗЫВ

Официального оппонента на диссертацию Андрея Алексеевича Пшенова
МЕХАНИЗМЫ, АСИММЕТРИЯ И УСТОЙЧИВОСТЬ ПЕРЕХОДА
ДИВЕРТОРНОЙ ПЛАЗМЫ ТОКАМАКА В РЕЖИМ ДЕТАЧМЕНТА
по специальности 01.04.08 — физика плазмы,
представленной на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

Представленная диссертационная работа посвящена исследованию физических процессов во взаимодействии плазмы с первой стенкой термоядерных установок в перспективных режимах со снижением потока энергии на поверхность, возникающих из-за интенсивных столкновений частиц в периферийной области.

Работа включала в себя как проведение численного моделирования параметров плазмы двумерным кодом, разработанным для моделирования периферийных областей токамака, SOLPS4.3, так и сопоставление результатов с экспериментом и развитие моделей.

Основным содержанием работы было построение физических моделей ключевых процессов реализации перспективных режимов взаимодействия плазмы с поверхностью на основе результатов проводимого детального численного моделирования экспериментальных наблюдений.

Актуальность исследования определяется с одной стороны практической важностью снижения интенсивности потока энергии на первую стенку термоядерных установок, и с другой отсутствием достаточно полной картины физических процессов обнаруженных перспективных режимов отрыва плазмы от поверхности за счет столкновительных процессов у стенки.

В ходе был получен ряд важных научных результатов.

Убедительно показана ключевая роль рекомбинации в холодной пристеночной плазме в снижении интегрального потока плазмы на первую стенку.

Определена линейная связь между давлением нейтралов и полной мощностью, поступающей из центральных областей плазмы на периферию (в SOL). Это соответствует определенному экспериментально «глобальному критерию» перехода в режим детачмента, и позволяет определить детали физических процессов, лежащих в основе этого критерия.

В результате расчетов получено условие критического значения отношения давления к потоку энергии, соответствующего «локальному критерию» перехода в режим детачмента. Численное значение, получаемое в вычислениях, согласуется с результатами развитой физической модели.

Установлено, что формирование обратного потока плазмы из диверторного объема в пристеночный слой основной камеры имеет определяющее значение для реализации симметричного режима перехода в детачмент внешних и внутренних областей дивертора.

Достоверность и обоснованность результатов определяется комплексным подходом, включающем, как проведение детальных численных расчетов, так и сравнение с экспериментальными наблюдениями, и построение физических моделей для объяснения получаемых ключевых закономерностей.

Работы выполнялись в ведущей научной группе мирового уровня, публикации результатов исследований изложены в целом ряде статей (5) в ведущих научных журналах, среди которых Nuclear Fusion и Physics of Plasmas, а также представлялись на многочисленных научных конференциях. Виден существенный вклад автора в данные работы.

Диссертация состоит из введения, четырех глав и заключения.

Во Введении приведены данные о диссертации, обосновывается актуальность, формулируются основные положения диссертации, их новизна, научная и практическая значимость. В конце диссертации приведен список с объяснением специальных используемых терминов.

Первая глава содержит обзор современного состояния работ в данном направлении. Приведены основные уравнения для простых физических моделей процессов транспорта плазмы и энергии в периферийной области.

Вторая глава посвящена моделированию численным кодом SOLPS4.3 процессов перехода в режим детачмента, и сравнению получаемых результатов с данными из простых моделей. Получены результаты по описанию глобального и локального критерия перехода в режим детачмента.

Третья глава содержит результаты численного моделирования процессов перехода в режим детачмента с учетом геометрии дивертора, состоящего из внутренней и внешней областей, отличающихся интенсивностью энерговыделения. Установлена ключевая роль транспортных процессов в периферийной области в симметризации достижения режима детачмента.

Четвертая глава содержит результаты исследования устойчивости перехода в режим детачмента при вариации доли примеси в периферийной области, а также при изменяющейся интенсивности транспортных процессов.

В заключении сформулированы основные результаты работы.

Автореферат правильно и полно отражает содержание диссертации.

К замечаниям по тексту работы можно отнести следующее.

1. Для полноты физической картины желательно было бы привести описание основных физических процессов потери энергии ионами и электронами плазмы с уровня единиц кэВ до единиц эВ при движении из центральных областей к поверхности. В частности, привести характерные длины столкновений. Это было бы существенно как для проводимого в Главе 2 (стр. 57) обсуждения роли рекомбинации, так и для процесса обмена нейтралами.

2. Не вполне удачно описаны некоторые величины, а именно, плотности и потоки частиц и энергии (глава 1). Затруднительно определить,

какая размерность у этих величин. Часть величин используется в тексте диссертации для обозначения объемной плотности и линейной, а также средней плотности и полного количества частиц, что не всегда четко обозначено.

3. В описании алгоритма проводимых вычислений кодом SOLPS4.3 (стр. 50) желательно было бы привести перечень решаемых уравнений в явном виде, а также указать кратко алгоритмы вычислений, и привести пример вида целой сетки для иллюстрации. Несмотря на то, что полная система, очевидно, будет иметь достаточно громоздкий вид, ее приведение было бы информативно.

4. Работа посвящена исследованию, проводимому с помощью детального численного кода, в связи с чем желательно было бы привести большее количество получаемых пространственных двумерных распределений, аналогичных представленным на рис. 2.9 и 4.9. Это представляло бы интерес, и добавляло бы иллюстративности получаемым результатам.

5. Есть ряд неточностей и опечаток, в частности, на рис. 3.3 неправильно обозначены фрагменты в) и г), см. также рис. 3.2, 3.7.


Вместе с тем, приведенные замечания не имеют принципиального характера, и не умаляют высокого уровня работы и полученных в ее рамках научных результатов.

Диссертация Андрея Алексеевича Пшенова на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задачи описания процессов взаимодействия плазмы с поверхностью в термоядерных установках в условиях существенного встречного потока частиц, имеющей существенное значение для термоядерных исследований, и удовлетворяет требованиям п. 9 действующего Положения о присуждении ученых степеней,

предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.08 – физика плазмы.

Официальный оппонент:

старший научный сотрудник
Отдела физической электроники
Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Физического института им. П.Н. Лебедева
Российской академии наук (ФИАН)
к.ф.-м.н.
Михаил Михайлович Цвентух
119991 Москва, Ленинский проспект 53
+7 499 1326846
Электронный адрес: elley@list.ru


1.11.2018

Ученый секретарь
Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Физического института им. П.Н. Лебедева
Российской академии наук (ФИАН)
к.ф.-м.н.
Андрей Владимирович Колобов


1.11.2018