

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию В. Г. Несеневича «Исследование особенностей применения диагностики по потокам атомов из плазмы в термоядерном реакторе ИТЭР», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.08 - «Физика плазмы».

Диссертация В. Г. Несеневича посвящена особенностям применения диагностики по потокам атомов из плазмы (NPA диагностика) в экспериментальном термоядерном реакторе ИТЭР, а также развитию возможностей этого диагностического метода. Диагностика по потокам атомов является одним из основных средств определения соотношения плотностей топливных ионов в плазме. Она входит в пусковой минимум диагностических систем ИТЭР и будет необходима до конца работы установки. Это определяет несомненную практическую ценность и актуальность темы диссертации.

Диссертация состоит из экспериментальной и расчетно-теоретической части, а также обзора литературы, в котором рассмотрены различные методы определения изотопного состава горячей плазмы.

Экспериментальная часть работ, которой посвящена вторая глава диссертации, относится к проектированию и исследованию элементов NPA диагностики для ИТЭР, наиболее подверженных воздействию плазменных излучений различных видов.

Во-первых, были исследованы радиационные характеристики полупроводниковых и сцинтилляционных детекторов и выбран конкретный тип детекторов для применения в анализаторах атомов перезарядки. Впервые предложено использовать в детектирующей системе анализаторов многоанодные фотоэлектронные умножители, что позволило увеличить число каналов регистрации.

Во-вторых, в работе предложен и экспериментально реализован метод контроля толщины и целостности обдирочных мишеней, применяемых для ионизации атомов на входе в анализаторы. Важность этой задачи обусловлена тем, что параметры обдирочных мишеней напрямую определяют эффективность регистрации атомов.

Наконец, исследована работа еще одного важного элемента диагностической системы – ускорительного модуля анализатора атомов низких энергий – при облучении интенсивным потоком гамма-квантов. Полученные данные позволят обеспечить электрическую прочность ускорительного модуля под воздействием интенсивного потока гамма-излучения в условиях ИТЭР.

В третьей главе диссертации рассмотрен способ исследования удержания альфа-частиц в термоядерной плазме по результатам измерений потоков быстрых атомов дейтерия и трития из плазмы. Следует отметить, что проблема удержания альфа-частиц в термоядерной плазме является чрезвычайно актуальной для проекта ИТЭР. Проведенные расчеты показали принципиальную возможность реализации предложенного метода.

Четвертая глава диссертации посвящена изучению особенностей проведения измерений с помощью диагностики по потокам атомов в основных режимах реактора ИТЭР. Исследовано влияние, которое будет оказывать инжекция мощных пучков атомов – нагревных и диагностического – на потоки атомов, регистрируемых диагностикой. Определен энергетический диапазон, доступный для корректного измерения изотопного соотношения, что является основной задачей диагностики по потокам атомов на ИТЭР. Кроме того, проведено изучение влияния на измерения диагностики инжекции топливных пеллет. Показано, что данные NRA диагностики могут быть использованы для изучения особенностей проникновения вещества пеллеты в плазму и верификации теоретической модели, применяемой для описания движения вещества пеллеты.

Результаты, представленные в диссертации, имеют высокую степень надежности и достоверности. Следует отметить обоснованность и научную новизну положений и выводов диссертации. Автором была выполнена обработка экспериментальных и расчетных данных, подготовлены статьи, опубликованные в научных журналах, а также сделан ряд докладов на российских и международных конференциях. Все основные положения и выводы диссертации опубликованы в изданиях, входящих в «перечень ВАК.

Диссертация представляет собой законченную работу. Полученные экспериментальные результаты имеют конкретное практическое применение и были использованы при проектировании атомных анализаторов для ИТЭР. Результаты численных расчетов будут применены после запуска установки ИТЭР. В то же время, они могут быть использованы и при проведении измерений с помощью NPA диагностики, например, на токамаке JET, наиболее близким по своим параметрам к ИТЭР.

Материал диссертации в целом изложен ясно, вместе с тем, следует сделать ряд замечаний:

1. стр. 49 – «сцинтилляционные кристаллы устанавливались на входном окне ФЭУ с помощью вязкой пасты КПД» – не изменяется ли прозрачность пасты под действием радиации так, чтобы это влияет на светопередачу в детекторе? Не рассмотрен отдельно вопрос о радиационной стойкости входного окна ФЭУ и подложки из кварцевого стекла, используемой для нанесения на нее слоя сцинтиллятора CsI(Tl). В принципе возможна и радиолюминесценция в стекле и клее.
2. стр.62-63 – «Ресурсные испытания показали, что сцинтилляционные детекторы обладают высокой радиационной стойкостью, достаточной для работы в условиях токамака ИТЭР. При потоке нейтронов до $10^8 \text{ см}^{-2}\text{с}^{-1}$ время их стабильной работы на установке составит не менее 5 лет». – Это меньше длительности Д-Т режима ($2 \times 10^7 \text{ с}$), поэтому целесообразно продолжить испытания выше флюенса нейтронов $2 \times 10^{14} \text{ см}^{-2}$. При этом для предусилителя, судя по всему, потребуется дополнительная защита.

3. стр.66 – «Моделирование показывает, что наиболее интенсивно распыление происходит при облучении атомами изотопов водорода с энергиями порядка нескольких кэВ». Что тут понимается под интенсивностью? Правильнее говорить о коэффициентах распыления, а они максимальны для тяжелых ионов (в ИТЭР, примеси Be и W).

4. стр.83 – «Концентрация ионов отдачи достаточна для того, чтобы дать заметный вклад в нейтронный выход» - Смысл этого утверждения не понятен. Прошу объяснить.

Сделанные замечания не влияют на положительную оценку работы, которая выполнена на высоком уровне и соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации. Автор данной работы Несеневич Владислав Георгиевич заслуживает присуждения степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.08 – физика плазмы.

Доктор физико-математических наук

Заместитель начальника отдела ИТЭР КЯТК Вуколов Константин Юрьевич

тел.: (499) 196-9690,

e-mail: Vukolov_KY@nrcki.ru

НИЦ «Курчатовский институт»

Москва, пл. Академика Курчатова, д. 1

Подпись Вуколова Константина Юрьевича заверяю:

Главный учёный секретарь

НИЦ «Курчатовский институт»

С.Ю. Стремоухов