



ГОСКОРПОРАЦИЯ «РОСАТОМ»

АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО

«НИИЭФА им. Д.В. Ефремова»

(АО «НИИЭФА»)

196641, Санкт-Петербург, поселок Металлострой, дорога на Металлострой, дом 3

Телефон: (812) 464-44-70, факс: (812) 464-46-23, <http://www.niiefa.spb.su>

ОКПО 008626377, ОГРН 1137847503067, ИНН / КПП 7817331468 / 781701001

№ _____

На № 11217/04 от 28/12/2016

«УТВЕРЖДАЮ»

Генеральный директор

Акционерного Общества

«НИИЭФА им. Д. В. Ефремова»

_____ А.В. Ванин

«20» 01 2017 г.

Отзыв ведущей организации

Акционерного Общества «НИИЭФА им. Д. В. Ефремова»

на диссертацию Несеневича Владислава Георгиевича

«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

Актуальность темы диссертации

Строительство экспериментального термоядерного реактора ИТЭР является крупнейшим международным научно-техническим проектом, реализуемым в настоящее время. Вклад Российской Федерации заключается в разработке, изготовлении и поставке высокотехнологичного оборудования и систем, общая стоимость которых составляет около десяти процентов от

полной стоимости сооружения реактора. В состав указанного оборудования входят девять диагностических систем, предназначенных для измерения различных параметров плазмы. Особое место среди этих систем занимает диагностика по потокам атомов, основной задачей которой является измерение соотношения концентраций топливных ионов в центральной области плазмы, что необходимо для поддержания оптимального режима работы реактора. Помимо этого, диагностика по потокам атомов даст информацию об энергетических функциях распределения быстрых ионов, важную для исследования удержания термоядерных альфа-частиц в плазме. Создание данной диагностики для международного проекта ИТЭР было поручено ФТИ им. А. Ф. Иоффе – научному учреждению, в котором впервые был предложен и реализован метод диагностики плазмы по потокам вылетающих атомов. Традиционно ФТИ им. А. Ф. Иоффе является лидером в создании соответствующего диагностического оборудования – атомных анализаторов. Для одновременного измерения потоков атомов из плазмы ИТЭР как в тепловом, так и надтепловом энергетическом диапазоне было принято решение о создании двух анализаторов LENPA и HENPA, рассчитанных на работу в соответствующем диапазоне энергий.

С учетом вышеизложенного диссертационная работа В. Г. Несеневича, посвященная разработке и испытаниям наиболее критических компонентов диагностики по потокам атомов на ИТЭР, а также развитию возможностей данной диагностики при применении в условиях крупной термоядерной установки, является, несомненно, актуальной как с научной, так и с практической точки зрения.

Основные результаты диссертации и их новизна

1) Испытан ряд критических элементов системы диагностики по потокам атомов для токамака-реактора ИТЭР. Особенностью работы диагностической системы в условиях ИТЭР, которая обусловила необходимость проведения этих испытаний, является воздействие на элементы системы мощных потоков различных видов излучений плазмы.

Обоснована необходимость применения в атомных анализаторах LENPA и HENPA сцинтилляционных детекторов с тонкими кристаллами

CsI(Tl). Определена нижняя граница продолжительности стабильной работы данных детекторов в условиях термоядерного реактора ИТЭР.

Предложен оригинальный метод оперативного контроля целостности и толщины обдирочных мишеней анализаторов LENPA и HENPA и экспериментально показана принципиальная возможность его реализации.

Получено значение нижней границы давления азота в изолирующем объеме ускорителя анализатора LENPA, при котором обеспечивается необходимая электрическая прочность изолирующего промежутка, в условиях облучения гамма-квантами мегаэлектронвольтового диапазона энергий.

2) Разработана методика определения эффективности удержания альфа-частиц в плазме ИТЭР с помощью диагностики по потокам атомов. Изучение удержания альфа-частиц предложено проводить по данным измерений потоков нейтрализованных ионов отдачи дейтерия и трития в мегаэлектронвольтовом диапазоне энергий.

3) Исследовано влияние инъекции мощных нагревных и диагностического пучков на измерения диагностики по потокам атомов на ИТЭР. Путем численного моделирования определен диапазон энергий, доступный для измерения изотопного соотношения топливных ионов атомными анализаторами LENPA и HENPA в условиях инъекции нейтральных пучков.

4) Показана возможность использования диагностики по потокам атомов для изучения особенностей инъекции топливных пеллет в плазму ИТЭР. Получен вывод о том, что диагностические данные позволят оценить величину дрейфа материала пеллеты в направлении большого радиуса плазмы.

Достоверность полученных результатов

Методика проведенных в работе экспериментальных исследований описана достаточно подробно. Стоит отметить, что в эксперименте по исследованию чувствительности детекторов к фоновому излучению чрезвычайно важна корректная оценка величины потока быстрых нейтронов на экспериментальной установке. В этом случае помимо прямых измерений для дополнительной проверки использовались опубликованные в литературе данные, полученные на аналогичных установках другими авторами. При

исследовании метода контроля качества обдирочных мишеней анализаторов перед проведением эксперимента были проведены предварительные расчеты с помощью программного пакета SRIM.

В теоретической части работы для численного моделирования были использованы коды, подробно описанные в литературе, и зарекомендовавшие себя при моделировании экспериментов на крупных плазменных установках. Использовались расчетные параметры рабочих режимов реактора ИТЭР, приведенные в официальных документах ИТЭР и общепринятые для моделирования.

Практическая значимость

Все результаты, полученные в испытаниях наиболее критических элементов диагностики по потокам атомов на ИТЭР, учтены при окончательном проектировании данных элементов. Также можно утверждать, что результаты теоретических расчетов представляют несомненный интерес и будут использованы при работе диагностики на ИТЭР для исследования свойств термоядерной плазмы.

Публикации и апробация

Результаты разработок и исследований, описанных в диссертации, были неоднократно представлены на всероссийских и международных конференциях, а также опубликованы в 6 статьях в рецензируемых изданиях.

Общая оценка содержания работы и замечания

Работы по проектированию и созданию диагностики по потокам атомов для ИТЭР, а также исследованию её возможностей продолжаются и в настоящее время. Тем не менее, диссертационная работа В. Г. Несеневича представляет собой завершённое исследование, в котором успешно решены поставленные перед диссертантом задачи.

Оформление диссертации и автореферата выполнено согласно требованиям ВАК. Содержание автореферата полностью соответствует диссертации.

Положительно характеризуя работу В. Г. Несеневича, можно высказать, однако, и некоторые замечания:

1. При описании нейтрализации ионов в плазме для процесса захвата электронов ионами в тексте диссертации используются термины «электронная рекомбинация» и «радиационная фоторекомбинация». Эти определения некорректны: общепринятыми в литературе являются термины «радиационная рекомбинация» или «фоторекомбинация».
2. При перечислении результатов работы указано, что метод контроля качества обдирочных мишеней анализаторов реализуется путем «облучения мишеней пучком легких ионов и последующего анализа энергетического спектра рассеянных атомов с использованием диспергирующей системы самих анализаторов». Очевидно, здесь допущена неточность, т. к. имеется в виду анализ энергетического спектра рассеянных ионов, которыми облучается мишень, а не атомов.
3. Утверждение о том, что дефекты обдирочной мишени оказывают влияние на результаты измерений изотопного состава представляется не вполне корректным. В первую очередь, дефекты мишени будут влиять на общий уровень регистрируемого сигнала.
4. В качестве пожелания можно сказать о том, что было бы весьма интересно сравнить результаты численного моделирования, проведенного в теоретической части работы, с реальным экспериментом. Очевидно, что говорить об экспериментах на ИТЭР в ближайшее время невозможно, однако некоторые данные можно получить, например, на токамаке JET, модернизированном в последние годы. В настоящее время из всех плазменных установок токамак JET наиболее приближен к условиям ИТЭР.

Заключение

Диссертационная работа В. Г. Несеневича "Исследование особенностей использования диагностики по потокам атомов из плазмы в термоядерном реакторе ИТЭР" представляет собой законченное научное исследование, выполненное по актуальной тематике на высоком

экспериментальном и теоретическом уровне. Приведенные выше замечания имеют непринципиальный характер и не влияют на общую положительную оценку работы. Проведенные автором экспериментальные испытания и теоретические расчеты представляют практический и научный интерес. Автореферат и публикации в полной мере отражают содержание диссертации, выводы и заключения обоснованы. Работа отвечает всем требованиям ВАК, включая п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» (постановление Правительства Российской Федерации № 842 в редакции от 24.09.2013 года, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, а ее автор – Несеневич Владислав Георгиевич достоин присвоения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.08 – физика плазмы.

Отзыв рассмотрен и одобрен на заседании научно-технического совета НТЦ «Синтез» АО «НИИЭФА», протокол № 1 от 18 января 2017 г.

Присутствовало на заседании 18 чел. Результаты голосования: «за» - 18 чел., «против» - нет., «воздержались» - нет.

Отзыв подготовил ведущий научный сотрудник
АО НИИЭФА им. Д.В.Ефремова,
кандидат физ.- мат. наук

Б. В. Люблин

Председатель секции НТС
отделения НТЦ «Синтез» АО «НИИЭФА»,
директор отделения НТЦ «Синтез»,
доктор физико-математических наук, профессор

В. А. Беляков

Ученый секретарь секции НТС
отделения НТЦ «Синтез» АО «НИИЭФА»,
ведущий научный сотрудник,
кандидат физико-математических наук

Б. В. Люблин