



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 № 11217-327/01/780.3 от 04.04.2018

«УТВЕРЖДАЮ»

Генеральный директор

Акционерного Общества

«НИИЭФА им. Д. В. Ефремова»

_____ А.В. Ванин

« ____ » _____ 2018 г.

Отзыв ведущей организации

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

на диссертационную работу Скокова В.Г.

"Физические процессы при инъекции углерода и лития в виде макрочастиц и

пылевых струй в установки с магнитным удержанием плазмы",

представленную на соискание учёной степени кандидата

физико-математических наук

по специальности 01.04.08 – физика плазмы

Исследование процессов, сопровождающих инжекцию струй и макрочастиц в высокотемпературную плазму токамаков и стеллараторов, **важно** с нескольких точек зрения:

- подпитка плазмы топливом, что необходимо для поддержания баланса частиц в квазистационарном режиме горения плазмы;
- оптимизация характеристик разряда и управление его параметрами;
- диагностика параметров плазмы;
- развитие моделей, описывающих динамику взаимодействия струй и макрочастиц с плазмой, с целью объяснения проводимых экспериментов и дальнейшей экстраполяции параметров на более крупные установки;
- отработка процессов теплосъёма в будущем термоядерном реакторе.

Тема является **актуальной** и важна как для улучшения режимов в существующих установках, а также при анализе оптимальных режимов в термоядерном реакторе.

Диссертантом проведён комплекс исследований, включающих разработку оригинального устройства инжекции, увеличение надёжности работы инжектора за счёт использования специальных покрытий, проведение измерений и их интерпретация с помощью построенных им моделей. **Новизна** работы в том, что такой цельный комплекс работ проведён впервые, позволил выявить и объяснить особенности испарения макрочастиц углерода в токамаке T-10 и стеллараторе Wendelstein 7-AS. Кроме того выявлены особенности управления параметрами разряда в токамаке T-10 при вводе лития (в виде макрочастиц и струй). Особый интерес представляют проведённые автором исследования влияния инжекции примесных макрочастиц на коэффициент рециклинга со стенок и на активность периферийных локализованных мод. Полученные результаты могут быть использованы в более крупных установках, что обосновывает **научно-практическое значение** работы.

Детальное сопоставление моделей с проведёнными диссертантом экспериментами, а также подтверждение полученных выводов другими, в том числе зарубежными исследователями, говорят о **достоверности** результатов.

По тексту диссертации есть ряд замечаний:

1). Автореферат, С. 9

Указывается, что в расчётах зарядовое состояние примеси углерода варьировалось в пределах от 2 до 6. Но зарядовое состояние связано с температурой плазмы, увеличиваясь с ростом температуры и, вообще говоря, не является независимым параметром.

2). Автореферат, С. 15, Таблица 1

Приводятся данные по зависимости коэффициента рециклинга от количества инжектированных атомов лития, которое варьируется в пределах от нуля до $N_{Li} = 10^{20}$ частиц.

Замечание сводится к следующему. В токамаке Т-10 при типичной концентрации электронов плазмы $n_e \sim (2-3) \cdot 10^{19}$ м-3 и объеме плазмы $V_p \sim 3$ м³, полное количество электронов основной плазмы $N_{e,осн} < 10^{20}$. При полном количестве атомов лития $N_{Li} \sim 10^{20}$ количество электронов, вносимых литием в 3 раза больше. Т.е. плазма фактически становится **литиевой**. Но ведь литий, как примесь, должен быть малой добавкой...

3). Автореферат, С. 10

При оценке радиационных потерь примесей используется модель «цены ионизации». Желательно указать насколько результаты её использования соответствуют данным полной столкновительно-излучательной модели (В.Е. Жоголев; Д.Х. Морозов).

4). Автореферат, С. 10

При анализе поглощения углеродной макрочастицы в плазме Т-10 указывается, что *«наблюдаемые процессы обеспечивают более глубокое проникновение макрочастицы, а следовательно, дают возможность вносить вещество глубже в плазму, что может быть важно для эффективного ввода топлива в реактор»*.

Желательно пояснить возможность пееерноса выводов с углеродной макрочастицы н частицы d-t топлива.

5). Диссертация, С. 160

Указано ограничение по теплоотводу с помощью литиевых поверхностей на уровне 2.5 МВт/м². В термоядерном реакторе нужно отводить бОльшие удельные потоки тепла.

Указанные замечания не снижают высокого научного уровня и оценки работы.

Личный вклад автора в полученные в диссертации результаты не вызывает сомнений.

Диссертационная работа Скокова Вячеслава Геннадьевича "Исследование физических процессов при инжекции углерода и лития в виде макрочастиц и пылевых струй в установки с магнитным удержанием плазмы" представляет собой **законченную** научную работу, в которой на основании выполненных автором исследований успешно решен большой комплекс вопросов, относящихся к поведению примесных макрочастиц и струй в

плазме установок с магнитным удержанием, их влиянием на рециклинг и ELM активность, что важно для дальнейшего развития термоядерных исследований.

Работа по форме и содержанию, актуальности, полноте поставленных и решённых задач, совокупности и значимости новых научных результатов полностью соответствует требованиям, предъявляемым ВАК РФ к кандидатским диссертациям, а соискатель Скоков Вячеслав Геннадьевич заслуживает присуждения ему учёной 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 №3 от 11.04.2018 г.

На заседании присутствовало 19 человек. Результаты голосования: "за" – 19 чел., "против" – нет, "воздержался" – нет.

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

А.Б. Минеев

Председатель секции НТС
НТЦ "Синтез" АО "НИИЭФА"
доктор физ.-мат. наук, профессор,
директор отделения НТЦ "Синтез"

В.А. Беляков

Ученый секретарь секции НТС
НТЦ "Синтез" АО "НИИЭФА"
кандидат физ.-мат. наук,
ведущий научный сотрудник

Б.В. Люблин

Исп. Люблин Б.В., тел.(812) 462-76-44, e-mail: lyublin@sintez.niiefa.spb.su