

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу Амирова Владислава Харисовича
«Инжектор пучка быстрых атомов с баллистической фокусировкой»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 1.3.18. Физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника.

Актуальность темы диссертационной работы

Уровень потребления энергии в современном мире растет с каждым годом, требуя разработки новых источников и совершенствования уже существующих. В связи с чем интерес к управляемому термоядерному синтезу как технологии получения энергии способной в перспективе заменить большую часть источников энергии вполне ожидаем и оправдан. Инжекция мощных пучков нейтральных атомов изотопов водорода представляет наиболее актуальную задачу в данном направлении, поскольку позволяет не только осуществлять нагрев плазмы, но и обеспечивает ее стабилизацию и диагностику. В настоящее время такими источниками нейтральных атомов оснащаются все современные установки управляемого термоядерного синтеза. Для существующих установок дооснащение инжекторами быстрых атомов позволит повысить мощность нагрева плазмы и продолжить исследования на новом уровне. Само по себе создание инжектора быстрых атомов уже является сложной задачей, и сложность только возрастает при необходимости встраивания нового устройства в уже имеющуюся инфраструктуру.

В связи с вышеизложенным, тема диссертационной работы, посвященная разработке, изготовлению и внедрению инжектора пучка быстрых атомов, представляется актуальной как с научной, так и прикладной точек зрения.

Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Обоснованность научных положений и выводов, сформулированных в диссертационной работе Амирова Владислава Харисовича, подкреплена обсуждением полученных результатов на трех международных конференциях по физике плазмы и управляемому термоядерному синтезу, а также реально работающим инжектором быстрых атомов с заданными параметрами. Результаты диссертации опубликованы в 5 научных работах, 4 из которых в журналах, индексируемых международными базами данных Web of Science и Scopus.

Достоверность результатов диссертационной работы обеспечивается скрупулезным изучением полученных в работах других авторов результатов по направлению исследований, сопоставлением их данных с собственными выводами. При выполнении работы использованы современные программные комплексы Ansys, COMSOL и T-Flex CAD для расчета систем и узлов инжектора.

Оценка научной новизны исследования

В научной работе Амирова Владислава Харисовича получен ряд новых результатов:

- Разработана конструкция неохлаждаемой многоцелевой ионно-оптической системы, позволяющей формировать ионный пучок мощностью 1,4 МВт и длительностью 2 с. Снижение жесткости конструкции на ее периферии позволило снизить деформацию многоапертурной системы на порядок величины.
- Разработан и создан калориметр-приемник пучка V-образной формы, обладающий хорошей энергоэффективностью с сохранением малых габаритных размеров и массовых расходов теплоносителя. Применение завихрителей потока, коллекторов, построенных по схеме труба-в-трубе позволило обеспечить работоспособность устройства при плотностях мощности более 2,5 кВт/см².

Теоретическая и практическая значимость полученных результатов

В работе основной упор сделан на практическую часть, значимость которой заключается в создании конструкции инжектора мегаваттного уровня мощности для нагрева плазмы. Для разработки конструкции применены оригинальные методики использования программного моделирования режимов работы электродов, что позволило сократить время проектирования и обойтись без изготовления и испытания промежуточных образцов. Кроме того применены новые технические решения в части снижения тепловой нагрузки на электроды инжектора, которые также могут быть полезны в производстве многоапертурных ионно-оптических систем.

В части создания приемников мощных потоков ионов и атомов получены уникальные наработки по созданию энергоэффективного калориметра, что может стать основой дальнейших исследований по увеличению интенсивности теплообмена в устройствах подобного типа.

Значимость работы подкреплена актом использования разработанного инжектора и патентом на изобретение.

Общая оценка диссертационной работы

Диссертацию Амирова Владислава Харисовича отличают комплексность и целостность исследования, включающее анализ требований к разрабатываемым узлам и элементам инжектора, моделирование физических параметров и свойств, тщательный подход к процессу изготовления ответственных узлов инжектора с подбором изготовления и диагностики. Все это производит хорошее впечатление, даже несмотря на то, что рассмотрение физической стороны процесса эмиссии ионов и их нейтрализации занимает не большой объем по сравнению с описанием технологии изготовления конструктивных элементов инжектора. Достоверность результатов работы подтверждается апробацией на научных международных конференциях,

публикациями в реферируемых журналах. Уникальность и высокая значимость диссертации в практической реализации инжектора и его успешной работе на реальной установке.

К недостаткам диссертации можно отнести следующее:

- В работе не рассматривается влияние формы и профиля канала отверстия в плазменном электроде на форму и положение плазменной границы (стр. 17). Рассмотрены лишь две возможные конфигурации профиля каналов без обоснования выбора именно их в качестве объектов для исследования. То же касается и выбора геометрии ячейки ионно-оптической системы с щелевым отверстием – никак не обоснован выбор таких размеров отверстия.
- На стр. 30 дана ссылка на работу 1980 года, выполненную зарубежными авторами, но не сотрудниками ИЯФ СО РАН как указано в тексте диссертации.
- Для расчета ионно-оптической системы автор использует различные значения тепловой мощности – 12 кВт, 30кВт, 36 кВт без обоснования выбора именно таких значений.
- На стр. 77-78 приведено описание системы перезарядки первичного электронного пучка и представлена эффективность перезарядки в зависимости от полной энергии дейтериевого пучка, однако расчетов или ссылок на работы, откуда получены эти данные, не представлено.
- На стр. 93 автор принимает профиль пучка на входе в магнит как гауссов шириной 74 мм, что, судя по описанию выше, соответствует энергии ионов пучка 30 кэВ. Как будет меняться профиль пучка при изменении его энергии? Как было получено значение 74 мм?
- В работе присутствуют ошибки пунктуационного и орфографического плана. Например, на стр. 16 не согласованы окончания в предложении «... что подразумевает создания одинаковых условия...», стр. 23 первая строка - пропущена буква «а» в слове пучка, стр. 77 повтор фразы «...Толщина мишени перезарядной газовой мишени...».

Тем не менее, характеризуя диссертационную работу в целом, следует отметить внутреннее единство ее структуры, логичность, связь результатов, выводов и положений, выносимых на защиту. Это делает диссертацию целостным, законченным исследованием, в котором решены поставленные задачи. Содержание диссертации соответствует заявленной научной специальности. Автореферат соответствует содержанию диссертации. Исходя из вышесказанного, считаю, что диссертация выполнена на высоком научном уровне. Результаты могут быть полезны для разработчиков инжекторов атомов, как устройств, в целом, так и для разработчиков отдельных систем.

Представленная диссертация является самостоятельным и завершенным научным исследованием. Несмотря на имеющиеся замечания, диссертационная работа Амирова Владислава Харисовича «Инжектор пучка быстрых атомов с баллистической фокусировкой»

удовлетворяет всем требованиям, установленным пп. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.3.18. Физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника.

Я, Климов Александр Сергеевич, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации Амирова Владислава Харисовича, и их дальнейшую обработку.

Официальный оппонент:

Профессор кафедры физики Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники», доктор технических наук (специальность 01.04.04 – Физическая электроника), доцент



Климов Александр Сергеевич

Адрес: 634050, г. Томск, пр. Ленина, д. 40,

Телефон: (3822) 41-33-69, E-mail: klimov@main.tusur.ru

«27» мая 2024 г.

Подпись Климова Александра Сергеевича заверяю

Ученый секретарь совета ТУСУР



Прокопчук Е.В.