

ОТЗЫВ
ЗАРУБЕЖНОГО НАУЧНОГО КОНСУЛЬТАНТА
на диссертационную работу Жанболатовой Гайнии Кайырдыкызы
«Структурно-фазовые состояния вольфрама в результате карбидизации
в пучково-плазменном разряде»,
представленную на соискание степени доктора философии PhD
по специальности 8D05301 – Физика

Тема диссертационной работы Жанболатовой Г.К. непосредственно связана с приоритетным научно-техническим направлением – развитием термоядерной энергетики в Республике Казахстан. Работа посвящена важному вопросу исследования взаимодействия плазмы с поверхностью конструкционных материалов для токамаков. Рассмотрены основные проблемы совместного использования вольфрама и углерода в токамаках, физические процессы поверхностной карбидизации при плазменно-поверхностном взаимодействии.

Актуальность выбранной автором темы исследования обусловлена выбором кандидатных материалов для исследовательских токамаков и токамаков следующего поколения, т.к. на сегодняшний день рассматриваются вопросы по использованию не только полностью вольфрамового дивертора, но и полностью вольфрамового blankets в будущих токамаках. Это безусловно вызывает ряд проблем связанных с такими характеристиками, как усталость, ползучесть и растяжение при более высоких температурах, рекристаллизационная стойкость, ну и конечно же высокой стоимостью. Эти обстоятельства определяют интерес к продолжению использования графита и углеграфитовых материалов (С) в качестве плазмообращенных. Как известно, использование графита и углеграфитовых материалов для областей с высоким ионным и тепловым потоком в течение многих лет позволяло добиться значительного прогресса в увеличении длительности разрядов в токамаках, повышении температуры и плотности плазмы и в других направлениях. Однако эрозия и перенос распыленных графита и углеграфитовых материалов приведет к одновременному облучению W изотопами водорода и примесями С, что приведет к образованию смешанного поверхностного слоя W – С. Основными проблемами, возникающими при образования смешанных слоев, являются влияние их на удержание трития, изменение состава поверхности обращенных к плазме компонентов и ухудшение термомеханических свойств.

В диссертационной работе предложен метод карбидизации поверхности вольфрама с применением пучково-плазменного разряда, который находит применение в имитации периферийной плазмы токамаков для предварительного испытания обращенных к плазме конструкционных материалов. Разработанный соискателем метод карбидизации реализован на плазменно-пучковой установке, которая создана в поддержку Казахстанского материаловедческого токамака КТМ для проведения исследований

маломасштабных образцов и отработки и калибровки соответствующих методов диагностики параметров плазмы и состояния поверхности.

Вместе с тем, в материалах диссертационного исследования Жанболатовой Г.К. представлены уникальные результаты исследований влияния изменений параметров карбидизации вольфрама в пучково-плазменном разряде на структурно-фазовые состояния вольфрама. Установлены основные температурно-временные зависимости карбидизации вольфрама в пучково-плазменном разряде. Анализ полученных результатов теоретических и экспериментальных исследований позволил автору установить основные закономерности изменений структурно-фазовых состояний поверхности вольфрама в результате карбидизации в пучково-плазменном разряде.

Предложенный Жанболатовой Г.К. метод был апробирован при подготовке и реализации широкого спектра экспериментальных программ, связанных с исследованиями взаимодействия плазмы с поверхностью образцов кандидатных материалов токамаков, при этом была подтверждена его неоспоримая эффективность.

Следует отдельно отметить то, что весомая часть диссертационной работы выполнена при финансовой поддержке Государственного учреждения «Комитет науки Министерства образования и науки Республики Казахстан» в рамках Договора №281 от 16.11.2020 года по теме «Исследование формирования карбидизированного слоя на поверхности вольфрама при плазменном облучении» на 2020-2021 гг., а также в рамках научно-технической программы №BR09158585 «Научно-техническое обеспечение экспериментальных исследований на казахстанском материаловедческом токамаке КТМ» по теме 02.01.01. «Изучение физических процессов поверхностной карбидизации вольфрама».

Жанболатова Г.К. докладывала об основных результатах диссертационной работы на 12 международных конференциях, а также является соавтором 6 научных статей по теме диссертации, включая статьи в журналах, индексируемых в базе данных Scopus и Web of Science.

Достоверность результатов, представленных в работе, базируется на системности проведенных экспериментальных исследований, включающих комплекс методических экспериментов по обоснованию предложенного метода, а также на результатах сравнения полученных данных с данными, полученными при применении других методов.

В 2022 году Жанболатова Г.К. проходила зарубежную научную онлайн-стажировку в Национальном исследовательском Томском политехническом университете. За период прохождения стажировки соискатель представляла результаты диссертационного исследования на семинарах с другими докторантами (PhD) и получила ценные рекомендации от специалистов НИ ТПУ по методам исследований в экспериментальной физике. Часть экспериментальных исследований, в частности исследования поперечного сечения образцов, тонкой структуры и микродифракционный фазовый анализ покрытий, проводили с помощью сканирующего и просвечивающего

электронных микроскопов на базе Научно-образовательного инновационного центра «Наноматериалы и нанотехнологии» НИ ТПУ (Томск, Россия) на основе договора.

Главы диссертации структурированы, логически взаимосвязаны и имеют внутреннее единство. Она представляет собой квалифицированную, завершённую работу и вызывает огромный интерес специалистов в области термоядерной физики для проведения дальнейших исследований, связанных с испытаниями по воздействию плазмы на конструкционные материалы термоядерных реакторов. Работа выполнена с соблюдением принципа академической честности.

Весь объём работ по теме исследования, как теоретических, так и практических выполнен соискателем самостоятельно при консультативной поддержке научных консультантов и специалистов НЯЦ РК.

Я уверен в том, что объём, уровень выполнения, точность, научно-практическая значимость и достоверность результатов, достигнутых Жанболатовой Г.К., соответствуют всем требованиям, определенным Комитетом по обеспечению качества в сфере образования науки МОН РК.

На основании вышеизложенного считаю, что Жанболатова Гайния Кайырдыказы заслуживает присуждения степени доктора философии (PhD) по специальности 8D05301 – «Физика».

**Зарубежный научный консультант,
доктор технических наук, профессор**



А.В. Градобоев

14 сентября 2023 года

Градобоев Александр Васильевич, доктор технических наук, профессор Отделения экспериментальной физики Инженерной школы ядерных технологий ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет».

Тел.: +7-913-866-8405

E-mail: gradoboev1@mail.ru, gava@tpu.ru

Подпись профессора А.В. Градобоева заверяю

Ученый секретарь ФГАОУ ВО
«Национальный исследовательский
Томский политехнический университет»



/Е.А. Кулинич/