

ОТЗЫВ
официального рецензента на диссертационную работу Жанболатовой Гайнии Кайырдықызы
«Структурно-фазовые состояния вольфрама в результате карбидизации
в пучково-плазменном разряде» на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности 8D05301 – «Физика»

№ п/п	Критерии	Соответствие критериям	Обоснование позиции официального рецензента
1.	Тема диссертации (на дату ее утверждения) соответствует направлениям развития науки и/или государственным программам	1.1 Соответствие приоритетным направлениям развития науки или государственным программам: 1) Диссертация выполнена в рамках проекта или целевой программы, финансируемого(ой) из государственного бюджета (указать название и номер проекта или программы) 2) Диссертация выполнена в рамках другой государственной программы (указать название программы) 3) Диссертация соответствует приоритетному направлению развития науки, утвержденному Высшей научно-технической комиссией при Правительстве Республики Казахстан (указать направление)	Диссертационная работа докторанта выполнялась в рамках его участия в качестве ответственного исполнителя проекта по государственному грантовому финансированию на 2020-2021 гг. по теме «Исследование формирования карбидизированного слоя на поверхности вольфрама при плазменном облучении» (AP0895599, номер госрегистрации - 0120PK00311, договор №281 от 16.11.2020г.), руководитель проекта PhD Бакланов В.В. Также часть работы выполнена в рамках участия в качестве инженера в Республиканской бюджетной программе 036 «Развитие атомных и энергетических проектов» подпрограмме 105 «Прикладные научные исследования технологического характера в сфере атомной энергетики» мероприятия «научно-техническое обеспечение экспериментальных исследований на Казахстанском материаловедческом токамаке КТМ» на 2021-2023 гг. по теме 02.01.01. «Изучение физических процессов поверхностной карбидизации вольфрама» (ИРН BR09158585, номер госрегистрации – 0121PK00701, договор №112 от 14.06.2021г.), руководитель программы PhD, Чектыбаев Б.Р. Диссертация на тему «Структурно-фазовые состояния вольфрама в результате карбидизации в пучково-плазменном разряде» (дата утверждения: Протокол №3 от 24 октября 2019 года) на дату утверждения соответствуют приоритетному направлению развития науки 2021-2023 годы, в частности 3. Энергетика и машиностроение утвержденный протоколом заседания Высшей научно-технической комиссии при Правительстве Республики Казахстан 29.04.2020.
2.	Важность для науки	Работа <u>вносит</u> /не вносит существенный вклад в науку, а ее важность <u>хорошо раскрыта</u> /не	Диссертационная работа Жанболатовой Г.К. вносит значимый вклад в науку, а ее результаты способствуют решению прикладных проблем физики твердого тела, материаловедения. Предложен метод исследований процесса поверхностной карбидизации с применением пучково-плазменного разряда, который позволит

		раскрыта	спрогнозировать условия формирования карбидов вольфрама на исследуемых образцах при эксплуатации Казахстанского материаловедческого токамака КТМ, а также будут иметь практическое применение при формировании программ исследований взаимодействия плазмы с поверхностью образцов кандидатных материалов термоядерных реакторов на токамаке КТМ.
3.	Принцип самостоятельности	Уровень самостоятельности: 1) <u>Высокий;</u> 2) Средний; 3) Низкий; 4) Самостоятельности нет	Соискатель обладает высоким уровнем самостоятельности, поскольку все экспериментально-исследовательские результаты в рамках диссертационной работы были выполнены автором самостоятельно. К тому же автор являлся ответственным исполнителем проекта по грантовому финансированию на 2020-2021 гг. «Исследование формирования карбидизированного слоя на поверхности вольфрама при плазменном облучении», в рамках которого выполнялась диссертационная работа.
4.	Принцип внутреннего единства	4.1 Обоснование актуальности диссертации: 1) <u>Обоснована;</u> 2) Частично обоснована; 3) Не обоснована.	Актуальность исследования хорошо обоснована: Необходимость исследования карбидизации поверхности вольфрама объясняется эрозией и переносом распыленных частиц графита и углеграфитовых материалов, которые приводят к одновременному облучению W изотопами H, ионами углерода (C) и молекулами углеводородов и образованию на поверхности смешанных слоев в виде фазовых образований WC и W ₂ C. Поэтому экспериментальное изучение процесса поверхностной карбидизации при плазменно-поверхностном взаимодействии и получение экспериментальных данных о влиянии температуры поверхности вольфрама на формирование карбидизированного слоя позволит спрогнозировать возможность появления условий для формирования карбидов вольфрама на исследуемых образцах при эксплуатации токамака КТМ.
		4.2 Содержание диссертации отражает тему диссертации: 1) <u>Отражает;</u> 2) Частично отражает; 3) Не отражает	Содержание отражает тему настоящей диссертации. Представленные главы и ее разделы, заключение, положения и выводы согласуются и посвящены исследованию карбидизации поверхности вольфрама в пучково-плазменном разряде.
		4.3. Цель и задачи соответствуют теме диссертации: 1) <u>соответствуют;</u> 2) частично соответствуют; 3) не соответствуют	Цель и задачи полностью соответствуют теме диссертации. Задачи взаимосвязаны, последовательны и направлены для достижения цели диссертации.
		4.4 Все разделы и положения диссертации логически взаимосвязаны: 1) <u>полностью взаимосвязаны;</u>	Диссертационная работа состоит из введения, четырех разделов, заключения, списка использованных источников и приложения. Все разделы и положения диссертации полностью взаимосвязаны, для защиты положений в разделах представлены экспериментальные результаты. Методы исследования, положения,

		2) взаимосвязь частичная; 3) взаимосвязь отсутствует	выносимые на защиту, результаты и выводы согласованы друг с другом. Диссертация представляет из себя законченную научно-исследовательскую работу все главы которой имеют логическую цепочку повествования.
		4.5 Предложенные автором новые решения (принципы, методы) аргументированы и оценены по сравнению с известными решениями: 1) критический анализ есть; 2) анализ частичный; 3) анализ представляет собой не собственные мнения, а цитаты других авторов	На основе критического анализа ранее известных решений диссертантом Жанболатовой Ф.Қ. предложены и аргументированы собственные принципы, отражающие содержание диссертационного исследования, поставлены задачи и методы получения результатов этого исследования.
5.	Принцип научной новизны	5.1 Научные результаты и положения являются новыми? 1) полностью новые; 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%)	Научные результаты и положения диссертации являются новыми. При выполнении диссертационной работы автором предложен новый метод карбидизации поверхности вольфрама в пучково-плазменном разряде. Установлены условия его реализации на плазменно-пучковой установке, определены температурно-временные параметры карбидизации. Впервые описаны структурно-фазовые превращения в поверхностных слоях вольфрама и установлены их основные закономерности при карбидизации в пучково-плазменном разряде на плазменно-пучковой установке.
		5.2 Выводы диссертации являются новыми? 1) полностью новые; 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%)	Полученные автором результаты и сделанные на их основе выводы являются полностью новыми, поскольку основываются на экспериментальных исследованиях автора диссертации. Результатом диссертационной работы является новый метод карбидизации поверхности вольфрама в пучково-плазменном разряде на плазменно-пучковой установке.
		5.3 Технические, технологические, экономические или управленческие решения являются новыми и обоснованными: 1) полностью новые; 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%)	Полнота новизны технических и технологических решений подтверждается публикациями автора. Основные результаты диссертации опубликованы в изданиях, рекомендованных Комитетом по обеспечению качества в сфере науки и высшего образования МНВО РК, а также рецензируемых зарубежных научных журналах, входящих в базу данных Scopus и Web of Science.

6.	Обоснованность ь основных выводов	Все основные выводы основаны /не основаны на весомых с научной точки зрения доказательствах либо достаточно хорошо обоснованы (для qualitative research и направлений подготовки по искусству и гуманитарным наукам)	Обоснованность и достоверность каждого результата (научного положения) подтверждаются объемом и статистикой экспериментальных данных, их анализом, публикациями результатов исследований в международных научных изданиях. Выводы соискателя характеризуются внутренним единством и полным соответствием положениям диссертации. Заключение, сформулированное по результатам работы, согласуется с актуальностью и основным содержанием работы, а также является изложенным в логической последовательности выводом.
7.	Основные положения, выносимые на защиту	Необходимо ответить на следующие вопросы по каждому положению в отдельности: 7.1 Доказано ли положение? 1) доказано; 2) скорее доказано; 3) скорее не доказано; 4) не доказано 7.2 Является ли тривиальным? 1) да; 2) нет 7.3 Является ли новым? 1) да; 2) нет 7.4 Уровень для применения: 1) узкий; 2) средний; 3) широкий 7.5 Доказано ли в статье? 1) да; 2) нет	Положение №1. Разработанный метод карбидизации поверхности вольфрама в пучково-плазменном разряде на ППУ. Карбидизация поверхности вольфрама в пучково-плазменном разряде осуществляется в среде метана при подаче отрицательного потенциала на образец вольфрама 0,5 кВ путем накопления и диффузии углерода в приповерхностной области при давлении рабочего газа $\sim(1,01-1,05) \cdot 10^{-1}$ Па и при температуре поверхности образца от 1000 °С до 1700 °С с длительностью облучения от 600 с до 3600 с. 7.1 Доказано ли положение? Доказано; 7.2 Является ли тривиальным? Нет; 7.3 Является ли новым? Да; 7.4 Уровень для применения: Широкий; 7.5. Доказано ли в статье? Да. Результаты опубликованы в журнале, рекомендованном КОКШВО, в рецензируемом журнале, входящем в базы Scopus и Web of Science и в других научных изданиях: 1. <u>Жанболатова Ф.К.</u>, Бакланов В.В., Туленбергенов Т.Р., Миниязов А.Ж., Соколов И.А. Карбидизация поверхности вольфрама в пучково-плазменном разряде // <i>Вестник НЯЦ РК.</i> – 2020. – № 4. – С.77–81. 2. <u>G. K. Zhanbolatova</u>, V.V. Baklanov, M.K. Skakov, O.S. Bukina, Ye.A. Kozhahmetov, N.A. Orazgaliev. Influence of temperature on tungsten carbide formation in a beam plasma discharge // <i>Journal of Physics: Conference Series.</i> – 2021. – Vol. 2064. – 012055 https://doi.org/10.1088/1742-6596/2064/1/012055, (процентиль в Scopus – 22%) 3. Соколов И.А., Скаков М.К., Миниязов А.Ж., Туленбергенов Т.Р.,

Кайырды Ф.К. Изучение процессов образования карбидов на поверхности дивертора термоядерного реактора // *Вестник КазНАЕН*. – 2019. – № 1. – 44-49.

4. Г.К. Жанболатова, В.В. Бакланов, Т.Р. Туленбергенов, А.Ж. Миниязов, И.А. Соколов. Карбидизация поверхности вольфрама в пучково-плазменном разряде // *Сборник научных трудов XXIV Конференции взаимодействия плазмы с поверхностью*. – Москва, НИЯУ МИФИ, 4-5 февраля 2021 г. – с.46-48.

Положение №2. Основные температурно-временные зависимости карбидизации вольфрама в ППР. Эксперименты по карбидизации поверхности вольфрама в ППР при температуре от 700 °С до 1200 °С приводят к образованию углеродного покрытия в виде сплошной пленки. Образование WC зарегистрировано после экспериментов при температуре 1000 °С. Изменение температуры поверхности вольфрама в диапазоне от 1100 °С до 1400 °С приводит к одновременному образованию карбидных фаз WC и W₂C. Основой фазового состава поверхности образцов после облучения при 1500–1700 °С становится W₂C. При температуре 1300 °С фазовый состав карбидизированного слоя зависит от длительности карбидизации. При температуре 1700 °С формирование W₂C в приповерхностной области вольфрама завершается независимо от продолжительности карбидизации. После карбидизации предварительно отожженных образцов наблюдается заметное увеличение содержания фазы WC и снижение содержания фазы W₂C относительно исходного вольфрама.

7.1 Доказано ли положение?

Доказано;

7.2 Является ли тривиальным?

Нет;

7.3 Является ли новым?

Да;

7.4 Уровень для применения:

Широкий;

7.5. Доказано ли в статье?

Да.

Результаты опубликованы в рецензируемых журналах, входящих в базы Scopus и Web of Science, в журнале, рекомендованном КОКСОН:

1. V. Baklanov, G. Zhanbolatova, M. Skakov, A. Miniyazov, I. Sokolov, T. Tulenbergenov, Ye. Kozhakhmetov, O. Bukina and N. Orazgaliev. Study of the Temperature Dependence of a Carbided Layer Formation on the Tungsten Surface Under Plasma Irradiation // *Materials Research Express*. – 2022. – Vol. 9. – 016403, (процентиль в Scopus – 79%), (квартиль журнала в Web of Science – Q3) (IF – 2.3) .

2. M. Skakov, V. Baklanov, G. Zhanbolatova, A. Miniyazov, I. Sokolov, Y. Kozhakhmetov, T. Tulenbergenov, N. Mukhamedova, O. Bukina and A. Gradoboev. The effect of recrystallization annealing on the tungsten surface carbidization in a beam plasma discharge // *AIMS Materials Science*. – 2023. – Vol. 10(3). – P. 541–555, (процентиль в *scopus* – 53%), (IF 1.8).

3. Жанболатова Г.К., Миниязов А.Ж., Туленбергенев Т.Р., Соколов И.А., Букина О.С. Исследование карбидизации поверхности вольфрама при плазменном облучении. – Вестник НЯЦ РК. – 2021. – №3. – С. 37-43.

Положение №3. Структурно-фазовые превращения в поверхностных слоях вольфрама при карбидизации в ППР. При температуре 1000 °С в фазовом составе образца кроме кубической фазы металлического W появляется фаза WC гексагональной плотноупакованной структуры. При температурах 1400 °С и выше из фазового состава пропадает фаза металлического W, свидетельствуя, что W полностью израсходован на образование карбидных фаз, которое протекает тремя разными способами: $W \rightarrow W_2C \rightarrow WC$, $W \rightarrow WC \rightarrow W_2C$, $W \rightarrow W_2C/WC$.

7.1 Доказано ли положение?

Доказано;

7.2 Является ли тривиальным?

Нет;

7.3 Является ли новым?

Да;

7.4 Уровень для применения:

Широкий;

7.5 Доказано ли в статье?

Да.

Результаты опубликованы в рецензируемом журнале, входящем в базы Scopus и Web of Science, в журнале, рекомендованном КОКОН и в других научных изданиях:

1. V. Baklanov, G. Zhanbolatova, M. Skakov, A. Miniyazov, I. Sokolov, T. Tulenbergenov, Ye. Kozhakhmetov, O. Bukina and N. Orazgaliev. Study of the Temperature Dependence of a Carbided Layer Formation on the Tungsten Surface Under Plasma Irradiation // *Materials Research Express*. – 2022. – Vol. 9. – 016403, (процентиль в Scopus – 79%), (квартиль журнала в Web of Science – Q3) (IF – 2.3).

2. Skakov M.K., Baklanov V.V., Zhanbolatova G.K., Miniyazov A.Z., Kozhakhmetov Y.A., Gradoboev A.V. Research of the structural-phase state of tungsten surface layer cross-section after carbidization in a beam-plasma discharge usage electron microscopy methods. – *NNC RK Bulletin*. – 2023. – № 2. – С.89-96.

3. М. К. Скаков, Г. К. Жанболатова. Изменение структурно-фазовых состояний

			поверхности вольфрама в результате пучково-плазменной карбидизации // Труды XXIV Международной конференции «Взаимодействие ионов с поверхностью ВИП-2023», 21-25 августа 2023 г.”. – Ярославль, 2023. – С. 132-135.
8.	Принцип достоверности Достоверность источников и предоставляемой информации	8.1 Выбор методологии - обоснован или методология достаточно подробно описана 1) да; 2) нет	Выбор методов и методических подходов обоснован. Диссертационное исследование было проведено соискателем с использованием уникального оборудования, апробированных технологических и аналитических методов, сертифицированных расчетных программ. Выбранная автором методология качественно и подробно описана.
		8.2 Результаты диссертационной работы получены с использованием современных методов научных исследований и методик обработки и интерпретации данных с применением компьютерных технологий: 1) да; 2) нет	Выявленные взаимосвязи и закономерности, а также сделанные теоретические выводы, полностью доказаны и подтверждены экспериментальными исследованиями.
		8.3 Теоретические выводы, модели, выявленные взаимосвязи и закономерности доказаны и подтверждены экспериментальным исследованием (для направлений подготовки по педагогическим наукам результаты доказаны на основе педагогического эксперимента): 1) да; 2) нет	Работа носит экспериментальный характер, поэтому выявленные взаимосвязи и закономерности, а также выводы обоснованы и подтверждены экспериментальными результатами и их сравнением с известными из литературных источников, достоверными результатами, которым они не противоречат.
		8.4 Важные утверждения <u>подтверждены</u> /частично подтверждены/не подтверждены ссылками на актуальную и достоверную научную литературу	Важные утверждения подтверждены ссылками на цитируемую литературу. Полученные результаты анализируются в сравнении с известными опубликованными данными.

		8.5 Используемые источники литературы достаточны/не достаточны для литературного обзора	Список литературных источников в диссертационной работе насчитывает 168 научных и актуальных источников, которых вполне достаточно для проведения аналитического литературного обзора по теме диссертации.
9	Принцип практической ценности	9.1 Диссертация имеет теоретическое значение: 1) да; 2) нет	Диссертация имеет теоретическое значение, поскольку полученные результаты дают более глубокое понимание процессов, происходящих при формировании смешанных слоев методом карбидизации в пучково-плазменном разряде.
		9.2 Диссертация имеет практическое значение и существует высокая вероятность применения полученных результатов на практике: 1) да; 2) нет	Диссертационная работа имеет практическое значение. Получен акт о внедрении № 12-230-03/1575вн от 29.09.2023 г. результатов диссертационной работы в процедуру проведения научных и прикладных исследований в области взаимодействия плазмы с поверхностью материалов в филиале ИАЭ НЯЦ РК. Полученные результаты экспериментальных исследований также вошли в сборник трудов НЯЦ РК «Научно-техническое обеспечение экспериментальных исследований на Казахстанском Материаловедческом Токамаке КТМ / под общей редакцией Э.Г. Батырбекова, М.К. Скакова, Филиал ИАЭ РГП НЯЦ РК Министерства энергетики РК.– Курчатов, 2021.– 172 с.: ил.168.– ISBN 978-601-06-7964-1»
		9.3 Предложения для практики являются новыми? 1) полностью новые; 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%)	Степень новизны практических рекомендаций и предложений достаточно высокая. Предложения для практики являются полностью новыми.
10.	Качество написания и оформления	Качество академического письма: 1) высокое; 2) среднее; 3) ниже среднего; 4) низкое.	Диссертация написана грамотным научно-техническим языком, доступным стилем, читается легко. В целом диссертационная работа носит законченный исследовательский характер, а результаты являются достоверными.

В качестве предложения хотелось бы порекомендовать Жанболатовой Ф.К. оформить патент по разработанному методу карбидизации поверхности вольфрама в пучково-плазменном разряде.

В целом, диссертационная работа Жанболатовой Ф.К. «Структурно-фазовые состояния вольфрама в результате карбидизации в пучково-плазменном разряде» выполнена на высоком научном уровне, представляет собой законченную самостоятельную научно-исследовательскую работу, по содержанию и оформлению соответствует требованиям, предъявляемым Комитетом по обеспечению качества в науки и высшего образования МНВО РК к PhD диссертациям.

Официальный рецензент:
Кандидат физико-математических наук,
заведующий лабораторией прикладного
и теоретического материаловедения
РГП на ПХВ «Институт Ядерной Физики»
Министерства Энергетики Республики Казахстан

« 2 » ноября 2023 г.

Подпись Кислицина Сергея Борисовича удостоверяю.
Ученый секретарь РГП на ПХВ «Институт Ядерной Физики»
Министерства Энергетики Республики Казахстан,
кандидат физико-математических наук



« 8 » ноября 2023 г.

К.К. Мунасбаева