

ОТЗЫВ

**официального рецензента на диссертационную работу Миниязова Армана Жанарбековича
«Влияние теплового и плазменного воздействий на структурное состояние и свойства карбидного приповерхностного слоя
вольфрама», предоставленную на сокращение степени доктора философии (PhD) по образовательной программе 8D05302 –
«Техническая физика».**

№п/п	Критерии	Соответствие критериям (необходимо отметить один из вариантов ответа)	Обоснование позиции официального рецензента
1.	Тема диссертации (на дату ее утверждения)	соответствует направлениям развития науки и/или государственным программам	<p>1.1 Соответствие приоритетным направлениям развития науки или государственным программам:</p> <p>«Энергетика и машиностроение», «Энергия, передовые материалы и транспорт».</p> <p>1) Диссертация выполнена в рамках проекта или целевой программы, финансируемого(ой) из государственного бюджета (указать название и номер проекта или программы)</p> <p>2) Диссертация выполнена в рамках другой государственной программы (указать название программы)</p> <p>3) Диссертация соответствует приоритетному направлению развития науки, утвержденному Высшей научно-технической комиссией при Правительстве Республики Казахстан (указать направление)</p> <p>Диссертация выполнена автором в рамках его участия в разработке Республиканской бюджетной программы «Развитие атомных и энергетических проектов» в подпрограмме «Прикладные научные исследования технологического характера в сфере атомной энергетики» по мероприятию «Научно-техническое обеспечение экспериментальных исследований на Казахстанском материаловедческом токамаке КТМ» Министерства энергетики Республики Казахстан. В 2018-2020 гг. соискатель был основным исполнителем темы «Экспериментальные исследования влияния покрытий на свойства материалов, обращенных к плазме, на имитационном стенде с плазменно-лучковой установкой» (Госрегистрация №0118РК01136, Договор № 72 от 02.04.2018 года) и в 2021–2023 гг. в качестве руководителя темы «Исследование взаимодействия плазмы с карбидизированной поверхностью вольфрама» (Госрегистрация №0121РК00701, ИРН BR09158585, договор №112 от 14.06.2021 г.). <p>Диссертационная работа соответствует приоритетному направлению развития науки «Энергия, передовые материалы и транспорт» на 2024-2026 г., утвержденной Высшей научно-технической комиссией при Правительстве Республики Казахстан от 28.09. 2023 г.</p> </p>
2.	Важность для науки	Работа <u>вносит/не вносит</u> существенный вклад в науку, а ее важность <u>хорошо раскрыта/не</u>	<p>Диссертационная работа вносит существенный вклад в науку, и ее важность хорошо раскрыта. Исследование направлено на изучение изменений структурного состояния и свойств карбидного приповерхностного слоя вольфрама под</p>

	раскрыта	<p>воздействием тепловой нагрузки и плазменного облучения. Это имеет прямое отношение к разработке материалов для термоядерных реакторов и технологий термоядерного синтеза, что является актуальной областью научных исследований.</p> <p>Диссертация представляет новые результаты, включая разработку способа высокотемпературного испытания вольфрама с карбидным слоем и установление закономерностей влияния различных видов нагрузки на структурное состояние и свойства материала. Кроме того, представлены данные о влиянии плазменного облучения гелиевой плазмой на свойства приповерхностного карбидного слоя.</p> <p>Таким образом, работа вносит важный вклад в понимание влияния экстремальных условий на материал, используемый в термоядерных технологиях, и может быть полезна для разработки новых материалов и технологий в этой области.</p>
3.	Принцип самостоятельности	<p>Уровень самостоятельности:</p> <p>1) <u>Высокий</u>;</p> <p>2) Средний;</p> <p>3) Низкий;</p> <p>4) Самостоятельности нет</p>
4.	Принцип внутреннего единства	<p>Автор демонстрирует высокий уровень самостоятельности в проведении исследований и анализе полученных результатов. Это видно из того, что он разработал новый метод высокотемпературного испытания материала, разработал расчетную модель температурного поля, исследовал влияние различных видов нагрузки на структурное состояние объекта исследования, а также провел анализ результатов с использованием современных методов научных исследований и компьютерных технологий. Также автор активно применял различные методы анализа и обработки данных для интерпретации результатов и делает выводы на основе полученных данных.</p> <p>4.1 Обоснование актуальности диссертации:</p> <p>1) <u>Обоснована</u>;</p> <p>2) Частично обоснована;</p> <p>3) Не обоснована.</p> <p>Актуальность диссертации хорошо обоснована. Работа затрагивает проблемы, связанные с использованием вольфрама и его сплавов в термоядерных технологиях, что является актуальной областью исследований в современной науке. В частности, рассматривается влияние тепловой нагрузки и плазменного облучения на структурное состояние и свойства вольфрама с приповерхностным карбидным слоем, что имеет прямое отношение к разработке конструкционных материалов для термоядерных реакторов. Автор аргументирует актуальность своей работы, указывая на сложность взаимодействия плазмы с облицовкой защиты первой стенки и дивертора в термоядерных установках, а также на необходимость изучения процессов образования приповерхностных карбидных соединений и их влияния на характер взаимодействия материалов с изотопами водорода в пограничной области. Таким образом, обоснование актуальности работы в представлено в контексте существующих научных и технологических проблем в</p>

	области развития термоядерной энергетики.
4.2 Содержание диссертации отражает тему диссертации:	<p>Содержание диссертации отражает тему работы. Диссертационная работа посвящена исследованию влияния теплового и плазменного воздействий на структурное состояние и свойства карбидного приповерхностного слоя вольфрама. В содержании работы описаны различные аспекты этой темы, такие как методы исследования, результаты экспериментов, анализ полученных данных и выводы. Таким образом, содержание диссертации полностью соответствует ее теме.</p>
4.3. Цель и задачи соответствуют теме диссертации:	<p>Цель и задачи работы тесно связаны с ее темой, которая фокусируется на воздействии тепловой нагрузки и плазмы на карбидный слой вольфрама. Цель заключается в выявлении основных изменений, происходящих в этом слое под воздействием высоких температур и плазмы.</p> <p>Каждая задача направлена на достижение этой цели. Разработка модели температурного поля при плазменном облучении помогает понять, как изменяется температура в карбидном слое вольфрама в ходе эксперимента. Создание метода высокотемпературного испытания и изучение влияния тепловой нагрузки на структуру и свойства приповерхностного карбидного слоя также важны для понимания этих процессов.</p> <p>Научная значимость работы подтверждается разработанным способом и выявленными особенностями изменений в карбидном слое вольфрама при различных условиях воздействия. Таким образом, цель и задачи исследования прямо соответствуют теме работы, а полученные результаты вносят важный вклад в наше понимание влияния тепловой нагрузки и плазмы на свойства приповерхностного карбидного слоя вольфрама.</p>
4.4 Все разделы и положения диссертации логически взаимосвязаны:	<p>Положения и разделы диссертации полностью взаимосвязаны, так как каждый раздел строится на основе предыдущего и напрямую связан с общей темой исследования.</p> <p>Основные положения, выносимые на защиту, представляют собой краткое изложение основных результатов и выводов работы. Эти положения являются основой для дальнейшего изложения в диссертации.</p> <p>Литературный обзор раскрывает предыдущие исследования в данной области, предоставляя контекст и основу для собственного исследования.</p> <p>Расчетная модель и разработка метода высокотемпературной нагрузки на плазменно-пучковой установке являются основой для проведения экспериментов и</p>

		<p>обеспечивают понимание того, каким образом были получены данные.</p> <p>Влияние тепловой нагрузки на структурное состояние и свойства приповерхностного карбидного слоя вольфрама представляет собой основную часть работы, где рассматриваются результаты экспериментов и их интерпретация в контексте поставленных целей и задач.</p>
		<p>Влияние облучения гелиевой плазмой на структурное состояние и свойства карбидного слоя вольфрама дополняет предыдущий раздел, расширяя область исследования, и подтверждая и дополняя полученные ранее результаты.</p> <p>Заключение и основные выводы обобщают результаты исследования, подтверждают их значимость и практическую применимость, а также указывают на возможные направления для будущих исследований.</p> <p>Таким образом, каждый раздел строится на предыдущем и тесно связан с ним, что обеспечивает логическую последовательность и согласованность всей диссертации.</p>
5.	Принцип научной новизны	<p>4.5 Предложенные автором новые решения (принципы, методы) аргументированы и оценены по сравнению с известными решениями:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) критический анализ есть; 2) анализ частичный; 3) анализ представляет собой не собственные мнения, а цитаты других авторов <p>5.1 Научные результаты и положения являются новыми?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) полностью новые; 2) <u>частично новые (новыми являются 25-75%);</u> 3) не новые (новыми являются менее 25%) <p>5.2 Выводы диссертации являются новыми?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) полностью новые; 2) <u>частично новые (новыми являются 25-75%);</u>
		<p>Да, результаты и положения работы представляют собой новый вклад в науку. Разработанный способ высокотемпературного испытания тугоплавкого материала и исследования влияния карбидного слоя под плазменным воздействием имеют патентное подтверждение и значительную практическую значимость. Полученные данные расширяют понимание материалов в экстремальных условиях и применимы для разработки новых материалов в термоядерной энергетике.</p> <p>Разработанные автором методы высокотемпературного испытания вольфрама и исследования взаимодействия с плазмой представляют собой значительный прогресс в понимании поведения материалов в экстремальных условиях. Предложенные новые решения аргументированы на основе серии экспериментов и материаловедческих исследований, а их практическая значимость подтверждена</p>

		3) не новые (новыми являются менее 25%)	патентом на изобретение и актами о внедрении результатов в учебный процесс и научно-техническую деятельность. Полученные данные будут полезны для разработки новых материалов в термоядерной энергетике и других областях, требующих высоких тепловых и плазменных нагрузок.
5.3	Технические, технологические, экономические или управленческие решения являются новыми и обоснованными:	На основании представленных данных из диссертационной работы можно сделать вывод, что технические и технологические решения, предложенные автором, являются новыми и обоснованными. Автор разработал новый способ высокотемпературного воздействия на материалы с использованием электронно-лучевого нагрева и плазменно-пучковой установки. Этот метод демонстрирует значительные преимущества в достижении высоких температурных режимов и контроле теплового воздействия. Экономические и управленческие аспекты рассмотрены в контексте практической значимости работы, и хотя их новизна не так очевидна, они представлены в диссертации в адекватном объеме, обосновывая практическую ценность исследования.	
6.	Обоснованность основных выводов	Все основные выводы основаны на весомых с научной точки зрения доказательствах либо достаточно хорошо обоснованы (для qualitative research и направлений подготовки по искусству и гуманитарным наукам)	Да, основные выводы, представленные в диссертационной работе, хорошо обоснованы и подтверждены научными доказательствами. Результаты исследований основаны на серии экспериментов и применении большого объема материаловедческих исследований, что придает им научную весомость. Также автор ссылается на актуальную научную литературу, что дополнительно подтверждает достоверность их выводов.
7.	Основные положения, выносимые на защиту	Необходимо ответить на следующие вопросы по каждому положению в отдельности: 7.1 Доказано ли положение? <u>1) доказано;</u> 2) скорее доказано; 3) скорее не доказано; 4) не доказано 7.2 Является ли триивиальным? 1) да; <u>2) нет</u> 7.3 Является ли новым?	Положение №1. Приповерхностный карбидный слой оказывает значительное влияние на характер распределения температурного поля в вольфраме при облучении плазмой. Установлено, что при тепловой нагрузке $10 \text{ МВт}/\text{м}^2$ и $20 \text{ МВт}/\text{м}^2$ плазменного облучения температура на плазмообращенной поверхности вольфрама с карбидным слоем составляет 905°C и 1750°C соответственно, тогда как температура поверхности вольфрама без карбидного слоя составляет 1115°C и 2189°C при соответствующих плазменных нагрузках. 7.1 Доказано ли положение? Да, доказано 7.2 Является ли триивиальным? 7.3 Является ли новым? Да, положение является новым.

	<p>2) нет</p> <p>7.4 Уровень для применения:</p> <p>1) узкий;</p> <p>2) средний;</p> <p>3) широкий</p> <p>7.5 Доказано ли в статье?</p> <p>1) да;</p> <p>2) нет</p>	<p>7.4 Уровень для применения:</p> <p>Широкий</p> <p>7.5 Доказано ли в статье?</p> <p>Да, доказано.</p> <p>Положение доказано в следующих публикациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> — Impact of High-Power Heat Load and W Surface Carbidization on its Structural-Phase Composition and Properties. Skakov, M., Zhanbolatova, G., Miniyazov A., Tulenbergenov, T., Sokolov, I., Sapatayev, Y., Kozhakhmetov, Y., Bukina, O. Fusion Science and Technology, Vol. 77, Issue. 1, 2021, pp. 57-66. Квартиль Q3 (IF 1.3) в базе Web of Science и 50-й процентиль по Cite Score (Nuclear Energy and Engineering) в базе Scopus. — The plasma beam tests of fusion reactor materials. M.K. Skakov, A.Z. Miniyazov, A.V. Gradoboev, O.A. Stepanova, Tulenbergenov T.R., I.A. Sokolov. 7th International Congress on Energy Fluxes and Radiation Effects (EFRE 2020 online): Abstracts. — Tomsk: Publishing House of IAO SB RAS, 2020. — 635 pp. — p.183. <p>Положение №2. Способ высокотемпературного воздействия на вольфрам с приповерхностным карбидным слоем методом электронно-лучевого нагрева на плазменно-пучковой установке в условиях высокого вакуума и газовой среды. Способ основан на мощном электронно-лучевом воздействии плазменно-пучковой установки в вакуумной и газовой (гелий) среде с выдержкой в течение 3-х часов и контролируемым (1 °C/c) охлаждением. Способ обеспечивает высокотемпературный нагрев в диапазоне температур от 20 °C до 2500 °C, со скоростью от 10 °C/c до 500 °C/c. Разработанный способ позволил достичь расчетные температуры и параметры высокотемпературного нагрева вольфрама с приповерхностным карбидным слоем.</p> <p>7.1 Доказано ли положение?</p> <p>Да, доказано</p> <p>7.2 Является ли тривиальным?</p> <p>Нет, не является.</p> <p>7.3 Является ли новым?</p> <p>Да, положение является новым.</p> <p>7.4 Уровень для применения:</p> <p>Широкий</p> <p>7.5 Доказано ли в статье?</p> <p>Да, доказано.</p>
--	--	--

Положение доказано в следующих публикациях:

- Роль имитационного стена с плазменно-пучковой установкой в исследовании плазменно-поверхностного взаимодействия. Туленбергенов Т.Р., Скаков М.К., Миниязов А.Ж., Соколов И.А., Кайырды Г.К. Бестник НЯЦ РК. – Курчатов, 2019. – Вып. 4. – С. 51-58.

– Способ высокотемпературного отжига металлов и сплавов методом электронно-лучевого воздействия в вакумной и газовой среде. Миниязов А.Ж., М.К. Скаков, В.В. Бакланов, Е.Г. Коинбаев, Т.Р. Туленбергенов, И.А. Соколов, Г.К. Жанболатова. Патент на изобретение. № 35911 от 21.10.22 г. Бюллетень РГПИИС №42.

Положение №3. Особенности изменения структурного состояния приповерхностного карбидного слоя вольфрама в результате высокой тепловой нагрузки. Установлено, что при 905°C ($q=10 \text{ МВт}/\text{м}^2$) приповерхностный карбидный слой вольфрама характеризуется высокой термической стабильностью структуры и прелествует эрозии поверхности. Тепловая нагрузка при 1750°C ($q=20 \text{ МВт}/\text{м}^2$) приводит к разрушению карбидного слоя WC, образованию трещин и деградации структуры поверхности материала.

7.1 Доказано ли положение?

Да, доказано

7.2 Является ли тривиальным?

Нет, не является.

7.3 Является ли новым?

Да, положение является новым.

7.4 Уровень для применения:

Широкий

7.5 Доказано ли в статье?

Да, доказано.

Положение доказано в следующих публикациях:

- Impact of High-Power Heat Load and W Surface Carbidization on its Structural-Phase Composition and Properties. Skakov, M., Zhanbolatova, G., Miniyazov A., Tulenbergenov, T., Sokolov, I., Sapataev, Y., Kozhakhetov, Y., Bukiina, O. Fusion Science and Technology, Vol. 77, Issue. 1, 2021, pp. 57-66. Квартиль Q3 (IF 1.3) в базе Web of Science и 50-й процентиль по Cite Score (Nuclear Energy and Engineering) в базе Scopus. <https://doi.org/10.1080/15361055.2020.1843885>
- Влияние мощной тепловой нагрузки и карбидизации поверхности

	<p>вольфрама на его структурно-фазовое состояние и свойства. Скаков М.К., Миниазов А.Ж., Жанболатова Г.К., Соколов И.А., Туленбергенов Т.Р., Кожахметов Е.А., Букина О.С. Сборник материалов Международной научно-практической конференции «Увалиевские чтения-2022» «Актуальные проблемы науки и образования в условиях современных вызовов», Часть 1, стр. 379-384, г. Усть-Каменогорск, 23-24 сентября 2022 г.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Научно-техническое обеспечение экспериментальных исследований на Казахстанском Материаловедческом Токамаке КТМ. Под общей редакцией Батырбекова Э.Г., Скакова М.К. ISBN 978-601-06-7964-1 2021 – 172 с.: ил.168, Глава 1. Экспериментальные исследования влияния покрытий на свойства материалов, обращенных к плазме. Бакланов В.В., Миниазов А.Ж., Туленбергенов Т.Р., Соколов И.А., и др. Стр. 5-48. г. Курчатов, Филиал «Институт атомной энергии» РГП «Национальный ядерный центр РК» Министерства энергетики РК, 2021 г.
	<p>Положение №4. Влияние высокотемпературного облучения гелиевой плазмой на структурное состояние и свойства приповерхностного карбидного слоя вольфрама. Установлено, что при облучении гелиевой плазмой карбидные слои отрицательно влияют на свойства поверхности вольфрама, ускоряя образование коралловой структуры и гелиевых пузырьков при 905 °C. Определено, что приповерхностный карбидный слой WC имеет более слабое сопротивление к гелиевому повреждению, чем карбидный слой на основе W₂C. Гелиевое облучение при температуре 1750 °C приводит к более обширному повреждению поверхности материала с образованием оплавленных выступов.</p> <p>7.1 Доказано ли положение?</p> <p>Да, показано</p> <p>7.2 Является ли тривиальным?</p> <p>Нет, не является.</p> <p>7.3 Является ли новым?</p> <p>Да, положение является новым.</p> <p>7.4 Уровень для применения:</p> <p>Широкий</p> <p>7.5 Доказано ли в статье?</p> <p>Да, доказано.</p> <p>Положение доказано в следующих публикациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Influence of the Carbidized Tungsten Surface on the Processes of Interaction with

- Helium Plasma Mazlyn Skakov, Arman Miniyazov, Erlan Batyrbekov, Viktor Baklanov, Yerbolat Koyanbayev, Aleksandr Gradoboev, Yernat Kozhahmetov, Igor Sokolov, Timur Tulenbergenov, Gainiya Zhanbolatova. Materials. 15, 7821, 2022. Квартиль Q2 (IF 4.0) в базе Web of Science и/или 70-й процентиль по Cite Score (Condensed Matter Physics) в базе Scopus. <https://doi.org/10.3390/ma15217821>
- Study of structure modification and surface erosion of tungsten and molybdenum at plasma irradiation. B.K. Rakhadilov, A.Zh. Miniyazov, M.K. Skakov, Zh.B. Sagdoldina, T.R. Tulenbergenov, Y.Y. Saparayev. Technical Physics 65(3): 382-391, 2020.
 - Квартиль Q4 (IF 0.4) в базе Web of Science и/или 32-й процентиль по Cite Score (Physics and Astronomy) в базе Scopus. <https://doi.org/10.1134/S1063784220030202>
 - Influence of Helium plasma on the structural state of the surface carbide layer of tungsten. Mazhyn Skakov, Arman Miniyazov, Viktor Baklanov, Aleksandr Gradoboev, Igor Sokolov, Timur Tulenbergenov, Yernat Kozhahmetov, Gainiya Zhanbolatova, Ivan Kukushkin. Journal Materials Science. AIMS. 2023. Volume 10, Issue 4: pp. 725-740. Квартиль Q4 (IF 1.8) в базе Web of Science и 53-й процентиль по Cite Score (Materials Science) в базе Scopus. <https://doi.org/10.3934/matersci.2023040>
 - Экспериментальные исследования взаимодействия низкотемпературной плазмы с вольфрамом. М.К. Скаков, Миниязов А.Ж., А.А. Ситников. Ползуновский Вестник АлтГТУ, - Барнаул, 2019. – №1. – С.181-185. ВАК. <https://10.25712/ASTU.2072-8921.2019.01.033>
 - Деградация структуры и свойств карбидных поверхностных слоев вольфрама в условиях плазменного воздействия. А.Ж. Миниязов, Е.А. Кожахметов, М.К. Скаков, Т.Р. Туленбергенов, И.А. Соколов. XV Международная конференция «Физика твердого тела», г. Астана, 8–10 декабря, 2022 г., Сборник трудов. Стр. 84-87.
 - Interaction of plasma with carbide surface layer of tungsten. А.Ж. Миниязов, М.К. Скаков, И.А. Соколов, Т.Р. Туленбергенов, Е.А. Кожахметов, Г.К. Жанболатова. XXVI Международная конференция «Взаимодействие ионов с поверхностью». ISI2023», 21-25 августа 2023 г., Ярославль, РФ. – Сборник трудов. Том 2. с. 182-187.
 - Degradation of the Structure and Properties of Tungsten Carbide Surface Layers under Plasma Effect. A.Z. Miniyazov, M.K. Skakov, T.R. Tulenbergenov, I.A. Sokolov. 32nd Symposium on Fusion Technology (SOFT 2022) 18–23 September, Dubrovnik, Croatia. p.808.

8. Принцип достоверности Достоверность источников и предоставляемой информации	8.1 Выбор методологии – обоснован или методология достаточно подробно описана 1) да; 2) нет	Методология исследования, представленная в диссертации, является достаточно обоснованной и подробно описанной. Эксперименты на плазменно-пучковой установке с применением разнообразных априорированных методов анализа и контроля процесса, включая оптическую и электронную микроскопию, исследование свойств объекта исследования и другие, позволяют получить глубокое понимание воздействия плазменного облучения на материал. Практическая значимость работы, подчеркнутая в работе, указывает на успешную апробацию методов исследования и их применимость в научной и технической сферах.
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	Результаты диссертационной работы получены с применением современных методов научных исследований и методик обработки данных, включая использование компьютерных технологий. Программный комплекс ANSYS был использован для расчета температурного поля, а также были применены различные методы анализа, такие как оптическая спектрометрия, массспектрометрия, металлографический и микроструктурный анализ, рентгеноструктурный анализ и другие. Эти методы и технологии помогли обработать и интерпретировать большой объем полученных данных, что позволило автору сделать весомые выводы и представить новые научные результаты.
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	Да, в диссертационной работе теоретические выводы, модели, выявленные взаимосвязи и закономерности демонстрируются и подтверждаются экспериментальными исследованиями. Это позволяет установить соответствие между теоретическими построениями и реальными явлениями, что является важным аспектом научной работы. В диссертационной работе теоретические выводы и модели, выявленные взаимосвязи и закономерности, не только основаны на анализе существующих теорий и данных, но и подтверждаются результатами экспериментальных исследований. Этот подход демонстрирует не только теоретическую силу исследования, но и его практическую применимость, что придает работе высокий уровень достоверности и авторитетности в научном сообществе.
8.4 Важные утверждения подтверждены/частично подтверждены/не подтверждены	Да, важные утверждения в диссертационной работе подкреплены ссылками на актуальные и достоверные научные источники литературы. Это обеспечивает	

		ссылками на актуальную и достоверную научную литературу	основательность и обоснованность проводимого анализа и выводов, а также демонстрирует глубокое понимание автором предметной области и внимание к академической дискуссии в данной области.
8.5 Использованные источники литературы <u>достаточны/не достаточно</u> для литературного обзора			Использованные автором источники литературы достаточны для литературного обзора. Автор выполнил широкий литературный анализ, учитывая достижения и последние результаты отечественных и зарубежных авторов. Они охватывают основные аспекты исследуемой темы и обеспечивают широкий контекст для анализа и обсуждения.
9 Принцип практической ценности	9.1 Диссертация имеет теоретическое значение:	<u>1) да:</u> 2) нет	Диссертация имеет теоретическое значение, так как включает в себя разработку расчетной модели, выявление особенностей изменения структурного состояния исследуемого материала при различных условиях тепловой нагрузки и плазменного облучения, а также установление взаимосвязей между различными параметрами и характеристиками приповерхностного карбидного слоя вольфрама. Эти результаты и выводы могут быть полезны для дальнейших теоретических исследований в области влияния тепловых и плазменных процессов на структуру и свойства материалов.
9.2 Диссертация имеет практическое значение и существует высокая вероятность применения полученных результатов на практике:		<u>1) да:</u> 2) нет	Да, диссертация имеет практическое значение и ее результаты могут быть применены в разработке новых методов обработки и защиты материалов, специальных покрытий, а также в проектировании элементов для работы в условиях повышенных тепловых и плазменных нагрузок. Практическая значимость работы подтверждена актом внедрения в научно-техническую деятельность в рамках программы исследования на Казахстанском материаловедческом токамаке Института атомной энергии РГП НЯЦ РК.
9.3 Предложения для практики		<u>1) полностью новые;</u> 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%)	Предложения для практики, сформулированные в диссертации, являются новыми. Они представляют собой новые методы испытания материалов, новые подходы к проектированию элементов с учетом выявленных закономерностей, что способствует созданию новых способов улучшения свойств материалов для конкретных применений.
10. Качество написания и	Качество академического письма:	<u>1) высокое;</u> 2) среднее;	В диссертационной работе соблюдены стандарты академического письма, такие как ясная структура, логическое изложение и правильное использование научных терминов, что указывает на хорошее качество работы. Автор адекватно

оформления	3) ниже среднего; 4) низкое.	интерпретировал и обсуждает полученные результаты, а также основывает свои выводы на надежных данных и литературных источниках.
------------	---------------------------------	---

Таким образом, считаю, что диссертационная работа Миниязова А.Ж. на тему «Влияние теплового и плазменного воздействий на структурное состояние и свойства карбидного приповерхностного слоя вольфрама» представляет собой законченную, самостоятельно выполненную исследовательскую работу. Диссертация по содержанию и оформлению соответствует всем требованиям КОКНВО МНВО РК, предъявляемым к докторским диссертациям.

На основе вышеизложенного, рекомендую данную диссертационную работу представить к защите и ходатайствовать перед Комитетом по обеспечению качества в сфере науки и высшего образования МНВО РК присудить Миниязову Арману Жанарбековичу степень доктора философии (PhD) по образовательной программе 8Д05302 – «Техническая физика».

Официальный рецензент:
PhD, ассоциированный профессор,

директор Департамента
научно-исследовательской деятельности,
НАО «Восточно-Казахстанский технический
университет имени Д. Серикбаева»


«05» декабрь 2024 г.
Г.К. Уазырханова