

**Письменный отзыв официального рецензента
на диссертационную работу Хожанова Александра Рафаэльевича
«Формирование функциональных покрытий с заданной структурой и
свойствами методом роботизированного микроплазменного напыления»,
представленную на соискание степени доктора философии (Ph.D.)
по специальности 8D05301-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	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)	Тема диссертации (на дату ее утверждения) соответствует приоритетным направлениям науки, утвержденным протоколом заседания Высшей научно-технической комиссии Республики Казахстан от 29 апреля 2020, а именно приоритету «Геология, добыча и переработка минерального и углеводородного сырья, новые материалы, технологии, безопасные изделия и конструкции» Диссертация выполнена в рамках проектов, финансируемых из государственного бюджета (грантовое финансирование): № АР 05130525 «Интеллектуальная роботизированная система для плазменной обработки и резки крупногабаритных изделий сложной формы». № АР14869862 «Инновационные технологии изготовления покрытий для совершенствования медицинских имплантатов». № АР13068317 «Разработка новых алгоритмов управления роботом-манипулятором для технологий 3D сканирования и аддитивного микроплазменного напыления покрытий». Эти номера проектов и источник финансирования указаны в статьях Хожанова А.Р. по теме исследования, в разделе «Благодарность».
2.	Важность для науки	Работа вносит /не вносит существенный вклад в науку, а ее важность хорошо раскрыта /не раскрыта	Работа вносит существенный вклад в науку по направлению «Техническая физика». В работе хорошо раскрыты возможности инновационного применения методов термического плазменного напыления для создания медицинских биосовместимых

			покрытий имплантатов-эндопротезов, а также терморезистивных покрытий для создания нагревательных элементов, показаны перспективы использования робота-манипулятора для точного напыления защитных покрытий на крупногабаритные промышленные изделия сложной формы. Доказана возможность формирования покрытий с заданными характеристиками путем научно обоснованного выбора параметров микроплазменного напыления. Важность исследования хорошо раскрыта, показано, почему так важно установить закономерности влияния параметров микроплазменного напыления на характеристики микроструктуры покрытия и выбрать оптимальные параметры напыления, подчеркнуты преимущества применения роботизированной системы микроплазменного напыления покрытий, позволяющей получать покрытия с большей точностью и эффективностью по сравнению с существующими решениями.
3.	Принцип самостоятельности	Уровень самостоятельности: Высокий; Средний; Низкий; Самостоятельности нет	Уровень самостоятельности соискателя высокий, что подтверждается качеством диссертации, а также количеством и качеством опубликованных Хожановым А. Р. работ. Всего по теме диссертационной работы опубликовано 17 работ, из них: 5 в изданиях, рекомендуемых Комитетом; 5 в международных рецензируемых журналах, индексируемых в базе в Scopus и имеющих процентиль по CiteScore не ниже 25% и (или) индексируемых в данных информационной компании Web of Science Core Collection, Clarivate Analytics и (или) имеющих ненулевой импакт-фактор, 6 в трудах международных конференций (из них 3 статьи проиндексированы в Scopus) и 1 патент на полезную модель РК. Важно отметить, что соискатель является автором для корреспонденции в 3-х статьях, в том числе в 2-ух статьях в журналах, рекомендованном ККСОН:

			Войнарович С.Г., Алонцева Д.Л., Хожанов* А.Р., Красавин А.Л., Кислица А.Н., Калюжный С.Н. Влияние параметров микроплазменного напыления на потери напыляемой Zr проволоки и пористость покрытия // Вестник КазНУ. Серия Физическая (ВКФ), Том. 79, №. 4, 2021, стр. 82-96. doi: https://doi.org/10.26577/RCPH.2021.v79.i4.10 Д.Л. Алонцева, А.Р. Хожанов*, С.С. Герт, А.Б. Садиеков, , С.Н. Калюжный Роботизированное микроплазменное напыление функциональных покрытий из тантала на титановые имплантаты// Вестник ВКТУ им. Д. Серикбаева. Серия техническая. №3 - 2020. – С.52-65 и1 статьи в материалах конференции, индексируемых Scopus: D. Alontseva, A R. Khozhanov*, S.G.Voinarovych, O N. Kyslytsia, N.V. Prokhorenkova, A.B. Sadibekov, S Kaliuzhnyi, A. Krasavin. Robotic Microplasma Spraying and Characterization of Zirconium Coatings// 7th International Congress on Energy Fluxes and Radiation Effects (EFRE), 14-26 Sept. 2020, Tomsk, Russia. Publishing: IEEE, 2020.- P. 817 – 821. DOI: 10.1109/EFRE47760.2020.9242043 DOI10.51885/15614212_2020_3_55 Высокий уровень самостоятельности соискателя подтверждается докладами результатов работы на 5-ти международных конференциях (Казахстан, Польша, РФ)
4.	Принцип внутреннего единства	4.1 Обоснование актуальности диссертации: Обоснована; Частично обоснована; Не обоснована.	Актуальность диссертации обосновывается потребностями практики в функциональных покрытиях различного назначения (медицинских, защитных, терморезистивных) и научным интересом к проблеме получения материалов (в данном случае плазменно-напыленных покрытий) с прогнозируемыми (контролируемыми, заданными) структурой и свойствами. Целенаправленное варьирование основных параметров плазменного напыления, таких как сила

		электрического тока, расход плазмообразующего газа, расстояние напыления, расход напыляемого материала (проволоки или порошков), скорость перемещения плазменной струи по поверхности изделия, позволяет получить требуемую структуру покрытия (в частности, с регулируемой пористостью) и обеспечить хорошую адгезионную прочность покрытия, так как степень нагрева частиц материала зависит от времени их пребывания в плазменной струе и может регулироваться подбором параметров напыления. Применение роботизированной системы микроплазменного напыления позволяет прецизионно точно поддерживать такие основные параметры напыления, как дистанция и скорость напыления, повышает производительность и безопасность процесса. Таким образом, Хожанов А.Р. убедительно обосновывал актуальность научной проблемы формирования функциональных покрытий с заданной структурой и свойствами методом роботизированного микроплазменного напыления
	4.2 Содержание диссертации отражает тему диссертации: Отражает; Частично отражает; Не отражает	Содержание диссертации отражает тему диссертации. Тему диссертации раскрывает содержание структурных единиц диссертации, согласно оглавлению.
	4.3. Цель и задачи соответствуют теме диссертации: соответствуют; частично соответствуют; не соответствуют	Цель и задачи полностью соответствуют теме диссертации. Цель исследования: получение функциональных покрытий с контролируемыми характеристиками методом роботизированного микроплазменного напыления путем выбора оптимальных режимов микроплазменного напыления. Задачи исследования последовательно направлены на достижение цели: 1) Выполнить анализ современного состояния проблемы получения функциональных покрытий с контролируемой микроструктурой и заданными свойствами, обосновать

		выбор материалов, технологического оборудования и методов экспериментального исследования. 2) Провести планирование факторного эксперимента по микроплазменному напылению функциональных покрытий для дальнейшего напыления согласно матрице эксперимента и установления методами регрессионного анализа зависимостей характеристик покрытий от параметров напыления. 3) Провести исследование параметров фигур металлизации и дорожек напыления для установления закона распределения материала покрытия при напылении и выработки рекомендации для роботизированного напыления покрытий с равномерной и контролируемой толщиной. 4) Осуществить роботизированное микроплазменное напыление покрытий из биосовместимых материалов с выбранными параметрами напыления на подложки титанового сплава для получения экспериментальных образцов. Получить методом микроплазменного напыления малогабаритный многослойный резистивный нагревательный элемент, состоящий из изолирующего и электропроводящего слоев. 5) Провести исследование структуры и свойств (в зависимости от функционального назначения) покрытий и их подложек методами оптической и электронной микроскопии, рентгеноструктурного анализа, адгезионных испытаний, тестов микротвердости или измерений электрической прочности и проводимости и установить закономерности влияния параметров напыления на коэффициент использования материала и на пористость покрытий, дать научное обоснование выбора оптимальных параметров напыления, позволяющих эффективно получить покрытия с заданными характеристиками. 6) Выполнить апробацию найденных решений и рекомендаций:
--	--	--

			выполнить роботизированное микроплазменное напыление биосовместимых покрытий имплантатов по рекомендованным оптимальным режимам и разработать способ роботизированного микроплазменного напыления покрытия из биосовместимого материала; осуществить роботизированное микроплазменное напыление защитного покрытия на изношенные участки плиты дробилки из стали Гадфильда и провести производственные испытания восстановленной плиты.
		4.4 Все разделы и положения диссертации логически взаимосвязаны: полностью взаимосвязаны; взаимосвязь частичная; взаимосвязь отсутствует	Все разделы и положения диссертации полностью логически взаимосвязаны. Названия разделов и подразделов диссертации соответствуют поставленным задачам, поставленным для достижения цели исследования. В конце каждого подраздела или раздела и диссертации приводятся выводы и делается логичный переход к следующему подразделу либо разделу. Положения диссертации логически обоснованы, четко сформулированы и доказаны в соответствующих разделах диссертации и в публикациях по теме исследования, на которые даны ссылки в тексте диссертации, а сами статьи указаны в списке литературы. В заключении обобщаются все выводы отдельных разделов диссертации в виде трех основных результатов, соответствующих защищаемым научным положениям и отмечается научная новизна каждого основного результата (научного положения).
		4.5 Предложенные автором новые решения (принципы, методы) аргументированы и оценены по сравнению с известными решениями: <u>критический анализ есть;</u> анализ частичный; з) анализ представляет собой не собственные мнения, а цитаты других авторов	Предложенные автором новые решения и методы (способы) аргументированы и оценены по сравнению с известными решениями. Есть критический анализ, представляющий собственное мнение автора. В первом разделе диссертации выполнен критический анализ требований к покрытиям имплантатов-эндопротезов и выявлены основные

		современные тенденции увеличения биосовместимости покрытий. Анализируются и сравниваются различные технологии напыления покрытий. На основе критического анализа требований к покрытиям, выбраны технологии их получения, материалы, а также определена требуемая пористость и толщина покрытий, другие требуемые характеристики и обоснован выбор методов исследования этих характеристик. В третьем разделе диссертации анализируются по 8 различных типов покрытий из различных биосовместимых материалов: Ti, Zr, гидроксиапатит (ГА), полученных путем варьирования параметров напыления в соответствии с матрицей эксперимента и методами регрессионного анализа устанавливаются закономерности влияния параметров напыления на формируемые микроструктуры покрытий. Результаты сравниваются с данными других исследователей, и указываются альтернативные пути подбора параметров напыления для получения пористых или плотных покрытий. Критический анализ известных ранее решений представлен также в обзорных статьях с соавторством Хожанова А.Р. по теме диссертационного исследования: 1. Жабындылары бар металды ортопедиялық имплантаттар өндірісінің аддитивті технологиялары: шолу// Вестник ВКТУ №3, 2022, стр. 29-39 DOI 10.51885/1561-4212_2022_3_29 (ККСОН) 2. Краткий обзор современных тенденций выбора материалов для покрытий медицинских имплантатов и технологий их получения//Вестник ВКТУ им. Д.Серикбаева. – Усть-Каменогорск. – №3, 2023.- С.16-28. DOI 10.51885/1561-4212_2023_3_16(ККСОН) 3. Краткий обзор влияния параметров дислокационных
--	--	--

			субструктур и химического состава стали Гадфильда на механизмы ее упрочнения и пластичности//Вестник ВКТУ им. Д.Серикбаева. – Усть-Каменогорск. – №3, 2022.– С. 190-197. DOI 10.51885/1561-4212_2022_3_190 (ККСОН) И в исследовательских статьях: 4. Effect of the dislocation substructure parameters of Hadfield steel on its strain hardening/ Materials, 2023; 16(4):1717. DOI: https://doi.org/10.3390/ma16041717 Scopus: Cite Score (2022) 5.2. Процентиль 70% #125/423 Condensed Matter Physics Web of Science: квартиль Q2 Категории JCR Physics, Applied; Physics, Condensed Matter; Metallurgy & Metallurgical Engineering. Journal Impact Factor (пять лет): 4.042 5. Investigations on the microstructure and corrosion performance of different WC-based cermet coatings deposited by HVOF process onto magnesium alloy substrate// Advances in Science and Technology Research Journal, 2023, 17(2), pp. 25–35. DOI: https://doi.org/10.12913/22998624/160513 Scopus: CiteScore (2022): 1.5, процентиль 38 % #186/302 General Engineering
5.	Принцип научной новизны	5.1 Научные результаты и положения являются новыми? <u>полностью новые;</u> частично новые (новыми являются 25-75%); не новые (новыми являются менее 25%)	Научные результаты и положения диссертации являются полностью новыми. Подтверждением новизны также является высокий уровень публикаций автора в рецензируемых научных изданиях. Всего по теме диссертационной работы опубликовано 17 работ, из их: 5 в изданиях, рекомендуемых Комитетом; 5 в международных рецензируемых журналах, индексируемых в базе в Scopus и имеющих процентиль по CiteScore не ниже 25% и (или) индексируемых в данных информационной компании Web of Science Core Collection, Clarivate Analytics и (или) имеющих ненулевой импакт-фактор, 6 в трудах международных конференций (из них 3 статьи проиндексированы в Scopus) и 1 патент на полезную модель РК.

		5.2 Выводы диссертации являются новыми? <u>полностью новые;</u> частично новые (новыми являются 25-75%); не новые (новыми являются менее 25%)	Выводы диссертации являются полностью новыми: -установлены <i>новые закономерности</i> влияния параметров микроплазменного напыления на эффективность напыления и характеристики пористости функциональных покрытий; -разработан <i>новый способ</i> роботизированного микроплазменного напыления биосовместимого циркониевого покрытия на медицинский имплантат из титанового сплава; - получена <i>совокупность новых результатов апробации</i> роботизированной системы микроплазменного напыления, показывающая преимущества в точности выполнения технологических процессов по сравнению с существующими решениями.
		5.3 Технические, технологические, экономические или управленческие решения являются новыми и обоснованными: <u>полностью новые;</u> частично новые (новыми являются 25-75%); не новые (новыми являются менее 25%)	Технические и технологические, решения обоснованы и являются полностью новыми. Новое техническое решение применяется для реализации роботизированного микроплазменного напыления с точным соблюдением установленной дистанции напыления и скорости перемещения микроплазмотрона. Впервые научно обоснован выбор параметров микроплазменного ГА покрытий с заданной пористостью и фазовым составом на имплантаты, полученных по аддитивной технологии селективным лазерным спеканием порошков титанового сплава. Новым решением также является исключение этапа газобразивной обработки таких имплантатов с трабекулярной поверхностью. Новизна способа роботизированного микроплазменного напыления биосовместимого циркониевого покрытия на медицинский имплантат из титанового сплава подтверждается получением патента Республики Казахстан на полезную модель.
6.	Обоснованность	Все основные выводы основаны/не основаны на	Все основные выводы диссертации основаны на весомых с научной точки

	основных выводов	весомых с научной точки зрения доказательствах либо достаточно хорошо обоснованы (для qualitative research и направлений подготовки по искусству и гуманитарным наукам)	зрения доказательствах 1-й основной научный вывод - полностью новый: <i>новые закономерности</i> влияния параметров микроплазменного напыления на эффективность напыления и характеристики пористости функциональных покрытий установлены научно-достоверными методами планирования факторного эксперимента и регрессионного анализа, сравнением теоретических (расчетных) и экспериментальных данных. Данные физических экспериментов получены с использованием оптической и электронной микроскопии, рентгеноструктурного анализа, испытаний адгезионной прочности, твердости, электрического сопротивления. Доказано (получены уравнения зависимостей характеристик от параметров напыления) на большом объеме экспериментальных данных для покрытий из различных материалов, что наибольшее влияние на характеристики пористости и коэффициента использования материала покрытия оказывают дистанция напыления, сила тока и расход плазмообразующего газа, рекомендованы конкретные параметры микроплазменного напыления, оптимальные для получения определенного типа покрытий. 2-й основной научный вывод - полностью новый: разработан <i>новый</i> способ роботизированного микроплазменного напыления циркониевого покрытия на металлическую титановую основу медицинского имплантата, позволяющий получить покрытие с равномерной толщиной 400 мкм и с заданными характеристиками пористости порядка 20 % и размерами пор до 300 мкм посредством перемещения роботом-манипулятором микроплазменного источника по заданной 3Д - модели имплантата с постоянной заданной скоростью и точным соблюдением выбранных на
--	-------------------------	--	---

			основе факторного планирования параметров напыления. Результат подтвержден получением патента на полезную модель Республики Казахстан и публикацией статьи в рецензируемом зарубежном журнале. 3-й вывод - полностью новый, сообщающий о полученной совокупности <i>новых</i> результатов апробации роботизированной системы микроплазменного напыления, демонстрирующей преимущества в точности выполнения технологических процессов по сравнению с существующими решениями (полуавтоматическое, ручное напыление). Робот-манипулятор перемещает микроплазмотрон вдоль 3Д-модели обрабатываемого плазмой изделия с точным соблюдением дистанции напыления, скорости перемещения и перпендикулярности падения плазменной струи на поверхность изделия, обеспечивая заданный диапазон пористости и равномерность толщины напыляемого покрытия. Результат доказан с надежной статистикой для трех разных типов покрытий из различных материалов: биосовместимых покрытий для медицинских имплантатов из тантала, титана, циркония и гидроксиапатита; терморезистивных и изоляционных покрытий для электронагревательных элементов из диоксида титана и оксида алюминия; защитных покрытий из износостойкого сплава на основе Co-Cr.
7.	Основные положения, выносимые на защиту	Необходимо ответить на следующие вопросы по каждому положению в отдельности: 7.1 Доказано ли положение? <u>доказано;</u> скорее доказано; скорее не доказано; не доказано 7.2 Является ли тривиальным? да;	Первое научное положение: Закономерности влияния параметров микроплазменного напыления на характеристики функциональных покрытий и научное обоснование выбора оптимальных параметров напыления, позволяющих эффективно получить покрытия разного функционального назначения с заданными характеристиками <i>Доказано результатами</i> физического эксперимента методами оптической и электронной микроскопии,

		<u>нет</u> 7.3 Является ли новым? <u>да;</u> нет 7.4 Уровень для применения: узкий; средний; <u>широкий</u> 7.5 Доказано ли в статье? <u>да;</u> нет	рентгеноструктурного анализа, испытаний адгезионной прочности, твердости, электрического сопротивления образцов покрытий, напыленных по матрице факторного эксперимента и установлено методами регрессионного анализа результатов (например, получены уравнения зависимости пористости от параметров напыления), Положение является <i>нетривиальными и новым с широким уровнем применения</i> для получения функциональных покрытий с заданными характеристиками различного назначения: медицинских, защитных, покрытий нагревательных элементов. <u>Первое положение доказано в журнальных статьях:</u> 1. Voinarovych G., Alontseva D. L., Kyslytsia O. N., Kaliuzhnyi S., Khozhanov A. R., Krasavin A., Kolesnikova T. Fabrication and Characterization of Zr Microplasma Sprayed Coatings for Medical Applications// Advances in Materials Science, Vol.21, No.2, 2021, pp.93-105. https://doi.org/10.2478/adms-2021-0013 (Индексируется в Web of Science. Категория JCI Materials Science, Multidisciplinary, квартиль по категории Q4) 2. Войнарович С.Г., Алонцева Д.Л., Хожанов А.Р., Красавин А.Л., Кислица А.Н., Калюжный С.Н. Влияние параметров микроплазменного напыления на потери напыляемой Zr проволоки и пористость покрытия// Вестник КазНУ. Серия Физическая (ВКФ), Том. 79, №. 4, 2021, стр. 82-96. doi: https://doi.org/10.26577/RCPH.2021.v79.i4.10 (рекомендован ККСОН) 3. Kaliuzhnyi S., Alontseva D., Voinarovych S., Kyslytsia O., Khozhanov A., Łatka L., Bektasova G. Microplasma sprayed multilayer coatings for electric heating elements. Materials Science-Poland, 40(4), 2022, pp. 158-170. DOI: 10.2478/msp-2022-0049 (Scopus: Cite Score (2022) 1.7. Процентиль 36% #7404/631 Mechanical. Web of Science:
--	--	---	--

		квартиль Q4. Journal Impact Factor (пять лет): 0.418. Категория JCR: Material Science, Multidisciplinary) 4. Kadyroldina A., Alontseva D., Voinarovych S., Łatka L., Kyslytsia O., Azamatov B., Khozhanov A., Prokhorenkova N., Zhilkashinova A., Burburska S. Microplasma spraying of hydroxyapatite coatings on additive manufacturing titanium implants with trabecular structures. Materials Science-Poland, Vol. 40, No 4, 2022 - pp. 28-42. https://doi.org/10.2478/msp-2022-0043. Scopus: Cite Score (2022) 1.7. Процентиль 36% #7404/631 Mechanical Engineering. Web of Science: квартиль Q4. Journal Impact Factor (пять лет): 0.418. Категория JCR: Material Science, Multidisciplinary) Второе научное положение: Способ роботизированного микроплазменного напыления покрытия из биосовместимого материала, заключающийся в нанесении на металлическую титановую основу имплантата циркониевого покрытий толщиной 400 мкм с пористостью 20,5± 2,00 %, размерами пор до 300 мкм, отличающийся тем, что напыление осуществляют при помощи микроплазмотрона, закрепленного на руке робота-манипулятора, движущегося по заданной 3Д - модели изделия с постоянной скоростью 2,3 м/мин, при этом контроль толщины и пористости покрытий обеспечивается точным соблюдением выбранных на основе факторного планирования параметров микроплазменного напыления. <i>Второе положение доказано в диссертации, в статье и подтверждено патентом на полезную модель Республики Казахстан не является тривиальным, новое, с широким уровнем применения, применимо для получения биосовместимого покрытия из циркония с заданной толщиной и пористостью на медицинские имплантаты-эндопротезы, чтобы ускорить срастание имплантата с</i>
--	--	--

			костью пациента и предотвратить расшатывание имплантата, удлинить срок его службы. <u>Второе положение доказано в описании патента на полезную модель и в статье:</u> 1. Способ роботизированного микроплазменного напыления циркониевых покрытий. Патент №5576 на полезную модель по заявке № 2020/0547.2 Дата приоритета 20.11.2020. Авторы: Алонцева Д.Л., Прохоренкова Н.В., Красавин А.Л., Хожанов А.Р 2. Alontseva D., Khozhanov A R., Voinarovych S.G., Kyslytsia O N., Prokhorenkova N.V., Sadibekov A.B., Kaliuzhnyi S., Krasavin A. Robotic Microplasma Spraying and Characterization of Zirconium Coatings// 7th International Congress on Energy Fluxes and Radiation Effects (EFRE), 14-26 Sept. 2020, Tomsk, Russia. Publishing: IEEE, 2020.- P. 817 – 821. DOI:10.1109/EFRE47760.2020.9242043 (проиндексировано в Scopus). Третье научное положение: Совокупность результатов апробации роботизированной системы микроплазменного напыления, обладающей преимуществами в точности и эффективности выполнения технологического процесса по сравнению с существующими решениями. <i>Третье научное положение доказано в диссертации, в статьях и подтверждено актом производственных испытаний, не является тривиальным, новое, с широким уровнем применения для повышения точности и эффективности производственных процессов роботизированного микроплазменного напыления;</i> <u>Третье положение доказано в статьях:</u> 1Алонцева Д.Л., Хожанов А.Р., Герт С.С., Садибеков А.Б., Калюжный С.Н. Роботизированное микроплазменное напыление функциональных покрытий из тантала на титановые имплантаты// Вестник ВКТУ им. Д. Серикбаева. №3 -
--	--	--	---

			2020. – C.52-65. DOI 10.51885/15614212_2020_3_55 (Рекомендован ККСОН) 2. Alontseva D., Khozhanov A. R., Gert S.S., Krasavin A., Prokhorenkova N.V., Kaliuzhnyi S. Manufacturing and Characterization of Tantalum Microplasma Coatings for Biomedical Application//7th International Congress on Energy Fluxes and Radiation Effects (EFRE), 14-26 Sept. 2020, Tomsk, Russia. Publishing: IEEE, 2020.- P. 813 – 816. DOI: 10.1109/EFRE47760.2020.9242053 (проиндексировано в Scopus). 3. Alontseva D., Khozhanov A. R., Voinarovych S.G., Kyslytsia O N., Prokhorenkova N.V., Sadibekov A.B., Kaliuzhnyi S., Krasavin A. Robotic Microplasma Spraying and Characterization of Zirconium Coatings// 7th International Congress on Energy Fluxes and Radiation Effects (EFRE), 14-26 Sept. 2020, Tomsk, Russia. Publishing: IEEE, 2020.- P. 817 – 821. DOI: 10.1109/EFRE47760.2020.9242043 (проиндексировано в Scopus).
8.	Принцип достоверности Достоверность источников и предоставляемой информации	8.1 Выбор методологии - обоснован или методология достаточно подробно описана 1) <u>да;</u> 2) нет	Выбор методологии обоснован и методология подробно описана в диссертации. Выбор методологии обоснован критическим анализом существующих подходов к формированию функциональных покрытий различного назначения методами термического напыления, а также современных требований к микроструктуре, фазовому составу и свойствам этих покрытий. Подробно описаны основные методы исследования: планирование факторного эксперимента, регрессионный анализ, экспериментальные методы исследования структуры и свойств материалов: оптическая, сканирующая и просвечивающая электронная микроскопия, рентгеноструктурный фазовый анализ, энергодисперсионный элементный анализ, адгезионные испытания прочности на отрыв, измерения твердости, исследования электрической прочности покрытий,

			методы статистической обработки результатов.
		8.2 Результаты диссертационной работы получены с использованием современных методов научных исследований и методик обработки и интерпретации данных с применением компьютерных технологий: <u>да;</u> нет	Результаты диссертационной работы получены с использованием современных методов научных исследований и интерпретации данных с применением новых компьютерных технологий. Покрытия получены с применением роботизированной технологии микроплазменного напыления, при этом траектория робота, перемещающего установленный на нем микроплазмотрон генерируется по 3Д-траектории, реконструированной в результате обработки данных роботизированного 3Д-сканирования. Выполняется автоматическое программирование робота Kawasaki на языке AS с использованием компьютерного интерфейса управления манипулятором с человеком-оператором напыления. Использованы методы планирования факторного эксперимента для выбора параметров микроплазменного напыления, при этом интерпретация результатов исследования выполнена методами регрессионного анализа с применением компьютерных технологий. Программное обеспечение Mathcad (Mathsoft, PTC, Cambridge, Massachusetts, USA) использовалось для построения фигур металлизации и определения уравнения описывающей ее кривой, по которой в дальнейшем определялась площадь фигур металлизации. Для оценки пористости покрытий изображения их микроструктуры обрабатывали с помощью программ обработки изображений ATLAS.ti и ImageJ. Программное обеспечение X'Pert HighScore Plus (Malvern Panalytical, Великобритания) использовалось для оценки чистоты гидроксипатитового покрытия по методу Ритвельда. Применены статистические методы обработки и интерпретации данных испытаний адгезионной прочности и

			твердости покрытий с применением компьютерных технологий.
		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): <u>да;</u> нет	Теоретические выводы, выявленные взаимосвязи микроструктуры и свойств покрытий и закономерности влияния параметров микроплазменного напыления на характеристики покрытий доказаны и подтверждены экспериментальным исследованием микроструктуры и структурно-фазового состава покрытий методами оптической, электронной микроскопии, рентгеноструктурного анализа, а также исследованием адгезионной прочности, твердости, электрического сопротивления покрытий. Проведено успешное производственное испытание промышленного изделия с защитным покрытием, нанесенным по научно-рекомендованному режиму роботоманипулятором, которое показало повышение ресурса работы на 15% в следствие восстановления путем плазменного напыления износостойких защитных покрытий на разрушенные участки плиты. Данное испытание подтверждено актом производственных испытаний № 1 от 01.10.2020 «ИП Абакумов Р.А.»
		8.4 Важные утверждения <u>подтверждены</u>/частично подтверждены/не подтверждены ссылками на актуальную и достоверную научную литературу	Важные утверждения диссертации подтверждены ссылками на актуальную и достоверную научную литературу, список использованных источников включает 143 наименования, в которые включены также публикации автора диссертации, подтверждающие научные положения диссертации, ссылки на которые приводятся в соответствующих разделах работы.
		8.5 Использованные источники литературы <u>достаточны</u>/не достаточны для литературного обзора	Использованные источники литературы достаточны для литературного обзора, обзор литературы по теме исследования включает современные статьи в рецензируемых изданиях: в основном в научных журналах и трудах научных конференций, а также монографии зарубежных и казахстанских ученых, патенты на изобретения.

9	Принцип практической ценности	9.1 Диссертация имеет теоретическое значение: <u>да;</u> нет	Теоретическое значение диссертации заключается в углублении понимания закономерностей структурно- фазовых превращения в материалах покрытий и их подложек, а также физики процессов термического плазменного напыления покрытий.
		9.2 Диссертация имеет практическое значение и существует высокая вероятность применения полученных результатов на практике: <u>да;</u> нет	<u>Диссертация имеет практическое значение и существует высокая вероятность применения полученных результатов на практике.</u> Об этом свидетельствует то, что получен акт производственных испытаний («ИП Абакумов С.А.», № 1 от 01.10.2020) по результатам производственного испытания промышленного изделия (дробящей плиты), восстановленной и упрочненной путем роботизированного микроплазменного напыления (по рекомендованному в результате численного эксперимента режиму) покрытия из порошка композиционного сплава АН-35 (ГОСТ 21448-75), подтверждающему увеличение срока службы плиты щековой дробилки с микроплазменным покрытием изношенной поверхности. на 15% по сравнению с плитами, не подвергавшимися восстановлению. Для внедрения в практику предлагается: патент №5576 на полезную модель «Способ роботизированного микроплазменного напыления циркониевых покрытий» по заявке № 2020/0547.2. Дата приоритета 20.11.2020. Авторы: Д.Л. Алонцева, Н.В. Прохоренкова, А.Л. Красавин, А.Р. Хожанов
		9.3 Предложения для практики являются новыми? <u>полностью новые;</u> частично новые (новыми являются 25-75%); не новые (новыми являются менее 25%)	Предложения для практики являются полностью новыми, новизна предложений подтверждается выдачей патента Республики Казахстан на полезную модель на способ роботизированного микроплазменного напыления циркониевых покрытий.
10.	Качество написания и оформления	Качество академического письма: <u>высокое;</u> среднее; ниже среднего; низкое.	Качество академического письма высокое, работа логически последовательная, связная, изложена ясным научным языком. Качество рисунков высокое, подписи ясные. Работа оформлена в соответствии с требованиями.

Решение официального рецензента. Диссертация Хожанова А.Р. на тему: «Формирование функциональных покрытий с заданной структурой и свойствами методом роботизированного микроплазменного напыления», по научной новизне, объему, значимости полученных результатов, количеству и качеству опубликованных по теме диссертации работ соответствует требованиям главы 2 «Правил присуждения ученых степеней» Комитета по обеспечению качества в сфере науки и высшего образования МНиВО Республики Казахстан, предъявляемым к работам, представленным на соискание степени доктора философии (Ph.D.). Автор диссертации Хожанов Александр Рафаэлевич заслуживает присуждения искомой степени доктора философии (Ph.D.) по специальности 8D05301-Техническая физика

Официальный рецензент:

старший научный сотрудник

лаборатории радиационного материаловедения

РГП на ПХВ "Институт ядерной физики"

Министерства энергетики Республики Казахстан,

кандидат физико-математических наук



Д.А. Мережко

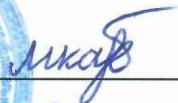
Подпись заверяю,

ученый секретарь

РГП на ПХВ "Институт ядерной физики"

Министерства энергетики Республики Казахстан,

кандидат физико-математических наук



К.К. Мунасбаева

Дата: 5 декабря 2023 г.