

## ОТЗЫВ

**официального рецензента на диссертационную работу Кожухметова Ерната Абилайыровича  
«Изменения структурно-фазового состояния сорбционно-активного материала на основе системы Ti-Al-Nb в  
процессе термоциклирования» на соискание степени доктора философии (PhD)  
по специальности 6D072300 – «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>1) <b><u>Диссертация выполнена в рамках проекта или целевой программы, финансируемого(ой) из государственного бюджета (указать название и номер проекта или программы)</u></b></p> <p>2) <b><u>Диссертация выполнена в рамках другой государственной программы (указать название программы)</u></b></p> <p>3) Диссертация соответствует приоритетному направлению развития науки, утвержденному Высшей научно-технической комиссией при Правительстве</p>	<p>Представленные в диссертации результаты исследования соответствуют приоритетному направлению развития науки «Энергетика и машиностроение».</p> <p>Диссертация Кожухметова Е.А. выполнена в рамках следующих научно-технических программ:</p> <p>1. Научно техническая программа «Развитие атомной энергетики в Республике Казахстан на 2018-2020 годы» (Номер госрегистрации - 0118РК01124), по теме: 02.04 «Исследование перспективных материалов на основе системы Ti-Al-Nb для хранения и транспортировки водорода».</p> <p>2. Федеральная целевая программа Российской Федерации в рамках международного многостороннего и двустороннего сотрудничества на 2014-2020 гг. (Внутренний номер соглашения 14.627.21.0003) по теме «Исследование и разработка процессов высокоомощного воздействия концентрированных потоков энергии для формирования поверхностных слоев с аморфной,</p>



		Республики Казахстан (указать направление)	нанокристаллической и интерметаллидной структурой для изделий, используемых в водородной энергетике и промышленной экологии»
2.	Важность для науки	Работа <b>вносит</b> /не вносит существенный вклад в науку, а ее важность <b>хорошо раскрыта</b> /не раскрыта	Диссертационная работа Кожахметова Е.А. вносит значимый вклад в науку, а ее результаты способствуют решению прикладных проблем физики твердого тела, материаловедения и порошковой металлургии. Проведенные автором исследования дают дополнительные знания по вопросам технологии создания новых конструкционных материалов с комплексом оптимальных свойств, используемых в области водородной энергетике, автомобильной и аэрокосмической промышленности. Работа может быть полезной в различных областях получения, хранения, транспортировки и использования водорода.
3.	Принцип самостоятельности	Уровень самостоятельности: 1) <b>Высокий</b> ; 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 научно-технических программ, в рамках которых выполнялась диссертационная работа
4.	Принцип внутреннего единства	4.1 Обоснование актуальности диссертации: 1) <b>Обоснована</b> ; 2) Частично обоснована; 3) Не обоснована.	Актуальность исследования хорошо обоснована: Поскольку в последние десятилетия все больший интерес привлекает использование водорода в качестве альтернативного энергоносителя. Одна из ключевых проблем, сдерживающих практическое использование



			<p>водорода во многих областях, связана с невысокой эффективностью его хранения и транспортировки. Для ее повышения наряду с совершенствованием традиционных технологий, основанных на компримировании и сжижении, ведется активный поиск новых материалов, способных запасать водород в компактном связанном виде. К их числу относятся гидридообразующие металлы и интерметаллические соединения (ИМС) на основе тройной системы Ti-Al-Nb. В то же время для технического применения гидридов металлов и ИМС необходимы стабильность их свойств при длительном цикле, а также термостабильность при воздействии повышенных температур. Понятно, что в зависимости от содержания легируемых элементов, технологии получения и температурных режимов возможно на практике получить различные гидридные системы с необходимой структурой и фазовым состоянием. Однако, рабочий ресурс гидридов металлов и ИМС для хранения водорода, можно определить только модельными испытаниями в лабораторных условиях</p>
		<p>4.2 Содержание диссертации отражает тему диссертации:  1) <b>Отражает;</b>  2) Частично отражает;  3) Не отражает</p>	<p>Содержание отражает тему настоящей диссертации. Представленные главы и ее разделы, заключение, положения и выводы согласуются и посвящены исследованию изменения структурно-фазового состояния сплавов на основе системы Ti-Al-Nb, при многократных высокотемпературных процессах гидрирования /дегидрирования.</p>



		<p>4.3. Цель и задачи соответствуют теме диссертации:</p> <p><b>1) <u>соответствуют</u>;</b>  2) частично соответствуют;  3) не соответствуют</p>	<p>Цель и задачи полностью соответствуют теме диссертации. Задачи взаимосвязаны, последовательны и направлены для достижения цели диссертации</p>
		<p>4.4 Все разделы и положения диссертации логически взаимосвязаны:</p> <p><b>1) <u>полностью взаимосвязаны</u>;</b>  2) взаимосвязь частичная;  3) взаимосвязь отсутствует</p>	<p>Все разделы и положения диссертации полностью взаимосвязаны, для защиты положений в разделах представлены экспериментальные результаты. Диссертация представляет из себя законченную научно-исследовательскую работу все главы которого имеют логическую цепочку повествования.</p>
		<p>4.5 Предложенные автором новые решения (принципы, методы) аргументированы и оценены по сравнению с известными решениями:</p> <p><b>1) <u>критический анализ есть</u>;</b>  2) анализ частичный;  3) анализ представляет собой не собственные мнения, а цитаты других авторов</p>	<p>На основе критического анализа ранее известных решений диссертантом Кожахметовым Е.А. предложены и аргументированы собственные принципы, отражающие содержание диссертационного исследования, поставлены задачи и методы получения результатов этого исследования.</p>
5.	Принцип научной новизны	<p>5.1 Научные результаты и положения являются новыми?</p> <p><b>1) <u>полностью новые</u>;</b>  <u>2) частично новые (новыми являются 25-75%);</u>  3) не новые (новыми являются менее 25%)</p>	<p>Научные результаты и положения диссертации являются новыми. При выполнении диссертационной работы впервые детально:</p> <p>1. разработан способ получения водородаккумулирующих перезаряжаемых ИМС системы Ti-Al-Nb. Разработанный способ защищен патентом Республики Казахстан № 5809 от 29.01.2021 Бюл. №4;</p>



			<p>2. получены данные по влиянию размеров частиц элементарных порошков в исходной шихте на структурообразование интерметаллидов титана в процессе МА и ИПС;</p> <p>3. описаны и объяснены особенности формирования структуры и фазового состава механоактивированной порошковой композиции системы Ti-Al-Nb при ИПС;</p> <p>4. получен двухфазный (O+B2) сплав системы Ti-Al-Nb обладающей высокой термической стабильностью структурно-фазового состояния и сорбционных свойств (1,91 мас.%).</p>
		<p>5.2 Выводы диссертации являются новыми?</p> <p><b>1) полностью новые;</b></p> <p>2) частично новые (новыми являются 25-75%);</p> <p>3) не новые (новыми являются менее 25%)</p>	<p>Полученные автором результаты и выводы являются полностью новыми, поскольку основываются на экспериментальных исследованиях автора диссертации. Результатом диссертационной работы является полученный комбинированием современных технологических процессов двухфазный сплав (O+B2), который обладает высокой водородоемкостью и высокотемпературной стабильностью сорбционных свойств.</p>
		<p>5.3 Технические, технологические, экономические или управленческие решения являются новыми и обоснованными:</p> <p><b>1) полностью новые;</b></p> <p>2) частично новые (новыми являются 25-75%);</p> <p>3) не новые (новыми являются менее</p>	<p>Полнота новизны технических и технологических решений подтверждается.</p> <p>Разработанные способы по получению водородаккумулялирующих ИМС на основе системы Ti-Al-Nb, а также предложенные методики и рекомендации успешно применяются в Национальном ядерном центре Республики Казахстан в рамках проекта по программно-целевому финансированию научных, научно-</p>



		25%)	технических программ.
			По результатам проведенных работ автором получен инновационный патент РК, а также акты внедрения результатов диссертационной работы в производство и в учебный процесс
6.	Обоснованность основных выводов	Все основные выводы <u>основаны</u> /не основаны на весомых с научной точки зрения доказательствах либо достаточно хорошо обоснованы (для qualitative research и направлений подготовки по искусству и гуманитарным наукам)	<p>Обоснованность и достоверность каждого результата (научного положения) подтверждаются объемом и статистикой экспериментальных данных и их анализом, и публикациями результатов исследований в международных научных изданиях и полученным патентом РК.</p> <p>Выводы соискателя характеризуются внутренним единством и полным соответствием положениям диссертации.</p> <p>Заключение, сформулированное по результатам работы, согласуется с актуальностью и основным содержанием работы, а также является изложенным в логической последовательности выводом.</p>
7.	Основные положения, выносимые на защиту	<p>Необходимо ответить на следующие вопросы по каждому положению в отдельности:</p> <p>7.1 Доказано ли положение?</p> <p>1) доказано;</p> <p>2) скорее доказано;</p> <p>3) скорее не доказано;</p> <p>4) не доказано</p> <p>7.2 Является ли тривиальным?</p> <p>1) да;</p>	<p>№ 1. Формирования фазового состава и структуры порошковой композиции системы Ti-25Al-25Nb (at. %) в процессе МА.</p> <p>МА в течении 20 мин. и 180 мин. при ускорении 650 об./мин. и 350 об./мин. соответственно, позволяет получать порошковую композицию системы Ti-Al-Nb с развитой дефектной структурой, с макро- и микроискажениями, высокой удельной поверхностью и реакционной способностью;</p>



	<p>2) нет</p> <p>7.3 Является ли новым?</p> <p>1) да;</p> <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>7.1 Доказано ли положение?</p> <p><b>доказано;</b></p> <p>7.2 Является ли тривиальным?</p> <p><b>нет</b></p> <p>7.3 Является ли новым?</p> <p><b>да</b></p> <p>7.4 Уровень для применения:</p> <p><b>широкий</b></p> <p>7.5 Доказано ли в статье?</p> <p><b>да;</b></p> <p><b>№ 2. Особенности структуро- и фазообразования механоактивированных порошковых композиций системы Ti-Al-Nb в зависимости от температуры ИПС. ИПС механоактивированных порошковых композиций системы Ti-25Al-25Nb (at.%) в течении 5 мин. и при 1300 °С приводит к образованию сплошной микрооднородной, преимущественно двухфазной (O+B2) структуры, с высоким содержанием орторомбической NbAlTi<sub>2</sub> – фазы;</b></p> <p>7.1 Доказано ли положение?</p> <p><b>доказано;</b></p> <p>7.2 Является ли тривиальным?</p> <p><b>нет</b></p> <p>7.3 Является ли новым?</p> <p><b>да</b></p> <p>7.4 Уровень для применения:</p> <p><b>широкий</b></p>
--	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



			<p>7.5 Доказано ли в статье?  <b>да;</b></p> <p><b>№3.</b> Значительная термическая стабильность структурно-фазового состояния и сорбционных свойств двухфазного (O+B2) сплава системы Ti-25Al-25Nb (at.%) в процессе термоциклирования.  Двухфазная (O+B2) структура сплава системы Ti-25Al-25Nb (at. %) в результате многократных (10 циклов) высокотемпературных процессов сорбции/десорбции (500/600°C) водородом (1,91 мас.%) не претерпевает значительных изменений.</p> <p>7.1 Доказано ли положение?  <b>доказано;</b></p> <p>7.2 Является ли тривиальным?  <b>нет</b></p> <p>7.3 Является ли новым?  <b>да</b></p> <p>7.4 Уровень для применения:  <b>широкий</b></p> <p>7.5 Доказано ли в статье?  <b>да;</b></p>
8.	<p>Принцип достоверности и Достоверность</p>	<p>8.1 Выбор методологии - обоснован или методология достаточно подробно описана</p> <p>1) да;  2) нет</p>	<p>Выбор методов и методических подходов обоснован. Методология подробно описана.</p>



ь источников и предоставля мой информации	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 исследованиям.
	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
	8.5 Используемые источники литературы достаточны/не	Список литературных источников в диссертационной работе насчитывает 131 научных и актуальных источников, которых вполне достаточно для проведения



		достаточны для литературного обзора	аналитического литературного обзора по теме диссертации
9	Принцип практической ценности	9.1 Диссертация имеет теоретическое значение: 1) да; 2) нет	Данные, полученные при реализации НИР в рамках диссертационной работы, могут быть использованы при объяснении характера структурных преобразований в процессе формирования композитов в неравновесных условиях, а именно в условиях быстрого нагрева и охлаждения, реализуемых при высокоэнергетической обработке порошковых композиции. А также дадут дополнительные знания по вопросам технологии создания новых конструкционных материалов с комплексом оптимальных свойств, используемых в области водородной энергетики, автомобильной и аэрокосмической промышленности.
		9.2 Диссертация имеет практическое значение и существует высокая вероятность применения полученных результатов на практике: 1) да; 2) нет	Разработанные способы по получению водородаккумулирующих ИМС на основе системы Ti-Al-Nb, а также предложенные методики и рекомендации в диссертационной работе уже успешно применяются в Национальном ядерном центре Республики Казахстан в рамках проекта по программно-целевому финансированию научных, научно-технических программ: – «Разработка технологий производства и хранения водорода для развития альтернативной энергетики в Республике Казахстан» в рамках программно-целевого финансирования научных, научно-технических программ на 2021-2023 годы, ИРН BR10965284; – «Исследование влияния различных температурно-



			временных параметров термической обработки на формирование комплекса свойств сплавов на основе орторомбического алюминид титана» в рамках НТП «Развитие атомных и энергетических проектов в Республике Казахстан» на 2021-2023 г., ИРН BR09158470.
		9.3 Предложения для практики являются новыми? 1) полностью новые; 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%)	Проведенные автором исследования дают дополнительные знания по вопросам технологии создания новых конструкционных материалов с комплексом оптимальных свойств, используемых в области водородной энергетики, автомобильной и аэрокосмической промышленности. Работа может быть полезной в различных областях получения, хранения, транспортировки и использования водорода.
10.	Качество написания и оформления	Качество академического письма: 1) <u>высокое</u> ; 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 и является достоверным.

В целом, диссертационная работа Кожаметова Е.А. «Изменения структурно-фазового состояния сорбционно-активного материала на основе системы Ti-Al-Nb в процессе термоциклирования» выполнена на высоком научном уровне, представляет собой законченную самостоятельную научно-исследовательскую работу, по содержанию и оформлению соответствует требованиям, предъявляемым Комитетом по обеспечению качества в сфере образования и



науки МОН РК к PhD диссертациям, а ее автор Кожаметов Ернат Абилхайырович несомненно заслуживает присуждения степени доктора философии (PhD) по специальности «6D072300 – Техническая физика».

**Официальный рецензент:**

**доктор PhD, заведующий кафедрой физики и технологий,  
сениор-лектор Высшей школы IT и естественных наук  
НАО «ВКУ имени Сарсена Аманжолова»**

«16» 09 2022 г.



**Сакенова Р.Е.**

*Подпись Сакеновой Р.Е.  
удостоверено след. УМЧПП [Signature]*