

**Письменный отзыв официального рецензента
на диссертационную работу Цхе Валентина Константиновича
«Разработка реакторного метода получения кориума и исследование его структурно-фазового состояния и механических свойств»
на соискание степени доктора философии 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) <u>Диссертация выполнена в рамках проекта или целевой программы, финансируемого(ой) из государственного бюджета (указать название и номер проекта или программы)</u></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 на тему: «Разработка реакторного метода получения кориума и исследование его структурно-фазового состояния и механических свойств» (дата утверждения приказ №-1048-С от 20.10.2018 г.; дата корректировки: приказ №110-С от 24.02.2023 г. соответствует приоритетному направлению науки «Энергетика и машиностроение».</p> <p>Диссертация выполнена в рамках проекта грантового финансирования Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан «Свойства и характеристики расплава материалов активной зоны ядерного реактора, полученного на исследовательском реакторе ИГР» (Договор №305 от 30.03.2018 года; №АР05133086).</p>
2.	Важность для науки	Работа <u>вносит</u> /не вносит существенный вклад в науку, а ее важность <u>хорошо раскрыта</u> /не раскрыта	<p>Работа вносит вклад в развитие прикладной науки, а важность диссертационного исследования хорошо раскрыта.</p> <p>Вклад представленных в диссертации результатов в развитие прикладной науки заключается в разработке метода получения расплава конструкционных и топливных</p>

2.	Важность для науки	Работа <u>вносит</u> /не вносит существенный вклад в науку, а ее важность <u>хорошо раскрыта</u> /не раскрыта	<p>Работа вносит вклад в развитие прикладной науки, а важность диссертационного исследования хорошо раскрыта.</p> <p>Вклад представленных в диссертации результатов в развитие прикладной науки заключается в разработке метода получения расплава конструкционных и топливных материалов активной зоны ядерного реактора с использованием реактора ИГР, который направлен на формирование концепций извлечения кориума из аварийных реакторов путем механического извлечения.</p> <p>Важность работы для науки хорошо раскрыта за счет выполнения последовательных задач и достигнутых результатов, а также использованием уникального экспериментального оборудования</p>
3.	Принцип самостоятельности	<p>Уровень самостоятельности:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) <u>Высокий</u>; 2) Средний; 3) Низкий; 4) Самостоятельности нет 	<p>Диссертация Цхе В.К. является законченным и самостоятельным научным исследованием.</p> <p>Соискателем самостоятельно проеден литературный обзор и патентный поиск, определены объект и методы исследований, а также сформулированы задачи и цель.</p> <p>Расчетные и экспериментальные работы, публикационная активность в рамках выполнения диссертационного исследования были реализованы при непосредственном участии автора. Анализ полученных результатов и разработка программно-методической, отчетной документации по результатам экспериментальных работ также выполнены соискателем самостоятельно.</p> <p>Вследствие вышеизложенного, можно заключить, что уровень самостоятельности Цхе В.К. достаточно высок.</p>

4.	Принцип внутреннего единства	<p>4.1 Обоснование актуальности диссертации:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Обоснована; 2) Частично обоснована; 3) Не обоснована. 	<p>Актуальность диссертации полностью обоснована. Основная часть работ выполнена в рамках проекта грантового финансирования.</p> <p>Актуальность выбранной автором темы исследования обусловлена тем, что на сегодняшний день практически отсутствуют внутриреакторные методы получения расплава конструкционных и топливных материалов активной зоны ядерного реактора на быстрых нейтронах, что обуславливает и дефицит справочных данных о его свойствах и характеристиках.</p> <p>Поэтому представленный в диссертации метод получения модельного кориума в условиях, моделирующих тяжелую реакторную аварию, гарантирует его формирование внутри ампульного облучательного устройства с дальнейшей возможностью извлечения застывшего расплава для проведения материаловедческих исследований.</p> <p>Данные о структуре, фазовом состоянии и механических свойствах затвердевшего модельного расплава конструкционных и топливных материалов активной зоны ядерного реактора на быстрых нейтронах дополняют немногочисленную имеющуюся базу экспериментальных данных о свойствах и характеристиках кориума, которые могут быть использованы специалистами занятыми вопросами формирования концепции и разработки специализированного инструментария для извлечения кориума из поврежденных реакторов.</p> <p>Представленные результаты диссертационного исследования, несомненно, вносят вклад в развитие области атомной энергетики не только Республики Казахстан, но и передовых стран, таких как Япония, Россия и Франция. Представительные результаты работы, опубликованные в международных рейтинговых научных изданиях, могут способствовать развитию кооперации и международного научно-технического сотрудничества и, как следствие, привлечению иностранных инвестиций.</p>
----	------------------------------	--	--

		<p>4.2 Содержание диссертации отражает тему диссертации:</p> <ol style="list-style-type: none">1) Отражает;2) Частично отражает;3) Не отражает	<p>Содержание диссертации отражает ее тему: «Разработка реакторного метода получения кориума и исследование его структурно-фазового состояния и механических свойств». Внутренняя структура включает введение, пять глав и заключение.</p> <p>Первая глава посвящена литературному обзору экспериментальных методов, установок и устройств, обеспечивающих надежные и представительные результаты. Также внимание уделено и свойствам модельного (прототипного) кориума, которые были получены и опубликованы другими авторами. Автором проанализированы научные материалы 76 источников, непосредственно связанных с темой диссертационного исследования.</p> <p>Во второй главе представлены основные методики, установки и оборудование использование которого позволило достичь поставленных задач и цели диссертации.</p> <p>В третьей главе диссертации описана конструкция ампульного облучательного устройства, обеспечивающее длительное удержание расплавленных материалов в полости, образованной защитными барьерами, а также расчетные обоснования принятых конструкций.</p> <p>Четвертая глава посвящена методике расчета запаса реактивности реактора ИГР для пуска в режиме «Импульс». Показаны основные зависимости, влияющие на изменение реактивности и принцип работы атоматического регулятора мощности реактора ИГР, обеспечивающий движение компенсирующих стержней регулирования СУЗ по заданному закону.</p> <p>В пятой главе представлены результаты материаловедческих исследований образцов модельного кориума, полученного в референтном эксперименте. Определены структура, основные фазы, содержащиеся в материале, а также значения микротвердости поверхности образцов.</p>
--	--	---	--

			Третья, четвертая и пятая главы полностью отражают основные достигнутые результаты исследовательской работы в обоснование положений, выносимых на защиту.
		4.3. Цель и задачи соответствуют теме диссертации: 1) <u>соответствуют;</u> 2) частично соответствуют; 3) не соответствуют	Цель и задачи работы, сформулированные автором, полностью соответствуют теме диссертации. Целью диссертации является разработка реакторного метода получения расплава конструкционных и топливных материалов активной зоны энергетического реактора и исследование его структурно-фазового состояния и механических свойств. Для достижения обозначенной цели были решены пять основных последовательных задач, которые также соответствуют теме диссертации.
		4.4 Все разделы и положения диссертации логически взаимосвязаны: 1) <u>полностью взаимосвязаны;</u> 2) взаимосвязь частичная; 3) взаимосвязь отсутствует	Все разделы и положения, изложенные в диссертации, имеют логическую взаимосвязь и представляет собой целостную, структурированную и законченную работу.
		4.5 Предложенные автором новые решения (принципы, методы) аргументированы и оценены по сравнению с известными решениями: 1) <u>критический анализ есть;</u> 2) анализ частичный; 3) анализ представляет собой не собственные мнения, а цитаты других авторов	Предложенные автором методики, алгоритмы, подходы и технические решения аргументированы и опубликованы в международных рейтинговых научных журналах. Соискатель провел критический анализ собственных разработок, основанный на сравнении с известными методами и решениями, опубликованными в международных и отечественных научных изданиях. Основные вводы и заключения диссертации были обсуждены на 5 международных конференциях и опубликованы в 5 публикациях в отечественных и международных рецензируемых научных изданиях.

5.	Принцип научной новизны	<p>5.1 Научные результаты и положения являются новыми?</p> <p>1) <u>полностью новые</u>;</p> <p>2) частично новые (новыми являются 25-75%);</p> <p>3) не новые (новыми являются менее 25%)</p>	<p>Научные результаты и выносимые положения являются полностью новыми, так как впервые:</p> <p>1. Разработано экспериментальное ампульное облучательное устройство для проведения испытаний ТВС, обеспечивающее удержание расплава конструкционных и топливных материалов в границах его защитных барьеров при моделировании тяжелой реакторной аварии;</p> <p>2. Разработана и отработана в серии реакторных экспериментов методика расчета запаса реактивности реактора ИГР для пуска в режиме «Импульс»;</p> <p>3. Получены новые данные о возможности получения кориума, представляющего собой затвердевший расплав топлива и конструкционных материалов модельной сборки, свойства которого зависят от процентного содержания материалов в расплаве</p> <p>Полученные научные результаты опубликованы в 5 печатных работах, из них 3 статьи в журнале, входящем в число международных информационных ресурсов и индексируемом в базах данных Web of Science Core Collection (Clarivate Analytics) и Scopus и 2 статьи в рецензируемых научных изданиях РК, рекомендованных Комитетом по обеспечению качества в сфере науки и высшего образования МНВО РК, кроме этого автором был получен патент РК на изобретение.</p>
		<p>5.2 Выводы диссертации являются новыми?</p> <p>1) <u>полностью новые</u>;</p> <p>2) частично новые (новыми являются 25-75%);</p> <p>3) не новые (новыми являются менее 25%)</p>	<p>Выводы и заключение, представленные в диссертации являются полностью новыми. Каждое положение, выносимое на защиту, подтверждено расчетными и уникальными экспериментальными данными, полученными на исследовательском графитовом реакторе ИГР. Результатом данной работы является реакторный метод получения кориума заданного компонентно-элементного состава в ампульном облучательном устройстве.</p>

		<p>5.3 Технические, технологические, экономические или управленческие решения являются новыми и обоснованными:</p> <p>1) полностью новые;</p> <p>2) частично новые (новыми являются 25-75%);</p> <p>3) не новые (новыми являются менее 25%)</p>	<p>При определении структурно-фазового состояния и механических свойств модельного корриума, представленными в пятой главе диссертации, был проанализирован и частично применен опыт других авторов, однако основные технические и технологические решения по поиску фаз и измерения микротвердости образцов, являются новыми и оригинальными.</p>
6.	Обоснованность основных выводов	<p>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>	<p>Данные, полученные соискателем, а также сформулированные основные выводы имеют теоретическую и практическую значимость. Поставленная цель диссертационной работы достигнута, а поставленные задачи решены. Выводы, представленные соискателем, получены на основе научных результатов не противоречат общепринятым представлениям, достаточно хорошо обоснованы, доказаны и логичны.</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>Положение №1. Результаты нейтронно-физических и теплофизических расчетов в обоснование возможности проведения эксперимента по облучению тепловыделяющей сборки, размещенной в разработанном ампульном облучательном устройстве, в условиях реакторного моделирования тяжелой аварии. Определена требуемая к реализации диаграмма изменения мощности в ТВС АОУ в режиме «Импульс», способная обеспечить заданное удельное энерговыделение в топливе $\sim 2,8$ кДж/г UO_2 и температуру $\sim 3170^\circ K$.</p> <p>7.1 Доказано ли положение?</p> <p>1) доказано;</p> <p>7.2 Является ли тривиальным?</p> <p>2) нет</p>

		<p>7.2 Является ли тривиальным? 1) да; 2) <u>нет</u></p>	<p>7.3 Является ли новым? 1) <u>да</u>; 7.4 Уровень для применения: 3) <u>широкий</u> 7.5 Доказано ли в статье? 1) <u>да</u>; Результаты опубликованы в журнале, рекомендованном Комитетом по обеспечению качества в сфере науки и высшего образования МНВО РК, а также в официальном бюллетене РГП НИИС МЮ РК.</p>
		<p>7.3 Является ли новым? 1) <u>да</u>; 2) нет</p>	<p>Положение №2. Методика определения требуемого запаса реактивности реактора ИГР для реализации пуска в режиме «Импульс». Установлены основные зависимости между параметрами требуемой диаграммы изменения мощности реактора, энерговыделения в активной зоне и количеством компенсирующих стержней, минимально достаточном для их реализации.</p>
		<p>7.4 Уровень для применения: 1) узкий; 2) средний; 3) <u>широкий</u></p>	<p>7.1 Доказано ли положение? 1) <u>доказано</u>; 7.2 Является ли тривиальным? 2) <u>нет</u> 7.3 Является ли новым? 1) <u>да</u>; 7.4 Уровень для применения: 3) <u>широкий</u></p>
		<p>7.5 Доказано ли в статье? 1) <u>да</u>; 2) нет</p>	<p>7.5 Доказано ли в статье? 1) <u>да</u>; Результаты опубликованы в журнале, рекомендованном Комитетом по обеспечению качества в сфере науки и высшего образования МНВО РК, а также в журнале, входящем в рецензируемые базы данных Web of Science и Scopus. Положение №3. Особенности структурно-фазового состояния и механические свойства затвердевшего модельного расплава конструкционных и топливных материалов активной зоны ядерного реактора.</p>

			<p>Наличие включений в виде соединений урана (до ~1,5 мас.% по U) в теле и на границах зерен металлической матрицы не оказывает значительного влияния на микротвердость (148÷152 HV_{0,2}) модельного кориума.</p> <p>7.1 Доказано ли положение? 1) <u>доказано;</u> 7.2 Является ли тривиальным? 2) <u>нет</u> 7.3 Является ли новым? 1) <u>да;</u> 7.4 Уровень для применения: 3) <u>широкий</u> 7.5 Доказано ли в статье? 1) <u>да;</u></p> <p>Результаты опубликованы в журнале, входящем в рецензируемые базы данных Web of Science и Scopus.</p>
8.	Принцип достоверности Достоверность источников и предоставляемой информации	8.1 Выбор методологии - обоснован или методология достаточно подробно описана 1) <u>да;</u> 2) нет	<p>Диссертационное исследование проведено автором с использованием технических и аналитических методов, аттестованного лабораторного оборудования и сертифицированного программного обеспечения. Методология, выбранная соискателем, подробно описана в диссертационной работе.</p>
		8.2 Результаты диссертационной работы получены с использованием современных методов научных исследований и методик обработки и интерпретации данных с применением компьютерных технологий: 1) <u>да;</u> 2) нет	<p>Результаты теоретических исследований, полученные автором, подтверждаются консолидированным применением лицензионного программного обеспечения и апробированных методов проведения нейтронно-физических и теплофизических расчетов.</p>
		8.3 Теоретические выводы, модели, выявленные взаимосвязи и закономерности доказаны и подтверждены экспериментальным исследованием (для направлений подготовки по педагогическим наукам	<p>Теоретические выводы, модели, выявленные взаимосвязи и закономерности доказаны и подтверждены расчетными и экспериментальными исследованиями как внутриреакторными испытаниями на реакторе ИГР, так и проведением комплексных материаловедческих исследований.</p>

		<p>результаты доказаны на основе педагогического эксперимента):</p> <p>1) <u>да</u>;</p> <p>2) нет</p>	
		<p>8.4 Важные утверждения <u>подтверждены</u>/частично подтверждены /не подтверждены ссылками на актуальную и достоверную научную литературу</p>	<p>Все важные и значимые утверждения подтверждены ссылками на материалы, использованные в ходе исследования. Сравнительный анализ полученных результатов был основан на известных и опубликованных данных.</p>
		<p>8.5 Используемые источники литературы <u>достаточны</u>/не достаточны для литературного обзора</p>	<p>В диссертации использованы 134 литературных источников, при этом в разделе литературного обзора имеются ссылки на 76 источников.</p>
9.	Принцип практической ценности	<p>9.1 Диссертация имеет теоретическое значение:</p> <p>1) <u>да</u>;</p> <p>2) нет</p>	<p>Исследования автора представляют интерес для специалистов, занятых вопросами исследований и оценки безопасности сложных технологических процессов и объектов и безусловно будут способствовать развитию науки и ядерных технологий.</p>
		<p>9.2 Диссертация имеет практическое значение и существует высокая вероятность применения полученных результатов на практике:</p> <p>1) <u>да</u>;</p> <p>2) нет</p>	<p>Применение результатов, представленных в диссертации, имеет высокое практическое значение. Методика расчета запаса реактивности реактора ИГР позволит реализовывать пуски в режиме «Импульс» с заданными мощностными и энергетическими параметрами при условии использования наименьшего количества компенсирующих стержней, тем самым повышая эффективность и безопасность реакторной установки.</p> <p>Имеются акты о внедрении результатов диссертационной работы в процедуру подготовки и проведения пусков на импульсном реакторе ИГР филиала «Институт атомной энергии» РГП НЯЦ РК и в учебный процесс Факультета базовой инженерной подготовки НАО «ВКТУ им. Д. Серикбаева», а также получен патент на изобретение Республики Казахстан №34494, бюл. №40, опубл. 09.10.2020 г.</p>

		<p>9.3 Предложения для практики являются новыми?</p> <p>1) полностью новые;</p> <p>2) частично новые (новыми являются 25-75%);</p> <p>3) не новые (новыми являются менее 25%)</p>	<p>Предложенный метод является новым для практики проведения реакторных экспериментов в режиме «Импульс» на исследовательском реакторе ИГР. Предложения, отраженные в диссертации, могут быть использованы в подготовке и реализации реакторных испытаний топливных композиций, включая плавление ядерных материалов.</p>
10.	Качество написания и оформления	<p>Качество академического письма:</p> <p>1) высокое;</p> <p>2) среднее;</p> <p>3) ниже среднего;</p> <p>4) низкое.</p>	<p>Качество академического письма высокое. Оформление работы соответствует общим требованиям, предъявляемым к диссертации. Диссертация представляет собой законченную научно-исследовательскую работу, имеющую экспериментальный характер.</p>

Диссертация Цхе Валентина Константиновича на тему «Разработка реакторного метода получения кориума и исследование его структурно-фазового состояния и механических свойств» по достигнутым научным результатам, теоретической и практической значимости, качеству написания и оформления представляет собой законченный научный труд. В работе не представлены результаты рентгенофазового анализа образцов кориума, однако данное замечание носит рекомендательный характер и не уменьшает научно-практическую значимость диссертации. Считаю, что работа, представленная на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности 6D072300 – «Техническая физика», по объему и содержанию отвечает всем требованиям, предъявляемым Комитетом по обеспечению качества в сфере науки и высшего образования МНВО РК к диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения искомой степени доктора философии (PhD).

Официальный рецензент:

PhD, ассоциированный профессор,
старший научный сотрудник Научно-исследовательского центра
«Инженерия поверхности и трибология»
НАО Восточно-Казахстанский университет имени Сарсена Аманжолова



Ж.Б. Сағдолдина

10.07.2023г.

подпись Верна
специалист

УП

