

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа новых производственных технологий

Направление подготовки: *Материаловедение и технологии материалов*

Отделение материаловедения

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы			
Синтез керамических материалов нового поколения на основе оксикарбонитридных фаз циркония			
УДК 666.3-047.84:661.88			
Студент			
Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Б51	Юсупова Зилия Наильевна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ОМ	Матренин С.В.	К.Т.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ШБИП	Подопригора И.В.	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД ШБИП	Скачкова Л.А.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
22.03.01 Материаловедение и технологии материалов	Овечкин Б.Б.	К.Т.Н., доцент		

Планируемые результаты обучения по ООП 22.03.01

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
P1	Применять основные положения и методы гуманитарных наук при решении социально-общественных и профессиональных задач в области материаловедения и технологии материалов
P2	Использовать современное информационное пространство при решении профессиональных задач в области материаловедения и технологии материалов
P3	Разрабатывать, оформлять и использовать техническую документацию, включая нормативные документы по вопросам интеллектуальной собственности в области материаловедения и технологии материалов
P4	Проводить элементарный экономический анализ ресурсов, технологий и производств при решении профессиональных задач в области материаловедения и технологии материалов
P5	Эффективно работать в коллективе на основе принципов толерантности, использовать устную и письменную коммуникации на родном и иностранном языках в мультикультурной среде.
P6	Эффективно выполнять трудовые функции по реализации высокотехнологичных производств материалов и изделий
P7	Проводить комплексную диагностику материалов, процессов и изделий с использованием технических средств измерений, испытательного и производственного оборудования
P8	Готовность к мотивированному саморазвитию, самоорганизации и обучению для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности в области материаловедения и технологии материалов
P9	Успешно использовать методы и приемы организации труда, обеспечивающие эффективное, экологически, социально и технически безопасное производство
P10	Использовать принципы производственного менеджмента и управления персоналом в производственной деятельности в области материаловедения и технологии материалов

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа новых производственных технологий

Отделение материаловедения

Направление подготовки: *Материаловедение и технологии материалов*

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП
_____ Б.Б.Овечкин

(Подпись) (Дата)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
4Б51	Юсуповой Зилие Наильевне

Тема работы:

Синтез керамических материалов нового поколения на основе оксикарбонитридных фаз циркония	
Утверждена приказом директора ИШ НПТ	Приказ №_1542 от 27.02.2019

Срок сдачи студентом выполненной работы:

--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	<ol style="list-style-type: none">1. Порошок ZrO_2 -3 мол. % Y_2O_3 марки УДПО ВТУ 4-25-90, полученный в условиях плазмохимического синтеза ПХС ,2. Порошок ZrN марки чист. ТУ 6-09-4050-75,3. Порошок ZrC, который представляет собой фазу внедрения , что отвечает формуле $ZrC_{0,62}$ и $ZrC_{1,0}$.
---------------------------------	--

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	<ol style="list-style-type: none"> 1. Изучение литературы; 2. Изучение технологических свойств порошков; 3. Механическая активация порошков ; 4. Пластификация ; 5. Формование и спекание порошков; 6. Наноиндентирование спеченных образцов; 7. Изучение микроструктуры.
--	--

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

Раздел	Консультант
<i>Финансовый менеджмент...</i>	<i>Подопригора Игнат Валерьевич, доцент ШБИП</i>
<i>Социальная ответственность</i>	<i>Скачкова Лариса Александровна, старший преподаватель ООД ШБИП</i>

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
---	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ОМ ИШНПТ	Матренин С.В.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Б51	Юсупова Зилия Наильевна		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 82 с., 14 рисунков, 11 таблиц, 27 источников.

Ключевые слова: диоксид циркония, карбид циркония, нитрид циркония, твердофазный синтез, оксикарбонитридные фазы циркония

Объектом исследования являются порошки оксида циркония, нитрида циркония и карбида циркония.

Цель работы: Исследование структуры и физико-механических свойств керамики на основе оксикарбонитридных фаз циркония, полученной прессованием и спеканием, горячим прессованием порошков.

В процессе исследования проводились гранулометрический анализ порошков, активация порошков, формование, холодное и горячее прессование, наноиндентирование, определение модуля Юнга, твердости и плотности спеченных образцов.

В результате исследования были получены образцы двух составов горячим и холодным прессованием, изучены их свойства, определены плотность, модуль Юнга, твердость.

ZrO₂ представляет собой оксид, который отличается высокой химической, механической и термической стабильностью. Характерные свойства ZrC: тугоплавкость, хорошо проводит тепло, очень твердый, устойчив к износу, хорошо переносит агрессивную среду, медленно испаряется и высокая плотность эмиссии. ZrN устойчив к износу, тугоплавкий.

Область применения: машиностроении, авиакосмической технике, а также в медицине, что связано с уникальным сочетанием свойств - высокой механической прочностью, химической стойкостью и износостойкостью

Экономическая эффективность/значимость работы состоит в том, что горячее прессование экономит время, электроэнергию и денежные затраты.

В будущем планируется провести более подробные исследования порошков и керамики на их основе.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ И НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

СПС – искровое плазменное спекание

СВЧ – сверхвысокочастотная

ПХС – плазмохимический синтез

Оглавление

Введение	10
1. Литературный обзор	12
1.1. Свойства циркония	12
1.2 Оксидциркония, керамика на его основе	13
1.3 Карбиды и нитриды циркония	18
1.4 Технология карбидной и нитридной керамики	21
2. Экспериментальная часть	24
2.1 Исходные материалы	24
2.2 Оборудование и методики исследования	25
3. Результаты экспериментов и их обсуждение	34
ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА	46
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»	46
Глава 4. Финансовый менеджмент	47
4.1 Потенциальные потребители результатов исследования	47
4.2 Анализ конкурентных технических решений	48
4.3 SWOT-анализ	49
4.4 Планирование научно-исследовательских работ	53
4.4.1 Структура работ в рамках научного исследования	53
4.4.2 Разработка графика проведения научного исследования	55
4.4.3 Бюджет научно-технического исследования	58
4.4.3.1 Расчет материальных затрат НТИ	58
4.4.3.2 Расчет затрат на специальное оборудование НТИ	59
4.4.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы	60
4.4.3.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы	61
4.4.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды	61
4.4.3.6 Формирование бюджета затрат НТИ	62
4.4.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной, экономической эффективности исследования	62
ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА	66
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»	66
5. Социальная ответственность	68
5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности ...	68

5.1.1 Специальные (характерные для рабочей зоны исследователя) правовые нормы трудового законодательства	68
5.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя.....	69
5.2 Производственная безопасность.....	70
5.2.1 Анализ выявленных вредных факторов	71
5.2.2 Электробезопасность	75
5.2.3 Экологическая безопасность	75
5.2.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	77
Заключение	80
Список использованных источников	81

Введение

Несмотря на многообразие методов синтеза оксидов, нитридов и карбидов циркония и консолидирования керамики на их основе, разрабатываемых в настоящее время, научный и практический интерес представляет твердофазный синтез в процессе компактирования соответствующих смесей в инертной атмосфере. При этом порошки могут быть спрессованы в компакты, как до спекания, так и в его процессе. Во втором случае могут применяться различные варианты горячего прессования и искрового плазменного спекания (СПС). Для тугоплавких ионноковалентных оксикарбонитридов переходных металлов активированное спекание является актуальной проблемой, так как тугоплавких соединений осуществляется по диффузионному механизму. Для ее решения необходимо исследование закономерностей и механизмов консолидирования оксикарбонитридных керамических материалов и поиск соответствующих активирующих добавок и методов активирования.

Другим перспективным способом активирования твердофазного спекания оксикарбонитридов переходных металлов является предварительная обработка СВЧ-излучением высокой плотности мощности отдельных компонентов синтезируемой керамики. Обработанные СВЧ-излучением материалы имеют повышенную концентрацию дефектов атомной и электронной подсистем, при релаксации которых повышается диффузионная активность в процессе спекания.

Материалы на основе тетраэдрических оксикарбонитридных фаз с регулярным распределением компонентов с различной степенью ионности химической связи характеризуются уникальным сочетанием прочностных, электро- и теплофизических свойств: низкой плотностью и высокой

твёрдостью, высокой теплопроводностью и низкой электропроводностью, повышенной термической стабильностью жаропрочностью и др.

1. Литературный обзор

1.1. Свойства циркония

Цирконий—блестящий серебристо-серый металл. Существует в трёх кристаллических модификациях, α , β и ω :

α -Zr — гексагональная сингония, параметры ячейки $a=0,3231$ нм, $c=0,5146$ нм, $Z=2$, $d=6,5107$ г/см³ са плотноупакованной решёткой типа магния.

β -Zr — кубическая сингония (объёмно-центрированная решётка), параметры ячейки $a=0,361$ нм, $Z=2$ с решёткой типа α -Fe. Переход $\alpha \leftrightarrow \beta$ происходит при 863 °С, ΔH перехода 3,89 кДж/моль. Добавки Al, Sn, Pb, Cd повышают, а Fe, Cr, Ni, Mo, Cu, Ti, Mn, Co, V и Nb понижают температуру перехода.

ω -Zr — возникающая при высоких давлениях метастабильная гексагональная фаза, которая не является плотноупакованной и имеет три атома на элементарную ячейку.

Цирконий устойчив в воде и водяных парах до 300°С, при более высоких температурах (начиная с примерно 700°С) начинается экзотермическая реакция, которая имеет важное значение при развитии аварий в ядерных реакторах с водным теплоносителем и/или замедлителем.

Не реагирует с соляной и серной (до 50 %) кислотами, а также с растворами щелочей (цирконий — единственный металл, стойкий в щелочах, содержащих аммиак). С азотной кислотой и царской водкой он взаимодействует при температуре выше 100°С. Растворяется в плавиковой и горячей концентрированной (выше 50 %) серной кислотах. Из кислых растворов могут быть выделены соли соответствующих кислот разного состава, зависящего от концентрации кислоты. [1].

1.2 Оксид циркония, керамика на его основе

ZrO₂ представляет собой оксид, который используется в различных отраслях промышленности из-за его высокой химической, механической и термической стабильности. Оксид циркония может принимать три формы: моноклинную, тетрагональную и кубическую. Он используется в плотной керамике, батареях, конденсаторах, коррозионностойких покрытиях, топливных элементах, твердых электролитах, катализаторах.

Диоксиду циркония присущи несколько кристаллических модификаций, соответствующих моноклинной, тетрагональной и кубической пространственным решёткам. Имея вакансию в центре каждой элементарной ячейки, гранецентрированная кубическая форма диоксида циркония обладает недостаточной подвижностью ионов и поэтому не может быть использована в качестве высокотемпературного твёрдого электролита. Замена в решётке части атомов циркония на иттрий приводит к такому росту числа анионных вакансий, что твёрдый раствор становится хорошим высокотемпературным кислород-ионным проводником при температурах выше 600 °С [2].

Свойства диоксида циркония (ZrO₂):

- Высокий коэффициент теплового расширения ($\alpha=11 \cdot 10^{-6}/\text{K}$, аналогично с некоторыми видами стали)
- Отличная теплоизоляция/низкая теплопроводность (от 2,5 до 3 Вт/(м*К))
- Очень высокая устойчивость к распространению трещин, высокая ударная вязкость (от 6,5 до 8 МПа*м^{1/2}).
- Обладает способностью проводить ионы кислорода (используются в качестве элементов для измерения парциального давления кислорода в лямбда-зондах)

Другое интересное сочетание свойств заключается в комбинации очень низкой теплопроводности и высокой прочности. Помимо всего прочего, некоторые типы диоксидциркониевой керамики могут проводить ионы кислорода. Компоненты, изготовленные из этого материала значительно дороже, чем детали из алюминиевой керамики. Диоксидциркониевая керамика используется, помимо прочих областей применения, при изготовлении инструментов для формования изделий из проволоки, в качестве вспомогательного материала в сварочных процессах, в качестве материала для коронок и мостовидных протезов в стоматологии, в качестве изолирующих колец в тепловых процессах, а также в качестве элементов для измерения содержания кислорода в лямбда-зондах [3].

В отличие от других керамических материалов, диоксид циркония, также известный как циркониевый ангидрид) представляет собой материал с очень высокой устойчивостью к распространению трещин. Кроме того, диоксидциркониевая керамика обладает крайне высоким коэффициентом теплового расширения, и поэтому часто используется в качестве материала для соединения керамических и стальных компонентов.

Среди термостойких оксидных керамических волокон разработчики выделяют волокна оксида циркония как наиболее перспективные для применения в окислительной среде при высоких температурах ($>1600^{\circ}\text{C}$). Прежде всего, интерес к диоксиду циркония обусловлен его высокотемпературными свойствами: низкой теплопроводностью, высокой температурой плавления, а также высокой химической стойкостью, особенно водо- и щелочестойкостью. Интерес к ZrO_2 впервые возник в 50-е годы прошлого века, когда появились новые материалы с его использованием, в частности высокотермостойкие стекла и огнеупорные материалы. В настоящее время существует большое количество публикаций, касающихся изучения структуры и свойств керамики на основе диоксида циркония. Это свидетельствует о неослабевающем

интересе к этому материалу, вызванному, по-видимому, созданием новых технологических решений и принципов выбора добавок, а также накоплением новых экспериментальных данных.

Волокнистый оксид циркония, содержащий оксид металла из группы Шв периодической таблицы (например, оксиды скандия, лантана, иттрия или церия) в количестве 5–20% (по массе) от массы оксида циркония, получают пропиткой органической полимерной ткани смесью соединений циркония и одного из упомянутых металлов с последующим нагревом пропитанной ткани в среде кислорода для удаления органики и превращения соединений металлов в оксиды. После нагрева и выдержки при 800°C в течение 1 ч по крайней мере 80% волокон имеют тетрагональную кристаллическую структуру оксида циркония.

В настоящее время диоксид циркония широко используется при получении огнеупорных изделий, жаростойких эмалей, тугоплавких стекол, различных видов керамики, керамических пигментов, твердых электролитов, теплозащитных покрытий, катализаторов, искусственных драгоценных камней, режущих инструментов и абразивных материалов. В частности, компания Zircar Zirconia Inc. производит порошок оксида циркония, ткани, ленты, войлок на основе волокон ZrO_2 [4].

Методы получения волокон оксида циркония включают:

- пропитку органических полимерных волокон или тканей солями циркония с последующей сушкой и обжигом для удаления органики и получения оксида циркония в виде волокна или ткани, так называемый метод relic process:

- прядение волокна из раствора органического полимера, содержащего соли циркония или мелкие частицы оксида циркония с последующим обжигом

- сухое прядение полицирконоксанов или зольрастворов из ацетатов или алкоксидов циркония с последующим обжигом

Особенностью данного вида керамики является то, что диоксид циркония обладает полиморфизмом, т. е. ZrO_2 существует в трех модификациях кристаллической структуры – моноклинной, тетрагональной и кубической.

Моноклинная фаза оксида циркония стабильна до 1000–1150°C, от 1000 до 2285°C стабильной является тетрагональная фаза, а >2285°C стабильна только кубическая фаза. Если моноклинный оксид циркония нагреть до 1150°C, то происходит его переход в тетрагональную форму, сопровождающийся заметным уменьшением объема (~9%), а при охлаждении происходит обратный переход, и формованные изделия, такие как волокна или керамические детали, разрушаются при термоциклировании. Поэтому во всех материалах на основе оксида циркония, которые будут использоваться или термообработываться при температурах >1000°C, необходимо стабилизировать кристаллическую структуру [5].

Обратимый характер модификационного превращения ZrO_2 , которое сопровождается переменным сжатием и расширением при обжиге и последующем охлаждении, длительное время служил препятствием при производстве изделий из этого оксида. Для устранения растрескивания обожженных изделий, являющегося следствием обратимого перехода одной модификации ZrO_2 в другую, найден способ, который позволил предотвратить обратный переход нестабильной высокотемпературной тетрагональной модификации ZrO_2 в моноклинную. Этот процесс получил название стабилизации диоксида циркония. Стабилизация диоксида циркония с кристаллохимической точки зрения состоит в том, что кристаллическая решетка ZrO_2 приобретает прочные устойчивые связи, которые не могут быть разрушены при термообработке вплоть до температуры плавления.

Стабилизация ZrO_2 достигается перестройкой моноклинной решетки в тетрагональную или кубическую, устойчивую при всех

температурах, и сопровождается образованием твердых растворов (типа замещения) некоторых оксидов-стабилизаторов с ZrO_2 . Такие твердые растворы с ограниченной растворимостью могут образовать оксиды, ионный радиус катионов которых близок к ионному радиусу Zr^{4+} . Наибольшее распространение в качестве стабилизаторов получили соединения CaO , MgO , Y_2O_3 [6].

В системе ZrO_2 – CaO образуется одно бинарное соединение – цирконат кальция $CaO \cdot ZrO_2$, плавящийся при $2300^\circ C$. В системе ZrO_2 – MgO образуются твердые растворы (до 40% MgO) с кубической решеткой, у которых отсутствуют полиморфные превращения.

Степень стабилизации ZrO_2 зависит от вида стабилизатора, его количества, температуры стабилизирующего обжига, количества примесей, содержащихся в диоксиде циркония, и других факторов. Технология производства должна быть направлена на достижение максимальной стабильности материала, на предотвращение возможной дестабилизации, т. е. распада твердого раствора. Принято считать, что диоксид циркония, стабилизированный CaO и Y_2O_3 , менее склонен к дестабилизации, чем при стабилизации его MgO [7].

Материалы из диоксида циркония нашли применение в качестве особо ответственных элементов конструкций в машиностроении, авиакосмической технике, а также в медицине, что связано с уникальным сочетанием свойств -высокой механической прочностью, химической стойкостью и износостойкостью. Недостатком данных материалов является высокая температура спекания $1700 - 1750^\circ C$, что может приводить к росту кристаллов и как следствие к снижению прочности. Достичь плотного мелкокристаллического состояния при сохранении исходного фазового состава возможно при использовании горячего или изостатического прессования (позволяет снизить температуру спекания) или магнитно-импульсное прессование спекания (вызывает резкое сокращение времени спекания). Однако эти методы требуют применения

дорогостоящего специального оборудования и значительно усложняют технологию получения изделий особенно сложной формы. Для создания мелкокристаллической керамики с размером частиц около нескольких мкм, или наноразмерной плотной керамики, необходимо выполнить два основных условия — использовать нанопорошки и при спекании максимально снизить рекристаллизацию материала (снизить рост кристаллов). Известны, например, материалы, спекающиеся при 1100 – 1145 °С до относительной плотности 95 – 99,1 % и с размером кристаллов 100 – 200 нм. Низкая температура спекания и достижение высокой относительной плотности является следствием использования нанодисперсных порошков с высокой площадью удельной поверхности 90 – 123 м²/г, а также применения высоких давлений при изостатическом прессовании [8].

1.3 Карбиды и нитриды циркония

Карбид циркония - твердосплавный металлокерамический материал, который используется как резак для изготовления режущих инструментов, прямонакального катода и т. д. Карбид циркония обычно изготавливается в процессе спекания. Карбид циркония - серый металлический порошок с кубической системной структурой.

Карбид циркония может использоваться в качестве тугоплавкого покрытия в ядерных реакторах. Карбид циркония активно используется в качестве покрытия диоксида урана и диоксида тория в ядерном топливе. Покрытие обычно напыляется тепловым химическим смещением пара в ядерном реакторе в кипящем слое топлива. Он также используется в качестве абразива в металлической оболочке в металлокерамическом прямонакальном катоде и режущих инструментах. Карбид циркония применяется в твердых сплавах, твердых налетах, мишенях, сварочных

материалах, металлокерамике, электронике, металлургии, машиностроении, текстильной промышленности, авиации и т.д.

Карбид циркония представляет собой порошок серого цвета. Имеет кубическую гранцентрированную решетку типа NaCl, с периодом, $a = 0,4693$ нм.

- Удельное электрическое сопротивление $50 \text{ мкОм}\cdot\text{см}$
- Коэффициент линейного теплового расширения $7,01\cdot 10^{-6} \text{ 1/K}$ (25-1000 °C)
- Микротвердость $28,44 \text{ ГПа}$
- Модуль упругости 412 ГПа

Химические свойства

Карбид циркония является химически стойким соединением при комнатной температуре по отношению к серной, соляной, фосфорной, хлорной, щавелевой кислотам и смесям серной и фосфорной, серной кислот. Не растворяется в 10% и 20% растворах гидроксида натрия. Растворяется в кипящих серной, азотной, хлорной кислотах. Сильно растворяется в царской водке, смесях серной и азотной, азотной кислот [9].

Начиная с 700 °C , карбид циркония взаимодействует с кислородом с образованием ZrO_2 . При высоких температурах, в присутствии азота, образуются карбонитриды циркония.

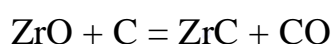
Карбид циркония можно получить одним из следующих способов.

- Непосредственным насыщением циркония углеродом:

Процесс ведут в вакууме, а исходные компоненты берут в виде порошков;

- Восстановлением оксида циркония углеродом с последующим образованием карбида:

Процесс идет через образование низших окислов циркония и последующего образования карбида циркония по реакции:



Этот метод применяется для получения технически чистого карбида циркония в промышленных масштабах. Обычно процесс проводят при температуре около 2000 °С;

- Осаждением из газовой фазы:

Характерные свойства карбида циркония: тугоплавкость, хорошо проводит тепло, очень твердый, устойчив к износу, хорошо переносит агрессивную среду, медленно испаряется и высокая плотность эмиссии. Благодаря этому карбид циркония используется при производстве термокатодов электронных устройств, термоэлектронных преобразователей, веществ для полировки, а также в огнеупорных сплавах и керамических изделиях. Карбид циркония получается следующими способами: синтез из газа, прямое насыщение циркония углеродом и образование карбида циркония путем восстановления оксида циркония углеродом. Самым эффективным способом создания карбида циркония служит восстановление, происходящее по следующей реакции: $ZrO_2 + 3C = ZrC + 2CO$ [10].

Порошкообразный нитрид ZrN - вещество желто-коричневого цвета. Спеченные при высокой температуре образцы из нитрида циркония хрупки и характеризуются лимонно-желтым изломом.

В порошкообразном состоянии он стоек на холоде против действия многих минеральных кислот, особенно соляной, азотной, хлорной. При нагревании растворимость резко увеличивается как в концентрированных, так и в разбавленных кислотах.

Полностью растворяется в концентрированной H_2SO_4 , в смеси азотной и плавиковой кислот и в концентрированной серной кислоте с добавкой сернокислого калия.

В растворах щелочей с концентрацией до 20% устойчив даже при кипячении, но разлагается кипящими 40%-ными растворами в течении 6 часов.

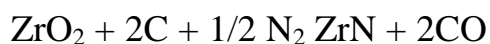
Тонко измельченный нитрид циркония (0,8-1,0 мкм) реагирует с водой с выделением аммиака. Кислородом воздуха не окисляется до 900-1000 С и является одним из наиболее устойчивых в этом отношении нитридов. Окисление нитрида усложняется образованием тетрагональной двуокиси ZrO_2 при высоких температурах, главным образом выше 1200С, и моноклинной при низких температурах.

При окислении в интервале 400-600С образуется так называемая аморфная двуокись циркония, которая частично может стабилизироваться оставшимся кубическим ZrN . При более высоких температурах (700-1000С) образуется моноклинная форма ZrO_2 .

1.4 Технология карбидной и нитридной керамики

Основным методом приготовления нитрида циркония является непосредственное азотирование порошка циркония в среде азота, оптимальная температура 1200С. Медленнее происходит процесс насыщения циркония азотом в диссоциированном аммиаке: необходима температура не ниже 1400С.

Другой метод получения нитрида циркония, впервые примененный Фридрихом и Зиттигом, заключается в восстановлении углем диоксида циркония в среде азота:



Полученный продукт содержит кроме нитрида циркония 7-10% примеси, нерастворимой в серной кислоте и состоящей из ZrO_2 и некоторых других загрязнений. По данным метода невозможно получить чистый нитрид циркония.

Так же есть метод получения нитрида циркония восстановлением диоксида циркония магнием в присутствии азота:



Технологически при восстановлении ZrO_2 магнием в среде азота при 1100С образуется нитрид циркония, по свойству близкий к ZrN , Недостатком этого метода является необходимость отмывки продукта восстановления от оксида магния, что удлиняет и усложняет технологический процесс.

Нитрид циркония можно получить также методом наращивания из газовой фазы. Как видно из диаграммы состояния системы $Zr-N$ максимальная растворимость азота в $\nu-Zr$ составляет 5 % ат. при температуре перитектической реакции и снижается до нуля при температуре б-в превращения, равной 862°С.

Известен способ получения карбида циркония, заключающийся в перемешивании шихты из порошков циркония и ацетиленовой сажи в течение 2-3 часов с последующим синтезом при давлении ниже атмосферного ($1,2 \cdot 10^{-4}$ мм рт.ст.).

Однако указанный способ имеет недостатки. Это применение при синтезе карбида циркония дорогого порошкообразного циркония, длительность перемешивания шихты (2-3 часа), проведение синтеза при давлении ниже атмосферного (что усложняет процесс).

Кроме того, известен способ, являющийся прототипом предлагаемого изобретения и заключающийся в протирании через сито шихты стехиометрического состава из двуокиси циркония и углеродного материала с последующим нагревом в печи сопротивления с графитовой трубкой при температуре 2200°С с выдержкой при этой температуре 60 минут.

Однако указанный способ имеет недостаток. Это проведение процесса карбидообразования при сравнительно высокой температуре (2200°С) и с выдержкой при этой температуре в течение сравнительно длительного времени (60 минут), что приводит к значительным энергозатратам. Этот недостаток связан с применением сажи марки ТМ-50. Сажа марки ТМ-50 в настоящее время не выпускается. Однако

известно, что ее удельная поверхность находилась на сравнительно невысоком - уровне $50 \text{ м}^2/\text{г}$.

Задачей предлагаемого изобретения является уменьшение энергозатрат при получении карбида циркония.

Еще один способ получения карбида циркония, заключается в протирании через сито шихты стехиометрического состава из двуокиси циркония и углеродного материала, нагрев шихты производят при температуре $1800...1900^\circ\text{C}$ с выдержкой при этой температуре в течение $20...25$ минут, при этом удельная поверхность углеродного материала составляет $138...160 \text{ м}^2/\text{г}$, а в качестве углеродного материала используют нановолокнистый углерод [11].

2. Экспериментальная часть

2.1 Исходные материалы

Для получения порошковой смеси оксида и нитрида циркония в соотношении 50% ZrO_2 – 50% ZrN использовали промышленный нанокристаллический оксидный порошок ZrO_2 -3 мол. % Y_2O_3 марки УДПО ВТУ 4-25-90, полученный в условиях плазмохимического синтеза ПХС и порошок ZrN марки чист. ТУ 6-09-4050-75. Наиболее простой способ оксидных нанопорошков заключается в подаче водных растворов нитратов металлов (Al, Zr, Y,) в сопло плазмотрона, генерирующего плазму воздуха. В каплях раствора возникали чрезвычайно высокие температурные градиенты. Происходил очень быстрый процесс синтеза и кристаллизации требуемого оксида или смеси оксидов на поверхности капли с одновременным испарением воды через кристаллизирующую сферическую корку. Поэтому оксидные порошки, полученные ПХС, имеют характерную форму полых сфер, состоящих из нанокристаллитов и аморфизированной межкристаллитной фазы. Размер сфер зависит от давления подачи раствора через форсунку в плазму и от температуры и варьируется в пределах 100...1000 нм, размер кристаллитов, образующих сферу, составляет 50...100 нм. Следует отметить высокую гомогенность плазмохимических порошков твердых растворов ZrO_2 .

Так же в работе использовали промышленный порошок карбида циркония, который является химическим соединением циркония и углерода с формулой ZrC . Представляет собой фазу внедрения с широкой областью гомогенности, которая составляет от 38,4 до 50 ат. % углерода, что отвечает формуле $ZrC_{0,62}$ и $ZrC_{1,0}$ соответственно.

2.2 Оборудование и методики исследования

Определение насыпной плотности порошка

Насыпной плотностью порошка называется плотность свободнонасыпанного порошка. Насыпная плотность выражает способность частиц порошка к укладке и зависит от удельной плотности данного металла и фактического заполнения порошком определенного объема.

Для определения насыпной плотности уплотненного осадка нужно воспользоваться установкой, показанной на рисунке 2.1.

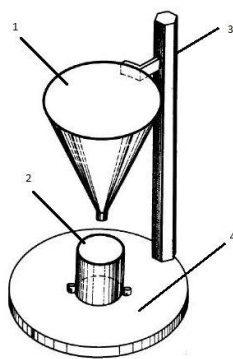


Рисунок 2.1 - Установка для определения насыпной плотности

Исследуемый порошок засыпают в сквозную воронку 1, установленной на стане 3, закрывая при этом нижнее отверстие. После того как засыпали порошок открываем отверстие и порошок пересыпается в металлический стакан 2 (объемом 25 см³), закрепленный на платформе 4. Порошка должно быть немного больше, чем помещается в стакан (насыпать нужно «с горкой»). Затем лишний порошок убирается с помощью тонкой алюминиевой или стеклянной пластины. Этот порошок взвешивают на электронных весах, и используют получившееся значение для расчета. Насыпную плотность уплотненного осадка (ρ_{ny}) в г/см³ вычисляют по формуле:

$$\rho_{ny} = m/V,$$

где m – масса осадка, г; V – объем сосуда, см³

Анализ гранулометрического состава

Анализ гранулометрического состава порошков путем непосредственного измерения размеров частиц является весьма кропотливым и трудоемким методом. В связи с этим нередко используют ускоренный микроскопический метод, так называемый метод «секущих». По этому методу определяют размеры лишь только тех частиц, которые пересекаются линейкой окуляр-микрометра, при этом записываются только линейные размеры «сечений» частиц.

После подсчета всех зерен шкала окуляр-микрометра поворачивается на некоторый угол, и вновь производится подсчет. Всего на каждом поле подсчет производится при трех-пяти секущих. Общее количество измеренных частиц должно быть не менее 200.

Полученные данные в делениях шкалы окуляр-микрометра пересчитываются в микрометрах и заносятся в таблицу, где в качестве итога представляется процентный состав порошка по фракциям.

Пересчет в микрометрах производится с помощью объект-микрометра, который представляет собой небольшую стеклянную пластинку со шкалой. Цена деления шкалы указывается в паспорте объект-микрометра (обычно она равна 0,01 мм).

Для измерения цены деления окуляр-микрометра на столике микроскопа укрепляют объект-микрометр и рассматривают его шкалу микроскопа. Перемещая столик микроскопа, совмещают первые штрихи обеих шкал, а затем находят вторую пару совпавших штрихов. Цена деления окуляр-микрометра определится по формуле:

$$a_1 = (a_2 \cdot n_2) / n_1,$$

где a_2 – цена деления шкалы объект-микрометра (0,01мм), n_2 – число делений шкалы объект-микрометра, n_1 – число делений шкалы окуляра в пределах совпавших штрихов.

Для увеличения 3.2x цена деления шкалы окуляр-микрометра равна 0,03 мм, а для увеличения 25x – 0,004 мм.

1. Навеску порошка массой перемешать, небольшое количество перенести на предметное стекло и поместить на стол микроскопа.
2. Навести микроскоп на резкость. Подобрать увеличение таким образом, чтобы наибольшие частицы занимали до 3 – 5 делений шкалы окуляр-микрометра.
3. Измерить размеры и подсчитать количество частиц, лежащих на шкале окуляра в следующем порядке: <1 дел., 1-2, 2-3, 3-4, 4-5 делений
4. Поворачивая шкалу, повторить измерения в 3 – 4 ее положениях, затем повторить пп.1 – 4 на 3 – 4 полях зрения.
5. Определить цену деления шкалы окуляра, пересчитать размеры частиц в мкм, внести в таблицу.

6. Вычислить средний размер частиц каждой фракции по формуле:

$$d_{cp} = (d_{min} + d_{max})/2, \text{ мкм},$$

где d_{min} и d_{max} - предельные размеры частиц данной фракции, затем средний объем одной частицы фракции:

$$V_{ч} = d_{cp}^3, \text{ мкм}^3,$$

средний объем всех частиц каждой фракции:

$$V_{ф} = nV_{ч}, \text{ мкм}^3,$$

и общий объем всех частиц всех фракций:

$$V_{общ} = \sum V_{ф}, \text{ мкм}^3.$$

7. Определить гранулометрический состав порошка по формуле:

$$X = (V_{ф}/V_{общ})/100\%.$$

Определение гранулометрического состава порошков методом ситового анализа

Для проведения ситового анализа сита устанавливают друг над другом. Наверху помещается сито с самыми крупными ячейками, а в низу

– с самыми мелкими. Для анализа берется навеска 30 г, которая насыпается на верхнее сито и просеивается с помощью вибропривод ВП-С/220 в течение 10 минут, при частоте 20 Гц.

После просева каждая фракция взвешивалась. Процентное содержание каждой фракции определялась по формуле:

$$X = \left(m_n / \sum m_n \right) \cdot 100\%,$$

где m_n – масса определенной фракции.

Определение гранулометрического состава порошков методом ситового анализа было проведено на виброприводе с использованием набора сит с размером ячеек 40, 50, 56, 63, 90, 112, 140 мкм.



Рисунок 2.2 –Вибропривод ВП–С/220 с системой управления частотой и таймером

Смешивание порошков

Смешивание проводилось на планетарной мельнице Активатор 2SL (Рисунок 1) для получения более высокой дисперсности порошковых смесей.

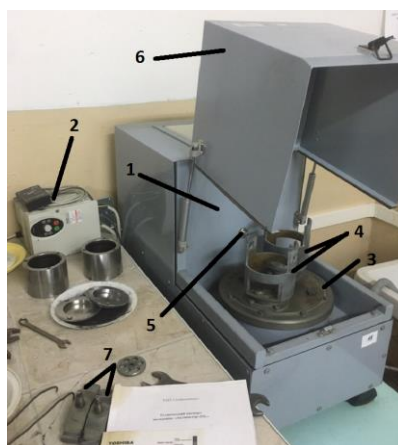


Рисунок 2.3 – Планетарная мельница активатор 2SL: 1 – камера 2 – комплект контроля скорости вращения 3 – вал электродвигателя 4 – барабаны 5 – кран для подачи воды 6 – крышка, 7 – крепежи

В барабаны 4 устанавливаются размольные сосуды (рисунок 2.3) в которые засыпается порошок и мелющие тела (например, шарики из ZrO_2) в соотношении 1:4. Эти размольные сосуды крепятся с помощью крепежей 7. После закрепления сосудов камера закрывается крышкой 6. Из крана 5 дается небольшая подача воды для охлаждения вала электродвигателя и самих барабанов. После этого установка готова к работе. С помощью комплекта контроля скорости вращения 2 назначается частота вращения вала. С помощью секундомера фиксируется время смешивания.



Рисунок 1.4 – Металлический стакан, размещенный в барабане

Режим работы планетарной мельницы: частота вращения размольных сосудов– 20 Гц, время смешивания – 10 минут, соотношение массы порошка и мелющих тел– 1:4.

Формование порошка

Под формованием заготовок из порошковых материалов следует понимать процесс получения заготовок требуемых форм и размеров, а также достаточной прочности для последующего изготовления из них изделий. Формование предполагает уплотнение порошка

Прессование состоит из ряда операций: дозировка и засыпка порошка в пресс-форму, прессование, выпрессовка. В пресс-форму могут загружать брикеты из порошков строго по весу и затем производят прессование под давлением, зависящим от состава порошка и назначения изделия. Формование изделий осуществляется под большим давлением (30-1000 МПа) в металлических формах. Обычно используются жёсткие закрытые пресс-формы, пресс-инструмент ориентирован, как правило, вертикально. Смесь порошков свободно засыпается в полость матрицы, объёмная дозировка регулируется ходом нижнего пуансона. Прессование может быть одно- или двусторонним. Пресс-порошок брикетируется в полости матрицы между верхними и нижним пуансоном (или несколькими пуансонами в случае изделия с переходами). Сформированный брикет выталкивается из полости матрицы нижним пуансоном. Для формования используется специализированное прессовое оборудование с механическим, гидравлическим или пневматическим приводом. Полученная прессовка имеет размер и форму готового изделия, а также достаточную прочность для перегрузки и транспортировки к печи для спекания.



Рисунок 2.5 –Разрывная машина Р -20

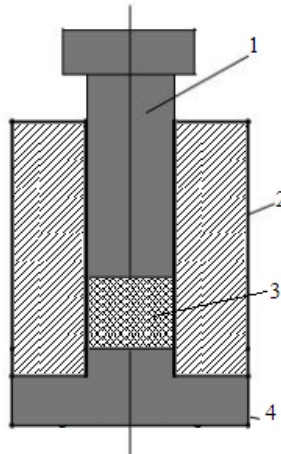


Рисунок 2.6 – Схема пресс-формы для одностороннего холодного прессования порошков: 1 – пуансон верхний; 2 – матрица; 3 – порошок; 4 – пуансон нижний (неподвижный)

Порошковые смеси прессовали при давлениях 100, 200, 300, 400 МПа.

Спекание

Спекание проводилось в Электropечи СНВЭ-1.3.1/16, которая предназначена для проведения различных термических процессов (отжига, дегазации, спекания и т.п.) в вакууме при температуре до 1500°С и небольших газовыделениях, при которых не происходит взаимодействия среды остаточных газов с нагревателями, теплоизоляцией и других элементов конструкции. Допускается работа в среде нейтральных газов

повышенной чистоты при избыточном давлении не более 0,02 МПа (0,2 кгс/см²). Режим спекания представлена на рисунке.

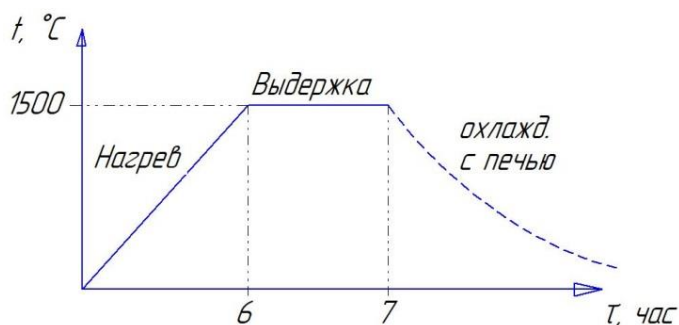


Рисунок 2.7 - Режим спекания

Рабочая зона электропечи по бокам и с обоих торцов окружена 6-ю W-образными нагревателями из вольфрамового прутка диаметром 6мм, образующими однофазную систему из двух параллельно включенных групп. Отогнутые концы боковых нагревателей проходят через отверстия в экранах и вставляются в отверстия молибденовых переходных втулок, ввернутых в медные пластины токоподводов. Под действием собственного веса, нагреватель удерживается на месте и между ним и токоподводом образуется электрический точечный контакт. Операции загрузки-выгрузки садки могут производиться с обоих торцов камеры нагревательной.

Для измерения остаточного давления в электропечи применяется вакуумметр ВИТ-3П, который имеет выходной канал для записи давления. Датчиками вакуумметра являются манометрические преобразователи: термопарный ПМТ-2 и ионизационный ПМИ-2. Для измерения избыточного давления нейтрального газа на электропечи установлен электроконтактный мановакуумметр ЭКМВ-1У.

Система водоохлаждения электропечи состоит из коллектора, сливной воронки, рубашек водоохлаждения, элементов конструкции электропечи и диффузионного паромасляного насоса. Соединения в системе осуществляются через резино-тканевые шланги, закрепленные на

штуцерах элементов системы водоохлаждения бондажами. Система разделена на 3 цепи охлаждения, в каждой из которых водоохлаждаемыми элементами соединены последовательно:

- а) диффузионный паромасляный насос;
- б) охладитель нагревательной камеры и 6 токоподводов;
- в) корпус и крыши нагревательной камеры.

На коллекторе имеются общий запорный вентиль, 3 вентиля цепи охлаждения, манометр для контроля давления воды на входе системы водоохлаждения. На сливной воронке смонтированы 3 реле давления, с помощью которых осуществляется контроль за работой каждой цепи охлаждения, предусмотрены необходимые блокировки и сигнализация о нарушении охлаждения.

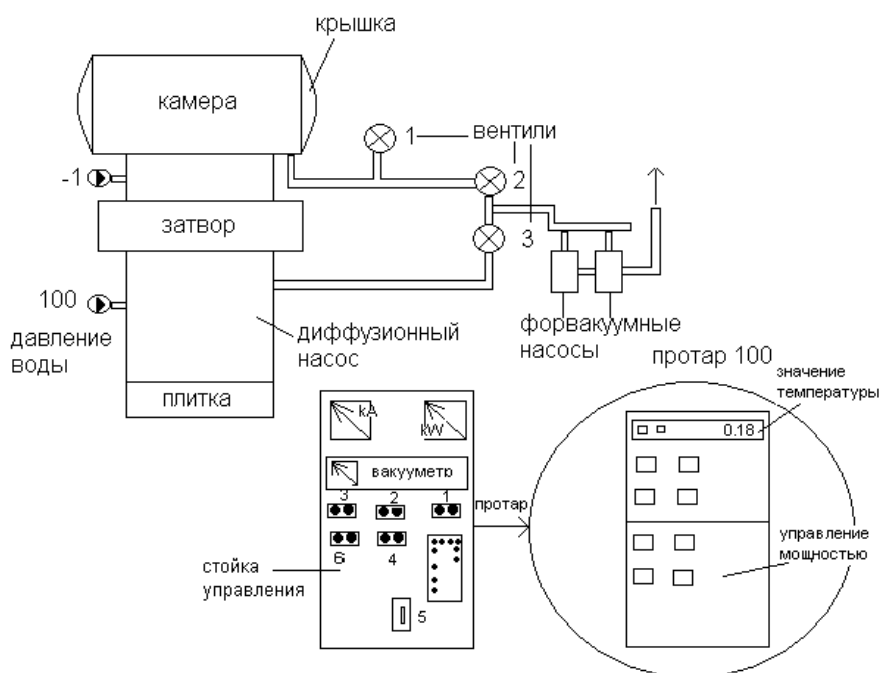


Рисунок 2.8 - Блок-схема вакуумной электropечи

Спеченные образцы взвешивали и измеряли размеры , рассчитывали плотность .

Плотность спеченных образцов определяли по следующей формуле:

$$\rho_i = \frac{m_i}{V_i},$$

где m_i – масса спеченного образца, г,

V_i – объем спеченного образца, см³.

Обработанные в планетарной мельнице порошковые смеси консолидировали методом горячего прессования (ГП) в графитовой пресс-форме в атмосфере аргона в Институте физики прочности и материаловедения СО РАН. Метод ГП является инновационной технологией, позволяющей получать высокоплотные тугоплавкие материалы с высокими физико-механическими характеристиками. Режимы ГП указаны в таблице 2.1.

Таблица 2.1. Режимы горячего прессования

Состав порошка	Давление прессования, МПа	Время изотермической выдержки, мин	Температура спекания, °С
33% ZrO ₂ - 33% ZrN- 34% ZrC	40	20	2000
50% ZrO ₂ – 50% ZrN	40	20	1700

Горячепрессованные образцы представляли собой цилиндры диаметром 15,0±0,1 мм и высотой 5,0±0,2 мм.

3. Результаты экспериментов и их обсуждение

Для определения гранулометрического состава порошков был использован ускоренный микроскопический метод «секущих».

Были вычислены такие параметры как: средний размер частиц каждой фракции, средний объем одной частицы фракции, средний объем всех частиц каждой фракции, общий объем всех частиц всех фракций, определен гранулометрический состав порошка по формуле:

$$X = (V_{\phi} / V_{\text{общ}}) / 100\%$$

В таблицах 3.1, 3.2, 3.3, 3.4, 3.5 приведены данные гранулометрического анализа порошков, после чего по данным таблиц были построены гистограммы.

Таблица 3.1– Данные гранулометрического анализа порошка ZrN

№ поля	№ сечения	Количество частиц				
		<1 дел.	1-2 дел.	2-3 дел.	3-4 дел.	4-5 дел.
1	1	6	10	6	5	4
	2	4	8	10	3	3
	3	4	9	7	4	3
2	4	3	6	8	2	3
	5	9	7	4	3	1
	6	7	9	9	2	3
3	7	12	11	10	9	2
	8	15	10	8	3	5
	9	8	6	6	3	2
4	10	7	11	10	6	5
	11	8	10	9	5	6
	12	7	5	5	3	1
Количество частиц каждой фракции n		90	102	92	48	38
d_{\min} , МКМ		0	4	8	12	16
d_{\max} , МКМ		4	8	12	16	20
$d_{\text{ср}}$, МКМ		2	6	10	14	18
$V_{\text{ч}}$, МКМ		8	216	1000	2744	5832
V_{ϕ} , МКМ ³		720	22032	92000	131712	221616
$V_{\text{общ}}$, МКМ ³		468080				
X, %		0,15	4,71	19,65	28,14	47,35

Распределение частиц порошка ZrN по размеру

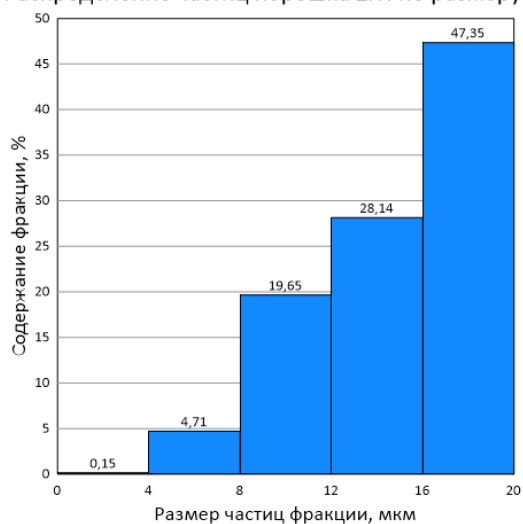


Таблица 3.2 – Данные гранулометрического анализа порошка ZrO₂

№ поля	№ сечения	Количество частиц				
		<1 дел.	1-2 дел.	2-3 дел.	3-4 дел.	4-5 дел.
1	1	2		2	4	4
	2	1	3	3	8	4
	3		4	3	5	5
2	4			3	4	
	5		3	4	2	1
	6			3	4	2
3	7		1	5	2	3
	8			5	3	6
	9		2	4	1	3
4	10		1	4	4	3
	11		2	3	2	
	12		4	5	2	3
Количество частиц каждой фракции n		3	20	44	41	34
d _{min} , МКМ		0	30	60	90	120
d _{max} , МКМ		30	60	90	120	150
d _{ср} , МКМ		15	45	75	105	135
V _ч , МКМ		3375	91125	421875	1157625	2460375

$V_{\phi}, \text{мкм}^3$	10125	1822500	18562500	47462625	83652750
$V_{\text{общ}}, \text{мкм}^3$	151510500				
X, %	0,01	1,20	12,25	31,33	55,21

Распределение частиц порошка ZrO_2 по размеру

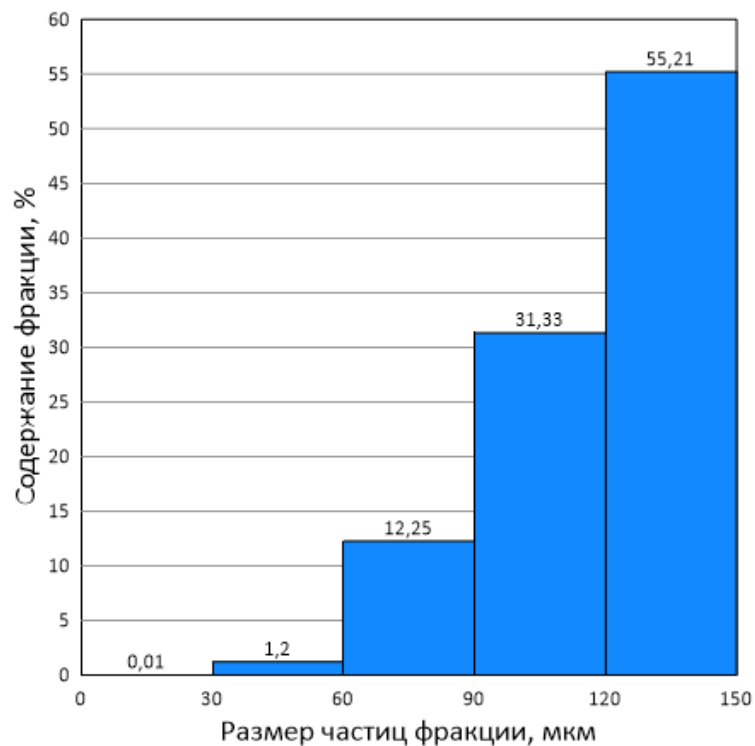
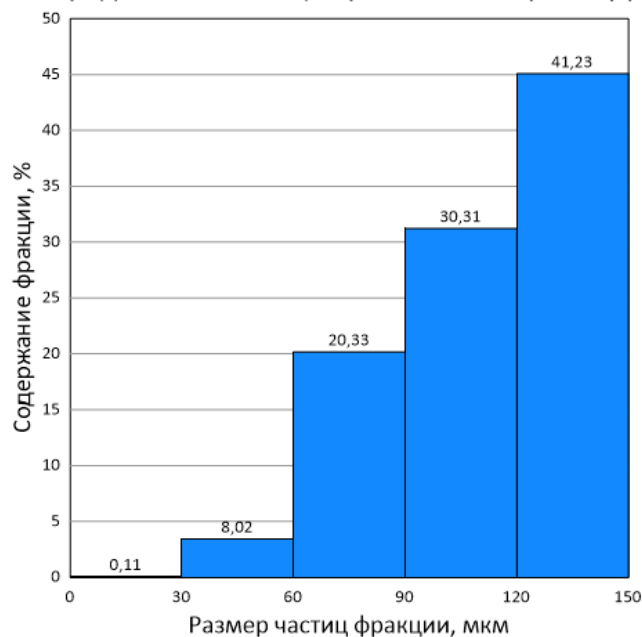


Таблица 3.3– Данные гранулометрического анализа порошка ZrC

№ поля	№ сечения	Количество частиц				
		<1 дел.	1-2 дел.	2-3 дел.	3-4 дел.	4-5 дел.
1	1	1	5	4	2	7
	2	2	2	5	5	1
	3		3	6	2	2
2	4	4	4	10	7	3
	5	5	4	7	3	2
	6	1	8	11	6	3
3	7	7	8	14	11	3
	8	5	5	6	2	4
	9	2	7	4	2	1

4	10	6	10	10	6	5
	11	6	5	7	4	1
	12	6	13	10	3	4
Количество частиц каждой фракции n		45	74	94	53	36
d _{min} , мкм		0	30	60	90	120
d _{max} , мкм		30	60	90	120	150
d _{ср} , мкм		15	45	75	105	135
V _ч , мкм		3375	91125	421875	1157625	2460375
V _ф , мкм ³		151875	6743250	39656250	61354125	88573500
V _{общ} , мкм ³		196479000				
X, %		0,11	8,02	20,33	30,31	41,23

Распределение частиц порошка ZrC по размеру



Определение гранулометрического состава порошков ситовым анализом

После просева на виброприводе, каждая фракция порошка была взвешена.

Процентное содержание каждой фракции определили по формуле:

$$X = \left(\frac{m_n}{\sum m_n} \right) \cdot 100\%$$

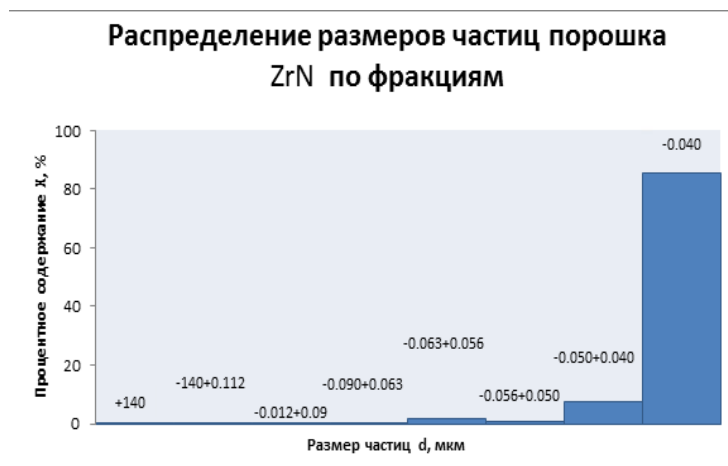
Вес каждой фракции, отнесенный к весу всей пробы и выраженный в процентах, представляет содержание в порошке данной фракции. По результатам измерения составили таблицу, характеризующую гранулометрический состав порошков.

Таблица 3.4– Гранулометрический состав порошков

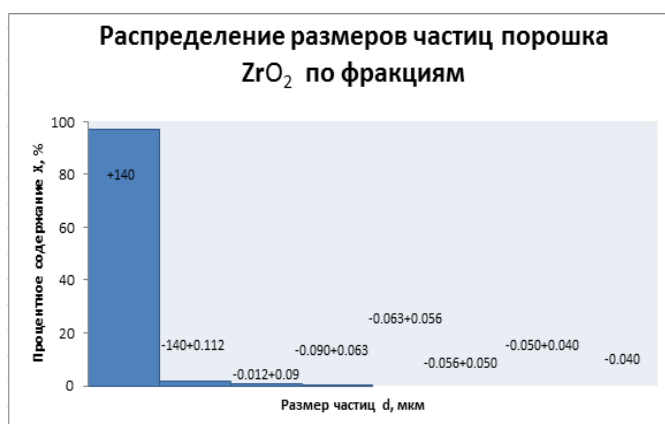
Фракция частиц	Содержание фракции, %		
	ZrN	ZrO ₂	ZrC
+140	0,5	97,03	6,67
-140+0,112	0,267	1,5	18,4
-0,112+ 0,090	0,167	0,8	3,1
-0,090+0,063	0,431	0,167	4,3
-0,063+0,056	1,73	0	2,9
-0,056+0,050	0,833	0	0,27
-0,050+0,040	7,5	0	0,13
-0,040	85,5	0	0

Используя табличные данные, построили гистограммы гранулометрического состава порошков. На рисунке 3.1 представлено распределение размеров частиц.

А)



Б)



В)

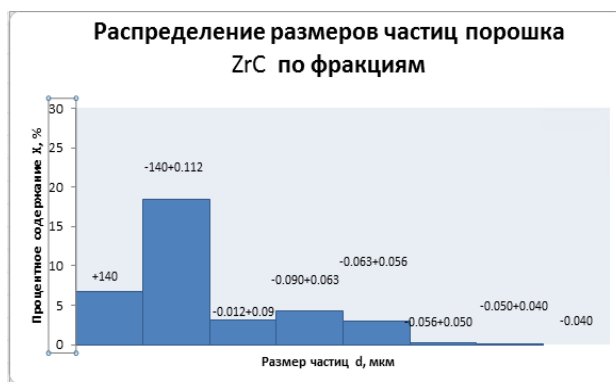


Рисунок 3.1– Распределение размеров частиц: а – нитрида циркония, б – диоксида циркония, в – карбида циркония

После проведения эксперимента с ситами, проанализировав результаты гистограмм, можно сказать, что в порошке ZrN преобладают маленькие частицы размером меньше 0,04 мкм, следовательно, эти порошки являются ультрадисперсными и обладают высокой прочностью, вязкостью разрушения, твердостью, жаростойкостью. А в порошках ZrO₂ и ZrC преобладают более крупные частицы, размером более 140 мкм.

Для смешивания и дальнейшего спекания, было приготовлено 2 смеси порошков

- 1) ZrO₂- ZrN
- 2) 33% ZrO₂ 33% ZrC 34% ZrN

Таблица 3.5– Плотности прессовок состава 33% ZrO₂ - 33% ZrC -34% ZrN до спекания

	Диаметр d, см	Высота h, см	Средняя масса m, г	Объем V, см ³	Плотность ρ, г/см ³	Давление, МПа
1	1,0469	0,7195	1,957	0,619029	3,16	100
2	1,0495	0,6655	1,967	0,575417	3,42	200
3	1,049	0,6515	2	0,562775	3,55	300
4	1,0475	0,6126	1,963	0,527661	3,72	400

Таблица 3.6– Плотности прессовок состава 33% ZrO₂- 33% ZrC -34% ZrN после спекания

	Диаметр d, см	Высота h, см	Средняя масса m, г	Объем V, см ³	Плотность ρ, г/см ³	Давление, МПа
1	1,016	0,703	1,72	0,569656	3,02	100
2	1,02	0,653	1,72	0,533314	3,23	200
3	1,028	0,644	1,793	0,534247	3,36	300
4	1,032	0,625	1,733	0,522527	3,41	400

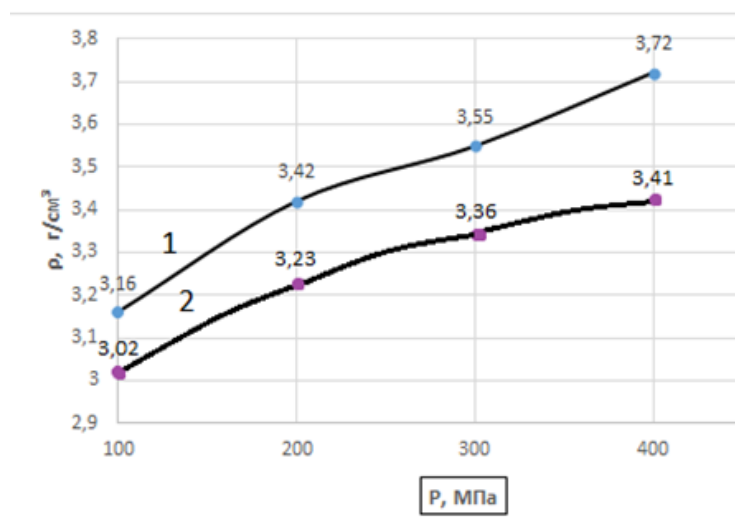


Рисунок 3.2– Плотность прессовок состава 33% ZrO_2 - 33% ZrC -34% ZrN до и после спекания

Таблица 3.7– Плотности прессовок состава $ZrN-ZrO_2$ до спекания

	Диаметр d, см	Высота h, см	Средняя масса m, г	Объем V, см ³	Плотность ρ, г/см ³	Давление, МПа
1	1,045	0,889	2,5	0,762086	3,5	100
2	1,046	0,625	1,92	0,536800	3,62	200
3	1,047	0,595	1,927	0,512011	3,7	300
4	1,048	0,601	2,013	0,518163	3,94	400

Таблица 3.8– Плотности прессовок состава $ZrN+ZrO_2$ после спекания

	Диаметр d, см	Высота h, см	Средняя масса m, г	Объем V, см ³	Плотность ρ, г/см ³	Давление, МПа
1	1,001	0,851	2,28	0,668585	3,41	100
2	1,013	0,604	1,71	0,486547	3,49	200
3	1,023	0,586	1,84	0,481413	3,82	300
4	1,018	0,579	1,79	0,450686	3,97	400

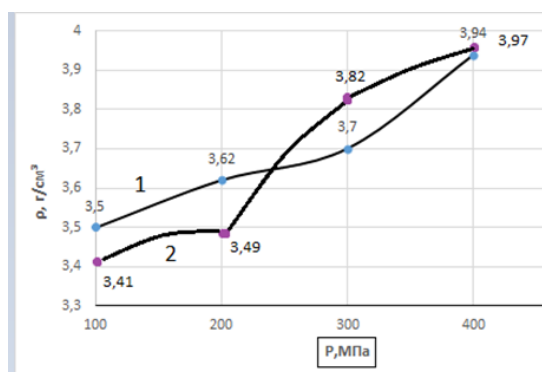


Рисунок 3.3– Плотность прессовок состава 50% ZrO₂ -50%ZrN до и после спекания

Для расчёта плотности были измерены диаметр, высота и масса спеченных образцов. Пришли к выводу, что у образца первого состава плотность после спекания уменьшилась при нагрузках 100-200-300-400 МПа, а для образца второго состава плотность уменьшилась только при нагрузке 100 и 200 МПа. Возможно, это произошло из-за фазовых переходов и химического взаимодействия компонентов.

Таблица 3.9– Микротвердость прессовок состава 50% ZrO₂ -50%ZrN

Тест	Нагрузка F_max	Глубина отпечатка h_max	Модуль Юнга E_IT	Унс. E_IT	Нанотвердость H_IT
	мН	нм	Н/мм ²	Н/мм ²	Н/мм ²
1	500,5	1280,6	388280	4960,7	17727
2	500,6	1206,6	397950	5456	21115
3	500,5	1136,2	446710	6032,5	24301
4	500,6	1151,4	400827	5857,8	24529
5	500,6	1063,1	501414	6757,6	28747
6	500,6	1347,4	378230	5127,1	15433
Среднее значение	500,6	1197,5	418902	5698,6	21975

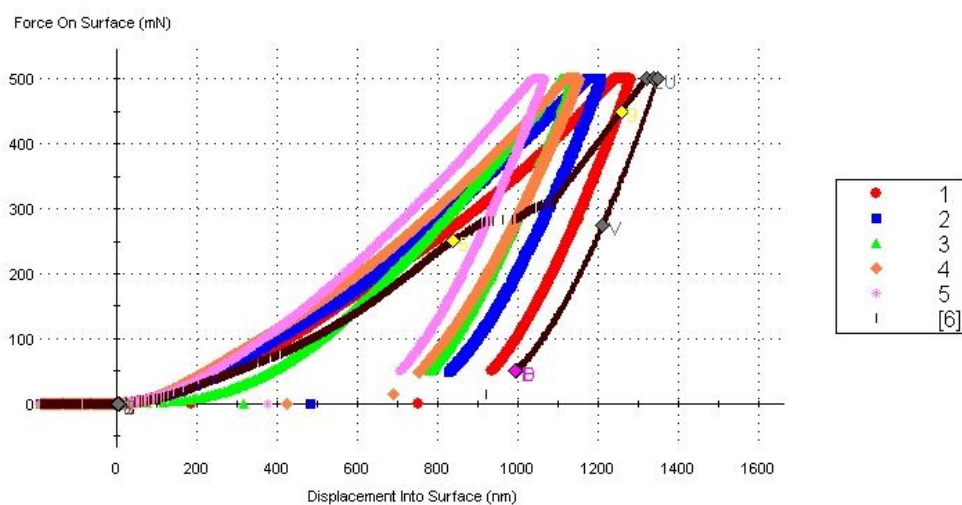


Рисунок 3.4 -Зависимость глубины внедрения от приложенной нагрузки для образца 50% ZrO₂ -50%ZrN

Таблица 3.10– Микротвердость прессовок состава 33% ZrO₂ - 33% ZrC - 34% ZrN

Тест	Нагрузка F_max	Глубина отпечатка h_max	Модуль Юнга E_IT	Нанотвердость H_IT
	мН	нм	Н/мм ²	Н/мм ²
1	500,3	1555,4	307966	11025
2	500,5	1601,3	287998	10390
3	500,5	1651,3	294661	9527
4	500,6	1492,3	327181	12133
Среднее значение	500,5	1575,1	304452	10769

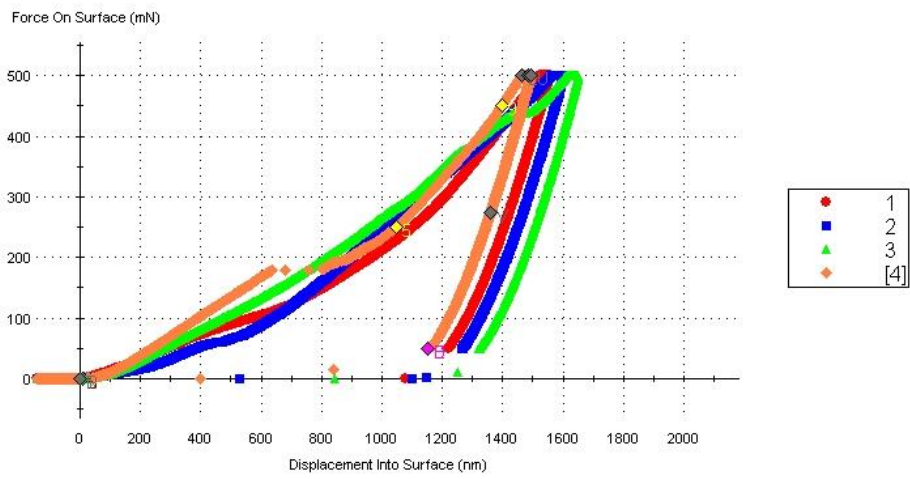


Рисунок 3.5 -Зависимость глубины внедрения от приложенной нагрузки для образца 33% ZrO_2 - 33% ZrC -34% ZrN

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА

«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
4Б51	Юсуповой Зилие Наильевне

Инженерная школа	ИШНПТ	Отделение	Материаловедения
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	22.03.01. «Материаловедение и технологии материалов»

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Материальные затраты НИ- 1800р; амортизация оборудования-45000р; человеческие ресурсы: дипломник, научный руководитель (2 чел.)
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	- Проект выполняется в соответствии с ГОСТ 14.322-83 «Нормирование расхода материалов»; - Минимальный размер оплаты труда в 2019 году составляет 11280 руб.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления по страховым взносам – 28 % от ФОТ

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	-Потенциальные потребители результатов исследования: научные центры, лаборатории -SWOT анализ
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Бюджет затрат на проведение НИР
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	По результатам НИР были выполнены поставленные задачи.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. Диаграмма Ганта

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ШБИП	Подопригора Игнат Валерьевич	к.э.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Б51	Юсупова Зилие Наильевна		

Глава 4. Финансовый менеджмент

Научно - исследовательская работа представляет собой процесс исследования свойств порошков и синтез оксикарбонитридных фаз порошков.

Разработка НИР производится группой, состоящей из двух человек – руководителя и студента.

Целью данного раздела является экономическое обоснование научно-исследовательской работы по исследованию свойств порошков титана и циркония.

Достижение цели обеспечивается решением ряда следующих задач:

- составление календарного плана и графика работ;
- оценка стоимости материально-технических, человеческих и финансовых ресурсов для исполнения проекта;
- формирование сметы на реализацию проекта.

4.1 Потенциальные потребители результатов исследования

При создании метода необходимо определить потенциального потребителя данной технологии. Ввиду того, что для синтеза оксикарбонитридных фаз порошков необходимы дополнительные знания и умения в области физики и материаловедения, потенциальными потребителями продукции являются научные институты и предприятия машиностроительной отрасли. Керамика полученная синтезом оксикарбонитридных фаз имеет большой спрос на рынке , является материалом нового поколения , обладающим высокими технологическими свойствами .

Потенциальными потребителями результатов исследования могут быть предприятия автомобильной промышленности, пищевой, аэрокосмической, военной промышленности, предприятия, производящие медицинское оборудование.

4.2 Анализ конкурентных технических решений

Потенциальными конкурентами по производству порошковых материалов и деталей из них на отечественном рынке могут выступать:

Завод технической керамики, г.Москва– занимается производством режущего инструмента и износостойких изделий из керамики марок на основе диоксида циркония.

ОАО «НЭВЗ-Союз», г.Новосибирск - Предприятие владеет технологией производства технической керамики на основе циркония.

Сравнение конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку эффективности научного исследования и определить направления для ее повышения.

Более целесообразно проводить анализ с помощью оценочной карты, приведённой в таблице 4.1, критерии для сравнения подбираются исходя из выбранных объектов с учетом их технологических и экономических особенностей разработки, создания и эксплуатации, где $K_{к1}$ - керамика на основе диоксида циркония, производимая в Москве а $K_{к2}$ - керамика на основе диоксида циркония , производимая в Новосибирске.

Таблица 4.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных тех. решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Твердость	0,098	5	5	5	0,490	0,490	0,490
2. Высокая прочность	0,093	3	4	4	0,279	0,372	0,372
3. Стойкость к высоким температурам	0,083	4	4	3	0,332	0,332	0,249
4. Технологичность	0,060	5	5	5	0,300	0,300	0,300
5. Плотность	0,099	5	5	5	0,495	0,495	0,495
6. Износостойкость	0,067	4	3	5	0,268	0,201	0,335
Экономические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Реализация продукта	0,089	3	5	4	0,268	0,445	0,356
2. Цена продукта	0,055	4	4	4	0,220	0,220	0,220
3. Охват рынка	0,088	3	5	3	0,264	0,440	0,264
4. Срок эксплуатации продукта	0,098	4	4	3	0,392	0,392	0,294
5. Сроки изготовления продукта	0,083	4	3	4	0,332	0,249	0,332
6. Наличие сертификатов	0,087	4	4	4	0,348	0,348	0,348
Итого:	1	48	50	47	3,988	4,569	3,263

4.3 SWOT-анализ

SWOT– (Strengths – сильные стороны, Weaknesses – слабые стороны, Opportunities – возможности и Threats – угрозы) - представляет собой комплексный анализ исследования внешней и внутренней среды научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

SWOT – анализ НИР позволяет оценить факторы и явления, способствующие или препятствующие продвижению метода на рынок. Для анализа метода составлена таблица 4.1.

Сначала описываются сильные и слабые стороны НИР, для выявления возможностей и угроз для его реализации, которые проявились или могут появиться в его внешней среде.

Таблица 4.2 – SWOT–анализ НИР

Сильные стороны	Возможности во внешней среде
<p>С1. Повышение эффективности производственных процессов;</p> <p>С2. Уменьшение пористости, увеличение твердости</p> <p>С3. Наличие необходимых установок для проведения испытаний;</p> <p>С4. Меньшие затраты на выпуск изделия из керамики</p>	<p>В1. Появление дополнительного спроса на конечный продукт;</p> <p>В2. Возможность использования на мировом уровне;</p> <p>В3. Использование во многих отраслях;</p> <p>В4. Появление дополнительного спроса на новый продукт.</p>
Слабые стороны	Угрозы внешней среды
<p>Сл1. Малое количество предприятий по распространению и производству технической керамики.</p> <p>Сл2. Отсутствие квалифицированных работников для применения концепции в различных отраслях.</p>	<p>У1. Отсутствие спроса на некоторые виды керамики</p> <p>У2. Повышение стоимости оборудования</p>

Следующим этапом является выявление соответствия сильных и слабых сторон проекта условиям внешней среды. Данный анализ соответствий (или несоответствий) необходим для оценки необходимости каких-либо стратегических изменений. В табл. 4.3 представлены корреляции сильных сторон проекта и возможностей его реализации.

Таблица 4.3 – Сильные стороны проекта и возможности

Возможности проекта		С 1	С 2	С 3	С 4
	В 1	+	+	+	+
В 2	+	+	+	+	+
В 3	+	+	+	+	+
В 4	+	+	+	+	+

Из таблицы 4.3 следует, что сильные стороны проекта соответствуют возможностям реализации по параметрам: В1С1С2С3С4; В2С1С2С3С4; В3С1С2С3С4.

Таблица 4.4 – Слабые стороны проекта и возможности

Возможности проекта		Сл1	Сл2
	В1	+	+
В2	+	+	-
В3	0	0	-
В4	-	-	0

Из таблицы 4.4 следует, что слабые стороны проекта коррелируют с

возможностями реализации по параметрам: В1Сл1; В2Сл2

Таблица 4.5 – сильные стороны проекта и угрозы

Угрозы.		С 1	С 2	С 3	С 4
	У 1		+	+	0
У 2		0	+	-	-

Из таблицы 4.5 следует, что сильные стороны проекта соответствуют угрозам реализации по параметрам: У1С1; У1С2; У1С4; У2С2.

Проанализировав полученные данные, можно сказать, что наибольшую угрозу проекту предоставляет увеличение цены на оборудование .

Таблица 4.6 – Итоговая матрица SWOT-анализа

	<p>Сильные стороны проекта</p> <p>С1. Повышение эффективности производственных процессов;</p> <p>С2. Уменьшение пористости, увеличение твердости</p> <p>С3. Наличие необходимых установок для проведения испытаний;</p> <p>С4. Меньшие затраты на выпуск изделия из керамики</p>	<p>Слабые стороны проекта</p> <p>Сл1. Малое количество керамических предприятий по распространению и производству работы технической керамики.</p> <p>Сл2. Отсутствие фактическое квалифицированных работников для отдельной применения материал концепции в различных отраслях.</p>
--	---	---

<p align="center">Возможности проекта</p> <p>В1. Появление дополнительного спроса на конечный продукт;</p> <p>В2. Возможность повышения использования на мировом уровне;</p> <p>В3. Использование во многих практических отраслях;</p> <p>В4. Появление дополнительного спроса на новый циркониевый продукт</p>	<p>Комбинируя разные порошки, можно создать материалы нового поколения, которых не было ранее. Улучшив свойства керамики нового поколения, можно вывести продукт на более высокий уровень продаж .</p>	<p>Допустив увеличение спроса на конечный продукт ,есть вероятность что будет нехватка времени и производственных сил для ее реализации</p>
<p align="center">Угрозы проекта</p> <p>У1. Отсутствие спроса на некоторые виды керамики</p> <p>У2. Повышение стоимости оборудования</p>	<p>Наличие нового оборудования неизбежно повысит его стоимость, что отразится на стоимости конечного продукта. Увеличив твердость и уменьшив пористость не популярных видов керамики , мы увеличим спрос на данный продукт, но цена неизбежно возрастет</p>	<p>Главной угрозой проекта является возможное увеличение цены на оборудование</p>

4.4 Планирование научно-исследовательских работ

4.4.1 Структура работ в рамках научного исследования

Этапы выполнения данной исследовательской работы и ответственные за ее выполнение приведены в таблице 4.6.

Работу выполняли два человека научный руководитель и студент-выпускник.

Таблица 4.7– Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб.	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель
Проведение научно-исследовательской работы			
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение литературы по соответствующей теме	Научный руководитель, студент
	3	Составление плана исследования	Научный руководитель, студент
Теоретические и экспериментальные исследования	4	Изучение методик по работе с оборудованием, необходимого для проведения исследования	Научный руководитель Студент,
	5	Изготовление и подготовка образцов для исследования	Студент
	6	Исследование образцов: твердость, пористость, плотность, структура	Студент
Обобщение и оценка результатов	7	Анализ полученных результатов научно-исследовательской работы	Студент, научный руководитель
	8	Оценка эффективности полученных результатов	Научный руководитель, студент
Составление отчета	9	Оформление отчета по НИР	Студент

4.4.2 Разработка графика проведения научного исследования

Расчет продолжительности этапов работ осуществляется двумя методами:

- технико-экономическим;
- опытно-статистическим.

В данном случае используется опытно-статистический метод, который реализуется двумя способами:

- Аналоговый;
- Вероятностный.

Наиболее удобным и наглядным способом является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ. Для удобства построения графика, длительность каждого этапа необходимо перевести в календарные дни.

Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} * k_{\text{кал}},$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -работы в календарных днях, T_{pi} - продолжительность выполнения i -работы в рабочих днях, $k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности рассчитывается как:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}},$$

где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году, $T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году, $T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

Все рассчитанные значения сведены в таблицу 4.7, на основе которой строится календарный план-график. График строится для

максимального по длительности исполнения работ в рамках НИП с разбивкой по месяцам за период времени дипломирования.

Таблица 4.8– Временные показатели проведения научного исследования

№ работы	Трудоемкость работ						Длительность работ в рабочих днях, T_{pi}		Длительность работ в календарных днях, T_{ki}	
	t_{min} , чел-дни		t_{max} , чел-дни		$t_{ожi}$, чел-дни		Науч. рук.	Студ.	Науч. рук.	Студ.
	Науч. рук.	Студ.	Науч. рук.	Студ.	Науч. рук.	Студ.	Науч. рук.	Студ.	Науч. рук.	Студ.
1	2	0	3	0	2	0	2	0	3	0
2	5	5	10	10	7	7	0	7	0	11
3	3	3	5	5	4	4	2	2	3	3
4	3	3	15	15	9	9	5	5	7	7
5	0	15	0	25	0	19	0	19	0	28
6	0	18	0	30	0	22	0	22	0	32
7	3	3	9	9	0	5	0	5	0	7
8	4	4	9	9	6	6	3	3	4	4
9	0	8	0	16	0	11	0	11	0	16

Таблица 4.9 – Календарный план-график проведения НТИ

№ работ	Вид работы	Исполнители	T_{ki}	Февраль												Март												Апрель												Май												Июнь											
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	3	■																																																											
2	Подбор и изучение литературы по соответствующей теме	Руководитель Студент	11	■												■																																															

График выполнения работ учитывает выходные и праздничные дни. Таким образом, общее количество рабочих дней для выполнения научно-исследовательской работы составляет 111.

4.4.3 Бюджет научно-технического исследования

4.4.3.1 Расчет материальных затрат НТИ

Отражает стоимость материалов с учетом транспортно-заготовительных расходов (1% от стоимости материалов), используемых при синтезе оксикарбонитридных фаз циркония и титана .

Материальные затраты рассчитываются по следующей формуле:

$$Z_M = (1 + k_T) * \sum_{i=1}^m C_i * N_{расхi}$$

Таблица 4.10 – Материальные затраты на исследование

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за единицу, руб.	Затраты на материалы (Z _м), руб.
Порошок ZrC	кг	0,1	2000	230
Порошок ZrO ₂	кг	0,1	500	57,7
Порошок ZrN,	кг	0,1	2000	230
Абразивы	шт	15	35	603
Спирт этиловый ректификованный ГОСТ 5962-2013	л	0,3	1200	414
Вата медицинская	кг	0,3	400	138
Пластификатор	кг	0,1	200	30
Алмазная паста	кг	0,03	350	12,075
Перчатки	шт	4	7	32,2
Царская водка	л	0,1	150	17,25
Итого:				1800

4.4.3.2 Расчет затрат на специальное оборудование НТИ

При проведении исследования производить покупку специального оборудования не потребовалось, так как все необходимое оборудование уже находилось, либо на базе отделения материаловедения ИШНПТ ТПУ. Поскольку затраты на спецоборудование равны нулю, необходимо посчитать его амортизацию.

Расчет амортизации оборудования ведется по следующей формуле:

$$I_{\text{амор}} = \left(\frac{T_{\text{исп.обор.}}}{365} \right) * K_{\text{обор}} * N_{\text{а}}$$

где $T_{\text{исп.обор}}$ – время использования оборудования; 365 – количество дней в году; $K_{\text{обор}}$ – стоимость оборудования; $N_{\text{а}}$ – норма амортизации.

$$N_{\text{а}} = \frac{1}{T_{\text{с.с.обор}}}$$

где $T_{\text{с.с.обор}}$ – срок службы оборудования.

Таблица 4.11 – Расчет величины амортизационных отчислений

Тип оборудования	Стоимость, руб.	Срок эксплуатации, лет	Срок использования в НТИ, кал. дн.	Амортизационные отчисления, руб.
Весы	19000	3	5	85,9
Смеситель С 2.0	130000	4	2	178,08
Разрывная машина Р-20	550000	15	6	602,73
Электропеч СНВЭ-1.3.1/16	2000000	8	20	17250,58
Планетарная мельница Активатор 2SL	600000	15	10	382,64
Вибропривод ВП-С/220	150000	10	7	383,561
Компьютер	40000	3	10	156,6
Микроскоп ЛабоМет-И	200000	5	3	258,8
Наноиндентор	6000000	10	2	25362,6
Итого:				45000

4.4.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы

Расчет заработной платы – заработная плата рассчитывается в соответствии с занятостью исполнителей, с учетом районного и тарифного коэффициентов исполнителей.

В состав затрат на оплату труда включаются:

- выплаты заработной платы за фактически выполненную работу;
- выплаты стимулирующего характера по системным положениям;
- выплаты по районным коэффициентам;
- компенсации за неиспользованный отпуск;

Таблица 4.12 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент-выпускник
Календарное количество дней	365	365
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	104	104
- праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени		
- отпуск	24	24
- невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени, F_d	223	223

Основная заработная плата работника рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} * T_p = \frac{Z_M * M}{F_d} = \frac{Z_{\text{окл}} * (1 + k_{\text{пр}} + k_d) * k_p * M}{F_d} * T_p$$

Основная заработная плата научного руководителя:

$$Z_{\text{осн.рук.}} = \frac{45000 * (1 + 0,3 + 0,3) * 1,3 * 11,2}{223} * 12 = 54000 \text{ руб.}$$

Основная заработная плата студента-выпускника:

$$Z_{\text{осн.ст.}} = \frac{11280 * (1 + 0,3 + 0,3) * 1,3 * 11,2}{223} * 74 = 87200 \text{ руб.}$$

Расчет основной заработной платы приведен в таблице 4.11

Таблица 4.13 – Основная заработная плата сотрудников

Исполнители	З _{окл, руб.}	к _{пр}	к _д	к _р	З _{м, руб.}	Т _{р, р.дн.}	З _{осн, руб.}
Научный руководитель	45000	0,3	0,3	1,3	56413	12	54000
Студент-выпускник	11280	0,3	0,3	1,3	14664	74	87200
Итого:							141200

4.4.3.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Расчет дополнительной заработной платы ведется по формуле:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} * Z_{\text{осн}}$$

$k_{\text{доп}} = 0,12-0,15$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования).

Расчет дополнительной заработной платы приведен в таблице 4.12.

Таблица 4.14 – Дополнительная заработная плата сотрудников

Исполнители	З _{осн, руб}	З _{доп, руб}
Научный руководитель	54000	6480
Студент-выпускник	87200	10464

4.4.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} * (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}})$$

На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2014 году водится пониженная ставка –28 %. Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 4.13.

Таблица 4.15 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнители	З _{осн, руб}	З _{доп, руб}
Научный руководитель	54000	6480
Студент-выпускник	87200	10464
Коэффициент отчислений во	0,28	

внебюджетные фонды, $K_{\text{внеб.}}$	
Итого:	44279,9 руб.

4.4.3.6 Формирование бюджета затрат НИИ

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 4.14.

Таблица 4.16 – Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
1. Материальные затраты НИИ	1800	Пункт 4.4.3.1.
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	45000	Пункт 4.4.3.2.
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	141200	Пункт 4.4.3.3.
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	16934	Пункт 4.4.3.4.
5. Отчисления во внебюджетные фонды	44279	Пункт 4.4.3.5.
6. Накладные расходы	37210	16% от суммы ст. 1-5
7. Бюджет затрат НИИ	285000	Сумма ст. 1-6

4.4.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной, экономической эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его

нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{фин}}^{\text{исп}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{285000}{350000} = 0,81$$

Где Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения; Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т. ч. аналоги).

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах.

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i * b_i$$

Где a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки; b_i^a , b_i^p – балльная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания; n – число параметров сравнения.

Таблица 4.17 - Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии \ Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Исп.1 (данный проект)	Исп.2	Исп.3
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,1	5	4	4
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,15	4	3	3
3. Экономичность	0,15	4	3	3
4. Энергосбережение	0,20	4	3	3
5. Надежность	0,25	4	4	4
6. Материалоемкость	0,15	5	4	5
Итого:	1	4.3	3.5	3.6

$$I_{p-исп1} = 0,1 * 5 + 0,15 * 4 * 3 + 0,2 * 4 + 0,25 * 4 = 4,1$$

$$I_{p-исп2} = 0,1 * 4 + 0,15 * 3 * 2 + 0,15 * 4 + 0,2 * 3 + 0,25 * 4 = 3,5$$

$$I_{p-исп3} = 0,1 * 4 + 0,15 * 3 + 0,15 * 3 + 0,2 * 3 + 0,25 * 4 + 0,15 * 5 = 3,65$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.n} = \frac{I_{p-исп.n}}{I_{фин.i}}$$

Таким образом $I_{исп.1} = 5,06$, $I_{исп.2} = 4,32$, $I_{исп.3} = 3.65$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную

эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта ($\mathcal{E}_{\text{ср}}$):

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{исп.1}}}{I_{\text{исп.2}}}$$

Сравнительная эффективность разработки приведена в таблице 4.18.

Таблица 4.18 - Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,81	0,85	0,91
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,3	3,5	3,6
3	Интегральный показатель эффективности	5,06	4,32	3,65
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	1,17	1,18

Значения интегральных показателей эффективности позволяют выбрать более эффективный вариант решения поставленной в бакалаврской работе технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности. Наиболее эффективна бакалаврская разработка.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
4Б51	Юсуповой Зилие Наильевне

Школа	НПТ	Отделение (НОЦ)	Материаловедение
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	22.03.01 Материаловедение и технологии материалов

Тема ВКР:

Синтез керамических материалов нового поколения на основе оксикарбонитридных фаз циркония

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</p>	<p>Исследование проводилось в лабораториях Томского политехнического университета, в 8 корпусе. В 4 различных лабораториях. Общая площадь помещений составляет 170 м².</p> <p>В лабораториях разрывная машина, весы, смеситель, установка для измерения плотности порошков, вибропривод, шлифовальный станок, печи. Область применения: научные лаборатории, машиностроительные заводы</p>
---	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. ГОСТ 12.1.005-88. 2. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. " 3. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. 4. ГОСТ 12.4.051-87. 5. СНиП 2.01.02-85. 6. ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ 7. ГОСТ 12.2.032-78. 8. СанПиН 2.2.4.548-96. 9. СНиП 11-2-80. 10. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 01.04.2019)
--	---

<p>2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия</p>	<p>Вредные факторы: шум, вибрация, плохое освещение, вредные вещества Опасные факторы: поражение электрическим током В целях индивидуальной защиты от вредных веществ рекомендуется использовать респираторы, либо применение специальных систем вытяжек ГОСТ 12.1.005-88 Свет влияет на физиологическое состояние человека, правильно организованное освещение стимулирует протекание процессов высшей нервной деятельности. При повышенном уровне шума, во избежание негативных воздействий шума рекомендуется использовать средства и методы коллективной защиты по ГОСТ 12.1.029-80; применение средств индивидуальной защиты по ГОСТ 12.4.051-87.</p>
<p>3. Экологическая безопасность:</p>	<p>При выполнении дипломной работы ущерб незначительный. Возможны отходы от порошков в минимальных количествах.</p>
<p>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p>	<p>Типовая ЧС при исследовании: возникновение пожара. Источником возгорания может оказаться неисправность и неправильная эксплуатация электроустановок. Предусмотренные средства пожаротушения (согласно требованиям противопожарной безопасности, СНиП 2.01.02-85): огнетушитель ручной углекислотный ОУ-5, пожарный кран с рукавом и ящик с песком (в коридоре).</p>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД ШБИП	Скачкова Лариса Александровна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Б51	Юсупова Зилия Наильевна		

5. Социальная ответственность

Введение

Безопасность жизнедеятельности представляет собой систему законодательных актов и соответствующих им социально - экономических, технических, гигиенических, организационных мероприятий, обеспечивающих безопасность, сохранение здоровья и работоспособности человека в процессе труда.

Целью данного раздела является выполнение и анализ вредных и опасных факторов труда при работе над твердофазным синтезом оксикарбонитридных порошков в инертной атмосфере, оценка условий труда микроклимата рабочей среды, также рассматриваются вопросы техники безопасности, пожарной профилактики и охраны окружающей среды, даются рекомендации по созданию оптимальных условий труда [11].

5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

5.1.1 Специальные (характерные для рабочей зоны исследователя) правовые нормы трудового законодательства

Работник лаборатории работает в двух положениях: сидя (преимущественно) и стоя. Рабочее место для выполнения работ сидя организуют при легкой работе, не требующей свободного передвижения работающего, а также при работе средней тяжести в случаях, обусловленных особенностями технологического процесса. Категории работ - по ГОСТ 12.1.005-88. Конструкция рабочего места и взаимное расположение всех его элементов (сиденье, органы управления, средства отображения информации и т.д.) должны соответствовать антропометрическим, физиологическим и психологическим требованиям, а

также характеру работы. Рабочее место должно быть организовано в соответствии с требованиями стандартов, технических условий и (или) методических указаний по безопасности труда.

Электробезопасность в соответствии с ГОСТ 12.1.019-79 ССБТ обеспечивается: конструкцией электроустановок, техническими способами и средствами защиты, организационными и техническими мероприятиями.

Требования к планам эвакуации в соответствии с требованиями ГОСТ 12.2.143-2002 включает в себя указание путей эвакуации, эвакуационных выходов и мест размещения спасательных средств, аварийных выходов [12].

5.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя

Энергоснабжение лаборатории осуществляется от трехфазной сети 380/220 В с глухозаземленной нейтралью, переменного тока частотой 50 Гц. Электрооборудование, используемое в лаборатории согласно ПУЭ относится к установкам напряжением до 1000 В. Условия, создающие особую опасность (особая сырость, химически активная или органическая среда, токопроводящая пыль и др.) в данном помещении отсутствуют. Поэтому по степени опасности поражения электрическим током помещение лаборатории относится к классу помещений без повышенной опасности, т.к. отсутствует возможность одновременного прикосновения человека к заземленным металлическим поверхностям и корпусу оборудования.

Рабочая зона - это часть пространства, в котором осуществляет основная трудовая деятельность, и проводится большая часть рабочего времени. При организации рабочего места, необходимо соблюдать следующие основные условия: оптимальное размещение оборудования, входящего в состав рабочего места; достаточное рабочее пространство,

позволяющее осуществлять все необходимые движения и перемещения; необходимо естественное и искусственное освещение для выполнения поставленных задач; уровень акустического шума не должен превышать допустимого значения [13].

5.2 Производственная безопасность

Данная работа выполнялась в лабораториях Национально-исследовательского Томского Политехнического Университета. Она относится к научно-исследовательским работам, выполняется с целью расширения, углубления, систематизации знаний по определенной научной проблеме. Работа посвящена синтезу оксикарбонитридных фаз. В процессе проведения исследований необходимо предусмотреть ряд мероприятий и средств, обеспечивающих безопасность, сохранения здоровья и работоспособности исследователя, т.к. возможно воздействие электрического тока, высоких температур, вредных веществ, повышенных умственной и нервно-психологической нагрузок и других факторов.

Таблица 5 – Возможные вредные и опасные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
Повышенный уровень шума	+	+		1. ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация
Пыль и вредные вещества	+		+	2. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений
Плохая освещенность	+	+		3. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к

Пониженная подвижность воздуха	+	+		естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий 4. ГОСТ 12.4.051-87. Система стандартов безопасности труда
Вибрация	+	+		
Поражение электрическим током	+	+		

По характеру физической нагрузки, данная исследовательская работа относится к разряду легких, но она связана с большой умственной нагрузкой. Длительная работа в помещении при повышенной или пониженной температуре и влажности воздуха, плохом освещении, а также при наличии других опасных и вредных производственных факторов, неблагоприятно сказывающихся на здоровье работающего, что неизбежно влечет за собой снижение производительности труда [14].

5.2.1 Анализ выявленных вредных факторов

- Пониженная подвижность воздуха

Пониженная подвижность воздуха в помещении часто вызывала духоту – это связано с плохой циркуляцией воздуха, уменьшением количества кислорода и увеличением углекислого газа. На это могло повлиять отсутствие вентиляции и систем кондиционирования. Решить проблему поможет проветривание, а также установка в рабочее помещение вентиляторов или систем кондиционирования, но стоит учитывать, что согласно СанПиН 2.2.4.548–96 повышенная скорость воздуха в помещении вызывает ощущение сквозняка, поэтому подвижность воздуха не должна превышать 0.1 м/с.

Работы делятся на три категории тяжести на основе общих энергозатрат организма. Работа, относящаяся к инженерам – разработчикам, считается категорией легких работ. Оптимальные и допустимые показатели температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне производственных помещений должны соответствовать значениям, приведенным в таблице 5.1 [15].

Таблица 5.1 – Требования к микроклимату помещения

Период года	Категория работы	Температура, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Легкая - Ia	22-24	40-60	0,1
	Легкая - Ib	21-23	40-60	0,1
Теплый	Легкая - Ia	23-25	40-60	0,1
	Легкая - Ib	22-24	40-60	0,2

В помещении, где проводились испытания, не все показатели сходятся с нормативными. Показатели температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха приведены в таблице 5.2.

Таблица 5.2. – Условия микроклимата в производственных лабораториях ТПУ

Период года	Категория работы	Температура, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	легкая	20	25	≤ 0.1

Для обеспечения оптимальных и допустимых показателей микроклимата в помещении во время холодного периода года следует применять средства защиты рабочих мест от остекленных поверхностей оконных проемов, дабы не было охлаждения, но, так как в лабораториях установлены пластиковые окна, применение средств защиты не

потребовалось. В теплый период года необходимо предусмотреть защиту от попадания прямых солнечных лучей [17].

- Шум

В процессе проведения работы для измельчения и смешивания порошков ZrO_2 , ZrC , ZrN используется центробежная машина с планетарно движущимися барабанами. Материал дробится и измельчается в размольных барабанах при помощи мелющих шаров. На мелющие шары и материал действуют центробежные силы, обусловленные вращением барабанов вокруг собственной оси и вращающимся опорным диском.

Уровень шума может быть выше ~ 80 дБ (А). Колебания сильно зависят от скорости, измельчаемого материала и типа мелющих шаров. Если уровень шума достигает 70-90 децибел (дБ), при продолжительном воздействии на человека происходит снижение остроты зрения, слуха, повышается кровяное давление, понижается внимание. Сильный продолжительный шум может стать причиной изменений сердечно-сосудистой и нервной систем [18].

Основной документ, регламентирующий максимально допустимые уровни шума при которых можно работать без использования противошумных наушников (или берушей) представлены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 - Санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.562-96. "Шум на рабочих местах, в помещениях"

Вид трудовой деятельности	Максимально допустимый уровень шума (дБ), в полосах следующих октав (Гц).									Эквивалентные уровни шума, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Научная работа, расчеты, конструирование.	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50
Офисы, лаборатории.	93	79	70	68	58	55	52	52	49	60
Офисы с речевой	96	83	74	68	63	60	57	55	54	65

связью, помещения мастеров и т.п.										
Сосредоточенная работа в помещениях с шумным оборудованием	103	91	83	77	73	70	68	66	64	75
Все виды работ в цехах и на территориях предприятий	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

Планетарная мельница является устройством с силовым электропитанием (380В, 3 фазы) и высокоскоростными движущимися механическими частями (барабанами). Место установки мельницы должно быть оборудовано: подводом электроэнергии 380 V, 3 фазы, 4 проводная проводка, подводимая мощность не менее 2.5 КВт, подводом охлаждающей воды (водопровод), сливом воды (канализация), столом для установки мельницы, вытяжным шкафом для загрузки и разгрузки барабанов, просева порошка [19].

- **Вибрация**

В данной работе вибрация возникает при использовании вибропривода и при воздействии внешних факторов.

Вибрация - является вредным производственным фактором. Вибрация - это механические колебания твёрдых тел, передаваемые организму человека. Они могут быть причиной расстройства сердечно-сосудистой и нервной системы, а так же опорно-двигательной системы человека. Уровень вибрации в пределе - $\leq 65-75$ дБ (СН 2.2.4/2.1.8.566-96). Измерение вибрации производится прибором ВШВ-003, снабженным датчиком вибрации. Нормативным документом, рассматривающим уровни

шума для различных категорий рабочих мест, служебных помещений является ГОСТ 12.1.003-88 [20], [21].

5.2.2 Электробезопасность

Основными причинами воздействия тока на человека являются: случайные проникновения или приближение на опасное расстояние к токоведущим частям; появление напряжения на металлических частях оборудования в результате повреждения изоляции.

Поражающее действие электрического тока зависит от значения и длительности протекания тока через тело человека, рода и частоты тока, места протекания тока, индивидуальных свойств человека. Наиболее опасным для человека является переменный ток с частотой 20 – 100 Гц. Опасной величиной тока является ток, равный 0,001 А, а смертельный 0,1 А. Также исход электропоражения зависит от состояния внешней среды. Могут быть следующие виды воздействий:

- термическое (ожог);
- электрическое;
- механическое (электрометаллизация);
- биологическое (паралич мышц, электрический удар).

Устанавливаются предельно допустимые уровни (ПДУ) напряжений и токов ГОСТ 12.1.038 – 82. Мероприятия по защите от поражения электрическим током – защитное заземление. Данное помещение, где использовалось оборудование, относится к помещениям без повышенной опасности [22].

5.2.3 Экологическая безопасность

Научно-исследовательская лаборатория в процессе выполнения ВКР не оказывает влияние на природную окружающую среду. В процессе работы могут образовываться только небольшие отходы порошков ZrO_2 ,

ZrC, ZrN. Отходы после переработки могут найти применение в производстве вторичных сплавов, в металлургическом производстве. Способ утилизации заключается в том, что порошки, преимущественно ZrO_2 , ZrC, ZrN, прессуют с одновременным отжигом. Данный процесс относится к области утилизации отходов промышленности, а именно к переработке металлического порошка. Продукт переработки может найти применение в производстве вторичных циркониевых сплавов, в черной металлургии при легировании.

Во всех крупных городах есть фирмы, занимающиеся утилизацией светильников. В Томске таких фирм несколько. Это один из вариантов утилизации.

НИР не влияет на гидросферу, т.к. все исследования происходят в закрытых помещениях, а отходы не выбрасывают в воду [23].

На первом этапе НИР происходит предварительная подготовка материала. Таким материалом является порошки. Данный материал поступает лаборатории, как правило, в насыпном или упакованном виде. При работе с данным веществом следует учитывать, что входящие в его состав фракции являются мелкодисперсными. Данное обстоятельство не позволяет работать с материалом на открытом воздухе, т.к. велика вероятность распространения частиц порошка на многие километры. Кроме того, исключив работу с порошками на открытом воздухе, нельзя полностью исключить его распространение на прилегающие территории и поступление в водные объекты(гидросфера), чему способствует транспортировка, обработка, утилизация материала после завершения работы. Распространение частиц порошков оказывает негативное влияние в большей степени на почву(литосфера), изменяя ее кислотно-щелочной баланс, а также на растительный покров, закупоривая поры и нарушая тем самым растительный метаболизм.

Так как подготовка порошков происходит в закрытом помещении, какое-то количество порошка может загрязнить рабочую зону при

пересыпанию. При проведении данной работы окна бывают открыты, тем самым часть порошковых частиц выводится наружу вместе с воздухом, тем самым наносит вред атмосфере. Чтобы этого избежать надо проводить работу максимально внимательно и аккуратно, а в помещении должен стоять вытяжной шкаф [24].

5.2.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Непосредственно в лаборатории могут возникнуть взрыв оборудования и пожар.

Причиной взрыва может стать разгерметизация, искра, удар молнии.

При взрыве образуется очаг взрыва, ударная волна которого способна вызвать масштабные разрушения. Также при взрыве возникает световое излучение – совокупность инфракрасного, ультрафиолетового и видимого излучений [25].

Причиной пожара в лаборатории может быть:

- нарушение технологического режима;
- короткое замыкание, перегрузки и большие переходные сопротивления;
- износ и коррозия оборудования и др.

Используемый технологический процесс согласно СНиП 11-2-80 относится к категории Д, т.к. использует негорючие вещества в холодном состоянии. В данном случае источником возгорания может оказаться неисправность и неправильная эксплуатация электроустановок.

Согласно требованиям противопожарной безопасности СНиП 2.01.02 – 85 предусмотрены средства пожаротушения: огнетушитель ручной углекислотный ОУ-5, пожарный кран с рукавом и ящик с песком. Кроме того, каждое помещение оборудовано системой противопожарной

сигнализации. Пожарные извещатели преобразуют неэлектрические физические величины в электрические, которые в виде сигнала определенной формы направляются по проводам на приемную станцию [26].

На случай возникновения чрезвычайной ситуации должен быть предусмотрен следующий комплекс мероприятий: рассредоточение и эвакуация; укрытие людей в защитных сооружениях; обеспечение индивидуальными средствами защиты; организация медицинской помощи пострадавшим.

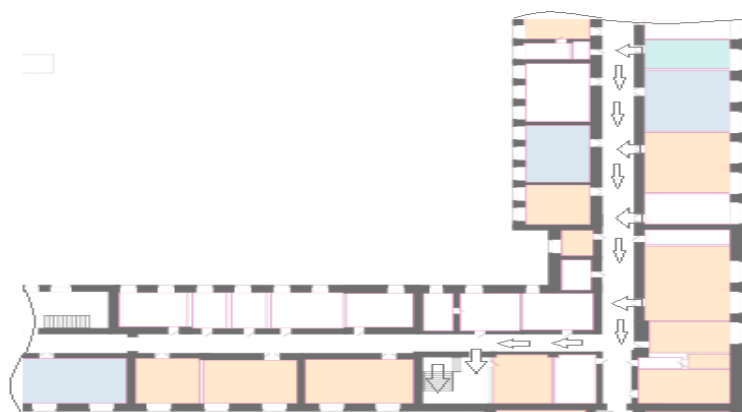


Рисунок 5.3 – План эвакуации при ЧС из лабораторий ОМ НИ ТПУ

В чрезвычайной обстановке особенно важное значение имеют сроки эвакуации людей за пределы зон возможного поражения или разрушений. В наиболее короткие сроки эвакуацию можно провести комбинированным способом, который заключается в том, что при его применении массовый вывод населения пешим порядком сочетается с вывозом некоторых категорий населения всеми видами имеющегося транспорта [27].

Вывод по разделу:

В лаборатории рабочее место около каждой установки должно быть обеспечено возможностью свободного доступа для эксплуатации и ремонта. При этом установки не должны загораживать проход в случае ЧС. Рычаг аварийного отключения электроэнергии должен быть легко достигаем при работе у любой части установки.

В лабораторных аудиториях должны висеть огнетушители, а также силовой щит, позволяющий мгновенно обесточить его, т.к. имеется большое количество оборудования. На видном месте в коридорах вывешены инструкции и обязанности сотрудников и план эвакуации в случае пожара. В случаях, когда не удастся ликвидировать пожар самостоятельно, требуется вызвать пожарную охрану и покинуть помещение, руководствуясь разработанным и вывешенным планом эвакуации.

Заключение:

1. Вакуумное спекание не дает высоких физико-механических свойств, после спекания уменьшилась плотность образцов

2. Горячее прессование в инертной атмосфере является эффективным методом консолидирования керамики на основе оксикарбонитридных фаз циркония. Характеристики спечённых образцов:

($E_{\text{ГГ}}= 418902$ МПа, $H_{\text{ГГ}}= 21975$ МПа) для 50% ZrO_2 -50% ZrN

($E_{\text{ГГ}}= 304452$ МПа, $H_{\text{ГГ}}= 10769$ МПа) для 33% ZrO_2 - 33% ZrC - 34% ZrN

ρ (50% ZrO_2 -50% ZrN)= $6,2$ г/см³

ρ (33% ZrO_2 - 33% ZrC - 34% ZrN)= $6,13$ г/см³

3. Гранулометрический анализ показал, что наименьшие частицы порошка имеют размеры 24-32 мкм.

Список использованных источников

1. Либенсон Г.А., Лопатин В.Ю., Комарницкий Г.В. Процессы порошковой металлургии , композиционные материалы. В 2-х т. Том 2. Формование и спекание: Учебник для вузов. М.: МИСИС, 2002. - 320 с.
2. Никифоров В.С. Кортон М.Г., Казанцева К.А. , Свойства моноклинного оксида циркония. Журнал — , 2016 – 45с.
3. Иванов-Павлов, Д. А., Конаков, В. Г., Голубев, С. Н., Ануфриков, Ю. А. Исследование взаимосвязи фазового состава керамик $Y_2O_3-TiO_2-ZrO_2$ и их электрохимических свойств. вестник Санкт-Петербургского Университета. Серия 4: физика, химия, (1), —2010, —145с.
4. <https://www.ceramtec.ru/ceramic-materials/zirconium-oxide/>
5. Зимичев А.М. , Е.П. Соловьева волокно диоксида циркония для высокотемпературного применения .Изд. Авиационные материалы и технологии , —2014, —61с.
6. <http://www.yaregaruda.ru/ru/node/53>
7. Земскова Л.А. Модифицированные углеродные волокна: сорбционные и электрохимические свойства : Автор. дис. канд. техн. наук. – , 2011. – 50 с.
9. Смирнов В. В. Керамические конструкционные материалы с низкой температурой спекания на основе диоксида циркония, Перспективные материалы . —2018 г. —5. —65 с.
10. Науменко В.Я.. Получение карбидов переходных металлов IV-V групп в областях их гомогенности. Порошковая металлургия, 1970, №10, — 220 с.
11. Шумилова Р.Г., Т.Я. Косолапова. Получение карбида циркония в полупромышленном масштабе. Порошковая металлургия, 1968, №4, —86 с.
12. Самсонов Г. В. Физическое материаловедение карбидов. — Наукова думка, 1974. — 454 с.
13. Кипарисов С.С., Левинский Ю. В., Петров А.П. , Машиностроительные материалы, Металлургия, 1987 г. — 216 с.

14. ППБ 01-03. Правила пожарной безопасности в Российской Федерации. – М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2003. – 111 с.
15. Ефремова О.С. : Опасные и вредные производственные факторы и средства защиты работающих от них. Альфа-Пресс, 2005 г.-296с
16. П. А. Долина. Техника безопасности в электроэнергетических установках: справочное пособие. «Энергоатомиздат». Москва 1987. – 400 с.
17. Е.А. Алябышева, Е.В. Сарабаева и др. Промышленная экология: – ГОУ ВПО «Марийский государственный университет». Йошкар-Ола 2010. – 110 с.
18. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 01.04.2019)
19. ГОСТ 12.1.005-88. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны
20. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки"
21. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий
22. ГОСТ 12.4.051-87. Система стандартов безопасности труда
23. СНиП 2.01.02-85 .Противопожарные нормы
24. ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы
25. ГОСТ 12.2.032-78. Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования
26. СанПиН 2.2.4.548–96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений
27. СНиП 11-2-80 Противопожарные нормы проектирования зданий и сооружений