

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

---

Школа Инженерная школа новых производственных технологий  
Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология  
Отделение школы (НОЦ) НОЦ Кижнера Н.М.

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
<b>Металлизация фарфора</b>

УДК 666.5:621.793

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Г41	Кутищев Алексей Сергеевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Дитц А.А.	к.т.н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Верховская М.В.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Волков Ю.В.	к.т.н.		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
18.03.01 Химическая технология	Ревва И.Б.	к.т.н, доцент		

**Планируемые результаты обучения  
по основной образовательной программе подготовки бакалавров  
18.03.01 (240100) Химическая технология**

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Профессиональные компетенции</i>		
P1	Применять базовые и специальные, математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания в профессиональной деятельности	Требования ФГОС (ПК-1,2,3,19,20), Критерий 5 АИОР (п.1.1), СДИО(п. 1.1, 4.1, 4.3, 4.8)
P2	Применять знания в области современных химических технологий для решения производственных задач	Требования ФГОС (ПК-7,11,17,18, ОК-8), Критерий 5 АИОР (пп.1.1,1.2), СДИО (п. 1.1, 3.2, 4.2, 4.3, 4.5, 4.6)
P3	Ставить и решать задачи производственного анализа, связанные с созданием и переработкой материалов с использованием моделирования объектов и процессов химической технологии	Требования ФГОС (ПК-1,5,8,9, ОК-2,3), Критерий 5 АИОР (пп.1.2), СДИО (1.2, 2.1, 4.5)
P4	Разрабатывать <i>новые</i> технологические процессы, проектировать и использовать новое оборудование химической технологии, <i>проектировать объекты химической технологии в контексте предприятия, общества и окружающей среды</i>	Требования ФГОС (ПК-11,26,27,28), Критерий 5 АИОР (п.1.3) (ОК-9, ОК-10, ОК-13, ПК-4, 7, 10, 12 -17, 26 ) СДИО (п.1.3, 4.4, 4.7)
P5	Проводить теоретические и экспериментальные исследования в области современных химических технологий	Требования ФГОС (ПК-4,21,22,23,24,25, ОК-4,6), Критерий 5 АИОР (п.1.4), СДИО (п. 2.2)
P6	Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современное высокотехнологичное оборудование, обеспечивать его высокую эффективность, <i>выводить на рынок новые материалы</i> , соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на химико-технологическом производстве, выполнять требования по защите окружающей среды.	Требования ФГОС (ПК-6,10,12,13,14,15, ОК-6,13,15), Критерий 5 АИОР (п.1.5) СДИО (п. 4.1, 4.7, 4.8, 3.1, 4.6)
<i>Общекультурные компетенции</i>		
P7	Демонстрировать знания социальных, этических и культурных аспектов профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-5,9,10,11), Критерий 5 АИОР (пп.2.4,2.5), СДИО (п. 2.5)
P8	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-1,2,7,8,12), Критерий 5 АИОР (2.6), СДИО (п. 2.4)
P9	<i>Активно</i> владеть <i>иностраннным языком</i> на уровне, позволяющем разрабатывать документацию, презентовать результаты профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-14), Критерий 5 АИОР (п.2.2), СДИО (п. 3.2, 3.3)
P10	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, <i>демонстрировать лидерство в</i>	Требования ФГОС (ОК-3,4) , Критерий 5 АИОР (пп.1.6, 2.3)

	<i>инженерной деятельности и инженерном предпринимательстве, ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации.</i>	CDIO (п. 4.7, 4.8, 3.1)
--	--	-------------------------

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

---

Школа Инженерная школа новых производственных технологий  
Направление подготовки (специальность) 18.03.01 Химическая технология  
Отделение школы НОЦ Кижнера Н.М.

УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель ООП

\_\_\_\_\_  
(Подпись)      (Дата)      (Ревва И.Б.)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Бакалаврской работы
---------------------

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
4Г41	Кутищеву Алексею Сергеевичу

Тема работы:

Исследование огнеупорного глинистого сырья с целью использования его в технологии алюмосиликатных пропантов
Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b> <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	
<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b> <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	
<p><b>Перечень графического материала</b> <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	

<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b> <i>(с указанием разделов)</i>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Литературный обзор; Методы исследования; Экспериментальный анализ	Дитц А.А.
Финансовый менеджмент	Верховская М.В.
Социальная ответственность	Волков Ю.В.
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b>	

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Дитц А.А.	к.т.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Г41	Кутищев Алексей Сергеевич		

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

---

Школа Инженерная школа новых производственных технологий  
Направление подготовки (специальность) 18.03.01 Химическая технология  
Уровень образования бакалавр  
Отделение школы НОЦ Кижнера Н.М.  
Период выполнения (осенний / весенний семестр 2017/2018 учебного года)

Форма представления работы:

бакалаврская работа
---------------------

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН**  
**выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
	Основная часть	60
	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережения	20
	Социальная ответственность	20

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Дитц А.А.	к.т.н.		

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
18.03.01 Химическая технология	Ревва И.Б.	к.т.н, доцент		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И  
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
4Г41	Кутищеву Алексею Сергеевичу

<b>Школа</b>	<b>ИШНПТ</b>	<b>Отделение</b>	Научно-образовательный центр Н.М.Кижнера
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	18.03.01 Химическая технология

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Рассчитана стоимость исходного сырья, материалов, спецоборудования, комплектующих изделий и покупных полуфабрикатов
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Расчетные величины материалов, сырья и оборудования научно-технического проекта
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Система налогообложения, принятая для образовательных учреждений (27,1% отчисления во внебюджетные фонды). Премияльный коэффициент, районный коэффициент, коэффициент доплат и надбавок, заработная плата по тарифной ставке.

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

1. <i>Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ</i>	Доступность исходного сырья, экологичность, теплоизоляционные свойства, прочность, энергоэффективность.
2. <i>Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	Планирование структуры работ, их трудоемкость, разработка графика проведения исследования, расчет бюджета исследования: затраты на сырье, оборудование, заработную плату, отчисления во внебюджетные фонды и накладные расходы
3. <i>Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	Расчет интегрального показателя эффективности: определение финансовой эффективности и ресурсоэффективности; сравнение эффективности разработки с аналогами

**Перечень графического материала** (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Сегментирование рынка
2. Оценка конкурентоспособности технических решений
3. Матрица SWOT
4. График проведения и бюджет НТИ
5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ
6. Потенциальные риски

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

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент	Верховская М.В.	К.Э.Н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
4Г41	Кутищев Алексей Сергеевич		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа 4Г41	ФИО Кутищеву Алексею Сергеевичу
----------------	------------------------------------

Институт	ИШНПТ	Отделение	Научно-образовательный центр Н.М. Кижнера
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	18.03.01 Химическая технология

**Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:**

1. Характеристика объекта исследования и области его применения	Объект исследования – молибден-марганцевая паста для металлизации фарфора. Область применения – электроника, электротехника, микроэлектроника.
---	---

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

<p><b>1. Производственная безопасность</b></p> <p>1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности.</p> <p>1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности.</p>	<p>1.1. В качестве вредных факторов выделены: недостаточное освещение рабочей зоны, превышение уровней шума и вибрации. Приведены рекомендации по улучшению освещенности и минимизации влияния шума и вибрации.</p> <p>1.2. В качестве опасных факторов выявлены: повышенная температура поверхностей оборудования и обрабатываемых материалов; возможность поражения электрическим током, возникновение пожара. Приведены рекомендации к мерам пожарной безопасности, способы защиты от электрического тока, мероприятия для предотвращения аварийных ситуаций и несчастных случаев.</p>
<p><b>2. Экологическая безопасность:</b></p>	<p>Используемые в работе вещества не оказывают вредного воздействия на окружающую среду.</p>
<p><b>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b></p>	<p>Характерен техногенным тип ЧС:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- пожары;</li> <li>- взрывы;</li> <li>- отключение электроэнергии</li> </ul>
<p><b>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b></p>	<p>Правовые нормы трудового законодательства:</p> <p>4.1 специальные правовые нормы трудового законодательства;</p> <p>4.2 организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</p>



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

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Волков Ю.В.	К.Т.Н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Г41	Кутищев Алексей Сергеевич		

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 96 страниц, 30 таблиц, 15 рисунков, 30 источников литературы.

Целью выпускной работы является разработка состава Mo-Mn композиции для металлизации низкотемпературного электротехнического фарфора.

Ключевые слова: металлизационная паста, фарфор, порошок молибдена, Mo-Mn, молибден нано, вжигание, органические связки, спекание.

Объектом исследования является технология металлизации фарфора.

В первой части работы приведено описание общих сведений о металлизационных покрытиях, их применении и свойствах, а также сведения о фарфоре.

Вторая часть работы состоит из методов исследования и информации об исходном сырье.

В третьей части содержатся обработанные результаты по приготовлению металлизационных паст различного состава, нанесении их на поверхность фарфоровых образцов, вжигании и последующем изучении структуры полученных на поверхности керамики металлизационных слоев.

В четвертом разделе ВКР приведены анализ и расчёт основных параметров для реализации конкурентоспособного продукта и требования ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Пятая глава рассматривает вопросы о выполнении требований к безопасности и гигиене труда, к промышленной безопасности, охране окружающей среды и ресурсосбережению.

## Оглавление

Введение .....	13
Глава 1. Литературный обзор .....	14
1.1 РБК, области применения, конструкция, требования .....	14
1.2 Фарфор .....	16
1.2.1 Общие сведения .....	16
1.2.2 Электротехнический фарфор .....	17
1.3 Металлизация керамики .....	19
1.3.1 Механизмы и природа сил сцепления при металлизации керамики .....	20
1.3.2 Приготовление молибдено-марганцевых паст .....	25
1.3.3 Нанесение металлизационных паст на керамику .....	26
1.3.4 Вжигание металлизующего покрытия .....	28
Глава 2. Объект и методы исследования .....	31
2.1 Методы исследования .....	31
2.1.1 Рентгенофазовый анализ .....	31
2.1.2 Растровая электронная микроскопия (РЭМ) .....	32
2.1.3 Определение реологии паст .....	32
2.1.4 Приготовление аншлифов .....	33
2.2 Материалы .....	34
2.2.1 Фарфор спеченный .....	34
2.2.2 Порошок молибдена .....	35
2.2.4 Порошок марганца .....	38
2.2.5 Нанопорошок молибдена .....	38
Глава 3. Экспериментальная часть .....	40
Глава 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение .....	60
4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения .....	61
4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования .....	61
4.1.2 Анализ конкурентных технических решений .....	62
4.1.3 SWOT-анализ .....	64
4.2 Планирование научно-исследовательских работ .....	66
4.2.1 Структура работ в рамках научного исследовани .....	66
4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ .....	67
4.2.3 Разработка графика проведения научного исследования .....	68
4.2.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ) .....	73

4.2.4.1 Расчет материальных затрат НИИ .....	73
4.2.4.2 Расчет затрат на оборудование для научно экспериментальных работ .....	73
4.2.4.3. Основная заработная плата исполнителей темы .....	75
4.2.4.4. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления) .....	77
4.2.4.5. Накладные расходы .....	77
4.2.4.6. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского .....	78
проекта .....	78
4.3 Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования .....	78
Глава 5. Социальная ответственность .....	82
Заключение .....	93
Список используемой литературы .....	94

## **Введение**

Среди многочисленных типов ускорителей заряженных частиц особое место занимают бетатроны, получившие на сегодняшний день широкое распространение в области медицины и безопасности при создании досмотровых комплексов. Особенно востребованными являются малогабаритные бетатроны, позволяющие создавать переносные комплексы. Одним из основных узлов бетатрона является вакуумная камера, в которой происходит ускорение заряженных частиц. В последние годы на кафедре технологии силикатов ведутся работы по разработке технологии изготовления вакуумной камеры из специального фарфора. Это позволит снизить стоимость изготовления, за счет снижения доли ручного труда и повысить качество. Сложная конструкция камеры изготавливается из нескольких составных узлов: тор – основа, катодный узел, откачной узел. Для сборки этих узлов в изделие, и обеспечения вакуумной плотности спаев предлагается применять пайку низкотемпературными припоями. Для обеспечения вакуумной плотности и высокой прочности требуется разработать технологию и составы для металлизации фарфора.

*Объект исследования* – технология металлизации фарфора.

*Предмет исследования* – разработка состава композиции для металлизации фарфора.

**Научная и практическая новизна.** Автором внесен весомый вклад в полученные результаты. Автор лично выполнял анализ литературы, постановку цели и задач исследования, планирование и выполнение экспериментальных работ.

Практическая новизна: предложен состав, для металлизации фарфора обеспечивающий в дальнейшем вакуумно-плотный спай.

**Практическая значимость результатов ВКР.** Полученные результаты могут быть использованы при изготовлении РБК методом пайки, что позволит упростить процесс сборки РБК и снизить стоимость.

## ГЛАВА 1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

### 1.1 РБК, области применения, конструкция, требования

Бетатрон – циклический ускоритель, в котором ускорение частиц осуществляется вихревым электрическим полем, индуцируемым изменением магнитного потока, охватываемого орбитой пучка.

Работа бетатрона, как и других ускорителей заряженных частиц, состоит из следующих этапов:

1) Инжекция электронов – представляет собой процесс ввода в ускорительную камеру пучка электронов, предварительно ускоренных до некоторой энергии  $E_i$  соответствующей напряженности управляющего магнитного поля в момент инжекции.

2) Ускорение электронов – занимает большую часть времени рабочего цикла бетатрона, при этом энергия электронов увеличивается до заданного расчетного значения. В зависимости от параметров магнитного поля бетатрона и характеристик инжектированного пучка электронов на этом этапе наблюдаются колебания электронов, которые в некоторых случаях приводят к потере ускоряемого пучка или его части. Для наблюдения за пучком и изучения его динамики в процессе ускорения используют специальные методы и соответствующую аппаратуру.

3) Смещение пучка электронов, достигшего конечного значения энергии, с равновесной орбиты на мишень для получения тормозного коротковолнового излучения или вывода непосредственно ускоренных электронов за пределы ускорительной камеры бетатрона. Устройства для смещения и вывода пучка электронов, определяются областью, в которой будет использован конкретный бетатрон - в промышленной дефектоскопии, скоростной рентгеновской съемке, в медицине и т. д

Одним из основных узлов бетатрона является вакуумная камера, в которой происходит ускорение заряженных частиц. В современных устройствах она выполнена в виде тора из вакуум-плотного стекла.

Вакуумная камера (рисунок 1.1) состоит из нескольких составных узлов: тор – основа, катодный узел, откачной узел.

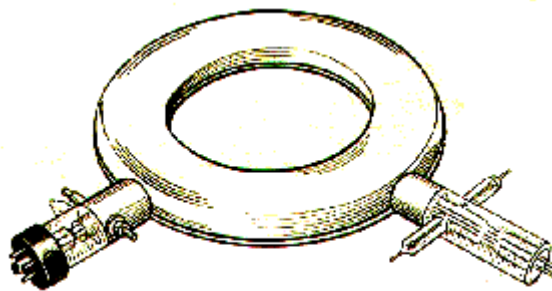


Рисунок 1.1 - Внешний вид вакуумной камеры бетатрона[2]

При движении в вакуумной камере электроны за один цикл ускорения проходят огромные расстояния, могут достигать более 10 тысяч оборотов. В результате часть электронов рассеивается на частицах газа и теряется, оседая на стенках камеры. Для нормальной работы ускорителя давление остаточного газа в вакуумной камере должно быть не выше  $10^{-6}$  мм рт.ст [1]. Повышение давления приводит к резкому сокращению числа частиц, достигших конца цикла.

Бетатронные установки используются в ряде таких высокотехнологических процессах, как рентгеновская компьютерная томография, лучевая интраоперационная терапия, промышленная интроскопия. Бетатрон является составной частью досмотровых систем, массовое производство которых особенно важно из-за возросшей вероятности террористических актов. Как источник коротковолнового излучения бетатроны широко применяют в медицине для лечения опухолей. Опубликованные данные свидетельствуют, что 36 % больных полностью излечиваются после облучения бетатроном.

## **1.2 Фарфор**

### **1.2.1 Общие сведения**

Фарфором обычно называют спекшиеся белые, просвечивающие в тонком слое, непроницаемые для жидкостей и газов керамические изделия, изготавливаемые из тонкой смеси каолина, кварца, полевого шпата и пластичной беложгущейся глины [3].

Фарфор, относящийся к плотным спекшимся изделиям, разнообразен по химическому составу и назначению. Отличительными признаками фарфора являются тонкий черепок, белый цвет, просвечиваемость, отсутствие открытой пористости, высокая прочность, термостойкость и устойчивость к химическим воздействиям, кроме плавиковой кислоты. Все эти признаки определяются составом исходного сырья, соотношением компонентов и условиями его переработки. В процессе обжига фарфоровой массы формируется структура фарфора, определяющая его основные показатели и свойства [4].

Отличительными особенностями фарфора по сравнению с другими видами тонкой керамики, несмотря на существенные изменения его фазового состава и свойств, является высокое содержание в фарфоровых массах глин, каолинов и плавней. Использование глин и каолинов в пластичных, жидких и порошкообразных фарфоровых массах обеспечивает их высокие формовочные свойства и достаточную для последующей обработки прочность полуфабриката. Высокое содержание в фарфоровой массе плавней (полевых шпатов, нефелинового сиенита и др.) дает возможность получить при относительно невысоких, приемлемых в производстве температурах (1250-1400°C) изделия с большим количеством (50-60%) стекловидной фазы, свойствами которой в основном и определяются достоинства разных видов фарфора [3].

Как технический материал, фарфор обладает рядом ценных свойств – высокой механической и электрической прочностью, химической и термической стойкостью. Хозяйственный фарфор отличается высокой просвечиваемостью и другими исключительными декоративными свойствами.



Для фарфора с высоким содержанием  $Al_2O_3$  характерна высокая термостойкость и химическая устойчивость по отношению к щелочам и кислотам, а для санитарного фарфора – гигиеничность и долговечность. Благодаря сочетанию этих свойств в материале, изготавливаемом из широко распространенного минерального сырья, фарфор находит весьма разнообразное и эффективное применение, как в современной технике, так и в быту.

### **1.2.2 Электротехнический фарфор**

В электрической и радиоэлектронной промышленности керамическая технология широко применяется для изготовления диэлектрических, полупроводниковых, пьезоэлектрических, магнитных, металлокерамических и других изделий. В настоящее время, особенно с проникновением в быт электронной техники, из электроизоляционной керамики изготавливаются десятки тысяч наименований изделий массой от десятых долей грамма до сотен килограммов и размерами от нескольких миллиметров до нескольких метров [5].

Электроизоляционная керамика представляет собой материал, получаемый из формовочной массы заданного химического состава из минералов и оксидов металлов. Любая керамика, в том числе и электроизоляционная, - материал многофазный, состоящий из кристаллической, аморфной и газовой фаз. Ее свойства зависят от химического и фазового составов, макро- и микроструктуры и от технологических приемов изготовления [6].

Электрофарфор является основным керамическим материалом, используемым в производстве широкого ассортимента низковольтных и высоковольтных изоляторов и других изоляционных элементов с рабочим напряжением до 1150 кВ переменного и до 1500 кВ постоянного тока [7].

Преимущества электрокерамики перед другими электроизоляционными материалами состоят в том, что из нее можно изготавливать изоляторы сложной конфигурации, кроме того она имеет широкий интервал спекания. Сырьевые материалы мало дефицитны, технология изготовления изделий относительно

проста [8].

Электрофарфор обладает достаточно высокими электроизоляционными, механическими, термическими свойствами в области рабочих температур; он выдерживает поверхностные разряды, слабо подвержен старению, стоек к воздействию атмосферных осадков, многих химических веществ, солнечных лучей и радиационных излучений [7].

В ряде случаев изделия из электрофарфора покрываются глазуриями, что уменьшает возможность загрязнения, улучшает электрические и механические свойства, а также внешний вид изделия [5].

Электроизоляционный фарфор должен обладать комплексом важных технических свойств: высокой механической и электрической прочностью, термической стойкостью, высоким объемным сопротивлением. Состав и свойства используемых для его изготовления керамических масс дают возможность формовать изделия в гипсовых формах, вытачивать резцами из цилиндрических заготовок, отливать, а также прессовать из порошкообразной массы [3].

Материалы на основе щелочных алюмосиликатов (фарфоры) в зависимости от содержания оксида алюминия и свойств делят на следующие группы [9]:

- 1) группа 100 – силикатный фарфор ( $Al_2O_3$  до 30 мас. %)
  - подгруппа 110.1 - тонкодисперсный силикатный фарфор;
  - подгруппа 111 - прессованный силикатный фарфор;
  - подгруппа 112 - силикатный фарфор высокой прочности;
- 2) группа 200 – глиноземистый фарфор ( $Al_2O_3$  от 30 до 50 %)
- 3) группа 300 – глиноземистый фарфор высокой прочности ( $Al_2O_3 > 50$  %)
  - подгруппа 130.1 - глиноземистый фарфор высокой прочности, изготовленный методом пластичного формования (массовая доля  $Al_2O_3$  свыше 50 %).

Для обеспечения высоких механических и электротехнических свойств изделия должны обладать однородной структурой, высокой плотностью, минимальным содержанием газовой фазы. С этой целью в состав исходной

массы вводят несколько больше полевого шпата (до 33-36%), чем это принято для классического твердого фарфора, хотя известны электрофарфоры также с повышенным содержанием кварца, каолина и глинозема. Ухудшение диэлектрических свойств за счет повышенного содержания щелочных оксидов в высокополевошпатовом фарфоре компенсируется увеличением плотности и лучшим растворением кварца в расплаве при сравнительно невысокой температуре обжига [9].

При изготовлении фарфоровых изоляторов применяется специальный силикатный фарфор. Керамические изоляторы, изготовленные из этого материала, обладают высокой степенью устойчивости к перегрузкам. Следует также отметить, что показатели прочности и надежности силикатного фарфора являются достаточно высокими, и материал устойчив к воздействиям окружающей среды [10].

### **1.3 Металлизация керамики**

Начиная с 30-х годов XX века металлизация керамических изделий нашла свое распространение как один из этапов изготовления вакуумно-плотных металлокерамических узлов (МКУ). Металлизацию керамики обычно проводят с целью [11]:

- изготовления металлокерамических конструкций;
- создания электрических контактов и производства керамических конденсаторов и пьезоэлементов;
- формирования электронных компонентов на керамических основаниях и подложках;
- получения декоративных покрытий.

По методам проведения все процессы металлизации можно разделить на две группы:

- *толстопленочная технология* – на поверхность керамики наносят слой мелкодисперсного металла на органической связке, который затем закрепляют высокотемпературной обработкой – вжиганием;

- *тонкопленочная технология* – на поверхность керамики в вакууме наносится (напыляется) путем конденсации атомов или ионов пленка металла, при этом сцепление металла и керамики обеспечивается без вжигания.

Слой металлизации при толстопленочной технологии составляет от 10 до 100 мкм, при тонкопленочной – до 10 мкм [12].

Для металлизации керамики применяются либо чистые порошки тугоплавких металлов – молибдена, вольфрама и др., либо смеси порошков этих металлов с порошками железа, марганца, меди, либо карбиды тугоплавких и активных металлов. Во всех случаях технологическая схема получения спая практически не изменяется. Изменяются только температурные и газовые режимы обработки и состав паст для покрытия. Практическое применение в производстве имеют металлизация молибденом с небольшой добавкой железа (молибденовая технология), металлизация молибденом с добавкой марганца (молибдено-марганцевая технология) и металлизация карбидами вольфрама, молибдена и титана (карбидная технология) [11].

Наиболее распространена *молибдено-марганцевая технология*, по которой на керамику наносится смесь порошков молибдена и марганца в соотношении 4:1 на органическом связующем (до 25% от массы порошков). Вжигание этой смеси порошков производится в смеси азота с водородом (3:1) и может быть успешно осуществлено на многих типах керамических материалов. Температура вжигания в зависимости от состава керамики составляет от 1250 до 1550°C. В результате спекания и вжигания порошков образуется прочное соединение металлизированного слоя с керамикой [11].

### **1.3.1 Механизмы и природа сил сцепления при металлизации керамики**

В результате исследований было выдвинуто несколько теорий образования прочной связи металлизационного покрытия с керамикой, но наибольшего внимания заслуживают электронная теория и теория миграции стеклофазы керамики в металлизационное покрытие [13]. Однако каждая

теория описывает только одну из стадий образования прочного соединения между керамикой и металлом.

Электронная теория рассматривает процесс взаимодействия между металлом и диэлектриком, когда они уже приведены в контакт друг с другом, т.е. когда расстояние между поверхностью металла и поверхностью керамики сравнимо с атомным радиусом. Теория миграции стекла совершенно не рассматривает эти процессы, а только дает возможность представить себе, каким образом осуществляется образование плотного физического контакта между частицами тугоплавкого порошка металлизационного покрытия с керамикой, содержащей стеклофазу.

Реальная же картина физико-химических процессов, протекающих в металлизационном слое и на границе его с керамикой и в конечном итоге определяющих прочность связи между металлом и окислом, более сложная и не может быть описана только с позиций указанных выше теорий.

Также в процессе металлизации возможно сосуществование различных *механизмов сцепления*.

Первый механизм сцепления представляет собой одну из форм адсорбции металла (физической или химической) на поверхности керамики. При физической адсорбции – это силы Ван-дер-Ваальса, при хемосорбции – это ковалентные, ионные, металлические связи. Природа данных сил связи не отличается от широко известных сил, действующих в межатомном масштабе, поэтому все технологические приемы металлизации направлены на то, чтобы обеспечить контакт на атомарном уровне между металлом и керамикой [14].

На практике кислород воздуха может проникнуть между металлизационным слоем и керамикой, окислив металл на внутренней границе раздела и разорвав связь металла с подложкой, что может приводить к отслаиванию металлизационного покрытия. Поэтому стремятся провести процесс дальше, не останавливаясь на стадии физической адсорбции.

Следующим этапом взаимодействия может быть либо растворение металла в керамике, либо образование поверхностного слоя химического соединения. При этом оба процесса могут проходить одновременно.

Характер сил, действующих в атомарном масштабе, при этом представляет собой обмен электронами между атомами металла и атомами или молекулами компонентов, входящих в состав керамики.

В зоне соединения керамики с металлом могут наблюдаться новые фазовые границы, переходные слои, включения металла в керамику и наоборот. Однако в большинстве случаев возникает многослойная система из продуктов химического взаимодействия (рис. 1.2) [14].

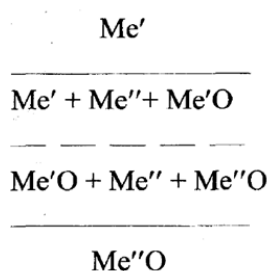


Рисунок 1.2 – Строение переходных слоев между металлом и керамикой:  
 $\text{Me}'$  – металл, используемый для металлизации;  $\text{Me}''\text{O}$  – оксид, входящий в состав керамики [14]

Состав переходного слоя представлен, как смесь оксидов и металлов. На самом деле это может быть твердый раствор, например,  $\text{Me}''$  и  $\text{O}$  в  $\text{Me}'$ .

Металлизацию по толсто пленочной технологии проводят, вводя в состав пасты два металла с различным сродством к кислороду и регулируя окислительно-восстановительный потенциал газовой среды во время вжигания пасты, добиваются полного окисления одного металла, в то время как другой остается в свободном состоянии. Образовавшийся оксид реагирует с компонентами керамики, обеспечивая сцепление частиц металла с ней.

Так при 1000 °C в водороде начинается восстановление  $\text{MnO}$  водородом, а при той же температуре во влажном водороде с точкой росы 11 °C обеспечивается окисление  $\text{Mn}$  в  $\text{MnO}$ . В этих же условиях такие металлы как  $\text{Mo}$ ,  $\text{Fe}$ ,  $\text{Ni}$ , не окисляются.  $\text{Mo}$  и  $\text{MnO}$  могут сосуществовать в широком

диапазоне значений влажности водорода при 1000 °С, что очень удобно для технологии. Это свойство используется для металлизации керамики по так называемой молибден-марганцевой технологии.

Силы физической адсорбции играют определенную роль в условиях взаимного механического зацепления, при заклинивании участков поверхности керамики и металла, пропитке, обволакивании затвердевающей стекломассой отдельных частиц, заполнения пор металлического покрытия.

Возможность создания механического зацепления между керамикой и металлом при металлизации схематически показана на рисунке 1.3 [14].

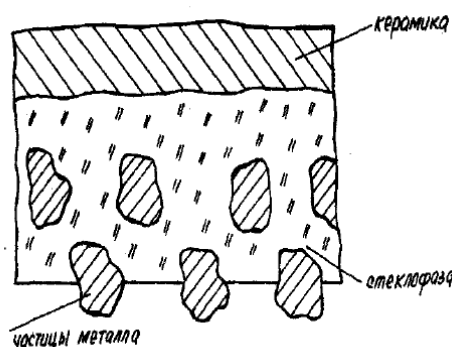


Рисунок 1.3 – Схема создания механического зацепления слоя металлизации с керамикой при толсто пленочной металлизации [14]

С целью повышения прочности такого сцепления при металлизации по толсто пленочной технологии в состав паст вводят легкоплавкие добавки, которые, расплавляясь, смачивают поверхности металла и керамики, заполняя поры между частицами металла. Источником легкоплавкой фазы может быть и сама керамика, при условии, что объемное содержание стеклофазы в ней превышает 10 %. Когда же керамика содержит в своем составе 5-20 об. % стекла и при температуре спекания его вязкость становится менее  $10^4$ - $10^5$  пз, то оно, смачивая частицы металлического порошка, под действием капиллярных сил достаточно быстро пропитывает металлизационный слой [14].

Между молибденом и стеклом не было обнаружено заметного химического взаимодействия с образованием каких-либо соединений. В результате же реакций между стеклом и марганцем происходит образование

двух кристаллических фаз – шпинели ( $MnAl_2O_4$ ) и спессартита ( $3MnO \cdot Al_2O_3 \cdot 3SiO_2$ ), которые устойчивы в интервале температур 1000-1300 °С [13].

Физическую модель миграции стеклофазы керамики в металлизационный слой можно упрощенно представить в виде двух систем капилляров цилиндрического сечения, как это показано на рисунке 1.4 [13]. Перемещение стеклофазы происходит под действием давлений, вызываемых менисками в капиллярах металлизационного слоя и керамики. Движение стеклофазы, характеризующееся большим коэффициентом вязкого трения, описывается гидродинамическими уравнениями Навье-Стокса.

В чистом виде каждый из рассмотренных механизмов взаимодействия встречается редко. Чаще всего имеет место комбинированная схема с участием процессов физической адсорбции, хемосорбции, механического сцепления, диффузионных и миграционных процессов.

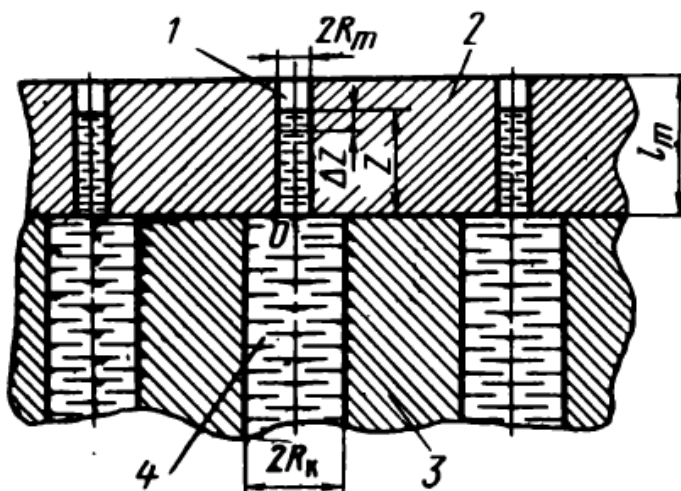


Рисунок 1.4 – Схематическое изображение физической модели, поясняющей процесс миграции стеклофазы в металлизационный слой [13].

1 – капилляры в металлизационном слое; 2 – металлизационный слой; 3 – керамика (зерна кристаллофазы); 4 – капилляры в керамике, заполненные стеклофазой,  $R_k$ ,  $R_m$  – радиусы капилляров в керамике и металлизационном слое;  $Z_m$  – глубина проникновения стеклофазы в капилляре металлизационного слоя;  $\Delta Z$  – элементарный объем стеклофазы;  $l_m$  – толщина металлизационного слоя.



### 1.3.2 Приготовление молибдено-марганцевых паст

Пасты представляют собой суспензии из металлизующих порошков, взвешенных в жидкой вязкой фазе [11]. Металлизационные пасты готовят обычно из материалов методом их размола и смешения на органическом связующем (биндере) с использованием растворителей [14].

Помол компонентов металлизационной пасты осуществляют отдельно или совместно в шаровых или вибрационных мельницах. Длительность измельчения металлических порошков в мельницах колеблется от 1,5 до 24 часов и более. После помола порошки сушат и производят контроль их удельной поверхности. Размер частиц порошков для металлизационных паст не должен превышать 3-5 мкм [14].

Приготовление самих металлизационных паст, т.е. их смешение, производят в шаровых мельницах, в которые загружают металлизационный порошок, связующее (биндер) и растворитель в соответствии с рецептурой конкретной пасты.

В качестве связки широко применяют нитроцеллюлозу (коллоксилин), реже акриловые полимеры и смолы. Основным назначением связки является закрепление металлизационного покрытия на керамической детали до начала вжигания.

Связующее, используемое в металлизационных пастах, должно отвечать определенным требованиям: быть устойчивым к коагуляции, хорошо смачивать поверхность керамики и смеси металлических порошков, обладать пленкообразующей способностью и при разложении иметь минимальный твердый остаток (невысокую зольность). При термообработке по режиму вжигания газовыделение из связующего должно быть равномерным, чтобы избежать нарушения сплошности формирующего покрытия [14].

Растворителями служат низкокипящие органические жидкости: спирты, эфиры, кетоны, испаряющиеся до начала вжигания при незначительном нагреве деталей.

Длительность процесса смешивания составляет 16-24 ч. Полученную массу протирают через сито. Вязкость пасты контролируют по времени истечения определенного ее объема через калиброванное отверстие. При этом консистенция пасты подбирается в зависимости от метода ее нанесения на керамическое изделие. Измеряют также растекаемость пасты по величине диаметра ее пятна между двумя предметными стеклами, нагруженными гирькой 150-200 г. Пасту хранят в герметичной стеклянной посуде с притертой пробкой. Срок хранения пасты ограничен и составляет около 8 часов, так как с течением времени паста быстро портится (коагулирует) [15].

Так как мелкодисперсные металлические порошки, растворители и связка огнеопасны, то работы с ними проводят в вытяжном шкафу с соблюдением соответствующих правил по технике безопасности.

Готовую пасту наносят на керамическую деталь, прошедшую обжиг и шлифовку.

### **1.3.3 Нанесение металлизационных паст на керамику**

Существует целый ряд методов нанесения металлизационных паст. Выбор того или иного метода определяется конструкцией изделия, требуемой точностью поддержания толщины и ширины слоя, объемами производства и другими технико-экономическими показателями.

*Метод нанесения кистью* наиболее широко распространен для изделий малых и средних размеров при небольших размерах партий. Производительность данного метода – 8-10 деталей в час при нанесении на неподвижные детали, и до 20 деталей в час при нанесении паст на вращающиеся детали. При этом необходимыми являются непрерывный контроль вязкости пасты и хорошая вентиляция. Ошибка в толщине наносимого слоя составляет 10-12 мкм при толщине металлизационного покрытия 25-60 мкм. При нанесении пасты на вращающиеся детали применяется ролик, частично погруженный в пасту и одновременно соприкасающийся с цилиндрической поверхностью детали.

*Метод пульверизации* аналогичен распылению красящих веществ пульверизатором через трафарет. Данным методом применяется для металлизации плоских или торцевых поверхностей деталей. Толщина слоя металлизационной пасты 40-60 мкм обеспечивается с разбросом 3-7 мкм. При этом пасты расходуется больше, чем в предыдущем методе.

В *методе окунания* инструментом намазки является вращающийся столик, совершающий возвратно-поступательные движения в пасту и из нее. В верхнем положении на тисненой поверхности столика остается тонкий слой металлизационной пасты, на который накладывается деталь. Вращение столика способствует перемешиванию при погружении в пасту и сбрасыванию излишков пасты при выходе из нее. Этот метод используют для металлизации торцевых поверхностей небольших деталей. В автоматическом исполнении производительность данного метода составляет более 1000 деталей в час.

При осуществлении *метода металлизация с ленты* металлизационная паста вначале равномерно наносится на движущуюся полиэтиленовую ленту и высушивается. Поверхности керамической детали, например, торцы цилиндров смачиваются раствором и прижимаются к слою пасты. После выдержки, определяемой длительностью высыхания растворителя, деталь отделяют от ленты, причем паста остается приклеенной к детали. Цилиндрические поверхности можно покрывать пастой путем обертывания металлизационной ленты вокруг детали. Достоинствами данного метода являются высокая производительность, точность контроля толщины, простота, возможность длительного хранения ленты и ее транспортировки.

*Нанесение пасты через трафарет (шелкография)*. Для получения определенного рисунка, особенно в технологии гибридных интегральных схем (ГИС), используют капроновые или металлические сетчатые трафареты. Пасту продавливают роликом или ракелем – гибким резиновым шпателем. Метод позволяет получать очень тонкие линии (шириной до 0,05 мм).

### 1.3.4 Вжигание металлизующего покрытия

Металлизационное покрытие до вжигания представляет собой совокупность мелкодисперсных (до 3-5 мкм) частиц молибдена и добавок, плотности упаковки которых зависят от состава и способа нанесения металлизационного покрытия, а также размера и формы частиц. В случае частиц сферической формы одинаковых размеров возможна их плотнейшая упаковка, когда частицы могут занимать 75% пространства, остальные 25% оказываются не занятыми и представляют собой пустоты [13].

В процессе термической обработки спекание металлизационного слоя проходит в три стадии и начинается с припекания металлических частиц друг к другу в местах их контакта. В результате этого увеличивается размер перешейков контактирующих частиц, происходит как бы их слияние и пространство между зёрнами тугоплавкого металла, занятое газовой фазой, уменьшается. На следующей стадии спекания происходит образование закрытых пор, которые при дальнейшем спекании (третья стадия) могут закрыться частично, а при спекании в вакууме – полностью. Таким образом, суммарный эффект спекания пористых металлических тел, в том числе и металлизационных покрытий на керамике, можно охарактеризовать величиной их усадки или плотностью.

При вжигании молибдено-марганцевой металлизации используют водородные толкательные печи непрерывного действия или конвейерные трубчатые печи с автоматической регулировкой температуры в атмосфере азота и водорода с небольшой добавкой воздуха [14]. Печи снабжают ротаметрами для точной регулировки количества поступающих газов. Спекание пасты на деталях производится в молибденовых лодочках, закрытых молибденовыми крышками.

При вжигании считаются допустимыми следующие отклонения технологических режимов:  $\pm 20$  °С, расход газов  $\pm 50$  л/ч, давление  $\pm 80$  МПа, период проталкивания  $\pm 0,5$  мин [14].

С ростом температуры происходит окисление компонентов металлизационной пасты, образование  $MnO$  и  $MoO_2$ , начинается взаимодействие  $MnO$  с размягченной стеклофазой [14].

Механизм образования связи между керамикой и слоем металлизационного покрытия заключается в образовании химической связи, т.е. образованием на поверхности керамики переходного слоя алюмината марганца  $MnAl_2O_4$  (алюмомарганцевой шпинели). Одновременно с этим осуществляется образование связи закиси марганца с частицами молибдена. Алюминат марганца размягчается и соединяет спекшиеся до 50-70 %-ной плотности частицы молибдена с керамикой. Однако при излишнем перегреве спай может ослабляться вследствие кристаллизации алюмината [13].

По другой теории при наличии в составе керамики или металлизующего покрытия стеклофазы прочное скрепление металла с керамикой происходит за счет миграции стеклофазы и смачивания ею металлизующего слоя при температуре спекания. Так с ростом температуры начинается взаимодействие  $MnO$  с размягченной стеклофазой. При достижении максимальной температуры (1270-1400°C), при которой деталь находится 30-60 мин, происходит проникновение жидкой фазы в металлизационный слой. Снижение температуры начинается в среде увлажненного газа, при этом происходит взаимодействие молибдена и его оксидов с жидкостью. При этом межмолибденовая фаза частично кристаллизуется. Охлаждение деталей осуществляется в сухом водороде, непрореагировавший оксид молибдена восстанавливается [14].

Контроль качества металлизационного включает в себя измерение толщины покрытия и визуальный осмотр деталей. Вакуумная плотность, прочность сцепления и смачиваемость жидкими припоями контролируются непосредственно на спаях. С целью улучшения смачиваемости металлизационного слоя припоем, а также защиты этого слоя от воздействия жидкого припоя наносится второй слой металла. Чаще всего используют

никелевые покрытия толщиной 3-5 мкм, иногда до 10 мкм, наносимые гальваническим или химическим методом [14].

Таким образом, в целом прочность сцепления Mo-Mn металлизационного покрытия будет определяться суммарной прочностью связи частиц молибдена и закиси марганца с керамикой. Согласно экспериментальным данным, прочность сцепления Mo-Mn покрытия с керамикой содержащей стеклофазу значительно повышается [13].

## **ГЛАВА 2. ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

*Цель работы:* разработка состава Mo-Mn композиции для металлизации низкотемпературного электротехнического фарфора.

*Задачи:*

- исследование свойств металлических порошков;
- разработка составов металлизационных паст;
- освоение технологии приготовления паст;
- освоение технологии нанесения пасты через трафарет;
- разработка режимов вжигания паст;
- изучение структуры металлизационных слоев.

### **2.1 Методы исследования**

#### **2.1.1 Рентгенофазовый анализ**

РФА является одним из самых совершенных прямых методов изучения состава и структуры твердых кристаллических материалов. В основе данного метода лежит явление дифракции рентгеновских лучей на кристаллической решетке анализируемого материала.

Основной задачей рентгенофазового анализа является идентификация различных кристаллических фаз в смеси на основе анализа дифракционной картины исследуемого образца. Наиболее часто применяемым практическим методом РФА является метод порошка, получивший широкое распространение в силу своей простоты и универсальности [16].

Для регистрации дифракционной картины применяется современная аппаратура – рентгеновские дифрактометры, которые позволяют проводить анализ образцов быстро и с большой точностью.

Рентгенограмма анализируемого образца представляет собой график зависимости интенсивности отраженных образцом рентгеновских лучей от угла их отражения. На рентгенограмме наблюдается ряд четких пиков (рефлексов), если вещество кристаллическое, и размытые пики, если вещество аморфное.

В настоящее время для обработки рентгенографических данных разработано большое количество компьютерных программ. Они позволяют

проводить идентификацию фаз путем сравнения рентгенограммы анализируемого образца с карточками из базы данных.

РФА исходных металлических порошков и спеченного фарфора проводился на рентгеновском дифрактометре Shimadzu XRD – 7000S.

### **2.1.2 Растровая электронная микроскопия (РЭМ)**

Принцип РЭМ заключается в сканировании поверхности исследуемого образца узкофокусированным электронным пучком (зондом) и одновременном детектировании возникающих при этом излучений. Регистрируемые датчиками сигналы (вторичные и отраженные электроны, рентгеновское излучение и др.) несут большое количество информации для описания природы и свойств изучаемого объекта[17].

Простота подготовки образцов для исследования, высокая информативность, а также высокая степень автоматизации количественного анализа и обработки результатов измерений делают данный метод наиболее универсальным для исследования структуры материалов и топографии поверхности.

Для исследования морфологии и размеров частиц порошков, изучения структуры керамики на изломе, а также структуры металлизационных слоев был использован растровый (сканирующий) электронный микроскоп JEOL JSM–6000 Neoscope II (Япония).

Данный настольный микроскоп имеет диапазон увеличения от  $\times 10$  до  $\times 60000$  крат и способен работать в режимах высокого и низкого вакуума. Данная модель микроскопа оснащена детекторами вторичных и отраженных электронов, а также энергодисперсионным рентгеновским спектрометром (ЭДРС), для выполнения элементного микроанализа.

### **2.1.3 Определение реологии паст**

Важную роль в обеспечение характеристик трафаретной печати играют реологические свойства паст.

Одним из важнейших свойств металлизационной пасты является вязкость. Вязкость — это сопротивление ньютоновскому течению.



Сущность контроля вязкости паст заключается в измерении диаметра пятна, образующегося из навески пасты при воздействии груза массой  $(250\pm 1)$ г.

Взвешивают навеску пасты массой  $(0,15\pm 0,01)$ г на чистой предварительно промытой изопропиловым спиртом или ацетоном стеклянной пластине размером  $(60\times 60)\pm 5$  мм, расположив пасту в центре пластины. При этом паста должна занимать минимальную площадь и не должна быть размазана по пластине.

Накрывают навеску пасты вторым чистым стеклом, в центре которого эпоксидной смолой приклеен груз массой  $(250\pm 1)$ г. Навеску пасты выдерживают в таком состоянии в течение 15 мин.

Измеряют диаметр пятна с помощью линейки. За величину условной вязкости принимают среднеарифметическую трех измерений диаметра пятна.

Примечание. Определение вязкости проводят на пасте, выдержанной в течение 2ч. при температуре окружающего воздуха  $(20\dots 22)^\circ\text{C}$  [18].

#### **2.1.4 Приготовление аншлифов**

Изготовление и последующие детальное исследование аншлифов важный этап в исследовании минерального состава, структуры и текстуры керамического материала.

Весь процесс изготовления аншлифа разбивается на несколько этапов [19]:

1. Предварительный осмотр и распиловка образца.
2. Шлифовка полученной плоскости – для подготовки шлифа к полировке.
3. Полировка.

При предварительном осмотре производят общий осмотр образца: изучают на наличие открытых трещин, характер включений, учитывают текстурные особенности, которые влияют на выбор плоскости для изготовления аншлифа и дальнейший процесс полировки.

После того когда выбрана плоскость для шлифовки, ее вырезают из образца на камнерезном станке. Края образца по периферии заготовки

срезаются (закругляются), а в последствие стачиваются на шлифовальном диске. Размер площади полировального шлифа колеблется обычно в пределах от 1×2 см до 2×2 см; толщина аншлифа не должна превышать 1-1,5 см, эти параметры выбираются из практического опыта для удобства при дальнейшей обработке заготовки[19].

Шлифовка полученной плоскости – это трудоемкий процесс, направленный для подготовки аншлифа к полировке. Для того, чтобы подготовить грубую шероховатую плоскость к полировке, шлифовка производится обычно в несколько этапов (от грубой до тонкой шлифовки) при последовательно убывающей крупности зерна шлифпорошка. Постепенный переход от более грубых порошков к более тонким сопровождается тщательным прополаскиванием аншлифа в воде и мытьем станка. Переход этот имеет конечной целью создать тонкую шероховатость плоскости.

Полировка – это заключительный этап при изготовлении аншлифов. Полировка производится чаще механически на вращающемся диске. Диск для полировки обтягиваются сукном или другой подходящей материей, и весь процесс осуществляется с применением полирующих веществ, чаще всего, с применением алмазной пасты, пасты ГОИ или порошка оксида хрома (III)[19].

## 2.2 Материалы

### 2.2.1 Фарфор спеченный

В данной работе в качестве основы для нанесения металлизации был использован фарфор. Химический состав данной фарфоровой массы представлен в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Химический состав фарфоровой массы в оксидном выражении в массовых процентах[22]

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	Δm <sub>прк</sub>	Сумма
70,51	17,53	0,79	0,29	0,46	0,24	4,14	0,33	5,71	100,00

Фарфоровые подложки, предназначенные для нанесения металлизации, формовались методом литья термопластичных шликеров и подвергались двукратному обжигу. Первый обжиг (утильный) проводился при 950-980°С с

целью удаления связки (парафина). Операция окончательного обжига проводилась при конечной температуре обжига 1240°C[23].

### 2.2.2 Порошок молибдена

Для приготовления металлизационных паст был использован порошок молибдена марки МПЧ по ТУ 48-19-69-80.

Согласно ТУ, порошок МПЧ представляет собой порошок серого цвета без посторонних включений. Содержание в порошке зерен размером до 5 мкм не должно быть менее 92 % [20].

Химический состав порошка согласно ТУ представлен в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Химический состав порошка молибдена марки МПЧ по ТУ 48-19-69-80 [20]

Наименование компонентов	Массовая доля, %
Железо	0,005
Магний	0,001
Алюминий	0,001
Кремний	0,003
Углерод	0,009
Сера	0,004
Фосфор	0,004
Мышьяк	0,001
Олово	0,0001
Свинец	0,0001
Кадмий	0,0001
Висмут	0,0001
Медь	0,001
Цинк	0,001
Вольфрам	0,2
Кислород и влага	0,25
Молибден, не менее	99,7

Из данных рентгенофазового анализа видно, что на рентгенограмме анализируемого порошка имеется четыре рефлекса (рис. 2.1).

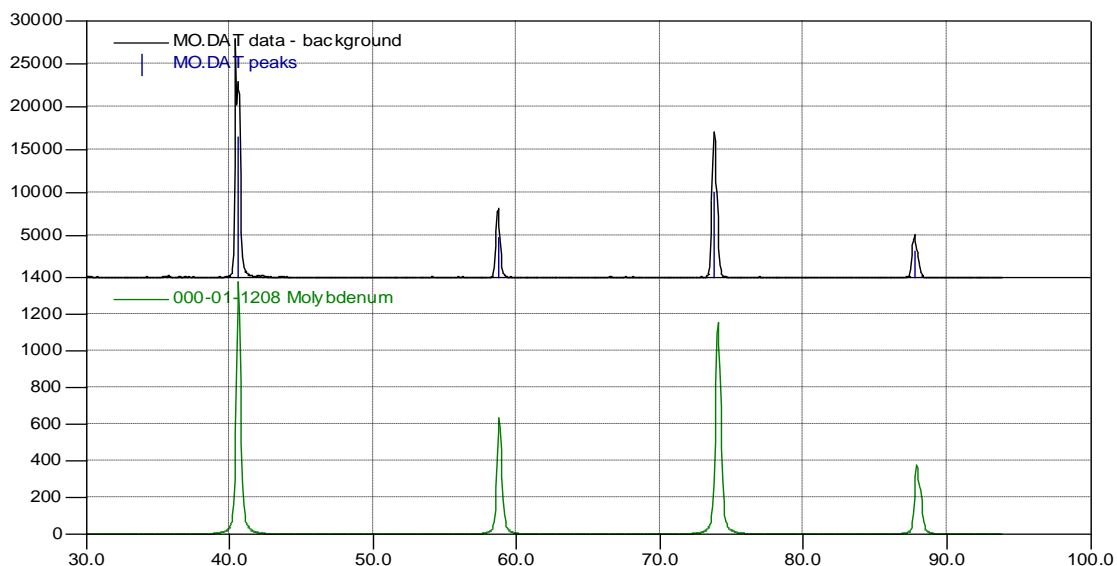


Рисунок 2.1 – Расшифровка рентгенограммы молибденового порошка

Расшифровка по картотеке ICDD в программе Crystallographica Search-Match показала, что все четыре рефлекса на рентгенограмме соответствуют молибдену (PDF 000-01-1207).

Гранулометрический анализ порошка молибдена был произведен с помощью лазерного дифракционного анализатора Shimadzu SALD-7101.

Данные распределения частиц порошка по размерам в интегральной и дифференциальной формах представлены на рисунке 2.2. Гранулометрический состав представлен в пересчете на объем пробы.

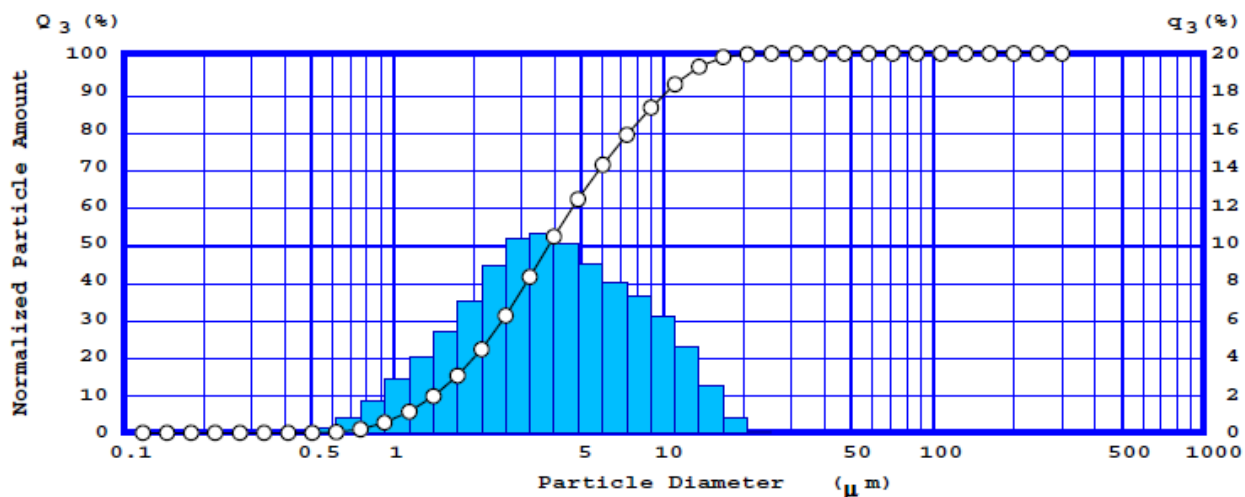


Рисунок 2.2 – Гранулометрический состав порошка молибдена

Гранулометрический состав используемого порошка молибдена представлен в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Данные лазерной гранулометрии порошка молибдена

Размер частиц, мкм			
D <sub>10</sub>	D <sub>50</sub>	D <sub>90</sub>	Modal D
1,422	3,819	10,346	3,564

Согласно результатам лазерной гранулометрии, 10 % объема всей пробы составляют частицы размером менее 1,422 мкм. 50 % объема всей пробы занимают частицы, размер которых менее 3,819 мкм. 90 % объема пробы состоит из частиц размером до 10,346 мкм. Средний объемный диаметр частиц порошка составляет 3,564 мкм.

На рисунках 2.3 представлены данные растровой электронной микроскопии молибденового порошка при увеличениях  $\times 500$ ,  $\times 1000$  и  $\times 4000$ .

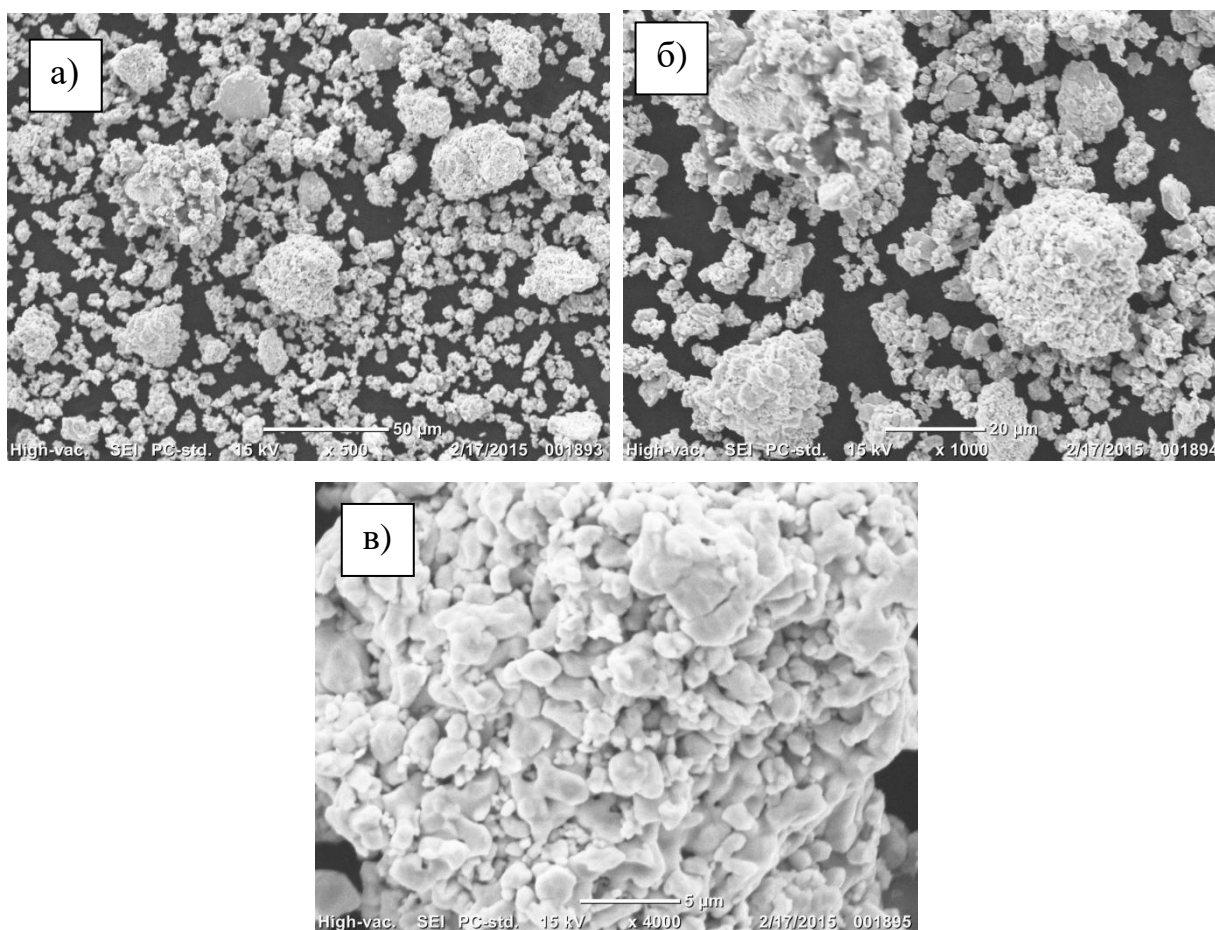


Рисунок 2.3 – Микрофотографии порошка молибдена

а)  $\times 500$ ; б)  $\times 1000$ ; в)  $\times 4000$

Из микроснимков видно, что порошок молибдена представлен мелкими и крупными агрегатами. Размер мелких агрегатов составляет в среднем 5-10 мкм, размер крупных может достигать 30-40 мкм. Агрегаты сложены частицами округлой формы, их средний размер составляет примерно 1-2 мкм.

Удельная поверхность молибденового порошка ( $S_{уд}$ ), определенная методом БЭТ анализа на приборе СОРБИ-М, составляет 0,428-0,435 м<sup>2</sup>/г. Отсюда средний диаметр частиц порошка молибдена составляет

$$D_{ср} = 6/S_{уд} \cdot \rho = 6/0,43 \cdot 10,2 = 1,368 \text{ мкм.}$$

#### 2.2.4 Порошок марганца

В работе использовался порошок марганца марки Мн998 по ГОСТ 6008-90. Данный металлический марганец был получен электролитическим способом и имеет химический состав, представленный в таблице 2.4.

Таблица 2.4 – Химический состав металлического марганца марки Мн998 по ГОСТ 6008-90 [21]

Наименование компонентов	Массовая доля, %
Марганец	99,8
Углерод	0,04
Кремний	–
Фосфор	0,003
Сера	0,03
Азот	–

Исходный металлический марганец в виде пластинок подвергался дроблению и помолу в среде этилового спирта. В научно-исследовательской работе использовался измельченный марганцевый порошок.

#### 2.2.5 Нанопорошок молибдена

В работе в качестве добавки использовался нанопорошок молибдена, полученный электровзрывным способом.

Данные растровой электронной микроскопии нанопорошка молибдена представлены на рисунке 2.4.

Из данных микроскопии видно, что нанопорошок молибдена представлен пушистыми частицами с размерами в доли микрона, а также сферическими частицами размером 1-2 мкм. Частицы нанопорошка молибдена соединены в достаточно крупные агрегаты. Размер агрегатов варьируется от 5 до 30 мкм.

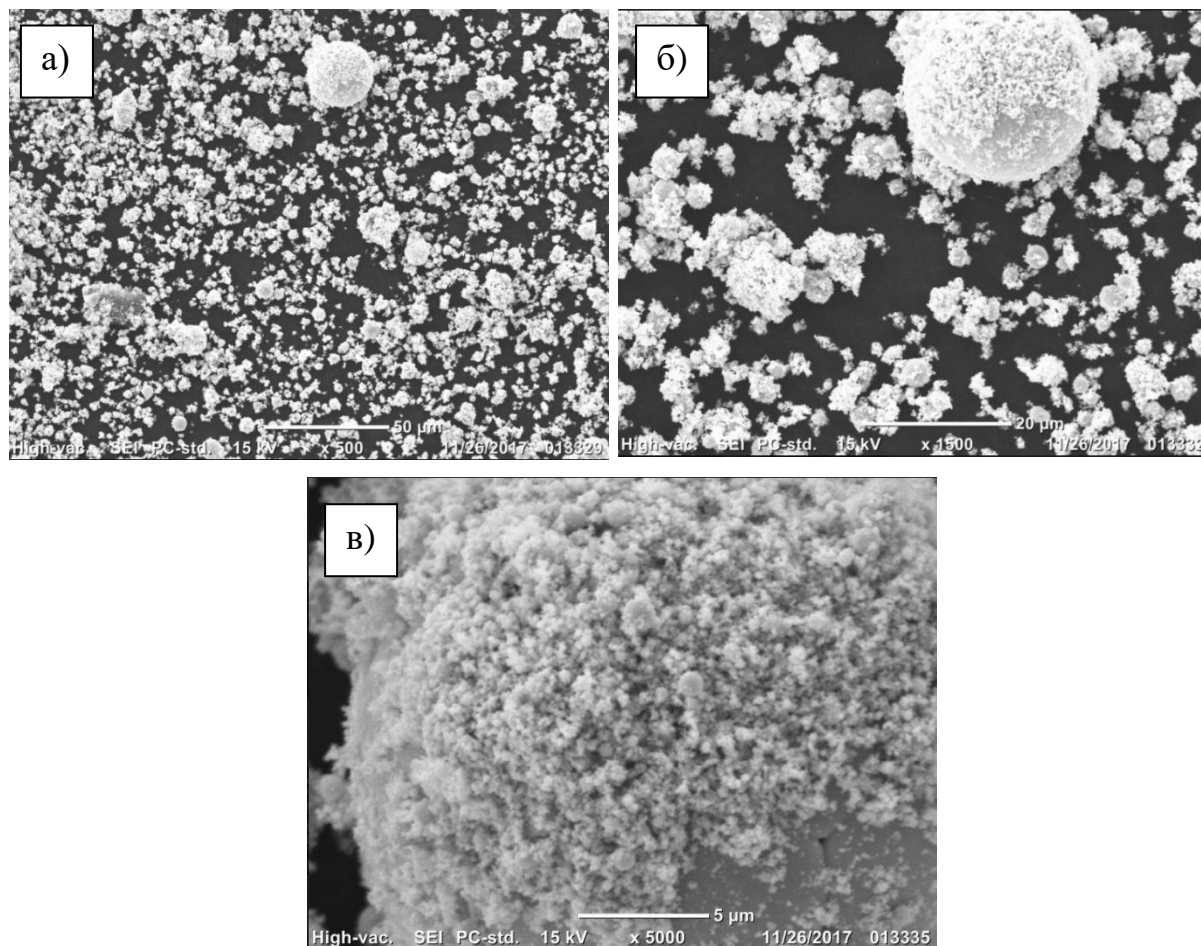


Рисунок 2.4 – Микрофотографии нанопорошка молибдена

а)  $\times 500$ ; б)  $\times 1500$ ; в)  $\times 5000$

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И  
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
4Г41	Кутищеву Алексею Сергеевичу

<b>Школа</b>	<b>ИШНПТ</b>	<b>Отделение</b>	Научно-образовательный центр Н.М.Кижнера
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	18.03.01 Химическая технология

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

4. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Рассчитана стоимость исходного сырья, материалов, спецоборудования, комплектующих изделий и покупных полуфабрикатов</i>
5. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Расчетные величины материалов, сырья и оборудования научно-технического проекта</i>
6. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Система налогообложения, принятая для образовательных учреждений (27,1% отчисления во внебюджетные фонды). Премияльный коэффициент, районный коэффициент, коэффициент доплат и надбавок, заработная плата по тарифной ставке.</i>

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

4. <i>Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ</i>	<i>Доступность исходного сырья, экологичность, теплоизоляционные свойства, прочность, энергоэффективность.</i>
5. <i>Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	<i>Планирование структуры работ, их трудоемкость, разработка графика проведения исследования, расчет бюджета исследования: затраты на сырье, оборудование, заработную плату, отчисления во внебюджетные фонды и накладные расходы</i>
6. <i>Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	<i>Расчет интегрального показателя эффективности: определение финансовой эффективности и ресурсоэффективности; сравнение эффективности разработки с аналогами</i>

**Перечень графического материала** (с точным указанием обязательных чертежей):

7. <i>Сегментирование рынка</i>
8. <i>Оценка конкурентоспособности технических решений</i>
9. <i>Матрица SWOT</i>
10. <i>График проведения и бюджет НТИ</i>
11. <i>Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ</i>
12. <i>Потенциальные риски</i>

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

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент ОСГН ШБИП	Верховская М.В.	К.Э.Н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
4Г41	Кутищев Алексей Сергеевич		



## **ГЛАВА 4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ**

### **Введение**

В данном разделе ВКР выполняется анализ и расчёт основных параметров для реализации конкурентоспособного продукта, который приносит доход, но и отвечает современным требованиям ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Продуктом, для запуска на рынок, является металлизированная керамическая подложка из фарфора, отличительной особенностью которой является добавление nano частиц молибдена в Mo-Mn пасту для уменьшения межзернового пространства, что увеличивает глубину проникновения стеклофазы в металлизацию и прочность. Стоит отметить, что продукт так же должен обладать хорошими теплофизическими и электрофизическими свойствами и высокой конкурентоспособностью. В данной части происходит определение возможных альтернатив разработки проекта, которые будут отвечать требованиям финансовой и ресурсной эффективности.

Для того чтобы решить задачи, связанные с финансовой оценкой продукта, его ресурсоэффективностью и ресурсосбережением, в экономическом разделе ВКР нужно:

- провести анализ и исследования рынка покупателей;
- рассмотреть и исследовать разработки конкурентных решений;
- провести QuaD-анализ;
- провести SWOT-анализ;
- провести планирование НИР;
- рассчитать материальные затраты на изготовление.
- определить ресурсную (ресурсосберегающую), финансовую и экономическую эффективность исследования.

## 4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

### 4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Для анализа существующей конкуренции необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

Основным продуктом, получаемым в ходе научно-исследовательской работы на предприятии является металлизированные керамические подложки. Керамические подложки используются в приборостроении, в электронике.

Сегментировать рынок производства керамической подложки можно по следующим критериям: размер компании-заказчика, вид изделия табл.4.1.

Таблица 4.1 – Карта сегментирования рынка по виду применения материала

		Материал подложки		
		BeO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Фарфор
Область применения	Корпуса и носители светодиодных чипов	+	+	-
	Монолитные интегральные схемы	+	+	-
	Вакуумные камеры	+	-	+
	Теплопроводящие изоляторы	+	+	+

Как видно из приведенной карты сегментирования, уровень конкуренции подложек из варфора имеет низкие показатели в области производства интегральных схем и светодиодной технике, это связано с его физико-химическими свойствами.

Необходимо сосредоточиться на области применения вакуумной технике и приборостроении, т.к. подложки из фарфора обладают высокими теплофизическими свойствами, диэлектрическими свойствами и имеют высокую прочность соединения, что дает герметичность и высокие вакуумные свойства, и именно этот сегмент рынка нас интересует.

#### 4.1.2 Анализ конкурентных технических решений

На сегодняшний день основные производители металлизированных подложек – это Япония (Kyocera и Maruwa). В России ведущими производителями являются ЗАО «НЭВЗ-КЕРАМИКС», которое находится в Новосибирской области, “СeramTec Russia” (Московская область) и ЗАО «Ферротек Норд» (Ленинградская обл.).

Подложки должны обладать хорошей теплопроводностью, т.е. переносить тепло быстро ко всем остальным частям предмета, низким коэффициентом теплового расширения, чтоб при нагревании до высоких температур не увеличивалась подложка в размерах. Хорошими диэлектрическими свойствами, которые показывают, насколько хорошим изолятором являются подложки. Толщина пленки должна быть большой, чтоб тратить меньше сырья на создание пленок, из которых набирается подложка. Пленка должна быть гибкой (эластичной), чтоб не рвалась и не ломалась при использовании. Поверхность должна быть качественной (без пор, без пузырьков, трещин), т.к. это снижает теплопроводность и изоляцию.

В табл.4.2 представлена Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок). В ней используются следующие критерии:

- Термическая стойкость — свойство материалов противостоять, не разрушаясь, напряжениям, вызванным изменением температуры.
- Теплопроводность — способность материальных тел к переносу энергии (теплообмену) от более нагретых частей тела к менее нагретым частям тела.
- Удельное электрическое сопротивление — способность вещества препятствовать прохождению электрического тока.
- Твёрдость — свойство материала сопротивляться внедрению более твёрдого тела.
- Коэффициент теплового расширения – способность материала изменять свой объем с ростом температуры.

- Прочность на изгиб – способность материала противостоять деформациям.
- Изоляция – способность препятствовать прохождению электрического тока.
- Качество поверхности – внешний вид поверхности.
- Плотность – объем пустот находящихся между частицами.
- Механическая и химическая стойкость, стойкость при высоких температурах – свойство элементов и материалов выполнять свои функции и сохранять свои параметры в пределах установленных норм.

Таблица 4.2 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентноспособность			Ранг
		Бф	Бк1	Бк2	Бф	Бк1	Бк2	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Химические критерии оценки ресурсоэффективности								
1 Термическая стойкость	0,11	7	8	8	0,84	0,84	0,84	1
2 Высокая теплопроводность	0,10	10	10	10	0,99	0,99	0,99	2
3 Удельное электрическое сопротивление	0,06	6	6	7	0,39	0,39	0,45	8
4 Твердость	0,08	8	7	7	0,62	0,55	0,55	6
5 Коэффициент теплового расширения	0,03	9	8	8	0,26	0,23	0,23	14
6 Прочность на изгиб	0,04	10	9	9	0,35	0,32	0,32	13
7 Хорошая изоляция	0,06	8	8	8	0,47	0,47	0,47	9
8 Качество поверхности	0,05	9	9	8	0,42	0,42	0,37	11
9 Плотность	0,04	4	3	4	0,16	0,12	0,16	12
10 Механическая и химическая стойкость, стойкость при высоких температурах	0,07	8	9	10	0,54	0,63	0,70	7
Экономические критерии оценки эффективности								

1 Уровень проникновения на рынок	0,02	8	7	6	0,19	0,16	0,14	15
2 Цена	0,02	8	7	6	0,14	0,12	0,11	16
3 Предполагаемый срок эксплуатации	0,09	3	3	3	0,26	0,26	0,26	4
4 Наличие сертификации разработки	0,09	10	10	10	0,94	0,94	0,94	3
Итого	1,00				6,58	6,44	6,53	

Б<sub>Ф</sub> – подложки из фарфора;

Б<sub>к1</sub> – подложки из BeO;

Б<sub>к2</sub> – подложки из Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

В результате анализа, можно сделать вывод, что изготавливать подложки из фарфора можно, т.к. они имеют преимущество по сравнению с другими подложками в данной работе.

#### 4.1.3 SWOT-анализ

Базовым рынком сбыта продукции является рынок Российской Федерации. SWOT-анализ используют для исследования внешней и внутренней среды проекта. SWOT-анализ представлен в табл.4.3.

Таблица 4.3 – SWOT-анализ

	<p><b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Безотходное производство</li> <li>2. Высокая термическая стойкость;</li> <li>3. Хорошая гибкость</li> <li>4. Высокая теплопроводность</li> </ol>	<p><b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Высокие требования к продукту</li> <li>2. Использование импортного сырья</li> </ol>
<p><b>Возможности:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Использование нетоксичного электротехнического фарфора</li> <li>2. Инновационные</li> </ol>	<p><b>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и возможности»</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Применение в сложных деталях, тем самым</li> </ol>	<p><b>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и возможности»</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Расширить область</li> </ol>

<p>достижения в области керамики (НИОКР)</p> <p>3. Появление дополнительного спроса на улучшенный продукт</p> <p>4. Использование нанопорошков металлов в металлизации</p>	<p>расширение области применения</p> <p>2. Подбор состава для улучшения свойств и качества продукта</p> <p>3. Добавить в состав металлизации нано-частицы, для увеличения прочности</p>	<p>применения за счет экологичности и улучшения качества по сравнению с другими нитридами</p> <p>2. Анализ слабых сторон конкурентов и сосредоточение на этих свойствах в своем продукте</p>
<p><b>Угрозы:</b></p> <p>1. Высокая стоимость оборудования (замена, ремонт)</p> <p>2. Производители с более развитыми технологиями</p> <p>3. Потеря поставщиков</p> <p>4. Изменение валютных курсов</p> <p>5. Сложность продвижения</p> <p>6. Поступление на рынок альтернативных товаров</p>	<p><b>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и угрозы»</b></p> <p>1. Совершенствование методики и состава подложки, в соответствии с конкурентными преимуществами</p> <p>2. Переход на отечественное сырье</p> <p>3. Создание собственного оборудования для производства пленок</p>	<p><b>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и угрозы»</b></p> <p>1. Разработать более качественный продукт</p> <p>2. участие в грантах и конкурсах</p> <p>3. Поддержка инвесторами</p>

В результате выполнения SWOT-анализа можно сделать вывод о том, что продукт имеет преимущества перед конкурентами при выходе на рынок: безотходное производство, обладает высокой термической стойкостью, высокой прочностью, высокой теплопроводностью, достаточной экономичностью. Несмотря на преимущества, есть и слабые стороны продукта: высокие требования к продукту, малый рынок сбыта из-за конкуренции с большими зарубежными фирмами, использование импортного сырья, малый круг потребителей. Для улучшения и устранения слабых сторон необходимо: усовершенствовать свойства продукта, улучшить состав или заменить импортные компоненты отечественным сырьем.

## 4.2 Планирование научно-исследовательских работ

### 4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса научно-исследовательских работ осуществляется в порядке:

- определение структуры работ в рамках ВКР;
- определение количества исполнителей для каждой из работ;
- установление примерного времени продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Выполнение данной ВКР не требует большого количества участников. В рабочую группу входит научный руководитель и студент.

Порядок этапов работ и распределение исполнителей для данной научно-исследовательской работы, приведен в табл. 4.4.

Таблица 4.4 – Порядок этапов работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель, Инженер
Выбор направления Исследований	2	Выбор направления Исследований	Руководитель, Инженер
	3	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, Инженер
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Руководитель Инженер
	6	Проведение экспериментов	Инженер
	7	Сопоставление результатов	Руководитель,

		экспериментов с теоретическими исследованиям	Инженер
Обобщение и оценка результатов	8	Оценка полученных результатов	Руководитель, Инженер
	9	Определение целесообразности проведения ВКР	Руководитель, Инженер
Проведение ВКР			
Разработка технической документации и проектирование	10	Разработка технологии	Руководитель, Инженер
Изготовление и испытание опытного образца	11	Получение опытных образцов	Инженер
	12	Лабораторные испытания опытных образцов	Руководитель, Инженер
Оформление комплекта документации по ВКР	13	Составление пояснительной записки	Инженер

#### 4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Для определения, ожидаемого (среднего) значения трудоемкости  $t_{ож i}$  используется следующая формула:

$$t_{ож i} = \frac{3t_{min i} + 2t_{max i}}{5}, \quad (4.1)$$

где  $t_{ож i}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы чел.-дн.;

$t_{min}$  – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;



$t_{\max}$  – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости, рассчитывается продолжительность каждой работы в рабочих днях:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}, \quad (4.2)$$

где  $T_{pi}$  – продолжительность одной работы, раб. дней;

$t_{ожi}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы, чел-дни;

$Ч_i$  – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

#### 4.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

Для перевода длительности каждого этапа из рабочих в календарные дни, необходимо воспользоваться формулой (4.3):

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (4.3)$$

где  $T_{ki}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в календарных днях;

$T_{pi}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$  – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (4.4)$$

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.

В 2017 году 365 календарных дней, из них выходных/праздничных 118 и рабочих 247 дней. Тогда коэффициент календарности равен:

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 118} = 1,48.$$

В таблице 4.5 представлены временные показатели проведения научно - исследовательской работы.

Таблица 4.5 – Временные показатели проведения научного исследования

Название Работ	Трудоемкость работ			Исполнитель	Т <sub>рi</sub> , раб.дн.	Т <sub>кi</sub> , кал.дн.
	t <sub>min</sub> , чел- дни	t <sub>max</sub> , чел- дни	t <sub>ож</sub> , чел- дни			
Составление и утверждение технического задания	1	2	1,4	Р	0,7	1
	1	2	1,4	И	0,7	1
Выбор направления исследований	1	2	1,4	Р	0,7	1
	1	2	1,4	И	0,7	1
Подбор и изучение материалов по теме	16	22	18,4	И	9,2	14
Календарное планирование работ по теме	1	2	1,4	Р	0,7	1
Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиям	3	4	3,4	И	1,7	3
Проведение теоретических расчетов и обоснований	20	22	20,8	И	10,4	15
Проведение экспериментов	21	23	21,8	И	10,9	16
Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиям	3	4	3,4	И	1,7	3
Оценка полученных результатов	1	2	1,4	Р	0,7	1
	4	7	5,2	И	2,6	4
Определение целесообразности проведения ВКР	2	3	2,4	Р	1,2	2
	3	4	2,8	И	1,4	2
Разработка технологии	2	4	2,8	Р	1,4	2
	2	4	2,8	И	1,4	2






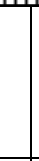

Получение опытных образцов	9	11	9,8	И	4,9	7
Лабораторные испытания опытных образцов	17	20	18,2	И	9,1	13
Составление пояснительной записки	20	25	22	И	11	16
Итого				Р	5	8
				И	66	98

Р – руководитель; И – Инженер.

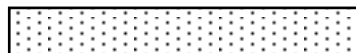
На основе таблицы 4.6 был построен календарный план-график в виде диаграммы Ганта.

Таблица 4.6 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме

Вид работы	Т <sub>кд</sub> , Дней		Продолжительность выполнения работ									
	Р	И	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
Составление и утверждение технического задания	1	1	■									
Выбор направления Исследований	1	1	■									
Подбор и изучение материалов по теме	-	14	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Календарное планирование работ по теме	1	3		■	■	■						
Проведение теоретических расчетов и обоснований	-	15			■	■	■	■	■	■	■	■
Проведение экспериментов	-	16				■	■	■	■	■	■	■

Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиям	-	3										
Оценка полученных результатов	1	4										
Определение целесообразности проведения ВКР	2	3										
Разработка технологии	2	2										
Получение опытных образцов	-	7										
Лабораторные испытания опытных образцов	-	13										
Составление пояснительной Записки	-	16										

Руководитель



Инженер



#### 4.2.4. Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

##### 4.2.4.1 Расчет материальных затрат НТИ

Результаты расчета затрат на сырье в процессе проведения НИР представлены в таблице 4.7.

Таблица 4.7 – Затраты на материалы

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед. руб.	Затраты на материалы $Z_m$ , руб.
Порошок молибдена	кг	0,70	2800	1960,00
Порошок марганца	кг	0,25	265	66,25
Изопропиловый спирт	л	5,00	100	500,00
Терпинеол	л	0,30	7000	2100
Итого				4626,25

##### 4.2.4.2 Расчет затрат на оборудование для научно экспериментальных работ

Расчет сводится к определению амортизационных отчислений, так как оборудование было приобретено до начала выполнения данной работы и эксплуатировалось ранее, поэтому при расчете затрат на оборудовании учитываем только рабочие дни по данной теме. Все оборудование имеется в наличии.

Амортизация оборудования рассчитывается по формуле (4.5):

$$A = \frac{C_n \cdot H_a \cdot n}{100 \cdot k}, \quad (4.5)$$

где  $C_n$  – первоначальная стоимость оборудования;

$H_a$  – норма амортизации, %;

$n$  – количество дней использования оборудования;

$k$  – количество рабочих дней в году.

Таблица 4.8 – Расчет затрат на оборудование

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во ед.	Срок службы оборудования, Год	Время использования, дней	$N_a$ , %	Цена оборудования, тыс. руб.	Амортизация
1	2	3	4	5	6	7	8
1	РЭМ- установка JCM-6000	1	13	7	12	180000	681
2	РФА- установка ДРОН-3М	1	17	2	12	180000	195
3	ДТА- установка STA 449 F3 Jupiter	1	15	3	12	3000000	4865
4	Шаровая мельница лабораторная	1	12	8	12	100000	502
6	Весы аналитические Веста В153	1	12	12	-	15000	-
ИТОГО: 21243,00							
Затраты электроэнергии: 1716,80							
Итого по статье: 22959,80							

Затраты на электроэнергию рассчитываются по формуле 4.6.

$$Z_э = N \cdot t \cdot P, \quad (4.6)$$

где  $N$  – мощность электроприбора, кВт;

$t$  – время использования оборудования, час;

$P$  – стоимость электроэнергии, 5,8 руб./кВт.

Расчет затрат на электроэнергию представлен в табл.4.9.

Таблица 4.9 – Расчет затрат на электроэнергию

Наименование оборудования	$N$ , кВт/ч	$t$ , ч	Затраты, руб.
РЭМ- установка JCM-6000	3,00	16	278,40
РФА- установка ДРОН-3М	3,50	8	162,40
ДТА- установка STA 449 F3 Jupiter	3,50	8	162,40
Шаровая мельница лабораторная	3,00	48	835,20
Весы аналитические Веста В153	0,50	96	278,40
Итого:			1716,80

#### 4.2.4.3. Основная заработная плата исполнителей темы

Оклад руководителя от ТПУ (доцента, к.т.н) составляет 33664 рубля (без учета районного коэффициента). Оклад инженера составляет 9489 руб. (без учета районного коэффициента), (принято на основе данных с окладов профессорско-преподавательского состава и дипломников-студентов).

Статья включает основную заработную плату и дополнительную заработную плату:

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (4.7)$$

где  $Z_{осн}$  – основная заработная плата;

$Z_{доп}$  – дополнительная заработная плата (12 – 20 % от  $Z_{осн}$ ).

Основная заработная плата ( $Z_{осн}$ ) руководителя (инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p, \quad (4.8)$$

где  $Z_{дн}$  – среднедневная заработная плата работника, руб;

$Z_{осн}$  – основная заработная плата одного работника;

$T_p$  – продолжительность работ, выполняемых научно – техническим работником, раб. дн.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле 4.9:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}, \quad (4.9)$$

где  $Z_m$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб.дня  $M = 11,2$  месяца, 5-дневная неделя,

при отпуске в 48 раб.дней  $M = 10,4$  месяца, 6-дневная неделя;

$F_d$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб.дн.

В таблице 4.10 приведен баланс рабочего времени каждого работника НТИ.



Таблица 4.10 – Баланс рабочего времени за 2017

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней:	64	111
(выходные дни/ праздничные дни)	8	8
Потери рабочего времени:		
отпуск	48	24
невыходы по болезни	0	0
Действительный годовой фонд рабочего Времени	245	222

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{\text{окл}} \cdot k_p, \quad (4.10)$$

где  $Z_{\text{тс}}$  – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_p$  – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Расчёт основной заработной платы приведён в табл.4.11.

Таблица 4.11 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	$Z_{\text{окл}}$ , руб.	$k_p$	$Z_m$ , руб.	$Z_{\text{дн}}$ , руб.	$T_p$ , раб. дн.	$Z_{\text{осн}}$ , руб.
Руководитель	33664	1,3	43763,2	1857,70	5	9288,516
Инженер	9489	1,3	12335,7	577,89	66	38140,65
Итого $Z_{\text{осн}}$ 47429,17						

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле (4.11):

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}}, \quad (4.11)$$

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

Общая заработная исполнителей работы представлена в таблице 4.12.

Таблица 4.12 - Общая заработная плата исполнителей

Исполнители	$Z_{\text{осн}}$ , руб.	$Z_{\text{доп}}$ , руб.	$Z_{\text{зп}}$ , руб.
Руководитель	9288,516	1114,62	10403,14
Инженер	38140,65	4576,88	42717,53

#### 4.2.4.4. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды рассчитывается последующей формуле (4.12):

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (4.12)$$

где  $k_{\text{внеб}}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды, 27,1%.

В табл.4.13 представлены отчисления во внебюджетные фонды.

Таблица 4.13 –Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель проекта	9288,52	1114,62
Инженер	38140,65	4576,88
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271	0,271
Итого: 14395,70		

#### 4.2.4.5. Накладные расходы

Накладные расходы включают в себя следующие расходы: печать ксерокопирование материалов исследования, размножение материалов и т.д.

Величина накладных расходов определяется по формуле (4.13):

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 5) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (4.13)$$

где  $k_{\text{нр}}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы (16%).

#### 4.2.4.6. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Расчет бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведен в таблице 4.14.

Таблица 4.14–Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.		Примечание
	Руководитель	Инженер	
1. Материальные затраты НИИ	4626,25		Табл.4.7
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	22959,80		Табл.4.8
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	9288,52	38140,65	Табл. 4.11
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	1114,62	4576,88	Табл. 4.12
5. Отчисления во внебюджетные Фонды	14395,70		Табл.4.13
6. Накладные расходы	15216,40		16 % от суммы ст. 1-5
7. Бюджет затрат НИИ	110318,82		Сумма ст. 1-6

Как видно из таблицы 4.14 основные затраты НИИ приходятся на основную заработную плату исполнителей темы.

#### 4.3 Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Интегральный финансовый показатель разработки рассчитывается как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп}i} = \frac{\Phi_{ri}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (4.14)$$

где  $I_{\text{финр}}^{\text{исп}i}$  – интегральный финансовый показатель разработки;

$\Phi_{ri}$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;

$\Phi_{\text{max}}$  – максимальная стоимость исполнения.

$\Phi_{\text{текущ.проект}} = 232375,16$  руб,  $\Phi_{\text{исп.1}} = 250400$  руб,  $\Phi_{\text{исп.2}} = 255460$  руб.

$$I_{\text{финр}}^{\text{тек.пр.}} = \frac{111318,82}{120000} = 0,91;$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп1}} = \frac{115000}{120000} = 0,96;$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп2}} = \frac{120000}{120000} = 1.$$

Интегральный показатель ресурс эффективности рассчитывается как:

$$I_{ri} = \sum (a_i \cdot b_i), \quad (4.15)$$

где  $I_{ri}$  – интегральный показатель ресурсоэффективности;

$a_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$b_i$  – балльная оценка  $i$ -го варианта исполнения разработки.

Сравнительная оценка характеристик вариантов объекта представлена в таблице 4.15.

Таблица 4.15 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий Проект	Исп.2	Исп.3
1.Сложность технологии	0,3	5	4	4
2. Диэлектрические свойства	0,25	5	5	5
3. Теплофизические свойства	0,1	5	4	5
4.Коэффициент теплового	0,1	4	4	4

расширения				
5.Способность металлизации	к 0,15	4	4	4
6.Материалоемкость	0,1	5	4	5
Итого	1,00			

Подложки должны обладать хорошим теплоотводом, отвод тепла от нагревательных элементов (теплофизические свойства), низким коэффициентом теплового расширения, чтоб при нагревании до высоких температур не увеличивалось в размерах. Хорошими диэлектрическими свойствами, которые показывают, насколько хорошим изолятором являются подложки. Сложность технологии, не каждая компания способна изготовить подложки.

$$I_{рт.пр.} = 0,3 \cdot 5 + 0,25 \cdot 5 + 0,1 \cdot 5 + 0,1 \cdot 4 + 0,15 \cdot 5 + 0,1 \cdot 5 = 4,9;$$

$$I_{риск.1} = 0,3 \cdot 4 + 0,25 \cdot 5 + 0,1 \cdot 4 + 0,1 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 + 0,1 \cdot 4 = 4,25;$$

$$I_{риск.2} = 0,3 \cdot 4 + 0,25 \cdot 5 + 0,1 \cdot 5 + 0,1 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 + 0,1 \cdot 5 = 4,45;$$

Сравнительная оценка характеристик вариантов объекта представлена в таблице 4.16.

Таблица 4.16 - Сравнительная эффективность разработки

Показатели	Текущий проект	Исп.1	Исп.2
Интегральный финансовый показатель разработки $I_{финр}$	0,91	0,96	1
Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки $I_p$	4,9	4,25	3,45
Интегральный показатель эффективности $I$	5,385	4,427	3,45
Сравнительная эффективность вариантов Исполнения	1,099	1,042	1,000

В ходе определения эффективности исследования наш проект является более эффективным по сравнению с конкурентами.

### **Заключение по разделу**

В ходе полной оценки стоимости проведения научного исследования был сформирован его бюджет. Все имевшееся на момент начала проведения исследования химическое сырье было принято, как вновь купленное по текущим ценам. Для имевшегося оборудования рассчитана амортизация, оборудование стоимостью меньше 100000 руб. считалось приобретенным.

Общий бюджет НТИ составил 110318,82 руб.

С точки зрения ресурсоэффективности, данный проект является перспективным и конкурентоспособным по сравнению с существующими технологиями, так как в отличие от аналогов в проекте предусмотрены меньшие затраты на себестоимость будущей продукции за счет использования местных недорогих сырьевых материалов и более совершенной технологии.