

Школа ИШНПТ
 Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология
 Отделение школы (НОЦ) НОЦ им Н.М. Кижнера

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Получение стеклокристаллических низкотемпературных материалов на основе природного диопсида

УДК 666.266.62:549.642.21

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Г8А	Василевская Т. С.		

Руководитель ВКР

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

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу: «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Кащук И.В.	к.т.н		28.02.22

По разделу: «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Черемискина М.С	-		28.02.22

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ревва И.Б.	к.т.н		

Школа ИШНПТ
 Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология
 Отделение школы (НОЦ) НОЦ им Н.М. Кижнера

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
Рева И.Б.
 (Подпись) (Дата)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврская работа

Студенту:

Группа	ФИО
4Г8А	Василевская Т. С.

Тема работы:

Получение стеклокристаллических низкотемпературных материалов на основе природного диопсида
Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Данные литературного анализа по вопросу «Получение стеклокристаллических низкотемпературных материалов на основе природного диопсида»; Объект исследований –стеклокристаллические низкотемпературные материалы на основе природного диопсида; Предмет исследования – стеклокристаллические композиции на основе разработанных составов стёкол и природного диопсида
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	<ol style="list-style-type: none"> 1. Обоснование выбора исходного сырья 2. Разработка состава получаемой композиции 3. Определение свойств композиции 4. Заключение по работе
Перечень графического материала	Презентация в MS PowerPoint: - Характеристика исходного сырья; - Результаты экспериментов; - Выводы по работе.

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
1. Литературный обзор. 2. Методы исследования. 3. Экспериментальная часть.	Дитц Александр Андреевич
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Кащук Ирина Вадимовна
Социальная ответственность	Черемискина Мария Сергеевна
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Методы и методики исследования	

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

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
4Г8А	Василевская Т. С.		

**ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ
ПО ООП 18.03.01 ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ**

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
УК(У)-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
УК(У)-3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
УК(У)-4	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах)
УК(У)-5	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах
УК(У)-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
УК(У)-7	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
УК(У)-8	Способен создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций
УК(У)-9	Способен проявлять предприимчивость в профессиональной деятельности, в т.ч. в рамках разработки коммерчески перспективного продукта на основе научно-технической идеи
ОПК(У)-1	Способность и готовность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности
ОПК(У)-2	Готовность использовать знания о современной физической картине мира, пространственно-временных закономерностях, строении вещества для понимания окружающего мира и явлений природы
ОПК(У)-3	Готовность использовать знания о строении вещества, природе химической связи в различных классах химических соединений для понимания свойств материалов

	и механизма химических процессов, протекающих в окружающем мире
ОПК(У)-4	Владение пониманием сущности и значения информации в развитии современного информационного общества, осознания опасности и угрозы, возникающих в этом процессе, способностью соблюдать основные требования информационной безопасности, в том числе защиты государственной тайны
ОПК(У)-5	Владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, навыками работы с компьютером как средством управления информацией
ОПК(У)-6	Владение основными методами защиты производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий
ПК(У)-1	Способность и готовность осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции
ПК(У)-2	Готовность применять аналитические и численные методы решения поставленных задач, использовать современные информационные технологии, проводить обработку информации с использованием прикладных программных средств сферы профессиональной деятельности, использовать сетевые компьютерные технологии и базы данных в своей профессиональной области, пакеты прикладных программ для расчета технологических параметров оборудования
ПК(У)-3	Готовность использовать нормативные документы по качеству, стандартизации и сертификации продуктов и изделий, элементы экономического анализа в практической деятельности
ПК(У)-4	Способность принимать конкретные технические решения при разработке технологических процессов, выбирать технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения
ПК(У)-5	Способность использовать правила техники безопасности, производственной санитарии, пожарной безопасности и нормы охраны труда, измерять и оценивать параметры производственного микроклимата, уровня запыленности и загазованности, шума, и вибрации, освещенности рабочих мест
ПК(У)-6	Способность налаживать, настраивать и осуществлять проверку оборудования и программных средств

ПК(У)-7	Способность проверять техническое состояние, организовывать профилактические осмотры и текущий ремонт оборудования, готовить оборудование к ремонту и принимать оборудование из ремонта
ПК(У)-8	Готовность к освоению и эксплуатации вновь вводимого оборудования
ПК(У)-9	Способность анализировать техническую документацию, подбирать оборудование, готовить заявки на приобретение и ремонт оборудования
ПК(У)-10	Способность проводить анализ сырья, материалов и готовой продукции, осуществлять оценку результатов анализа
ПК(У)-11	Способность выявлять и устранять отклонения от режимов работы технологического оборудования и параметров технологического процесса
ДПК(У)-1	Способность проводить стандартные испытания материалов и изделий, проводить физические и химические эксперименты, проводить обработку и анализ результатов

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа ИШНПТ
 Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология
 Отделение школы (НОЦ) НОЦ им Н.М. Кижнера
 Уровень образования бакалавр
 Период выполнения (осенний / весенний семестр 2021/2022 учебного года)

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

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 ресурсосбережение	20
	Социальная ответственность	20

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

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

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ревва И.Б.	к.т.н, доцент		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 85 страниц, 34 рисунка, 36 таблиц, 35 источников.

Ключевые слова: диопсид, стеклокристаллическая композиция, низкотемпературная совместно обжигаемая керамика, коэффициент термического расширения.

Объектом исследования являются стеклокристаллические низкотемпературные материалы на основе природного диопсида.

Цель работы – разработка составов стеклокристаллических низкотемпературных материалов, получаемых путем совместного спекания стеклопорошка и природного диопсида.

В процессе исследования проводились: расчет составов стекольной шихты; приготовление шихты; изучение свойств полученных образцов стекла; составление стеклокристаллических композиций и изучение их свойств.

В результате исследования были получены стеклокристаллические низкотемпературные материалы, установлена зависимость свойств стеклокристаллической композиции от состава.

Степень внедрения: лабораторные испытания.

Область применения: микроэлектроника.

Экономическая эффективность/значимость работы в результате проведения анализа экономической эффективности выявлено, что данное исследование ресурсоэффективно.

Содержание

Введение.....	12
1 Современные представления о физико-химических и технологических процессах получения стеклокристаллических низкотемпературных материалов на основе природного диопсида	14
1.1. Свойства и структура диопсида.....	14
1.2 Керамические диэлектрические материалы с кристаллической фазой диопсида.....	15
1.3 Технологии получения керамических диопсидовых диэлектриков	18
1.4 Составы и свойства стекол для низкотемпературной совместно спекаемой керамики на основе диопсида	22
2 Материалы и методы исследования.....	26
2.1 Материалы	26
2.1.1 Диопсид	26
2.1.2 Стекольные компоненты	26
2.2 Методы исследования.....	27
2.2.1 Анализ на водопоглощение, пористость и кажущую плотность	27
2.2.2 Дилатометрический анализ	28
2.2.3 Анализ на краевой угол смачивания	28
2.2.4 Определение прочности при сжатии	29
2.2.5 Метод растровой электронной микроскопии.....	30
3 Получение стеклокристаллических низкотемпературных материалов на основе природного диопсида	31
3.1 Расчет шихтового состава стекол	31
3.2 Обработка результатов исследования стёкол.....	32
3.3 Результаты исследования стеклокристаллической композиции	36
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	45
4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	46
4.1.1 Анализ конкурентных технических решений	46

4.1.2 SWOT-анализ	48
4.2 Планирование научно-исследовательских работ.....	52
4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования	52
4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения	53
4.3 Бюджет научно-технического исследования	56
4.3.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования	57
4.3.2 Расчет амортизации специального оборудования	58
4.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы.....	59
4.3.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы.....	60
4.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	61
4.3.6 Накладные расходы.....	61
4.3.7 Бюджетная стоимость НИР	62
4.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	63
4.4.1 Интегральный показатель финансовой эффективности	63
Выводы по разделу.....	66
5 Социальная ответственность	70
5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	71
5.2 Производственная безопасность.....	73
5.3 Экологическая безопасность.....	76
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	78
Выводы по разделу.....	79
Заключение	81
Список используемой литературы	82

Определения, обозначения и сокращения

В данной выпускной квалификационной работе используются следующие определения и их сокращения:

- High Temperature Co-fire Ceramic (HTCC) – высокотемпературная совместно обжигаемая керамика;
- Low Temperature Co-Fired Ceramic (LTCC) - низкотемпературная совместно обжигаемая керамика;
- Диопсид $\text{CaMg}[\text{Si}_2\text{O}_6]$ - минерал, силикат из группы пироксенов;
- Термический коэффициент линейного расширения (ТКЛР) – отношение линейного размера тела, деленного на его первоначальный размер, к малому изменению температуры.

Введение

Уже на протяжении многих лет в различных отраслях промышленности используется технология совместно обжигаемой керамики при создании многослойных плат на керамической основе для высокочастотных приборов, корпусов, микросхем.

Изначально для производства высокочастотных приборов, корпусов и микросхем использовали стеклокерамику с высоким содержанием корунда (94%) и обжигали при температурах 1500 - 1600 °С, а также использовали проводники из вольфрама и молибдена. Такая технология получила название НТСС (High Temperature Co-fire Ceramic) – высокотемпературная совместно обжигаемая керамика. Из-за относительно высокой диэлектрической проницаемости корундовой керамики и высокого удельного сопротивления проводников из тугоплавких металлов быстроедействие электронных схем замедлялось. Поэтому для повышения характеристик многослойных плат проводники из тугоплавких металлов заменили на металлы с минимальным удельным электрическим сопротивлением (серебро, золото, платина и медь). Также добавили специальные составы стеклокерамических материалов для согласования температур обжига. Принцип построения многослойных структур плат из новых материалов не изменился и остался таким же, как и в технологии НТСС, но процесс обжига (co-fire) стал проводиться уже при более низких температурах. Аббревиатура новой технологии - LTCC (Low Temperature Co-fire Ceramic) – низкотемпературная совместно обжигаемая керамика.

Преимуществами LTCC считается низкая стоимость для высокочастотных и сверхвысокочастотных приборов, возможность создания компактных устройств, герметичность, низкий коэффициент термического расширения, хорошая теплопроводность и использование металлов с низким удельным сопротивлением.

В данной исследовательской работе в качестве керамической основы вместо корунда взят диопсид. Этот минерал легче синтезируется, не имеет

побочных продуктов и полиморфных модификаций, что исключает старение керамики. Также керамика на основе диоксида обладает более высоким коэффициентом теплопроводности, меньшей диэлектрической проницаемостью, хорошими механическими и химической стойкостью к кислотам, воде и щелочи.

Изделия LTCC состоят из кристаллической части и стеклокомпозиции, которые в свою очередь должны соответствовать определенным требованиям.

Требования к кристаллической части на основе диоксида следующие:

1. Температура обжига меньше $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$;
2. Низкие диэлектрические потери в СВЧ диапазоне;
3. Хорошая теплопроводность ;
4. Коэффициент теплового расширения меньше $8 \cdot 10^{-6}\text{ K}^{-1}$.

Требования к стеклам для LTCC на основе диоксида:

1. КТР должен быть в диапазоне от $7 \cdot 10^{-6}$ - $8 \cdot 10^{-6}\text{ K}^{-1}$;
2. Диэлектрическая проницаемость ниже 8,5;
3. $\lg \eta$ при температуре в $900\text{ }^{\circ}\text{C}$ меньше 5;
4. Температура стеклования в диапазоне от $480\text{-}800\text{ }^{\circ}\text{C}$.

1 Современные представления о физико-химических и технологических процессах получения стеклокристаллических низкотемпературных материалов на основе природного диопсида

1.1. Свойства и структура диопсида

Диопсид — минерал, силикат из группы пироксенов, кристаллизующийся в моноклинной сингонии, представляет собой типичное двойное соединение и является крайним членом важного изоморфного ряда $\text{CaMg}[\text{Si}_2\text{O}_6]$ — $\text{CaFe}[\text{Si}_2\text{O}_6]$ (диопсид—геденбергит). Диопсид широко распространен как породообразующий минерал во многих изверженных породах и присутствует в контактово-метасоматических образованиях [1].

Диопсид — минерал, силикат из группы пироксенов. Диопсид содержит 18,5% оксида магния (MgO), 25,9% оксида кальция (CaO) и 55,6% диоксида кремния (SiO_2) [1]. В примесях могут присутствовать двухвалентный оксид железа (FeO), оксид марганца (MnO), иногда встречаются оксид алюминия (Al_2O_3), трехвалентный оксид железа (Fe_2O_3), трехвалентный оксид стронция (Sr_2O_3), трехвалентный оксид ванадия (V_2O_3), а также оксид натрия (Na_2O) и диоксид титана (TiO_2).

Структура диопсида атипичная для клинопироксенов. Её составляют простые цепочки из кремнекислородных тетраэдров, которые вытянуты параллельно оси и связаны между собой атомами магния и кальция, находящимися в октаэдрической координации по отношению к атомам кислорода. Дополнительные два кислорода прикреплены к каждому атому кальция и находятся на несколько большем расстоянии. Цепочечная структура обуславливает призматический габитус кристаллов.

Кристаллическая решетка диопсида показана на рисунке 1.

электрооборудовании. Кристаллическая фаза является основой керамики и образует различные химические соединения или твердые растворы этих соединений. Особенности кристаллической фазы влияют на такие параметры как диэлектрическая проницаемость, механическая прочность, температурный коэффициент линейного расширения, диэлектрические потери [2]. Отличает керамику от органических электроизоляционных материалов, то, что она более стойка к воздействию высоких температур, активных химических реактивов и воды. А также не стареет при длительном воздействии электрических и тепловых нагрузок, выдерживает большие температурные режимы, не имеет остаточных деформаций [3].

Керамические диэлектрики можно разделить на два основных типа – на основе природного и искусственного сырья. Керамические диэлектрики на основе искусственного сырья обладают высокими диэлектрическими характеристиками, а керамические диэлектрики на основе природного сырья обладают относительно низкими температурами спекания, термостойкостью и высокой надежностью. На рисунке 1.2 отражена основная классификация керамических материалов.



Рисунок 1.2- Классификация керамических материалов

Легче всего получить диэлектрическую керамику на основе диопсида, так как с его кристаллической фазой можно получать не только на основе природного диопсида, но и синтезировать из различных природных и синтетических материалов[4].

Диопсид имеет высокие электрофизические и прочностные характеристики, а также позволяет снизить себестоимость производства, керамические изделия на его основе имеют безупречные эксплуатационные характеристики. Использование диопсида позволяет исключить предварительную обработку сырья с целью формирования кристаллической фазы [3]. Снижает диэлектрическую проницаемость и температуру спекания, при этом сохраняя относительно высокую прочность [5].

Распространённым примером диэлектрической керамики считается низкотемпературная совместно обжигаемая керамика (LTCC). Её преимуществом среди аналогов считается механическая прочность, сохранение линейных размеров при большом диапазоне температур, возможность 3D-интеграции и высокотемпературной пайки, герметичность готовой продукции.

Наличие диопсида или корунда в составе LTCC по-разному влияют на свойства конечного продукта. Сравнительные характеристики LTCC на основе диопсида и корунда представлены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Свойства LTCC на основе диопсида и корунда [6]

Свойство	LTCC на основе диопсида	LTCC на основе корунда
Теплопроводность, Вт/(м·°С)	4,24	1,10
Диэлектрическая проницаемость (ϵ)	6,97 – 7,15	7,90 – 7,92

Использование диопсида как кристаллической основы в технологии LTCC позволяет получить материал с меньшей диэлектрической

проницаемостью и большей теплопроводностью чем у LTCC с кристаллической фазой корунда.

1.3 Технологии получения керамических диоксидовых диэлектриков

Технология низкотемпературной совместно обжигаемой керамики (LTCC) используется в различных отраслях промышленности.

Основными материалами, используемыми для производства LTCC изделий, являются керамические порошки, специальные добавки, готовые керамические листы и пасты для создания проводников и встроенных пассивных компонентов.

Изготовление многослойных плат по технологии LTCC можно разделить на 2 основных этапа, представленных на рисунке 1.3 [7].

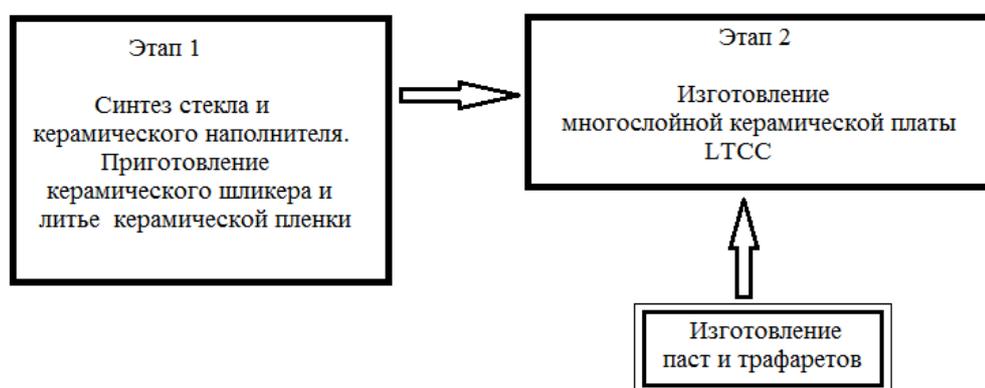


Рисунок 1.3- Этапы технологии изготовления многослойных плат

Изготовление паст и трафаретов не является основным этапом, так как относится к вспомогательным операциям для второго этапа.

Рассмотрим подробнее первый этап. На данном этапе идет изготовление стекольной шихты. Порошки исходных оксидов или карбонатов в определенном требуемом соотношении засыпаются в барабан для смешивания, данный процесс занимает примерно 10-12 часов [8]. Полученная шихта отправляется на предварительный обжиг для её плавления и проварки стекла. Варка стекла

происходит в камерных печах примерно при температуре 1200 – 1300 °С [8]. Тигли с расплавом аморфного стекла достают из печи и принудительно охлаждают до комнатной температуры путем проливания стекла в воду (процесс фриттования). Данная процедура необходима для предотвращения кристаллизации стекла. Далее производится помол полученной стекольной композиции до заданного размера. Параллельно вышеописанной работе готовится керамический наполнитель (порошок диоксида). Затем создается керамическая суспензия путём смешивания керамического порошка, органических связующих, растворителей и модифицирующих добавок. Процесс изготовления LTCC ленты представлен на рисунке 1.4 [9].

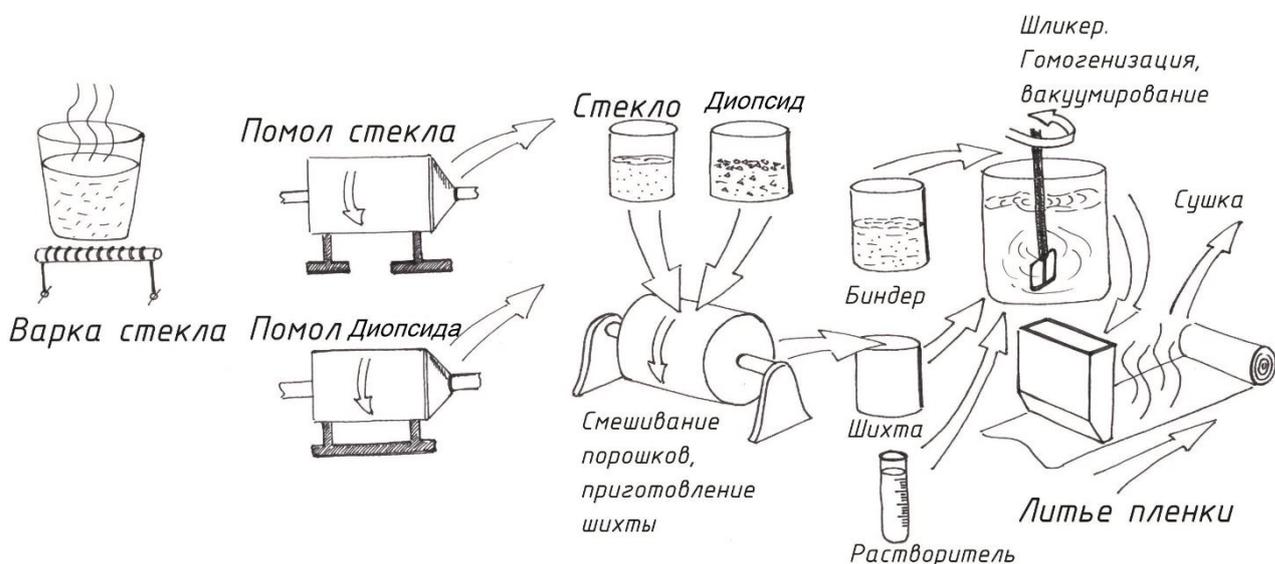


Рисунок 1.4 Процессы приготовления суспензии и литья керамической ленты

Второй этап начинается с нарезания ленты на листы необходимых размеров в соответствии с имеющимся оборудованием. Далее производится формирование переходных отверстий, заполнение этих отверстий специальной проводящей пастой и формирование рисунка топологии с помощью специальных проводящих и резистивных паст (рисунки 1.5 – 1.6) [10].

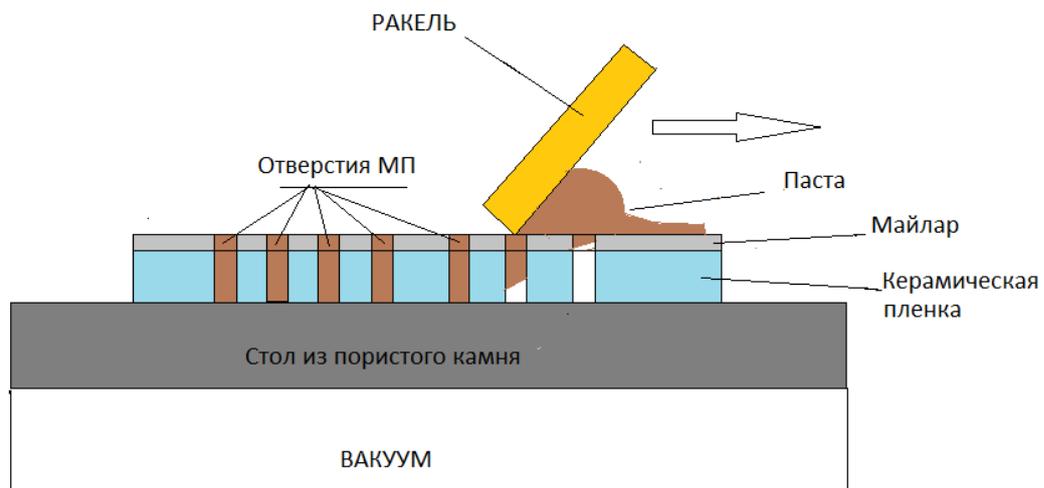


Рисунок 1.5 – Схема заполнения отверстий специальной проводящей пастой через майлар

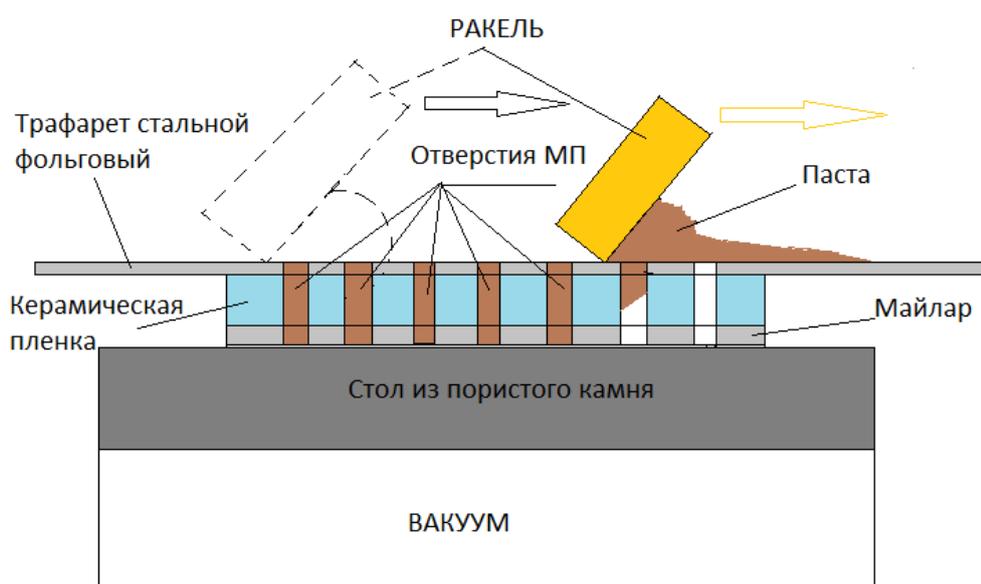


Рисунок 1.6 – Схема заполнения отверстий специальной проводящей пастой через фольговый трафарет

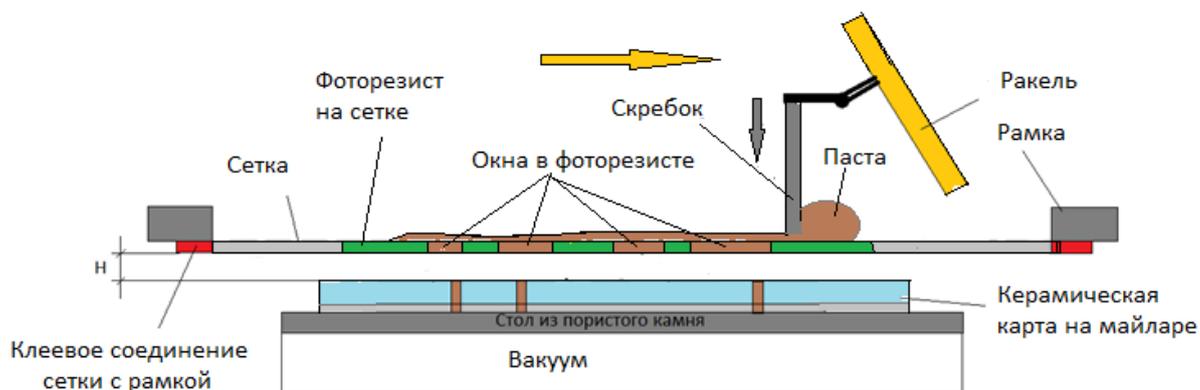
Перед обжигом выполняется сборка подложки, керамические листы тщательно совмещаются. В качестве связующего слоя используется закристаллизованное стекло. Затем ламинируется и разрезаются на отдельные

элементы. На верхний и нижний слои наносится защитный слой, и вся структура подвергается термообработке, в результате которой происходит ее спекание.

Процесс термообработки изделия состоит:

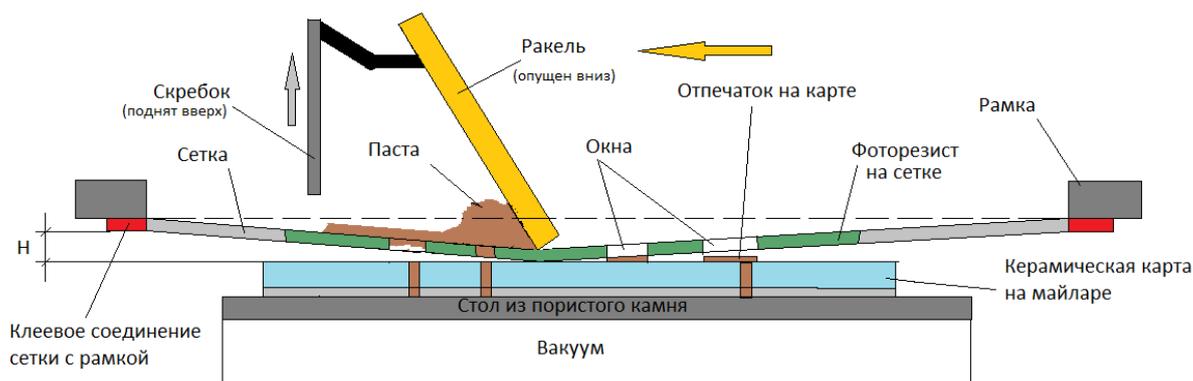
- 1) изостатическое ламинирование при температурах 60-70 °С под давлением;
- 2) выжигание органики при температурах 450-500 °С в течение 2-2,5 часов;
- 3) обжиг при температуре 850 °С в течение 10 минут.

После процесса термообработки производится шлифование наружных слоев структуры, в ходе которого снимается защитное покрытие, а сама поверхность становится плоской. Далее на очищенную поверхность верхнего и нижнего слоев наносится проводящий рисунок, резистивные элементы больших и малых сопротивлений для которых используются разные резистивные чернила, с соответствующим удельным сопротивлением (рисунки 1.7 – 1.8) [10].



Н - зазор между сеткой и картой в исходном состоянии

Рисунок 1.7 – 1 шаг трафаретной печати проводников



H - зазор между картой и сеткой трафарета в исходном состоянии

Рисунок 1.8 – 2 шаг трафаретной печати проводников

После финального обжига наружных слоев выполняется лазерная подгонка номиналов резисторов, в следствии чего подложка становится полностью подготовленной для поверхностного монтажа навесных компонентов.

Из-за низких температур обжига существует возможность использовать металлы с низким удельным сопротивлением (золото, серебро).

При проектировании систем на основе LTCC и при выборе проводящих/резистивных паст необходимо учитывать, что керамика во время обжига становится более плотной и даёт усадку в размерах на 9-15% в плоскости листов (ось X, Y) и на 10-30% в направлении, перпендикулярном плоскости листов (ось Z) [11]. Коэффициент усадки пасты должен быть близким к значению керамических листов.

1.4 Составы и свойства стекол для низкотемпературной совместно спекаемой керамики на основе диоксида

Состав стекольной композиции значительно влияет на свойства получаемой низкотемпературной совместно спекаемой керамики.

Присутствие в составе стекол большого содержания тяжелых оксидов бария и свинца позволяет снизить тангенс угла диэлектрических потерь и

увеличить показатель диэлектрической проницаемости [12–14]. Содержание оксида алюминия способствует снижению тангенса угла диэлектрических потерь. Наличие оксидов натрия или калия увеличивает удельное электрическое сопротивление. Оксиды железа (III), стронция(III), ванадия(V) и никеля(II) способствуют увеличению диэлектрических потерь.

Влияние оксидов в составе стекла на физические и диэлектрические характеристики представлено в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Влияние оксидов силикатных стекол на физические и диэлектрические характеристики [15]

Свойства и характеристики	Оксиды силикатных стекол										
	SiO ₂	K ₂ O	Na ₂ O	CaO	MgO	BaO	PbO	Al ₂ O ₃	B ₂ O ₃	P ₂ O ₃	TiO ₂
Температура плавления	+	-	-	-	±	-	-	+	-	+	-
Вязкость	+	-	-	-	±	-	-	+	-	±	-
Механические свойства	+	+	-	+	-	-	-	+	+	+	+
Химическая стойкость	+	-	-	+	-	-	-	+	+	+	+
ТКЛР	-	+	+	+	+	+	+	-	-	+	-
ε	-	+	+	+	±	+	+	+	-	-	-
tg δ	-	-	+	±	-	-	-	-	-	-	+

Примечание: показатель свойства: (+) – увеличивается, (-) – уменьшается, (±) – зависит от концентрации; ТКЛР – температурный коэффициент линейного расширения; ε – диэлектрическая проницаемость; tg δ – тангенс угла диэлектрических потерь.

В системах ЛТСС применяются комбинаций кристаллической фазы и стеклофазы с низкими показателями диэлектрической проницаемости. В таблице 1.3 приведены примеры комбинаций материалов в системах ЛТСС. Так же для сравнения дана комбинация материалов в системах НТСС.

Таблица 1.3 – Системы LTCC и HTCC [16]

Система	Керамика	ε	$T_{обж}, ^\circ\text{C}$	Проводник
LTCC	-стекло/керамический наполнитель, - кристаллизующееся стекло, - кристаллизующееся стекло / керамический наполнитель	5,6-7,8	850-900	Au Ag Ag/Pd Ag/Pt
HTCC	Корундовая керамика 92-98% Al_2O_3	9-11	1500-1650	Mo W

В таблице 1.4 приведены системы LTCC зарубежных фирм [17].

Таблица 1.4 – Системы LTCC некоторых зарубежных фирм

Фирма	Состав Стеклокерамики	ε tg δ ,%	ρ , Ом·см	$\alpha \cdot 10^6$ 1/град	λ , Вт/м·К	σ , МПа	
Asahi glass	Al_2O_3 - 35% Форстерит-25% BSG*- 40%	7,4/0,2	10^{14}	5,9	4,2	235	
Kyocera	Al_2O_3 +3К стекло	6,2/0,15	10^{14}	4,2	3	210	
Fujitsu	Al_2O_3 -50% BSG-50%	5,6/0,18	10^{14}	4,0	4,0	200	
Matsushita	PbO+ BSG- 45% Al_2O_3 - 55%	7,3/0,2	10^{12}	6,0	3,0	260	
КОА	Al_2O_3 + SiO_2 + MgO + B_2O_3	7,0/0,3	10^{13}	5,5	3,0	250	
Heraeus CT700,CT800	Оксиды Al, B, Na, Si, Co, Ti	7,8/0,2	10^{12}	6,4	3	170	
Ferro A6	CaO+ B_2O_3 + SiO_2 , Li, Na, K	5,9/0,2	10^{12}	7,0	2,0	170	
Du Pont	951	Al_2O_3 +CaZrO ₃ + стекло	7,8/0,3	10^{12}	5,8	3,0	320
	943	Оксиды Al, B, La, Cu, Mg, Na, Si, Li, Ca, Fe, Pb	7,5/0,2	10^{12}	4,5	4,4	230
	9K7	-	7,1/0,1	10^{12}	4,4	4,6	230

Примечание: BSG – боросиликатное стекло

По-отдельности оксиды, представленные в таблице 1.2 оказывают такое же влияние на свойства низкотемпературной совместно спекаемой керамики на основе диопсида, как и отмечено в таблице . Для того, чтобы понять, как именно окажет влияние на конечные свойства низкотемпературной совместно спекаемой керамики на основе диопсида стекольная композиция, необходимо провести специальные расчеты.

2 Материалы и методы исследования

В данной главе будут рассмотрены используемые материалы и методы исследования для выполнения данной работы.

2.1 Материалы

Основные материалы, которые использовались для получения стеклокристаллических низкотемпературных материалов: диопсид и стекольные компоненты, изготовленные в ходе выполнения данной работы. Выбор данного сырья был основан на изучении литературных источников. В программе SciGlass были смоделированы составы стёкол в системе $Me_2O - MeO - SiO_2$ с расчетом их основных свойств.

2.1.1 Диопсид

Диопсид $CaMg[Si_2O_6]$ – минерал, силикат из группы пироксенов, содержит 18,5% оксида магния (MgO), 25,9% оксида кальция (CaO) и 55,6% диоксида кремния (SiO_2).

2.1.2 Стекольные компоненты

В технологии LTCC применяются основные и вспомогательные материалы. В основу стеклокерамики входит расплавленная стеклянная масса (кварцевый песок, известь, сода, оксид кальция и другие вещества).

Стеклокомпоненты играют основную роль в снижении температуры спекания конечных изделий, за счет жидкостного механизма спекания обеспечивают минимальную пористость в материале, тем самым увеличивая диэлектрические и механические характеристики.

2.2 Методы исследования

2.2.1 Анализ на водопоглощение, пористость и кажущую плотность

Водопоглощение это отношение массы воды, которая поглощена керамическим телом при полном насыщении, к массе сухого образца. Водопоглощение обозначается буквой В и выражают в процентах.

Для характеристики степени спекания, качества изделий и соответствия требованиям стандарта в производственных условиях используют этот показатель.

Для насыщения жидкостью высушенные до постоянной массы образцы подвергают кипячению либо вакуумированию, после чего на воздухе и в погруженном состоянии взвешивают на аналитических и гидростатических весах соответственно.

О степени спекания образцов свидетельствует величина водопоглощения, которая рассчитывается по формуле:

$$B = ((m_1 - m)/m) \cdot 100\% , \quad (2.1)$$

где m и m_1 – масса сухого образца и насыщенного водой соответственно, г.

Чаще всего изделия на основе силикатов имеют открытые и закрытые поры. В соответствии с этим различают общую, открытую и закрытую пористость.

Открытая или кажущаяся пористость представляет собой сообщающиеся между собой и внешней средой поры и определяется как отношение объема всех открытых пор тела ко всему его объему, включая объем всех пор. Обозначается буквой П и выражается в процентах. Наличие открытой пористости - необходимое условие протекания процесса остеогенеза.

Закрытая пористость имеет изолированные друг от друга и внешней среды поры и определяется как отношение объема всех замкнутых пор тела к его объему, включая объем всех пор.

Открытую пористость P_o подсчитывают по формуле:

$$P_o = ((m_1 - m)/(m_1 - m_2)) \cdot 100\%, \quad (2.2)$$

где m - масса сухого образца при взвешивании на воздухе, г;
 $m_1 - m_2$ - масса образца, насыщенного жидкостью, при взвешивании соответственно на воздухе и в жидкости, г.

Плотность также является важной характеристикой силикатных материалов и изделий. От нее зависит большинство механических, тепловых и других свойств материалов. Существует три вида плотности: истинная, кажущаяся и относительная.

Истинная плотность определяется как отношение покоящейся массы материала к его объему без пор. Обозначают ее через $\rho_{и}$ и выражают в г/см^3 .

Кажущаяся плотность - это отношение массы тела ко всему занятому объему, включая поры; обозначают ее через $\rho_{к}$ и выражают в г/см^3 , кг/м^3 , т/м^3 , а также в кг/л .

2.2.2 Дилатометрический анализ

С помощью дилатометрического анализа фиксируются изменения длины образцов при нагреве (охлаждении) или в изотермических условиях. Этот метод применяют для определения температур превращений, протекающих в твердом состоянии.

Достоинство дилатометрического анализа является независимость его результатов от скорости охлаждения или нагрева.

2.2.3 Анализ на краевой угол смачивания

Величину поверхностного натяжения твердого тела непосредственно измерить трудно. При измерениях обычно предполагается, что поверхность твердого тела абсолютно гладкая и однородная. Однако поверхность реальных твердых тел далека от идеальной: неоднородная по химическому составу и

негладкая. Смачиванием называется совокупность явлений на границе соприкосновения трёх фаз, одна из которых обычно является твёрдым телом и две другие – несмешиваемые жидкости или жидкость и газ.

Для исследования процессов взаимодействия твердых тел с жидкостями и газом пользуются косвенными методами изучения поверхностных явлений, протекающих на контактах между твердыми и жидкими телами. Необходимость определения характеристик смачивания в системе «реальное твердое тело - жидкость» обусловлена широким использованием данного явления в различных устройствах и технологических процессах.

Знание краевых углов смачивания дает информацию о поверхностном натяжении, а также степень растекаемости расплава по керамической или иной пластинке.

2.2.4 Определение прочности при сжатии

При исследовании образцов на прочность, определяется способностью материала или конструкции выдерживать большие нагрузки.

Прочность — свойство материала сопротивляться разрушению под действием внутренних напряжений, вызванных внешними силами или другими факторами. Прочность материала оценивают пределом прочности. Существует проверка образцов прочности на сжатие и прочности на растяжение. Для определения прочности на сжатие образцы материала подвергают сжатию на гидравлических прессах и универсальных испытательных машинах и доводят до разрушения. Испытуемые образцы имеют правильную геометрическую форму куб, параллелепипед. Перед испытанием образец взвешивают, обмеряют и устанавливают на нижнюю опорную плиту пресса по центру. Верхнюю опорную плиту с помощью винта опускают на образец и включают насос пресса, дав нагрузку регулируют скорость ее нарастания (обычно в секунду 0,5-1 МПа (5-10 кгс/см²)). В момент разрушения образца фиксируется значение наибольшей нагрузки.

2.2.5 Метод растровой электронной микроскопии

Во время проведения работы использовался исследовательский метод растровой электронной микроскопии (РЭМ) для получения увеличенных изображений исследуемого объекта. Исследования проводились на электронном растровом микроскопе JEOL JSM 6000. С помощью этого метода можно более точно и детально изучить объекты и элементы чрезвычайно малых размеров, он обеспечивает большую резкость изображения. Вследствие сканирования образца пучком электронов формируется изображение. Взаимодействие электронов с веществом вызывает возникновение сигналов различной физической природы, которые формируют изображения исследуемого объекта. Разрешающая способность РЭМ очень велика из-за формирования изображения с помощью вторичных электронов, зона выходов которых ограничена малой областью вокруг места падения.

РЭМ состоит из системы электронной оптики, детектора для регистрации вторичных электронов, столика образцов, дисплея для вывода изображения. Система электронной оптики представляет собой электронную пушку, генерирующую пучок электронов, линзы конденсатора и объектива, отклоняющую катушку для сканирования электронным пучком. Поток электронов регулируется с помощью линз конденсатора и объектива.

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

Студенту:

Группа	ФИО
4Г8А	Василевская Татьяна Сергеевна

Школа	ИШНПТ	Отделение школы (НОЦ)	НОЦ Кижнера
Уровень образования	Среднее общее образование	Направление/специальность	18.03.01 Химическая технология

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

<i>1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Стоимость материальных ресурсов и специального оборудования определены в соответствии с рыночными ценами г. Томска Тарифные ставки исполнителей определены штатным расписанием НИ ТПУ
<i>2. Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Норма амортизационных отчислений на специальное оборудование
<i>3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Отчисления во внебюджетные фонды 30 %

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<i>1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	Расчет конкурентоспособности SWOT-анализ
<i>2. Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	Структура работ. Определение трудоемкости. Разработка графика проведения исследования
<i>3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	Интегральный финансовый показатель. Интегральный показатель ресурсо-эффективности. Интегральный показатель эффективности

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

<ol style="list-style-type: none"> <i>1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i> <i>2. Оценка конкурентоспособности технических решений</i> <i>3. SWOT-анализ</i> <i>4. Диаграмма Ганта</i> <i>5. График проведения и бюджет НИ</i> <i>6. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ</i> 	
--	--

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Кашук Ирина Вадимовна	к.т.н доцент		28.02.22

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Г8А	Василевская Татьяна Сергеевна		28.01.22

Введение

Существует возможность получения стеклокристаллических материалов в условиях высоких температур с использованием низкотемпературной плазмы на основе природных минералов и техногенных отходов. При использовании данных способов за счет действия высоких температур происходит интенсификация процесса получения расплава, позволяющая создавать стеклокристаллические материалы на основе техногенных отходов и природных минералов со значительным сокращением времени выработки и снижением энергопотребления, что при традиционной технологии невозможно.

Одной из важнейших задач современного производства многослойных керамических устройств является разработка стеклокристаллических материалов разного функционального назначения для высокочастотных и сверхвысокочастотных приборов. Целью данного раздела является оценка перспективности проведения научных исследований и определения коммерческого потенциала для выявления наиболее перспективных продуктов и технологий.

Достижение цели обеспечивается решением задач:

- оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований;
- определение возможных альтернатив проведения научных исследований в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения;
- планирование научно-исследовательских работ;
- произведение расчета ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.

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

Цель оценки коммерческого потенциала заключается в том, чтобы определить наличие и оценить уровень конкурентных преимуществ рассматриваемого производства керамических плат на основе LTCC для сверхвысокочастотных устройств на основании собранных данных и анализа, выполненного с использованием прогноза.

Рассмотрим целевой рынок и проведем его сегментирование для анализа продаж в будущем разработки. Используем критерии сегментирования какие как размер потребителя и род его деятельности.

Сегментирование рынка представлено в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Карта сегментирования

Размер компании	Род деятельности	
	Радиоэлектроника	Розничная торговля
Малый	✓	✓
Средний	✓	✓
Большой	✓	

Из карты сегментирования видно, что потенциальными потребителями могут быть производители электронных и радиоприборов любых размеров и магазины розничной торговли электрооборудования малого и среднего размера.

Выход на рынок будет планироваться для сотрудничества с компаниями-потребителями среднего размера.

4.1.1 Анализ конкурентных технических решений

Проведем анализ конкурентных технических решений для того, чтобы понять какую долю рынка мы и они занимаем, кто предлагает такие же продукты как у нас, что нового предлагают, как развиваются.

Для этого нам нужно изучить сам рынок, на котором находимся.

Для исследования возьмем несколько конкурирующих компаний в области производства керамических плат на основе LTCC для сверхвысокочастотных устройств.

- PCB technology (индекс «ф»);
- АО "НПП "Исток" им. Шокина" (индекс «к1»);
- АО «НПП «Завод Искра» (индекс «к2»)

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

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		B_{ϕ}	B_{k1}	B_{k2}	K_{ϕ}	K_{k1}	K_{k2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Повышение производительности труда пользователя	0,4	4	4	4	1,6	1,6	1,6
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,09	4	5	4	0,36	0,45	0,36
3. Надежность	0,05	4	5	5	0,2	0,25	0,25
4. Безопасность	0,04	4	5	5	0,16	0,2	0,2
5. Проводимость	0,01	5	5	5	0,1	0,1	0,1
6. Герметичность	0,08	4	4	4	0,3	0,32	0,32
7. Микроскопия	0,04	4	4	4	0,16	0,16	0,16
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,03	5	5	5	0,15	0,15	0,15
2. Уровень проникновения на рынок	0,05	4	5	5	0,2	0,25	0,25
3. Цена	0,05	5	3	4	0,25	0,15	0,2
4. Финансирование научной разработки	0,07	5	5	5	0,35	0,35	0,35
5. Срок выхода на рынок	0,04	4	5	4	0,16	0,2	0,16
6. Наличие сертификации разработки	0,04	5	5	5	0,2	0,2	0,2
Итого	1	57	60	59	4,21	4,38	4,3

Анализ конкурентных технических решений определяем по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i = (0.4 \cdot 4) + (0.09 \cdot 4) + (0.05 \cdot 4) + (0.04 \cdot 4) + (0.02 \cdot 5) + (0.08 \cdot 4) + (0.04 \cdot 4) + (0.03 \cdot 5) + (0.05 \cdot 4) + (0.05 \cdot 5) + (0.07 \cdot 5) + (0.04 \cdot 4) + (0.04 \cdot 5) = 4,21$$

$$K = \sum B_i \cdot \text{Б}_i = (0.4 \cdot 4) + (0.09 \cdot 5) + (0.05 \cdot 5) + (0.04 \cdot 5) + (0.02 \cdot 5) + (0.08 \cdot 4) + (0.04 \cdot 4) + (0.03 \cdot 5) + (0.05 \cdot 5) + (0.05 \cdot 3) + (0.07 \cdot 5) + (0.04 \cdot 5) + (0.04 \cdot 5) = 4,38$$

$$K = \sum B_i \cdot \text{Б}_i = (0.4 \cdot 4) + (0.09 \cdot 4) + (0.05 \cdot 5) + (0.04 \cdot 5) + (0.02 \cdot 5) + (0.08 \cdot 4) + (0.04 \cdot 4) + (0.03 \cdot 5) + (0.05 \cdot 5) + (0.05 \cdot 4) + (0.07 \cdot 5) + (0.04 \cdot 4) + (0.04 \cdot 5) = 4,3$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

Б_i – балл i -го показателя.

Анализ конкурентных технических решений показал, что исследование является перспективным.

4.1.2 SWOT-анализ

Для исследования внешней и внутренней среды проекта, рассмотрим сильные и слабые стороны исследовательского проекта, а также его возможности и угрозы. Главная задача SWOT-анализа заключается в разработке бизнес-стратегии. Для этого проведем SWOT-анализ.

Первый этап, составим матрицу SWOT, в которой опишем слабые и сильные стороны проекта и выявленные возможности и угрозы для реализации проекта, как проявившиеся, так и те которые могут появиться в его внешней среде. Матрица SWOT-анализа приведена в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Матрица SWOT-анализа

Сильные стороны	Слабые стороны
С1. Экономичность и эффективность технологии.	Сл1. Недостаток научной базы в области исследования.
С2. Бюджетное финансирование.	Сл2. Длительный срок поставок материалов и комплектующих, используемых при проведении научного исследования.
С3. Экологичность технологии. Высокие показатели характеристик.	Сл3. Недостаток необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца.

Продолжение таблицы 4.3

С4. Повышенный интерес к LTCC-технологиям в связи с развитием глобальных сетей на рынке.	
С5. Отработка полного производственного цикла	
Возможности	Угрозы
В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ	У1. Возможность появления прямых конкурентов
В2. Дополнительный спрос на продукт	У2. Высокие требования к техническим характеристикам продукции
В3. Отсутствие прямых конкурентов для производства многослойной керамики	У3. Сложность получения низкотемпературной стеклокристаллической композиции на основе диоксида

На втором этапе, выявляем соответствие сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды на основе матрицы SWOT и строим интерактивные матрицы возможностей и угроз, которые позволяют оценить эффективность проекта и надежность его воплощения. Соотношения параметров интерактивной матрицы проекта представлены в таблицах 4.4–4.7.

Таблица 4.4 – Интерактивная матрица проекта «Сильные стороны и возможности проекта»

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		С1	С2	С3	С4	С5
	В1	-	+	-	+	-
	В2	+	-	+	-	-
	В3	-	-	-	+	+

Таблица 4.5 – Интерактивная матрица проекта «Слабые стороны и возможности проекта»

Слабые стороны проекта				
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3
	В1	-	+	+
	В2	-	-	-
	В3	+	-	-

Таблица 4.6 – Интерактивная матрица проекта «Сильные стороны и угрозы проекта»

Сильные стороны проекта						
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	У1	+	+	-	-	+
	У2	+	-	-	+	-
	У3	-	-	-	-	+

Таблица 4.7 – Интерактивная матрица проекта «Угрозы проекта и слабые стороны»

Слабые стороны проекта				
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3
	У1	-	+	+
	У2	+	-	+
	У3	-	-	-

Результаты анализа представим в итоговую таблицу 4.8.

Таблица 4.8 – Итоговая таблица SWOT-анализа

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта	Слабые стороны научно-исследовательского проекта
	<p>C1. Экономичность и эффективность технологии.</p> <p>C2. Бюджетное финансирование.</p> <p>C3. Экологичность технологии. Высокие показатели характеристик.</p> <p>C4. Повышенный интерес к LTCC-технологиям в связи с развитием глобальных сетей на рынке.</p> <p>C5. Отработка полного производственного цикла.</p>	<p>Сл1. Недостаток научной базы в области исследования.</p> <p>Сл2. Длительный срок поставок материалов и комплектующих, используемых при проведении научного исследования.</p> <p>Сл3. Недостаток необходимого оборудования для проведения испытаний опытного образца.</p>

Продолжение таблицы 4.8

Возможности	Направления развития	Сдерживающие факторы
В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ	В1С2С4. Бюджетное финансирование, повышенный интерес к LTCC-технологиям в связи с развитием глобальных сетей на рынке способствует спросу на новые разработки.	В1Сл2Сл3. Длительный срок поставок материалов и комплектующих, используемых при проведении научного исследования и недостаток необходимого оборудования для проведения испытаний опытного образца можно решить, используя инновационную инфраструктуру ТПУ.
В2. Появление дополнительного спроса на новый продукт	В2С1С3. Экономичность, эффективность и экологичность технологии, высокие показатели характеристик являются благоприятным фактором для внедрения в область микроэлектроники.	
В3. Отсутствие прямых конкурентов	В3С4С5. Повышенный интерес к LTCC-технологиям в связи с развитием глобальных сетей на рынке, отработка полного производственного цикла служит основой для привлечения инвесторов и выхода на новые рынки сбыта.	В3Сл1. Недостаток научной базы в области исследования приводит к отсутствию прямых конкурентов.
<p>Угрозы</p> <p>У1. Возможность появления прямых конкурентов</p> <p>У2. Высокие требования к техническим характеристикам продукции</p> <p>У3. Сложность получения низкотемпературной стеклокристаллической композиции на основе диоксида</p>	<p>Угрозы развития</p> <p>У1С1С2С5. Снижение стоимости разработок конкурентов не представляют большую проблему нашим технологиям из-за экономичности и эффективности наших технологий и возможности отработки полного производственного цикла.</p> <p>У2С1С4. Высокие требования к техническим характеристикам продукции не повлияют на повышенный интерес к LTCC-технологиям в связи с развитием глобальных сетей на рынке. А также хорошего качества продукции получится добиться благодаря экономичности и эффективности технологии.</p> <p>У3С5. Сложность получения низкотемпературной стеклокристаллической композиции на основе диоксида компенсируется благодаря тому, что у нас существует возможность отработки полного производственного цикла.</p>	<p>Уязвимости:</p> <p>У1Сл2Сл3. Необходимо сократить сроки поставок материалов и комплектующих, заключив новые контракты на поставку для наращивания объемов поставок, разработать конкурентные преимущества.</p> <p>У2Сл1Сл3. Найти новые каналы закупки материалов и комплектующих, рассмотреть возможности участия в грандах для привлечения средств на обновление оборудования.</p>

В результате проведения SWOT-анализа мы выявили, что преимуществ исследуемого проекта больше чем недостатков. В теории есть возможность устранения имеющихся недостатков. Выделим основные направления повышения конкурентоспособности проекта: 1) привлечение дополнительных средств на обновление оборудования ИШНПТ ТПУ; 2) проведение дополнительных научных исследований; 3) дальнейшая разработка и совершенствование технологии производства керамических плат на основе LTCC для сверхвысокочастотных устройств.

4.2 Планирование научно-исследовательских работ

4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

В этом разделе мы рассмотрим структуру работ в рамках научного исследования, определим количество исполнителей для каждой из работ, установим продолжительность работ и построим график проведения научных исследований.

Для выполнения научно-исследовательских работ необходимо сформировать рабочую группу, в состав которой входят научные сотрудники и преподаватели, инженеры, техники и лаборанты.

Для оптимизации работ используют классический метод линейного планирования и управления. Для этого составляется линейный график выполнения всех работ. Составим порядок этапов работ и распределим исполнителей для данной научно-исследовательской работы (таблице 4.9).

Таблица 4.9 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Исполнитель
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	Научный руководитель
	2	Календарное планирование НИР	Инженер, научный руководитель

Продолжение таблицы 4.9

Выбор способа решения поставленной задачи	3	Обзор научной литературы, подбор материалов по теме	Инженер
	4	Выбор методов исследования	Инженер
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Планирование эксперимента	Инженер, научный руководитель
	6	Подготовка материалов	Инженер
	7	Проведение эксперимента	Инженер
Систематизация и оценка результатов	8	Обработка полученных данных	Инженер
	9	Оценка правильности полученных результатов	Инженер, Научный руководитель
Оформление отчета по НИР	10	Составление пояснительной записки	Инженер

4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения

Определение трудоемкости при проведении научных исследований является одним из важных моментов, так как они образуют основную часть разработки.

Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости использована следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5}, \quad (4.1)$$

где $t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы, человеко-дни;

t_{mini} – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, человеко-дни;

t_{maxi} – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, человеко-дни.

Необходимо знать величину ожидаемой трудоемкости, для определения продолжительности каждой i -ой работы в рабочих днях Tr_i , при этом нужно

учитывать параллельность выполнения работ разными исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы.

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

где T_{pi} – продолжительность одной работы, рабочие дни;

$t_{ожi}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, человеко-дни;

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

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

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

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

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

$k_{кал}$ – календарный коэффициент.

Календарный коэффициент определяется по формуле:

$$k_{кал.инж} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1,48 \quad (4.4)$$

где $T_{кал}$ – общее количество календарных дней в году;

$T_{вых}$ – общее количество выходных дней в году;

$T_{пр}$ – общее количество праздничных дней в году.

Расчеты временных показателей проведения научного исследования обобщены в таблице 4.10.

Таблица 4.10 – Временные показатели проведения научного

исследования

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях T_{pi}	Длительность работ в календарных днях T_{ki}
	t_{min} , чел-дни		t_{max} , чел-дни		$t_{ож}$, чел-дни			
	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	2	-	5	-	3,2	-	3,2	5
2. Календарное планирование выполнения ВКР	2	2	4	4	2,8	2,8	1,4	2
3. Обзор научной литературы	-	6	-	10	-	7,6	7,6	11
4. Выбор методов исследования	1	3	2	6	1,4	4,2	2,1	3
5. Планирование эксперимента	-	3	-	6	-	4,2	4,2	6
6. Подготовка образцов для эксперимента	-	5	-	7	-	5,8	5,8	9
7. Проведение эксперимента	-	14	-	21	-	16,8	16,8	25
8. Обработка полученных данных	-	5	-	10	-	7	7	10
9. Оценка правильности полученных результатов	3	2	6	5	4,2	3,2	1,6	2
10. Составление пояснительной записки		7		14	-	9,8	9,8	15
Итого:	8	47	17	83	11,6	61,4	64,4	91

Примечание: Исп. 1 – научный руководитель, Исп. 2 – инженер.

На основе таблицы составлен календарный план-график выполнения проекта с использованием диаграммы Ганта (таблица 4.11).

Таблица 4.11 – Диаграмма Ганта

№	Вид работ	Исп	T _{кл.} кал. дн.	Продолжительность работ												
				февр			март			апр			май			
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
1	Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	Исп1	4	█												
2	Календарное планирование выполнения ВКР	Исп1 Исп2	4	█												
3	Обзор научной литературы	Исп2	12		█											
4	Выбор методов исследования	Исп2	5			█										
5	Подготовка образцов для эксперимента	Исп2	9				█									
6	Проведение эксперимента	Исп2	25				█	█	█							
7	Обработка полученных данных	Исп2	13							█	█	█				
8	Оценка правильности полученных результатов	Исп1 Исп2	6										█	█		
9	Составление пояснительной записки	Исп2	12										█	█	█	

Примечание: █ Исп. 1 (научный руководитель), █ – Исп. 2 (инженер)

4.3 Бюджет научно-технического исследования

При планировании бюджета научно-технического исследования были учтены все виды расходов, связанных с его выполнением. В этой работе использовалась группировка затрат по следующим статьям:

1. Материальные затраты научно-исследовательской работы (НИР).
2. Затраты на специальное оборудование для научно-экспериментальных работ.
3. Основная заработная плата исполнителей темы.
4. Дополнительная заработная плата исполнителей темы.

5. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).

6. Накладные расходы НИР.

4.3.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования

Статья «Материальные затраты» включает в себя затраты организации на приобретение сырья и материалов для создания готовой продукции.

В данной части включена стоимость всех затрат материалов, используемых при разработке керамических плат на основе LTCC для сверхвысокочастотных устройств. Результаты расчета затрат представлены в таблице 4.12.

Таблица 4.12 – Затраты на разработку технологии производства керамических плат на основе LTCC для сверхвысокочастотных устройств

Наименование статей	Единица измерения	Количество	Цена за единицу, руб/кг	Затраты на материалы, руб.
Диоксид кремния	г	1078	532	573
Оксид алюминия	г	6	1800	10,8
Оксид магния	г	34	2300	78,2
Карбонат кальция	г	461	650	300
Карбонат стронция	г	165	603	99,5
Карбонат бария	г	219	1700	372,3
Карбонат лития	г	37	4709	174
Карбонат натрия	г	89	860	76,5
Карбонат калия	г	57	970	55,3
Оксид меди	г	8	4020	32,2
Борная кислота	г	105	5554	583,2

Продолжение таблицы 4.12

Оксид цинка	г	8	1520	12,2
Оксид свинца	г	96	2600	249,6
Диоксид	г	1500	780	1170,0
Электротовары для Сборнокис кремниаки установки	-	-	-	1150,0
Итого:				4937,09

4.3.2 Расчет амортизации специального оборудования

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.

Расчет амортизации проводится следующим образом:

Норма амортизации: рассчитывается по формуле:

$$H_A = \frac{1}{n}, \quad (4.5)$$

где n – срок полезного использования в количестве лет.

Амортизация оборудования рассчитывается по формуле:

$$A = \frac{H_A I}{12} \cdot m, \quad (4.6)$$

где I - итоговая сумма, тыс. руб.; m - время использования, мес.

Таблица 4.13 – Затраты на оборудование

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во ед.	Срок полезного использования, лет	Время использования, мес.	H_A , %	Цена оборудования, руб.	Амортизация
1	Весы аналитические Веста В153	1	7	0,16	14	15000	29
2	Пресс гидравлический	1	7	0,1	14	15000	18
3	Щековая дробилка ЩД-10	1	5	0,16	20	250000	667

Продолжение таблицы 4.13

4	Виброплощадка	1	5	0,1	20	22500	38
5	РФА- установка ДРОН-3М	1	10	0,16	10	180000	240
6	ДТА- установка STA 449 F3 Jupiter	1	10	0,1	10	3000000	2500
7	Печь камерная	1	7	0,16	14	70000	133
Итого:							3624

4.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы

В данном разделе рассчитывается заработная плата инженера и научного руководителя. Величину расходов по заработной плате определяем исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок.

Основная заработная плата $Z_{осн}$ одного работника рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p, \quad (4.7)$$

где $Z_{дн}$ – среднедневная заработная плата, руб.; T_p – продолжительность работ, выполняемых работником, раб.дн. (таблица 4.10).

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

Для шестидневной рабочей недели (рабочая неделя научного руководителя):

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} = \frac{49725 \cdot 10,3}{246} = 2082 \text{ руб.}, \quad (4.8)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.; F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дней; M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

– при отпуске в 28 раб. дня – $M = 11,2$ месяца, 5-дневная рабочая неделя;

– при отпуске в 56 раб. дней – $M = 10,3$ месяца, 6-дневная рабочая неделя.

Для пятидневной рабочей недели (рабочая неделя инженера):

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} = \frac{35100 \cdot 11,2}{213} = 1846 \text{ руб.} \quad (4.9)$$

Должностной оклад работника за месяц:

– для научного руководителя:

$$Z_m = Z_{mc} * (1 + k_{np} + k_d) * k_p = 25500 * (1 + 0,3 + 0,2) * 1,3 = 49725 \text{ руб.}, \quad (4.10)$$

– для инженера:

$$Z_m = Z_{mc} * (1 + k_{np} + k_d) * k_p = 18000 * (1 + 0,3 + 0,2) * 1,3 = 35100 \text{ руб.}, \quad (4.11)$$

где Z_{mc} – заработная плата, согласно тарифной ставке, руб.; k_{np} – премиальный коэффициент, равен 0,3; k_d – коэффициент доплат и надбавок, равен 0,2; k_p – районный коэффициент, равен 1,3 (для г. Томска).

Таблица 4.14 – Баланс рабочего времени исполнителей

Показатели рабочего времени	Научный руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней - выходные дни/праздничные дни	52/14	104/14
Потери рабочего времени - отпуск - невыходы по болезни	48/5	24/10
Действительный годовой фонд рабочего времени	246	213

Таблица 4.15 – Расчет основной заработной платы исполнителей

Исполнители НИ	$Z_{mc}, \text{руб}$	k_{np}	k_d	k_p	$Z_m, \text{руб}$	$Z_{дн}, \text{руб}$	$T_p, \text{раб.дн.}$	$Z_{осн}, \text{руб}$
Научный руководитель	22500	0,3	0,2	1,3	49725	2082,0	11,6	24151,0
Инженер	18000	0,3	0,2	1,3	35100	1845,6	61,4	113321,9
Итого:								137472,9

4.3.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Дополнительная заработная плата определяется по формуле:

– для научного руководителя:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} = 0,15 \cdot 24151 = 3622,6 \text{ руб.} \quad (4.12)$$

– для инженера:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} = 0,15 \cdot 113321,9 = 16998,3 \text{ руб.}, \quad (4.13)$$

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

3.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Отчисления во внебюджетные фонды определяется по формуле:

– для руководителя:

$$Z_{внеб} = k_{внеб}(Z_{осн} + Z_{доп}) = 0,3(24151 + 3622,6) = 8332,1 \text{ руб.} \quad (4.14)$$

– для инженера:

$$Z_{внеб} = k_{внеб}(Z_{осн} + Z_{доп}) = 0,3(107723,6 + 16158,5) = 39096,1 \text{ руб.}, \quad (4.15)$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд ОМС и социальное страхование). Общая ставка взносов составляет в 2020 году – 30% (ст. 425, 426 НК РФ).

4.3.6 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергия, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д.

Величина накладных расходов определяется по формуле (4.16):

$$Z_{накл} = (\text{сумма статей}1 \div 5) \cdot k_{нр}, \quad (4.16)$$

где $k_{нр}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы. Величина коэффициента принимается равной 0,2.

$$Z_{накл} = 42816,6 \text{ руб.}$$

4.3.7 Бюджетная стоимость НИР

Таблица 4.16 – Группировка затрат по статьям

Статьи							
1	2	3	4	5	6	7	8
Амортизация	Сырье, материалы	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Итого без накладных расходов	Накладные расходы	Стоимость бюджета
3624	4937,09	137472,9	20620,9	47428,2	214083,1	42816,6	256899,7

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составляется бюджет НИ «Производство керамических плат на основе LTCC для сверхвысокочастотных устройств» по форме, приведенной в таблице 4.16. В таблице также представлено определение бюджета затрат двух конкурирующих научно-исследовательских проектов.

Таблица 4.17 – Группировка затрат по статьям

№	Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
		Текущий Проект	Исп.1	Исп.2	
1	Материальные затраты НИР	4937,09	6418,2	17279,8	Пункт 4.3.1
2	Затраты на специальное оборудование	3624	3950,2	4348,8	Пункт 4.3.2
3	Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	137472,9	151220,19	151220,19	Пункт 4.3.3

Продолжение таблицы 4.17

4	Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	20620,94	22683,0	22683,0	Пункт 4.3.4
5	Отчисления во внебюджетные фонды	47428,2	52171,0	52171,0	Пункт 4.3.5
6	Накладные расходы	42535,1	47288,5	49540,6	Пункт 4.3.6
Бюджет затрат НИР		256618,2	283731,1	297243,4	Сумма ст. 1- 6

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

4.4.1 Интегральный показатель финансовой эффективности

Определим эффективность исследования. Для этого рассчитаем интегральный показатель эффективности научного исследования путем определения двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

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

В качестве аналогов данной НИР рассмотрены:

- 1) Использование стеклокристаллических низкотемпературных материалов;
- 2) Составы стёкол с преимущественно медным оксидом, структура и свойства.

Интегральный финансовый показатель разработки рассчитывается как:

$$I_{\text{финр}}^{исп.i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (4.17)$$

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

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения.

$\Phi_{\text{текущ.проект}} = 256618,2$ руб., $\Phi_{\text{исп.1}} = 283731,1$ руб., $\Phi_{\text{исп.2}} 297243,4$ руб..

В результате расчета консолидированных финансовых показателей по трем вариантам разработки вариант 1 (текущий проект) с меньшим перевесом признан более приемлемым с точки зрения финансовой эффективности.

$$I_{\text{финр}}^{\text{тех.пр}} = \frac{\Phi_{\text{тех.пр}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{256618,2}{297243,4} = 0,86;$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп2}} = \frac{\Phi_{\text{исп2}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{283731,1}{297243,4} = 0,95;$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп3}} = \frac{\Phi_{\text{исп3}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{297243,4}{297243,4} = 1;$$

4.4.2 Интегральный показатель ресурсоэффективности

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов выполнения НИР (I_{pi}) определяем путем сравнительной оценки их характеристик, распределенных с учетом весового коэффициента каждого параметра (таблица 4.19).

Таблица 4.19 – Сравнительная оценка характеристик вариантов НИР

Критерии \ Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Исп.1	Исп.2
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,10	4	4	3
2. Сложность технологии	0,10	4	3	4
3. Диэлектрические свойства	0,25	5	4	5

Продолжение таблицы 4.19

4. Термофизические свойства	0,15	4	3	3
5. Энергосбережение	0,25	5	4	4
6. Материалоемкость	0,15	4	2	3
ИТОГО	1	4,5	3,45	3,85

Расчет интегрального показателя для разрабатываемого проекта:

$$I_{p1} = 0.1 \cdot 4 + 0.1 \cdot 4 + 0.25 \cdot 5 + 0.15 \cdot 4 + 0.25 \cdot 5 + 0.15 \cdot 4 = 4,5;$$

$$I_{p2} = 0.1 \cdot 4 + 0.1 \cdot 3 + 0.25 \cdot 4 + 0.15 \cdot 3 + 0.25 \cdot 4 + 0.15 \cdot 2 = 3,45;$$

$$I_{p3} = 0.1 \cdot 3 + 0.1 \cdot 4 + 0.25 \cdot 5 + 0.15 \cdot 3 + 0.25 \cdot 4 + 0.15 \cdot 3 = 3,85.$$

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

$$I_{исп.i} = \frac{I_{p-исп.i}}{I_{финр.i}} \quad (20)$$

$$I_{исп.тп} = 4,5/0,86 = 5,2; I_{исп.1} = 3,45/0,95 = 3,63; I_{исп.2} = 3,85/1 = 3,85.$$

Далее интегральные показатели эффективности каждого варианта НИРС сравнивали с интегральными показателями эффективности других вариантов с целью определения сравнительной эффективности проекта (таблица 4.20).

Таблица 4.20 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Текущий проект	Исп.1	Исп.2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,87	0,95	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,5	3,45	3,85
3	Интегральный показатель эффективности	5,2	3,63	3,85
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,70	0,74

Сравнительную эффективность проекта (\mathcal{E}_{cp}) вычисляем по формуле:

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

Сравнение среднего интегрального показателя сопоставляемых вариантов показало, что наиболее финансовоэффективным является текущий проект в сравнении с конкурентами.

Выводы по разделу

В ходе проведения, в этом разделе, анализа были сделаны следующие выводы:

1. С точки зрения конкурентных технических решений выбор проекта можно считать, как наиболее перспективным и оптимальный по сравнению с другими. Выявили что преимуществ исследуемого проекта больше, чем недостатков.

2. Для руководителя и инженера был разработан график реализации этапа работ, который позволил оценить и спланировать рабочее время исполнителей. Определили трудоемкость выполнения работ. Общее количество дней для выполнения работ составило 91 день. Общее количество дней для выполнения работ инженера составило 61,4 дней, руководителя составило 11,6 дней.

3. Для анализа затрат на реализацию проекта разработали проектный бюджет, который составил 256618,2 рубля.

4. В результате оценки эффективности ИР сделали следующие выводы:

1) значение интегрального финансового показателя ИР составляет 0,86, что является показателем того, что ИР является финансово выгодной по сравнению с аналогами;

2) значение интегрального показателя ресурсоэффективности ИР составляет 4,5, по сравнению с 3,45 и 3,85;

3) При сравнении значения интегрального показателя эффективности ИР, которое составляет 5,2, по сравнению с сопоставляемыми вариантами 3,63 и 3,85, показало, что техническое решение, рассматриваемое в ИР, является наиболее эффективным вариантом исполнения.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа		ФИО	
4Г8А		Василевская Татьяна Сергеевна	
Школа	Инженерная школа новых производственных технологий	Отделение (НОЦ)	НОЦ Кижнера Н.М.
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/ специальность	18.03.01 «Химическая технология»

Тема ВКР:

Получение стеклокристаллических низкотемпературных материалов на основе природного диоксида	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
Введение <ul style="list-style-type: none"> – Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения. – Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения 	<p>Объект исследования: Стеклокристаллические низкотемпературные материалы на основе природного диоксида;</p> <p>Область применения: Электроника и электротехника;</p> <p>Рабочая зона: Лаборатория;</p> <p>Размеры помещения: 30 м²;</p> <p>Количество и наименование оборудования рабочей зоны: (4), весы, камерная печь, шаровая мельница, гидравлический пресс;</p> <p>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне: помол, термообработка, прессование</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при разработке проектного решения:</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. 	<p>Конституция РФ Трудовой кодекс РФ ГОСТ 12.2.033 – 78. Рабочее место при выполнении работ стоя. ГОСТ 22269 – 76. Общие требования к размещению органов управления. ГОСТ Р 12.0.001-2013 – Система стандартов безопасности труда. ПНД Ф 12.13.1–03 Методические рекомендации. Техника безопасности при работе в аналитических лабораториях (общие положения). ГОСТ 22269–76 Система "Человек-машина". Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места. Общие эргономические требования.</p>
<p>2. Производственная безопасность при разработке проектного решения:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов 	<p>Вредные производственные факторы: Недостаточная освещенность рабочей зоны; отклонения от оптимальных микроклиматических параметров рабочей зоны.</p> <p>Опасные производственные факторы: Вероятность получить ожоги при работе с печью; попадание мелкодисперсной пыли или других воздушных компонентов на слизистую.</p> <p>Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов: Защитная маска, защитные очки, перчатки, лабораторный халат</p>
<p>3. Экологическая безопасность при разработке проектного решения</p>	<p>Воздействие на селитебную зону: вредные выбросы в атмосферу.</p> <p>Воздействие на литосферу: производственный мусор, твердые отходы.</p> <p>Воздействие на гидросферу: сточные воды.</p>

	Воздействие на атмосферу: выбросы излишнего тепла и мелкодисперсных частиц (пыль).
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при разработке проектного решения	Возможные ЧС: взрыв, наводнения, ураганы, пожары, возгорания в лаборатории. Наиболее типичная ЧС: пожар в лаборатории.
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Черемискина М.С.	-		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Г8А	Василевская Татьяна Сергеевна		

5 Социальная ответственность

Введение

В настоящее время на протяжении многих лет в различных отраслях промышленности в микроэлектронике используется технология низкотемпературной совместно обжигаемой керамики (Low Temperature Co-Fired Ceramic, LTCC) при создании многослойных плат на кристаллической основе для высокочастотных приборов, корпусов, микросхем, достоинством которой являются низкая стоимость для высокочастотных и сверхвысокочастотных приборов, возможность создания компактных устройств, герметичность, низкий коэффициент термического расширения, хорошая теплопроводность и использование металлов с низким удельным сопротивлением (серебро, золото, платина и медь).

Требуется улучшение характеристик LTCC при создании многослойных плат на кристаллической основе, что приводит к разработке и исследованию новых составов стеклокристаллических композиций.

В данном разделе рассмотрим вопросы, связанные с обеспечением безопасности при исследовании стеклокристаллических композиций, охраной окружающей среды, охраной труда рабочего и техникой безопасности.

Рабочая зона: закрытое отапливаемое помещение.

Технологический процесс получения стеклокристаллических низкотемпературных материалов на основе природного диопсида включает следующие стадии выполнения работ: изготовление шихты для варки стекол, измельчение стёкол, формирование и термическая обработка стеклокристаллических композиций для исследований.

Оборудование, применяемое для осуществления данного технологического процесса: камерная печь, шаровая мельница и гидравлический пресс.

5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности на территории Российской Федерации регулируются Конституцией Российской Федерации, законом Российской Федерации N 2446-I «О безопасности», Федеральным законом № 426 «О специальной оценке условий труда», Трудовым кодексом Российской Федерации и иными законами, постановлениями, нормативно-правовыми актами Российской Федерации.

Согласно действующему законодательству, работники в обязательном порядке должны проходить предварительный и периодические медицинские осмотры за счет средств работодателя для определения и предупреждения профессиональных заболеваний. Также работнику предоставляется перерыв для отдыха и питания, который не включается в рабочее время. Время предоставления перерывов и место их проведения регламентируется внутренними нормативными актами организации. Рабочее время работника не должно превышать 40 часов в неделю. Привлечение к сверхурочной работе регламентируется ТК РФ.

Межгосударственным стандартом ГОСТ 12.2.033-78 установлены общие эргономические требования, предъявляемые к рабочим местам при выполнении работ в положении стоя. Устройство рабочего места должно соответствовать физиологическим особенностям сотрудника для выполнения трудовых обязанностей в пределах зоны досягаемости моторного поля. Зоны досягаемости моторного поля в вертикальной и горизонтальной плоскостях для средних размеров тела человека приведены на рисунках 5.1 и 5.2. При проектировании оборудования и организации рабочего места следует

учитывать антропометрические показатели женщин и мужчин; при обслуживании оборудования мужчинами и женщинами, то учитываются средние показатели мужчин и женщин [1].

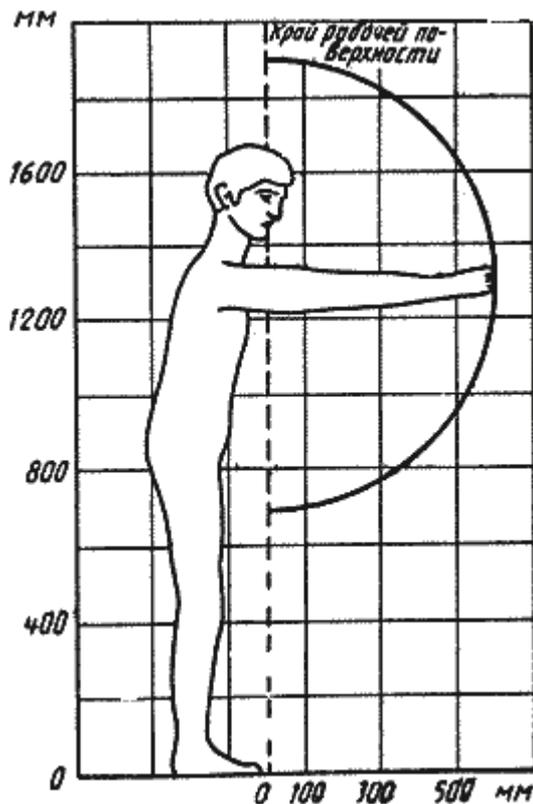


Рисунок 5.1 – Зона досягаемости моторного поля в вертикальной плоскости

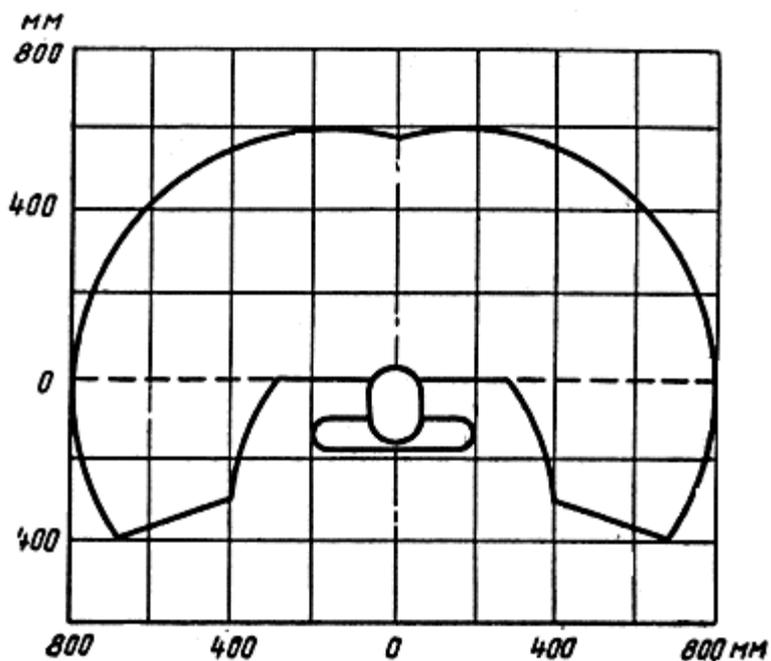


Рисунок 5.2 – Зона досягаемости моторного поля в горизонтальной плоскости

5.2 Производственная безопасность

Химическая промышленность является одной из наиболее опасных отраслей, которая несет риск причинения вреда персоналу, населению и окружающей среде, поэтому эти вопросы контролируются на государственном уровне.

Рассмотрим факторы, которые могут возникнуть в химической лаборатории при получении стеклокристаллических низкотемпературных материалов на основе природного диоксида, представленные в таблице 5.1.

Таблица 5.1 - Возможные опасные и вредные производственные факторы в химической лаборатории

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Нормативные документы
1. Ожоги при работе с печью	Требования по эксплуатации оборудования - ПОТ Р О-14000-002-98 [2];
2. Попадание мелкодисперсной пыли или других воздушных компонентов на слизистую	Требования к температуре рабочей зоны, поверхностей оборудования и материалов, а также концентрация вредных веществ в воздухе (запыленность) - ГОСТ 12.1.005–88 [3];
3. Недостаточная освещенность рабочей зоны	Требования по освещению рабочих мест внутри зданий - ГОСТ Р 55710–2013[4];
4. Отклонения от оптимальных микроклиматических параметров рабочей зоны	Требования по уровню шума - ГОСТ 12.1.003-2014 [5]
5. Повышенный уровень шума	Требования по безопасности в чрезвычайных ситуациях - ГОСТ Р 22.0.01–2016. [6]

1. Ожоги при работе с печью

При работе в лаборатории во время варки стекла или обжига композиций существует вероятность ожога от камерной печи. Тяжесть последствий непосредственного воздействия высокой температуры на тело зависит от температурных параметров, длительности воздействия, обширности.

Снижение влияния этого фактора — это использование средств индивидуальной защиты, обеспечение защиты рук, а также соблюдение техники безопасности.

2. Попадание мелкодисперсной пыли или других воздушных компонентов на слизистую

При работе с мелкодисперсными порошками, а также при измельчении стекла легко образуются и поднимаются вверх пылевые частицы. При контакте со стеклопылью наносится существенный вред организму человека. Для защиты глаз, органов дыхания и кожи необходимо носить средства индивидуальной защиты (плотно прилегающие очки, респираторы, закрывающие все тело костюмы). Для снижения влияния этого фактора в помещениях устанавливается система пылеочистки.

3. Недостаточная освещенность рабочей зоны

Этот фактор влияет на напряжение зрения, ослабляет внимание, приводит к наступлению преждевременной утомленности. Чрезмерно яркое освещение приводит к ослеплению, раздражению и рези в глазах. Всё это может привести к несчастному случаю или профзаболеваниям.

Нормы освещенности $E_{экс}$ и равномерности освещенности U_0 в зоне зрительной работы независимо от плоскости нормирования, коэффициента пульсации $K_{п}$ освещенности, объединенного показателя дискомфорта URG и общего индекса цветопередачи R_a ИС для различных помещений и вида зрительной работы приведены в таблице 5.2 [4].

Таблица 5.2 – Нормы освещения

Наименование зрительной работы и вида деятельности	$E_{экс}$, лк	U_0 , не менее	URG, не более	R_a , не менее	K_p , не более
Прессование	300	0,60	25	80	20
Изготовление изделий, работы по разбиванию и смешиванию	200	0,40	28	20	20

Для снижения влияния этого фактора необходимо в дневное время использование искусственного освещения, установления дополнительных источников освещения согласно нормам.

4. Отклонения от оптимальных микроклиматических параметров рабочей зоны

На любом производстве необходимо обеспечение комфортных условий труда (температурный режим, влажность и скорость движения воздуха) и работоспособности персонала. Поддержание этих параметров в лаборатории очень важно, так как все рабочие операции происходят в закрытом помещении и в близком расположении к камерным печам.

Категория работы по уровню энергозатрат оптимальных микроклиматических параметров рабочей зоны согласно СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» незначительна (уровень энергозатрат 140-174 Вт).

Допустимые нормы приведены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 - Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Температура воздуха, °С		Температура поверхностей, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения, м/с	
	Диапазон ниже оптимальных величин	Диапазон выше допустимых величин			Диапазон температур воздуха ниже оптимальных величин, не более	Диапазон температур воздуха выше допустимых величин, не более
Холодный	19,0 – 20,9	23,1 – 24,0	18,0 – 25,0	15 – 75	0,1	0,2
Теплый	20,0 – 21,9	24,1 – 28,0	19,0 – 29,0	15 – 75	0,1	0,3

5. Повышенный уровень шума

При постоянно повышенном уровне шума у работника может повышаться кровеносное давление, возникнуть нарушение координации движения, а также ухудшение слуха. При преодолении этого порога могут возникать болевые ощущения.

Уровень производственного шума не должен быть выше 140 дБ.

Для снижения воздействия этого фактора применяются средства индивидуальной защиты (наушники или беруши).

5.3 Экологическая безопасность

Оценка экологической безопасности требует комплексного подхода. При производстве стеклокристаллических композиций необходимо учитывать допустимый уровень негативного воздействия на окружающую среду и человека, для предотвращения, выявления и пресечения нарушения законодательства в области охраны окружающей среды.

Экологическая безопасность регламентируется Федеральным законом от 10.01.2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды».

Рассмотрим, как получение стеклокристаллических композиций и материалы для их создания влияют на селитебную зону, атмосферу, гидросферу и литосферу и рассмотреть ряд природоохранных мероприятий.

– Защита селитебной зоны

Защита селитебной зоны регламентируется Санитарно-эпидемиологическими правилами и нормативами СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 "Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов", которые необходимо соблюдать при работе.

Производство необходимо располагать в отдалении от жилой зоны из-за вредных выбросов в атмосферу, уровней шума и вибраций при производстве стеклокристаллических композиций.

– Защита атмосферы

При предварительном обжиге шихты происходит процесс выделения углекислого газа и излишнего тепла в окружающую среду, а также попадание мелкодисперсной стеклопыли в атмосферу через вентиляционные устройства.

Нормирование выбросов в атмосферу пыли осуществляется по ГН 2.1.6.3492–17. Данные ПДК составляющих компонентов стеклокристаллических материалов представлены в таблице 5.4.

Таблица 5.4 ПДК вредных веществ в атмосфере

Вещество	ПДК, мг/м ³	
	Максимальная разовая	Среднесуточная
Оксид магния	0,4	0,05
Оксид меди	-	0,002
Карбонат кальция	0,5	0,15
Карбонат бария	-	0,004

Для снижения загрязнения атмосферы устанавливается система пыле- и газоочистки.

– Защита гидросферы

Загрязнения сточных вод путем чистки оборудования от материалов.

Для снижения загрязнения гидросферы необходимо установить фильтры.

– Защита литосферы

Для избежания загрязнения литосферы все твёрдые бытовые отходы необходимо отправлять на переработку и безопасное захоронение уполномоченным организациям. Малозначительное загрязнение литосферы может образоваться при выбросе пыли в атмосферу или во время чистки оборудования.

5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Во время работы в лаборатории могут возникнуть следующие чрезвычайные ситуации: взрыв, наводнение, ураган, пожар, возгорания в лаборатории.

Наиболее типичной чрезвычайной ситуацией может быть пожар в лаборатории. Возгорание может возникнуть из-за короткого замыкания, неправильного использования оборудования, при несоблюдении мер техники безопасности.

Для исключения возможности возникновения пожара с сотрудниками должен быть проведен инструктаж о правилах пожарной безопасности. В помещении обязаны быть пожарные краны и рукава, песок, огнетушители, а также дополнительные средства пожаротушения. На видном месте должен находиться план эвакуации сотрудников

При возникновении пожара в химической лаборатории необходимо:

1. Включить пожарную сигнализацию, а также вызвать пожарную бригаду, сообщив адрес, объект возгорания и ФИО;
2. Обесточить электропроводку;

3. Убрать взрывоопасные вещества от источника возгорания;
4. При необходимости начать эвакуацию персонала;
5. Применить средство пожаротушения (огнетушители, асбестовые одеяла, воспользоваться ящиками с песком).

Классы возможного пожара [7]:

1. Пожары твердых горючих веществ и материалов (А);
2. Пожары горючих веществ и материалов электроустановок, находящихся под напряжением (Е).

При тушении пожара используются первичные средства пожаротушения: порошковые огнетушители, асбестовые одеяла, сухой песок.

Выводы по разделу

В данном разделе были рассмотрены правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности, производственная безопасность, экологическая безопасность и безопасность в чрезвычайных ситуациях. Выяснили, что производственная безопасность регламентируется Конституцией РФ, Трудовым кодексом РФ, Федеральными законами и ГОСТами.

Для определения вредных и опасных факторов проводится специальная оценка условий труда, работникам выдаются средства индивидуальной защиты. Разобрали возможные в лаборатории вредные и опасные факторы, такие как ожоги при работе с печь, попадание мелкодисперсной пыли или других воздушных компонентов на слизистую, недостаточную освещенность рабочей зоны, отклонения от оптимальных микроклиматических параметров рабочей зоны, повышенный уровень шума.

Разобрали, как получение стеклокристаллических композиций и материалы для их создания влияют на селитебную зону, атмосферу, гидросферу и литосферу и рассмотрели ряд природоохранных мероприятий, а

именно установление системы пыле- и газоочистки и необходимость установления фильтрации на систему сливов.

Рассмотрели возможные и наиболее вероятные чрезвычайные ситуации. Наиболее типичной чрезвычайной ситуацией оказался пожар из-за короткого замыкания, неправильного использования оборудования и несоблюдении мер техники безопасности. Определили порядок действий при возникновении пожара.

Соблюдение всех мер, регламентируемых ГОСТами способно снизить возможный вред для человека и окружающей среды.

Список используемой литературы

1. Бетехтин А. Г. Минералогия/ Бетехтин А. Г. - М.:1950.- 956с.
2. Химическая технология керамики / ред. И.Я. Гузмана. – М.: ООО РИФ «Стройматериалы», 2003. – 496 с.
3. 3. Аппен А.А. Химия стекла / А.А. Аппен. – М.: «Химия», 1974. – 352 с.
4. Батыгин В.Н., Метелкин И.И., Решетников А.М. Вакуумноплотная керамика и её спаи с металлами, Москва, 1973 г.
5. Пащенко А.А. Физическая химия силикатов / А. А. Пащенко. - М.: Высшая школа, 1986.- 368с.
6. Чигиринский С. LTCC – технология. Материалы и подготовка шликера./ Электроника. НТБ, вып.2, 2019.
7. Кондратюк Р. LTCC – низкотемпературная совместно обжигаемая керамика/ Наноиндустрия, вып. 2, 2011.
8. Кондратюк Р. Деформация LTCC – изделий в процессе обжига / НПЖ «Вектор высоких технологий» , №5(26), 2016.
9. Егоров Г. и др. Многослойные керамические микросхемы. Низкотемпературная совместно обжигаемая керамика. / Электроника. НТБ, 2006, №3, с.60-65.; №5,с.42-45; №7, с. 44-49.
10. Марков И. Автоматическое тестовое оборудование с подвижными пробниками в производстве электронных изделий / Марков И., Рыков И. // Компоненты и технологии, 2005, № 1, часть 1; № 2, часть 2; № 3, часть 3
11. Imanaka, Multilayered Low Temperature Cofire Ceramics (LTCC) Technology / Yoshihiko Imanaka // Fujitsu Laboratories, Ltd, Japan, 2005.
12. Production Engineering, 1980, VI, № 6, p. 30-35
13. Minges M.L., Electronic materials/M.L. Minges// Handbook, Vol. I, Packaging (ASM International, 1989).

14. Tummala R.R., Ceramics and Glass-Ceramic Packaging in the 1990/ R.R.Tummala// J. Am. Ceram Soc.- 1991.- vol. 74, № 5 . - p. 895-908.
15. Sawhill, H.T. Materials compatibility and cosintering aspects of shrinkage control in LTCC packages / H.T. Sawhill // Ceram. Substrates and Package Electron. Appl: Proc. Int. Symp. Ceram. Substrates and Package, Denver, Colo, Oct. 18-21, 1987. – Westerville (Ohio), 1989. – p. 307 – 319.
16. Масленникова Г.Н. Основы расчет масс и глазурей в электрокерамике / Г.Н. Масленникова, Ф.Я. Харитонов. – М.: Энергия, 1978. – 144 с.
17. Suppression of Silver Diffusion in Borosilicate Glass-Based Low-Temperature Cofired Ceramics by Copper Oxide Addition / M. Ma, Z. Liu, F. Zhang et al. // Journal of American Ceramic Society. – 2016. – Vol. 99. – № 7. – P. 2402 – 2407.
18. Химическая технология керамики / ред. И.Я. Гузмана. – М.: ООО РИФ «Стройматериалы», 2003. – 496 с.
19. Керамика и ее спай с металлом в технике / В.А. Преснов, М.Л. Любимов, В.В. Строганова и др.; ред. В.А. Преснова, Н.А. Иофиса. – М.: Атомиздат, 1969. – 232 с.
20. ГОСТ 12.1.001-89 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Ультразвук. Общие требования безопасности. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. – 8 с.
21. ГОСТ 21753-76. Система «человек-машина». Рычаги управления. Общие эргономические требования; введ. 01.01.1977. - М.: Изд-во стандартов, 1986
22. ГОСТ 21889-76. Система «человек-машина». Кресло человека-оператора. Общие эргономические требования; введ. 01.07.1977. - М.: Изд-во стандартов, 1993.
23. ГОСТ 12.2.033-78 Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001. – 8 с.

24. ПОТ Р О-14000-002-98 Положение. Обеспечение безопасности производственного оборудования. – М.: ООО "Инженерный Центр обеспечения безопасности в промышленности", 2001. – 52 с.
25. ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны (с Изменением N 1). – М.: Стандартинформ, 2008. – 48 с.
26. ГОСТ Р 55710-2013 Освещение рабочих мест внутри здания. – М.: Стандартинформ, 2016. – 56 с.
27. ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда. ШУМ. Общие требования безопасности. – М.: Стандартинформ, 2019. – 45 с.
28. ГОСТ Р 22.0.01-2016 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Основные положения. – М.: Стандартинформ, 2019. – 11 с.
29. НПБ 105-03 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности. – М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2003. – 25 с.
30. Белов С.В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (техносферная безопасность): учебник для бакалавров. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2013. – 682 с.
31. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. – М.: Информационно-издательский центр Минздрава России, 1997. – 6 с.
32. СНиП 23-05-95* Естественное и искусственное освещение (с Изменением N 1). – М.: Госстрой России, ГУП ЦПП, 2003. – 27 с.
33. НПБ 105-03 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности. – М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2003. – 25 с.
34. ГОСТ 12.2.049-80 ССБТ. Оборудование производственное. Общие эргономические требования; введ. 01.01.1982. - М.: Изд-во стандартов, 2001

35. . ГОСТ 12.1.012-2004 ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования. - Взамен ГОСТ 12.1.012-90; введ. 01.07.2008. - М.: Стандартиформ, 2010.