

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

Школа ИШНПТ
 Направление подготовки 18.04.01 Химическая технология
 ООП Технологии переработки минерального и техногенного сырья
 Специализация Химическая технология керамики и композиционных материалов
 Отделение школы (НОЦ) НОЦ им Н.М. Кижнера

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА МАГИСТРА

Тема работы
Получение и свойства эмали с антибактериальными свойствами

УДК 666.29:615.28

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4-ГМ-03	Шаркевич Кристина Александровна		08.06.22

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Казьмина О.В.	Д.т.н., профессор		08.06.22

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу: «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Рыжакина Татьяна Гавриловна	К.э.н., доцент		08.06.22

По разделу: «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ангоневич Ольга Алексеевна	К.б.н., доцент		08.06.22

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Казьмина О.В.	Д.т.н., профессор		08.06.22

Томск – 2022 г.

**ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ
ПО ООП 18.04.01 ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ**

Код компетенции	Результат обучения (выпускник должен обладать)
<i>Универсальные компетенции</i>	
УК(У)-1	способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий
УК(У)-2	способен управлять проектом на всех этапах жизненного цикла
УК(У)-3	способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели
УК(У)-4	способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(-ых) языке(-ах), для академического и профессионального взаимодействия
УК(У)-5	способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия
УК(У)-6	способен определить и реализовать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки
<i>Общепрофессиональные компетенции</i>	
ОПК(У)-1	готовность к коммуникации в устной и письменной формах на русском и иностранном языках для решения задач профессиональной деятельности
ОПК(У)-2	готовность руководить коллективом в сфере своей профессиональной деятельности, толерантно воспринимая социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия
ОПК(У)-3	способность к профессиональной эксплуатации современного оборудования и приборов в соответствии с направлением и профилем подготовки
ОПК(У)-4	готовность к использованию методов математического моделирования материалов и технологических процессов, к теоретическому анализу и экспериментальной проверке теоретических гипотез
ОПК(У)-5	готовность к защите объектов интеллектуальной собственности и коммерциализации прав на объекты интеллектуальной собственности
<i>Профессиональные компетенции</i>	
ПК(У)-1	способность организовывать самостоятельную и коллективную научно-исследовательскую работу, разрабатывать планы и программы проведения научных исследований и технических разработок, разрабатывать задания для исполнителей
ПК(У)-2	готовность к поиску, обработке, анализу, систематизации научно-технической информации по теме исследования, выбору методик, средств решения задачи
ПК(У)-3	способность использовать современные приборы и методики, организовывать проведение экспериментов и испытаний, проводить их обработку и анализировать их результаты
ПК(У)-4	готовность к решению профессиональных производственных задач - контролю технологического процесса, разработке норм выработки, технологических нормативов на расход материалов, заготовок, топлива и электроэнергии, к выбору оборудования и технологической оснастки
ПК(У)-5	готовность к совершенствованию технологического процесса - разработке мероприятий по комплексному использованию сырья, по замене дефицитных материалов и изысканию способов утилизации отходов производства, к исследованию причин брака в производстве и разработке предложений по его устранению
ПК(У)-6	способность к оценке экономической эффективности технологических процессов, оценке инновационно-технологических рисков при внедрении новых технологий
ПК(У)-7	способность оценивать эффективность новых технологий и внедрять их в производство
<i>Профессиональные компетенции университета</i>	
ДПК(У)-1	готовность к разработке учебно-методической документации для реализации образовательных программ

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

Школа ИШНПТ
 Направление подготовки 18.04.01 Химическая технология
 Отделение школы (НОЦ) НОЦ им Н.М. Кижнера

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
24.01.22 Казьмина О.В.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

выпускной квалификационной работы магистра

Студенту:

Группа	ФИО
4-ГМ-03	Шаркевич Кристина Александровна

Тема работы:

Получение и свойства эмали с антибактериальными свойствами	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 20-20/с от 20.01.2022
Срок сдачи студентом выполненной работы:	08.06.2022

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Данные литературного анализа по вопросу производства антибактериальной эмали.</p> <p>Объектом исследования данной работы является стекловидное покрытие на стальной подложке из боросиликатной фритты.</p> <p>Предмет исследования – влияние наноразмерных частиц оксида цинка на антибактериальные свойства боросиликатной эмали на примере эмали марки ЭСП-117.</p>
---	--

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1. Обоснование выбора исходного сырья 2. Разработка состава получаемого материала 3. Определение свойств материала 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	Казьмина О.В
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Рыжакина Т.Г.
Социальная ответственность	Антоневич О.А.
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	24.01.2022
---	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Казьмина О.В.	Д.т.н., профессор		24.01.22

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4-ГМ-03	Шаркевич К.А.		24.01.22

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

Школа ИШНПТ
 Направление подготовки 18.04.01 Химическая технология
 Уровень образования магистратура
 Отделение школы (НОЦ) НОЦ им Н.М. Кижнера
 Период выполнения (осенний / весенний семестр 2021/2022 учебного года)

Форма представления работы:

Выпускная квалификационная работа магистра

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

Обучающегося:

Группа	ФИО
4-ГМ-03	Шаркевич Кристина Александровна

Тема работы:

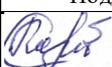
Получение и свойства эмали с антибактериальными свойствами

Срок сдачи студентом выполненной работы:	08.06.2022
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
06.06.2022	Основная часть	75
07.06.2022	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	15
08.06.2022	Социальная ответственность	10

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Казьмина О.В	Д.т.н, профессор		08.06.22

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Казьмина О.В.	Д.т.н, профессор		08.06.22

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4-ГМ-03	Шаркевич К.А		08.06.22

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 112 с., 36 рис., 13 табл., 44 источников, 1 прил.

Ключевые слова: антибактериальное покрытие, натрий-боро-силикатная эмаль

Объектом исследования является стекловидное покрытие на стальной подложке из боросиликатной фритты.

Цель работы - разработка состава боросиликатной эмали с антибактериальными свойствами по отношению к бактериям *E. Coli*, стафилококку.

В ходе работы проводились исследования антибактериальных свойств, расчет состава шихты, исследование физико-химических свойств эмали.

В результате исследования получены образцы боросиликатной эмали с антибактериальными свойствами.

Область применения: полученные образцы рекомендуется применять в качестве покрытия для стали

Оглавление

Введение.....	9
1. Литературный обзор.....	12
1.1 Составы боросиликатной эмали для покрытия стальных изделий.....	12
1.2 Антибактериальные эмалевые покрытия.....	17
1.3 Технологические особенности получения эмалевых покрытий с антибактериальными свойствами.....	24
1.4 Постановка цели и задач исследования.....	27
2 Объекты и методы исследования.....	28
2.1 Характеристика объектов исследования.....	28
2.2. Методы исследования.....	30
2.2.1 Электронно-микроскопический анализ вещества.....	30
2.2.2 Определение коэффициента термического расширения.....	31
2.2.3 Определение химической стойкости эмали.....	32
2.2.4 Определение антибактериальных свойств эмали.....	33
2.2.5 Определение белизны покрытия.....	34
2.2.6 Определение растекаемости фритты.....	35
3 Экспериментальная часть.....	37
3.1 Получение фритты исследуемого состава.....	37
3.2 Получение силикатной эмали, модифицированной наноразмерным оксидом цинка.....	41
3.3 Исследование антибактериальных свойств полученных образцов эмали.....	47
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	51
4.1 Предпроектный анализ.....	51
4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования.....	51
4.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	52
4.1.4 SWOT – анализ.....	55
4.1.5 Оценка готовности проекта к коммерциализации.....	57
4.1.6 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования.....	58
4.2 Инициализация проекта.....	59
4.2.1 Цели и результаты проекта.....	59

4.2.2	Организационная структура проекта.....	59
4.2.3	Ограничения и допущения исследования.....	60
4.3	Планирование научно-исследовательских работ.....	61
4.3.1	Иерархическая структура работ проекта.....	61
4.3.2	Контрольные события проекта.....	62
4.3.3	План проекта.....	63
4.3.4	Бюджет научно-технического исследования (НТИ).....	66
4.3.5	Организационная структура проекта.....	71
4.3.6	Матрица ответственности.....	71
4.3.7	План управления коммуникациями проекта.....	72
4.3.8	Реестр рисков проекта.....	72
4.4	Определение ресурсной(ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	73
4.4.1	Оценка абсолютной эффективности исследования.....	73
5	Социальная ответственность.....	83
5.1.1	Особенности законодательного регулирования проектных решений.....	83
5.1.2	Организационные мероприятия обеспечения безопасности.....	84
5.2	Производственная безопасность.....	87
5.4	Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	95
	Список публикаций студента.....	97
	Список литературы.....	98
	Приложение.....	103

Введение

Эмалирование берет свое начало в древности и может считаться старейшей техникой, используемой древними цивилизациями для украшения металлических предметов. Микенская цивилизация была первой, кто применил эту технику в декоративных целях около 4500 лет назад. В последующие столетия декоративная эмаль становилась все более важной, пока не достигла своего апогея, примерно в четырнадцатом веке начался ее упадок. Только с наступлением промышленной революции, в девятнадцатом веке, этот тип покрытия начали использовать и в технических целях.

Эмалевые покрытия сочетают в себе эстетичные цвета, глянцевую отделку, имеют превосходные технические характеристики, такие как защита металлов от коррозии и долговечность. Это было основной причиной успеха стекловидной эмали во многих областях, таких как домашнее хозяйство и промышленность. Стекловидное покрытие по-прежнему представляет собой современное покрытие с высокими эксплуатационными характеристиками, главным образом обусловленными стеклянной природой матрицы.

Стекловидную эмаль получают из различных сырьевых материалов: кварца, кальцинированной соды, буры и оксидов металлов. Подготовка шихты и получение из нее эмали включает операцию измельчения, просева, смешивание в соответствующих пропорциях, и стекловарение в интервале температур от 1100 до 1450°C. Расплав охлаждают путем слива в холодную воду для получения важного полуфабриката в процессе изготовления эмали - фритты.

Состав фритты является ключевым аспектом, который следует принимать во внимание, поскольку именно он определяет большинство технических свойств покрытия. Основным компонентом фритты является оксид кремния, стеклообразующий компонент, кроме него в состав входят и многие другие оксиды, например, V_2O_5 , также выполняющий роль стеклообразователя, оксиды щелочных металлов Na_2O , K_2O и Li_2O , которые используют для регулирования температур плавления фритты и растекания эмали при нанесении. Оксид титана,

который используется в качестве глушителя, и оксид алюминия полезны для повышения стойкости к кислотам и щелочам.

При разработке фритт внимание уделяется тому, чтобы в состав не входили токсичные элементы, такие как свинец, кадмий или ванадий. С этой целью опасные компоненты заменяют на экологически безопасные.

Для получения покрытия фритту измельчают до получения оптимальной гранулометрии, которая обычно находится в диапазоне 100–250 мкм. Процесс измельчения можно осуществлять сухим или влажным способом с добавлением мельничных добавок и цветных пигментов. В более распространенном мокром процессе фритта измельчается в шаровой мельнице вместе с диспергирующей средой (водой), коллоидной глиной (используемой для удержания частиц фритты в суспензии) и другими добавками. Каждая фритта изготавливается по индивидуальному заказу для конкретного применения, состав корректируется с учетом конкретных производственных и технологических проблем.

Известно, что эмалевые покрытия с повышенными защитно-декоративными свойствами могут быть изготовлены на основе фритт боросиликатного стекла с повышенным содержанием TiO_2 в их составе [1].

В настоящее время актуальным является разработка антибактериальных эмалевых покрытий [2, 3]. Получение покрытия, которое бы могло противостоять размножению бактерий, таких как *E. Coli*, стафилококк находится в стадии разработки, есть небольшое количество статей, изучающих модификаторы, которые бы придали антибактериальные свойства, не ухудшая при этом основные эксплуатационные свойства.

Данное исследование рассматривает фритты с химическим составом, описываемым обобщенной формулой $(76-n-m)SiO_2 \cdot nB_2O_3 \cdot mNa_2O \cdot 24Me_xO_y$, где Me_xO_y -общее содержание TiO_2 , ZrO_2 , Al_2O_3 , MgO , NaO , P_2O_5 и K_2O . Установлено, что хорошие эксплуатационные свойства имеют фритты со следующим содержанием основных компонентов (мас. %): Na_2O 12-13, K_2O , B_2O_3 10-11, SiO_2 49-51 [1].

Объектом исследования данной работы является стекловидное покрытие на стальной подложке из боросиликатной фритты.

Предмет исследования – влияние наноразмерных частиц оксида цинка на антибактериальные свойства боросиликатной эмали на примере эмали марки ЭСП-117.

Целью данной работы – разработка состава боросиликатной эмали с антибактериальными свойствами по отношению к бактериям *E. Coli* и стафилококку с добавлением наноразмерных частиц оксида цинка.

Для достижения поставленной цели поставлены следующие задачи:

1. Определение способа введения наноразмерного ZnO в состав фритты.
2. Определение оптимального количества ZnO в составе антибактериальной эмали.
3. Изучение антибактериальных свойств полученного покрытия.

Результаты исследования были доложены на конференциях:

1. Международная конференция школьников, студентов, аспирантов, молодых ученых «Ресурсоэффективные системы в управлении и контроле: взгляд в будущее» 2021 г.

2. Международная научно-практическая конференция «Химия и химическая технология в 21 веке», 2022 г.

1. Литературный обзор

1.1 Составы боросиликатной эмали для покрытия стальных изделий

Эмаль имеет различные составы, с целью повышения потребительских свойств покрытий, при этом сохраняя другие технико-экономические показатели. Разработку эмалей в основном ведут на основе многокомпонентных систем. Многокомпонентность эмалей способствует образованию легкоплавких эвтектик, образованных оксидами, которые вводят в небольших количествах для увеличения химической стойкости [4].

Согласно ГОСТа силикатные эмали классифицируют по назначению на: грунтовые (ЭСГ), предназначенные для нанесения непосредственно на стальную поверхность; покровные (ЭСП), предназначенные для нанесения на поверхность, покрытую грунтовой эмалью; бортовые (ЭСБ), предназначенные для нанесения на поверхность, покрытую грунтовой эмалью, с радиусом закругления менее 10 мм [5]. Основные виды марок эмалей и их назначение приведены в табл. 1. Эмали изготавливаются в соответствии с требованиями настоящего стандарта по технологическому регламенту, утвержденному в установленном порядке.

Фритту получают из сырьевых материалов, которые смешивают для получения однородной массы (рис. 1). Смесь сырьевых материалов (шихта), расплавляется и варится в стекловаренных печах, после чего расплав резко охлаждается, образуя стеклогранулят фритты. Силикатные грунтовые и покровные эмали (фритты) представляют собой силикатное стекло, и содержат в основном оксиды кремния, бора, натрия, алюминия и т.д.

Плавильный процесс по химическому характеру и основным реакциям схож с плавлением стекла. На начальной стадии появляется густая вскипающая масса, с выделением газа. На заключительном этапе жидкая фаза переходит в жидкотекучий расплав.

Таблица 1 – Марки эмалей [10]

Марка эмали	Характеристика и назначение
Грунтовые эмали (для внутренней и наружной поверхностей)	
ЭСГ-21	Борная
ЭСГ-26	Борная
ЭСГ-31	Борная
ЭСГ-36	Безборная
ЭСГ-41	Борная многокальциевая
ЭСГ-46	Борная бесфтористая многокальциевая
ЭСГ-51	Борная бесфтористая
ЭСГ-52	Многоборная бесфтористая
ЭСГ-53	Борная бесфтористая
ЭСГ-54	То же
Покровные эмали	
ЭСП-117	Титановая для белого покрытия внутренней и наружной поверхностей
ЭСП-122	Титановая для белого покрытия наружной поверхности
ЭСП-125	Титановая бесфтористая для белого покрытия внутренней и наружной поверхностей
ЭСП-130	Титановая для голубого покрытия внутренней и наружной поверхностей
ЭСП-140	Титановая для кремового покрытия внутренней и наружной поверхностей
ЭСП-150	Титановая для голубого покрытия наружной поверхности
ЭСП-160	Титановая для кремового покрытия наружной поверхности
ЭСП-170	Титановая для желтого покрытия наружной поверхности
ЭСП-180	Титановая для салатного покрытия наружной поверхности
ЭСП-190	Титановая для розового покрытия наружной поверхности
ЭСП-200	Фтористая для синего покрытия наружной и внутренней поверхностей, а также для добавки к титановым эмалям для внутренней и наружной поверхностей
ЭСП-210	Фтористая бесцветная для основы цветных покрытий наружной поверхности
ЭСП-211	Марганцевая для темно-фиолетового покрытия наружной поверхности
ЭСП-212	Фтористая для основы цветных покрытий внутренней и наружной поверхностей
Бортовые эмали	
ЭСБ-1011	Кобальтовая для синего покрытия
ЭСБ-1020	Кобальто-марганцевая для черного покрытия

Нанесение порошка фритты на металлическую поверхность определяет толщину слоя и равномерность, и тем самым определяя качество эмали. В настоящее время для нанесения эмали применяют мокрый и сухой способы.

Поскольку основой для получения эмалевых покрытий являются природные силикаты - химические соединения, содержащие кремнекислородные соединения SiO_2 , сырьевая база для производства эмали является доступной и широко распространенной. Примеры составов некоторых марок фритты приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Массовые доли компонентов [10]

Марка эмали	Массовая доля компонентов, %									
	оксида кремния	оксида бора	оксида фосфора	оксида титана	оксида алюминия	оксида кальция	оксида магния	оксида натрия	оксида калия	оксида железа (III)
ЭСГ-21	38 - 43	19 - 22	-	Не более 2	4 - 7	4 - 8	-	19 - 25		Не более 6,5
ЭСГ-26	40 - 48	15 - 20	-	То же	4 - 8	4 - 7	Не более 3	18 - 23		Не более 3,0
ЭСГ-31	45 - 52	13 - 18	-	Не более 5	4 - 11	4 - 7	-	16 - 20		Не более 3,0
ЭСГ-36	58 - 64	-	-	-	2 - 4	7 - 12	-	20 - 24		Не более 4,0
ЭСГ-41	42 - 46	9 - 14	-	Не более 2	3 - 6	15 - 19	-	17 - 21		Не более 3,0
ЭСГ-46	36 - 40	17 - 20	-	-	3 - 5	13 - 17	-	16 - 19		4 - 6
ЭСГ-51	46 - 50	13 - 16	-	-	3 - 5	8 - 11	-	17 - 20		1,5 - 2,0
ЭСГ-52	40 - 44	24 - 28	-	Не более 3	1,5 - 4,0	3 - 6	-	16 - 20	2 - 4	-
ЭСГ-53	43 - 50	19 - 23	-	То же	0,5 - 4,0	3 - 9	-	14 - 20	1 - 3	-
ЭСГ-54	47 - 52	16 - 20	-	»	3 - 8	3 - 7	-	12 - 16	1 - 3	-
ЭСП-117	42 - 45	12 - 16	1 - 4	15 - 18	3 - 8	-	1 - 3	11 - 15	2 - 4	-
ЭСП-122	39 - 42	16 - 19	1 - 5	15 - 18	3 - 7	-	1 - 2	11 - 15	2 - 4	-
ЭСП-125	37 - 41	10 - 12	6 - 10	7 - 14	8 - 12	Не более 3	1 - 3	12 - 16	0,5 - 5,0	-
ЭСП-130	42 - 45	12 - 16	1 - 4	15 - 18	3 - 8	-	1 - 2	11 - 15	Не более 5	-
ЭСП-140	42 - 45	12 - 16	1 - 4	15 - 18	3 - 8	-	1 - 3	11 - 15	То же	-
ЭСП-150	39 - 42	16 - 19	1 - 4	15 - 18	3 - 7	-	1 - 2	11 - 15	»	-
ЭСП-160	39 - 42	16 - 19	1 - 5	15 - 18	3 - 7	-	1 - 2	11 - 15	»	-
ЭСП-170	36 - 42	16 - 19	Не более 4	15 - 19	3 - 7	-	Не более 2	11 - 15	»	-
ЭСП-180	39 - 42	16 - 19	1 - 4	15 - 18	2 - 6	-	0,2 - 1,0	11 - 15	»	-
ЭСП-190	39 - 42	16 - 19	1 - 4	15 - 18	2 - 6	-	0,2 - 1,0	11 - 15	»	-
ЭСП-200	47 - 53	11 - 17	-	Не более 8	7 - 11	3 - 10	-	12 - 18	1 - 3	-
ЭСП-210	47 - 53	11 - 17	Не более 3	То же	4 - 11	3 - 10	Не более 1,2	12 - 18	1 - 3	-
ЭСП-211	51 - 56	3 - 6	-	-	4 - 8	3 - 6	-	20 - 24	-	-
ЭСП-212	47 - 53	9 - 16	Не более 3	Не более 8	4 - 11	-	Не более 1,2	15 - 20	1 - 3	Не более 5
ЭСБ-1011	47 - 50	10 - 13	-	Не более 4	5 - 8	3 - 7	-	19 - 23	2 - 4	-
ЭСБ-1020	45 - 52	10 - 14	-	То же	3 - 10	3 - 7	-	18 - 22		



Рисунок 1 – Стеклоанная фритта для производства эмали

Кривые изменения свойств натрий-боросиликатных стекол часто характеризуется максимумами и минимумами, и другими особенностями (борная аномалия). В серии натриевых стекол типа $\text{Na}_2\text{O} - \text{SiO}_2 - \text{B}_2\text{O}_3$ борная аномалия отчетливо проявляется при замене SiO_2 на B_2O_3 в виде максимумов на кривой показателя преломления, плотности, модуля упругости, диэлектрической проницаемости и в виде минимума на кривой коэффициента расширения. Результаты изменения свойств представлены на рисунке – 2.

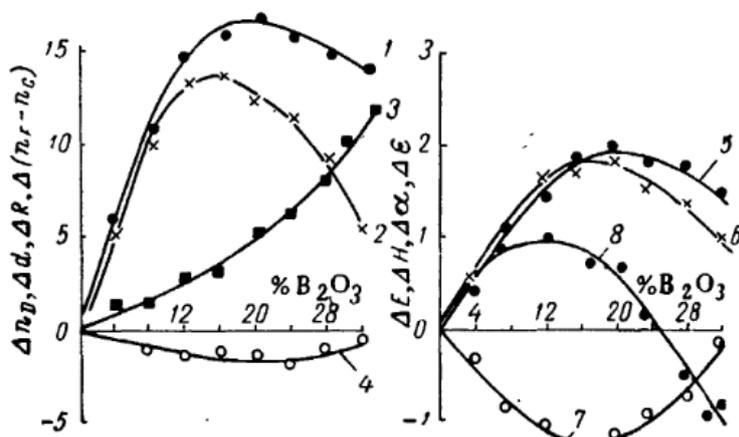


Рисунок 2 – Дифференциальные кривые изменения свойств боросиликатных стекол

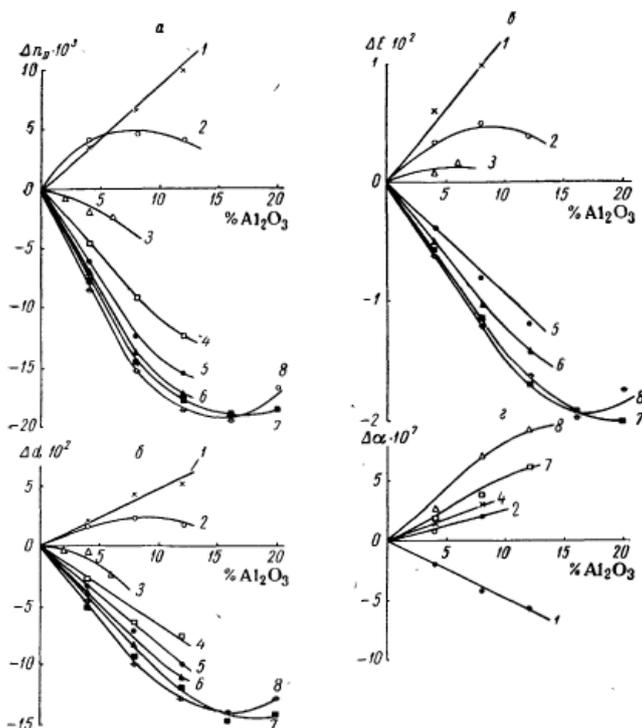


Рисунок 3 - Дифференциальные кривые изменения показателя преломления (а), плотности (б), модуля нормальной упругости (в), среднего коэффициента расширения (в)

Совместное присутствие в силикатных стеклах Al_2O_3 и B_2O_3 вызывает появление на кривых свойствах новых эффектов, названных алюмоборной аномалией. Сущность данной аномалии заключается в том, что Al_2O_3 может оказывать не только разное, но и противоположное влияние на свойства щелочных силикатных стекол. Наиболее четкие явления обнаруживаются на показателе преломления (рисунок – 3) [16].

1.2 Антибактериальные эмалевые покрытия

Быстрое распространение микроорганизмов, таких как бактерии, грибы и вирусы, может быть чрезвычайно вредным и привести к сезонным эпидемиям или даже пандемическим ситуациям. Микроорганизмы могут привести к загрязнению продуктов питания и основных материалов, передаются путем прикрепления и роста на различных бытовых и контактных поверхностях, таких как двери, выключатели, валюта. Для предотвращения быстрого распространения микроорганизмов актуально иметь покрытия с антимикробными свойствами и понимать механизм взаимодействия между различными микробами и поверхностями.

Идея сочетания полифункциональных покрытий стекловидной эмали с бактерицидным действием катионов тяжелых металлов лежит в основе разработки антибактериальных покрытий стекловидной эмали. Придание стеклянным покрытиям биоцидного эффекта достигается за счет включения в их структуру противогрибковых олигодинамических компонентов, устойчивость покрытия к грибкам отражает его сопротивляемость к биокоррозиям.

Принцип действия биоцидных свойств покрытия основан на том, что тяжелые металлы, благодаря своим химическим свойствам, воздействуют на микро- и макроорганизмы. Тяжелые металлы относятся к группе антимикробных веществ с денатурационным действием. Катионы металлов вступают в реакцию с определенными биохимическими структурами соответствующей структуры. Тяжелые металлы, которые относятся к олигодинамическим компонентам, сначала блокируют активный центр структуры биохимических ферментов, затем связывают группы $-SH$, и в результате ферменты теряют способность функционировать. В качестве носителей бактерицидных свойств используют следующие катионы металлов: Ag^+ , Hg^{2+} , Cd^{2+} , Cu^{2+} , Au^{3+} , Ni^{2+} , Zn^{2+} , Ti^{4+} и т.д.

Из литературных источников известно, что для придания эмалированным покрытиям биоцидных свойств используются два катиона Zn^{2+} и Ti^{4+} [6]. Олигодинамические компоненты, оказывают токсическое действие на

патогенные организмы, в концентрациях, не превышающих допустимые скорости миграции для человека.

Хорошо известным бактерицидным агентом является катион серебра. Добавлением ионов серебра в состав эмалевых покрытий придает им антибактериальный эффект. Ионы серебра характеризуются высоким сродством к сере и блокируют каталитические центры ферментов. Однако будучи бактерицидом, серебро не только значительно увеличивает стоимость эмалированных изделий, но и может проникать в организм человека. Это может привести к появлению ряда хронических заболеваний. В связи с этим добавление серебра не всегда оправдано [8].

Рядом авторов [12] разработаны антибактериальные серебросодержащие стеклокристаллические эмалевые покрытия. Бактерицидные свойства серебра называют олигодинамическими, так как оно обладает антимикробными свойствами даже при очень низких концентрациях. При этом механизм действия таких покрытий основан на нарушении метаболизма микроорганизмов свободными ионами Ag^+ , которые адсорбируются на поверхности клетки и взаимодействуют с SH-группами белков. Кроме того, исследования показали, что такие эмалевые покрытия также обладают высокой кислотостойкостью.

В статье Ф. Монтавло рассмотрен вопрос разработки многофункциональных материалов с улучшенными свойствами, включая борьбу с микробами. Для антибактериального применения автором предлагается заполнение кремнезема структурами, состоящими из серебра ($AgFS$), гидроксисоли меди ($CuHSFS$) и меди ($CuFS$). При простом сочетании соли-предшественника металла, соответствующего растворителя и кремнезема, композиты были получены однокомпонентным сольвотермическим ($200\text{ }^{\circ}C$ в течение 1 ч), быстрым (2 мин) микроволновым осаждением. Успешная модификация кремнезема слоистой гидроксисолью меди подтвердилась результатами рентгеновской дифракции (XRD), термогравиметрического анализа (TGA) и сканирующей электронной микроскопии (FE-SEM) [7].

Кроме того, в качестве антибактериальных покрытий используют композиты на основе эмалей, органических полимерных соединений, неорганических наночастиц и гибридных материалов. Данные виды покрытий объединяет наличие в их составе наноразмерных антимикробных агентов, обладающих диффузионными свойствами, что снижает степень жизнеспособности микроорганизмов [9].

Механизм действия таких активных наночастиц может быть как внутри-, так и внеклеточным. В первом случае биоцидный эффект обусловлен их связыванием с внутриклеточными белками или молекулами ДНК. Во втором случае наночастицы, прикрепляясь к клеточным мембранам, разрушают целостность клетки в сочетании с другими биоцидами или вызывают механическое повреждение клеточной стенки [10].

При этом в качестве антимикробных агентов предпочтительны композиты на основе металлов и наночастиц оксидов металлов, поскольку они одновременно используют различные механизмы уничтожения патогенных микроорганизмов, вследствие чего последним очень трудно выработать устойчивость [11].

Как показывают литературные источники, наноразмерные частицы обладают рядом достоинств: высокой стабильностью и сохранением всех физических, химических и биоцидных характеристик длительное время; возможностью комбинировать с другими элементами; более широким воздействием на микроорганизмы.

Наноматериалы также хорошо подходят для биологических применений благодаря размеру их частиц, что позволяет взаимодействовать с биомолекулами внутри или на поверхности клетки. Взаимодействие между наночастицами оксидов металлов и бактериями влияет на клеточные процессы избирательным образом, что приводит к усилению антибактериального эффекта. Согласно литературным данным, антибактериальной активностью обладают наночастицы Ag, Cu, TiO₂, MgO, CuO, ZnO, Al₂O₃, Fe₂O₃, Fe₃O₄, MoO₃, NiO, CoFe₂O₄ [10-12].

Функция наночастиц заключается в том, что они реагируют с механически

прочной и стабильной структурой бактерии, взаимодействие с белками блокирует передачу кислорода внутри мембраны. В качестве биоцидных агентов ионы металлов переменной валентности могут быть введены в шихту в виде оксидов или солей, как для получения фритты, так и непосредственно в шликер.

Неорганические нанопорошки на основе серебра, гидроксиапатита, модифицированного оксидом титана, фосфатов и оксидов цинка и меди, а также титанатов цинка широко используются для придания биоцидного действия покрытиям.

Покрытия относятся к группе антибактериальных в том случае, если обладают следующими свойствами: антибактериальный эффект к грамотрицательным и грамположительным микроорганизмам (99 % уничтожения вредных бактерий после 24 ч выдержки); термическая стойкость (не ниже 250 °С); химическая стойкость и водостойкость (не ниже класса А по ISO 2733); твердость на удар (2 Дж по ISO 4532); твердость по шкале Мооса (5 – 7 ед.); блеск (не ниже 75 %) [13].

Из литературных источников известно, что для получения антибактериального эффекта эмалевого покрытия объединяют катионы Ag^+ , Zn^{2+} , Cu^{2+} и др., обладающих бактерицидным действием, с полифункциональностью стеклокристаллических эмалевых покрытий. С этой целью в стеклоэмалевую матрицу вводят бактерицидные нанопорошки. Структура стекломатрицы должна обеспечивать запрограммированную ориентацию катионов бактерицидных металлов и их равномерное сплошное размещение в поверхностном слое покрытия. В качестве бактерицидных наполнителей чаще всего выбирают нанопорошки солей Ag^+ , Zn^{2+} , Cu^{2+} , имеющие размер частиц порядка 10 нм. Наноразмерность бактерицидных наполнителей позволяет получить наиболее эффективное равномерное распределение частиц наполнителей в стеклоэмалевом покрытии.

При рассмотрении антибактериальных силикатных эмалей, полученных на основе боросиликатных систем, необходимо учитывать особенности строения

стекло данного состава. Известно, что стекла, содержащие менее 20 мол. % оксида натрия, в действительности состоят из двух стеклообразных фаз. Одна из них обогащена оксидом кремния, а другая содержит почти все количество щелочного оксида и оксида бора [12]. Особенностью микроструктуры боросиликатных стекол является то, что частицы каждой фазы имеют диаметр 5-20 нм. В щелочноборатной фазе высока концентрация групп O_4 , содержащих бор. Результаты исследований методом ЯМР, показывают, что дополнительное введение оксида натрия в боросиликатное стекло способствуют превращению боратных групп O_3 в O_4 которые связаны с другими группами, содержащими бор [12].

В статье [14] приведены титры антибактериальной активности эмалевого покрытия с оксидом цинка. Из гистограммы (рисунок – 4) видно, что оксид цинка стержнеобразной формы обладает более высокими антибактериальными свойствами, так как данные частицы имеют наименьшее значение титра.

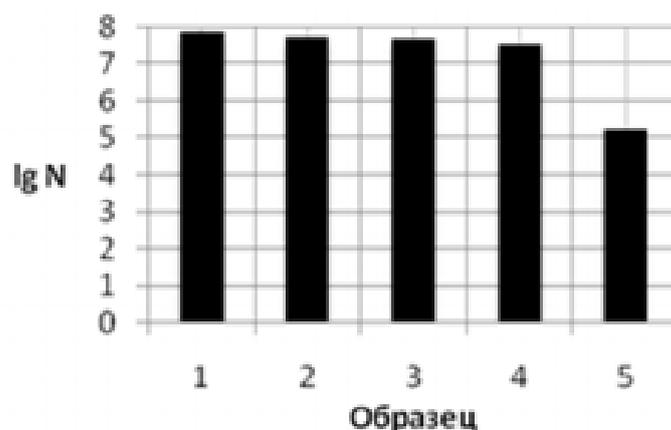
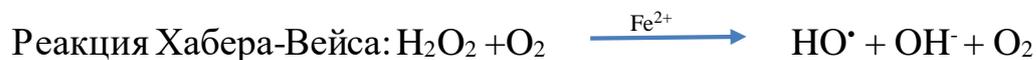


Рисунок 4 – Гистограмма распределения титров антимикробной активности по формам частиц – (1 – контроль, 2 – оксид цинка, 3 – сферические частицы, 4 – клиновидные частицы, 5- стержнеобразные частицы)

Наночастицы выступают в качестве антибактериального модификатора в связи с тем, что участвуют в реакциях Фентона и Хабера-Вейса и генерируют свободные радикалы, разрушая клеточные элементы [15]. В свою очередь, одна

из наиболее активных форм кислорода - гидроксильный радикал ($\text{HO}\cdot$), достаточно быстро образуется из пероксида водорода, в присутствии атомов $\text{O}_2\cdot$:

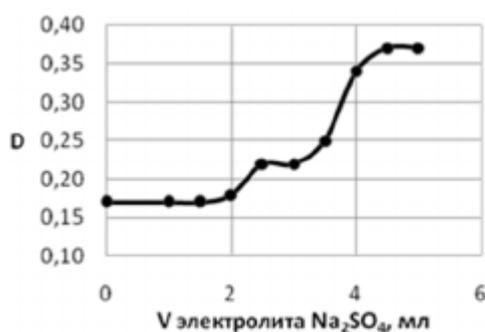


При участии наночастиц образуются свободные радикалы, которые в свою очередь способны разрушать клетки бактерий.

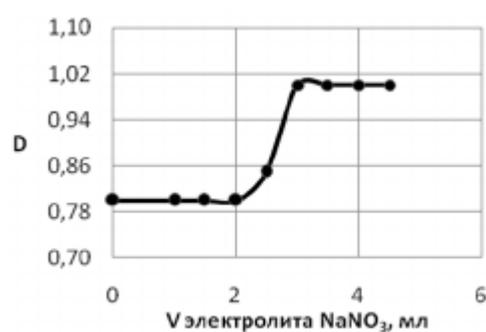
Оксид цинка характеризует селективной токсичностью по отношению к патогенным бактериям, например, к кишечным, подавляет рост грибков и оказывает минимальное токсическое действие на клетки человека [18].

Агрегативная устойчивость является одной из важнейших коллоидно-химических характеристик дисперсных систем, поскольку отражает стабильность во времени и устойчивость зелей. В случае использования шликерного способа нанесения эмалей устойчивость зелей в присутствии электролитов оценивается величиной порога коагуляции.

На рисунке – 5 приведены зависимости оптической плотности агрегатов с оксидом цинка [19]. Представленные зависимости показывают, что при достижении электролита концентрации равной 0,3 ммоль/л оптическая плотность приобретает постоянную величину, что говорит о том, что данная концентрация является пороговой. Известно, что коагулирующее действие электролита зависит от заряда противоионов: чем больше заряд противоионов, тем быстрее идет коагуляция, так как увеличивается адсорбция ионов электролита.



а



б

Рисунок 5 – Зависимость оптической плотности от концентрации электролита
двухзарядного (а) и однозарядного (б)

Таким образом, несмотря на актуальность тематики антибактериальных силикатных эмалей, широкомасштабные исследования в этой области не проводятся, что требует проведение дополнительных исследований.

1.3 Технологические особенности получения эмалевых покрытий с антибактериальными свойствами

Основные технологические операции получения фритт для эмалирования металлов с антибактериальными покрытиями совпадают с технологией получения стандартных фритт. К основным технологическим этапам относятся подготовка сырьевых материалов, приготовление шихты, варка фритты, измельчение фритты, получение шликера, нанесение шликера на подложку, обжиг и получение эмалированных образцов.

На рисунке 6 представлена технологическая схема подготовки эмалированного образца по стандартной схеме.

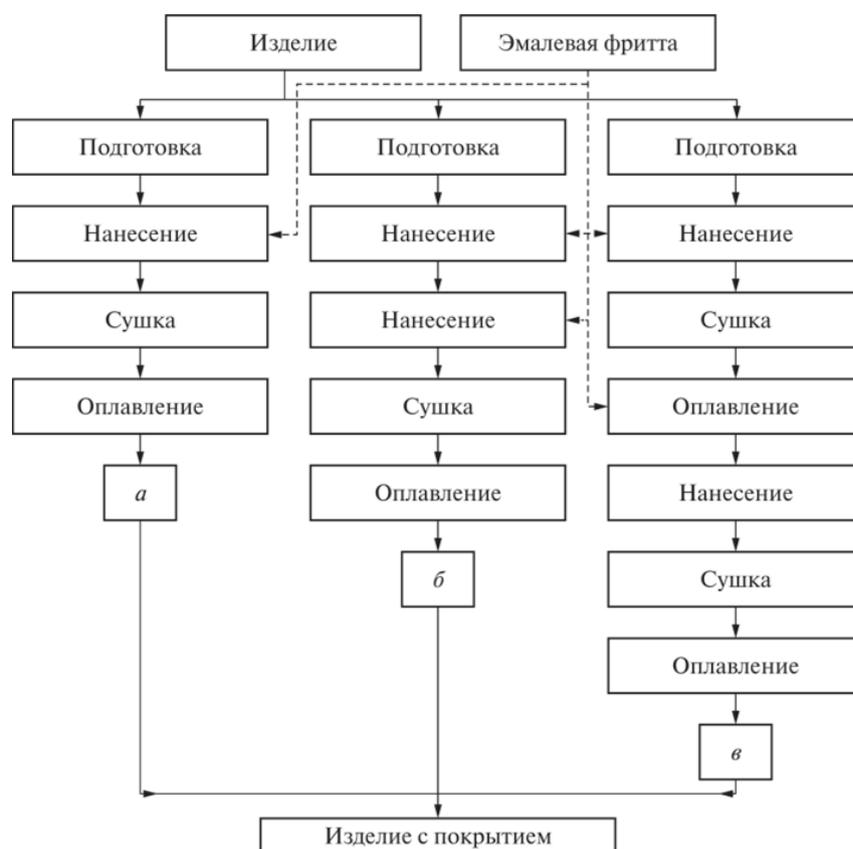


Рисунок 6 – Технологическая схема производства эмали

Стекловидную эмаль получают из различных материалов природного происхождения и синтетических, которые относятся к широко

распространенным, например, кварцевый песок, кальцинированная сода, бура и карбонаты и оксиды металлов. Смешивание измельченных компонентов, взвешенных в определенных пропорциях, проводят в смесителях с добавлением 3-5 % воды. Шихту плавят, в зависимости от масштабов производства, в стекловаренных печах, а также во вращающихся печах при температурах в среднем около 1350 °С. Полученный расплав сливают в холодную воду для получения стеклогранулята и дальнейшего измельчения фритты. Фритту необходимо измельчать до получения подходящей гранулометрии, которая обычно находится в диапазоне 100-250 мкм.

Состав фритты является ключевым аспектом, который определяет большинство технических свойств покрытия. Основным оксидом для получения силикатных фритт является оксид кремния, стеклообразующий компонент. Как правило, состав фритты многокомпонентен и включает до 10 и более сырьевых материалов. Кроме кремнезема, в качестве стеклообразователя выступает оксид бора. Модификаторами являются материалы, вводящие в состав фритты оксиды щелочных металлов, оксиды натрия, калия и лития снижают температуру плавления фритты.

Эмалевый грунт наносят на поверхность образцов в виде суспензии, называемой шликер. Для его приготовления в порошок эмалевого гранулята добавляют воду до получения раствора необходимой консистенции, алюминат натрия, глину. На обработанные стальные образцы наносят шликер способом пульверизации, после чего образцы сушат при 70–90 °С [17].

Для нанесения эмалей есть множество различных способов. Выделяют четыре основных: ручное, частично механизированное, механизированное и нанесение в электрическом поле.

В случае приготовления эмали с антибактериальными свойствами в технологическую схему добавляется операция введения наноразмерного модификатора. С этой целью необходимо предусмотреть дополнительную операцию, которая бы способствовала равномерному распределению частиц в

шликере. Например, такие как, ультразвуковое диспергирование или введение наноразмерных частиц, количество, которых не превышает 1%, с использованием премикса. Для этого порошок равномерно распределяют в небольшом объеме порошка фритты с последующим добавлением премикса в оставшийся объем.

Первый способ является наиболее оптимальным, посредством ультразвукового диспергирования разбиваются агломераты, которые образуют наночастицы.

1.4 Постановка цели и задач исследования

Анализ литературных источников показывает, что одной из эффективных добавок в состав эмали является наноразмерный оксид цинка, который проявляет бактерицидные свойства. Однако в настоящее время в литературе нет данных по установленным закономерностям влияния оксида цинка на поведение фритты при ее приготовлении и нанесении на металлическую подложку, а также практических рекомендаций по количеству оксида цинка, вводимого в состав фритты для выраженного антибактериального эффекта покрытия. Это требует проведения дополнительных исследований. При этом, с учетом того, что оксид цинка добавляется в состав в виде наноразмерных частиц, необходимо установить оптимальный режим приготовления шликера с его использованием для получения равномерно распределенных наночастиц в объеме суспензии.

Целью данной работы – разработка состава боросиликатной эмали с антибактериальными свойствами по отношению к бактериям *E Coli*, кишечной палочке и стафилококку с добавлением наноразмерных частиц оксида цинка.

Для достижения поставленной цели в работе решались следующие задачи:

1. Определение оптимального количества наноразмерного оксида цинка в составе эмали марки ЭСП – 117 для получения антибактериальных свойств.
2. Установление способа введения наноразмерного оксида цинка в шликер и параметры режима нанесения эмалевого покрытия на стальную подложку.
3. Исследование полученных физико-химических и антибактериальных свойств полученных эмалированных образцов стали.

2. Объекты и методы исследования

2.1 Характеристика объектов исследования

Характеристика исследуемой фритты. Эмаль получали путем тонкого помола фритты с последующим нанесением порошка на металлическую подложку и обжигом. Фритта – стекловидный продукт, полученный в результате полного или частичного оплавления шихты. Для синтеза фритты использовали сырьевые материалы, химический состав которых приведен в таблице 3.

При составлении шихты учитывали процент улетучивания компонентов: криолит – 30 %, борная кислота – 15 %, кальцинированная сода – 2 %, калиевая селитра – 5 %. Химический состав выбранной эмали представлен в таблице 4.

Таблица 3 – Химический состав сырьевых материалов

Сырьевые Материалы	Содержание в %									
	SiO ₂	Na ₂ O	K ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	ZnO	P ₂ O ₅	B ₂ O ₃	TiO ₂	F
Песок	99,46				0,35					
Сода		58,17								
Оксид магния				54,6						
Глинозем					98,74					
Калиевая селитра			46,52							
Триполифосфат		41,92					57,6			
Борная кислота								56,5		
Диоксид титана									96,7	
Криолит		31,89								55,72
Оксид цинка						96,7				

Таблица 4 – Химический состав эмали марки ЭСП – 117

Марка эмали	Массовая доля компонентов, %									
	SiO ₂	B ₂ O ₃	P ₂ O ₅	TiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	F свыше 100%
ЭСП-117	42 – 45	12 – 16	1 – 4	15 – 18	3 – 8	-	1 – 3	11 – 15	2 – 4	1,0-3,5

Характеристика металлической подложки. В качестве металлической подложки использовали платины стали марки СТ3. Сталь СТ3 относится к углеродистым сталям обыкновенного качества, предназначена для изготовления

горячекатаного проката – сортового, фасонного, толстолистого, тонколистового, а также труб, поковок, штамповок и т.д. В таблице 5 приведён химический состав стали [20].

Таблица 5 – Химический состав стали по ГОСТ 380-2005

Марка стали	Массовая доля элементов %		
	углерода	марганца	кремния
СтЗкп	0,14-0,22	0,30-0,60	Не более 0,05
СтЗпс		0,40-0,65	0,05-0,15
СтЗсп			0,15-0,30
СтЗГпс		0,80-1,10	Не более 0,15
СтЗГп	0,14-0,20		0,15-0,30

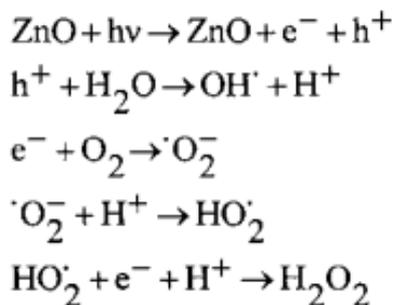
Для эмалирования образцов силикатной эмалью выбрана сталь листового проката для специального (двухслойного) покрытия. Марки 01 для плоских изделий, обычного качества, обрезная. Образцы изготавливают в термически обработанном и дрессированном состоянии.

Характеристика наноразмерного оксида цинка. Для исследования был использован порошок наночастиц ZnO, предоставленный ИФПМ РАН СО г. Томск. Наночастицы оксида цинка (ZnO) имеют положительный заряд и обладают сильным антибактериальным эффектом. Кроме того, цинк входит в состав более 400 ферментов в организме, осуществляющих каталитические функции.

Цинк принимает участие в 5 важнейших биологических функциях организма, таких как обмен белков, жиров, нуклеиновых кислот, углеводов и синтез гормонов. Введение в пористое покрытие наночастиц оксида цинка позволит придать ему антимикробный эффект и изменить электрическое состояние.

Для модификации покрытий наночастицами ZnO готовили суспензию, состоящую из 30 мг порошка ZnO и 25 мл дистиллированной воды. Для деагломерации порошка ZnO проводилось УЗ диспергирование в дистиллированной воде длительностью от 10 до 60 мин с интервалом в 10 минут.

В процессе взаимодействия бактерий с оксидом цинка проходят следующие реакции:



Под влиянием пероксида водорода происходит расщепление клеточной стенки бактерии, что нарушает бактериальную деятельность. При продолжительном влиянии пероксида на мембрану, происходит удлинение клетки, клеточная стенка больше не поддерживает структурную целостность, и цитоплазма вытекает наружу [29].

2.2 Методы исследования

2.2.1 Электронно-микроскопический анализ вещества

Метод электронно-микроскопического анализа вещества имеет важное значение в различных сферах научной деятельности и техники. У электронного микроскопа в отличие от светового высокая разрешающая способность. В связи с этим они позволяют увидеть детали структур на атомно-молекулярном уровне. Есть два вида данных приборов: просвечивающие электронные микроскопы рисунок 5 и растровые электронные микроскопы рисунок 6. Первые позволяют изучать образцы в проходящих, а вторые – во вторичных или рассеянных объектом электронах.

Электронно-микроскопический метод включает в себя просвечивающую и растровую электронную микроскопию, а также микродифракцию и электронно-зондовый анализ. Исследование макро- и микроструктуры образцов проводили на сканирующем электронном микроскопе (JCM–6000) (Рисунок - 7).



Рисунок 7 - Сканирующий электронный микроскоп JCM-6000

2.2.2 Определение коэффициента термического расширения

Процесс нагревания тела сопровождается увеличением линейных размеров и объема. Термическое расширение описывается двумя характеристиками: линейным объемом β и линейным коэффициентом расширения α . Истинные значения коэффициентов определяют как дифференциальные величины, учитывающие приращение размеров тела при нагревании:

$$\beta = 1/ V_0(dV/dt)_p; \alpha = 1/ L_0(dL/dt)_p, \quad (1)$$

где V_0 , L_0 – начальные объем и длина тела.

Для определения коэффициента теплового расширения используют дилатометрический анализ. Преимуществом дилатометрического анализа является независимость объемного эффекта и точности анализа от скорости охлаждения. Этим методом определяется изменение длины образцов при нагреве и охлаждении. Коэффициент термического расширения фритты измеряли на горизонтальном цифровом дилатометре Dil 402 PC (фирма NETZSCH) (Рисунок 8). Согласно (ISO 17562: 2001E), для измерения готовили образцы размером 5 x 30 мм в форме параллелепипеда путем полусухого прессования. Образец обжигали при температуре 600°C со скоростью нагрева 5 °C/мин. Затем образцы термообработывали при 850°C в течение 2 ч до получения кристаллизационной структуры.



Рисунок 8 - Дилатометр DIL 402 PC

2.2.3 Определение химической стойкости эмали

Химическая устойчивость эмалевого покрытия определяется с помощью ГОСТа 23695-2016 «Приборы санитарно-технические стальные эмалированные». Участок эмалированной поверхности проходит очистку спиртом или ацетоном для дальнейшей работы. После на него кладут фильтровальную бумагу, на которую с помощью капельницы наносится 10 % раствор уксусной кислоты в количестве необходимом для полного смачивания бумаги и выдерживают в течение 20 мин на поверхности прибора. После этого фильтровальную бумагу удаляют, а участок испытанной поверхности промывают проточной водой, протирают и тщательно высушивают. После на него без нажима карандашом наносят штриховку с просветом между линиями не более 1 мм. Затем удаляют штриховку без нажима чистой тканью. Испытание проводят при температуре окружающего воздуха не ниже 288 К (+15 °С). Эмалевое покрытие считают химически стойким по отношению к кислотам, если на нем не останется следов карандаша.

Согласно ГОСТ 52569-2006 «Фритты. Технические условия» метод испытания фритт на химическую стойкость основан на определении потери массы фритты после воздействия растворов кислот, солей и щелочей, которые имитируют условия эксплуатации изделий. Определение потери массы проходит на двух параллельных пробах фритты. Пробу фритты массой 100 г измельчают в ступке и просеивают. Фритту отмывают от пыли дистиллированной водой, затем

спиртом или ацетоном, высушивают при температуре 105 °С – 120 °С до постоянной массы и охлаждают в эксикаторе. Далее от приготовленной пробы берут навеску фритты массой 5 г. переносят в коническую стеклянную колбу емкостью 250 мл и приливают мл 4%-го раствора уксусной кислоты кальцинированной соды. Колбу соединяют с обратным холодильником и выдерживают на кипящей водяной бане в течение 1 ч. После окончания кипячения колбу охлаждают в ванне с холодной водой в течение 5 мин., раствор сливают. Навеску помещают на фильтр и промывают сначала дистиллированной водой, затем спиртом, высушивают до постоянной массы при 105 °С – 120 °С, охлаждают в эксикаторе и взвешивают. Химическую стойкость фритты X % вычисляют по формуле:

$$X = \left(\frac{m_2 - m_1}{m_2} \right) * 100$$

Где m_2 – масса навески до испытания, г. Т,

m_1 – масса навески после испытания, г.

Окончательным результатом является среднеарифметическое значения двух параллельных определений.

2.24 Определение антибактериальных свойств эмали

Основными документами, регламентирующими объем, схему и процедуру проведения экспериментов являются следующие стандарты:

-ISO 22196:2011 Измерение антибактериальной активности на поверхности пластмасс и других непористых материалов;

-ГОСТ-Р528152007 Методы выявления и определения количества положительных стафилококков и *Staphylococcus aureus*;

-ГОСТ 33044-2014 «Принципы надлежащей лабораторной практики».

Среду LB с агаром для подсчета колониеобразующих единиц *E. coli* стерилизуют автоклавированием при температуре $(121 \pm 2)^\circ\text{C}$, давлении (103 ± 5)

кПа в течение 30 мин. По 20 мл теплой среды заливают в стерильные чашки Петри и остужают до комнатной температуры.

Культуру клеток *E. coli* наращивают в жидкой среде LB в шейкер-инкубаторе при 37°C и 250 об/мин в течение 8 ч. Среду перед использованием стерилизуют автоклавированием при температуре (121 ± 2) °C, давлении (103 ± 5) кПа в течение 30 мин.

Перед тестированием эмалированные образцы обрабатывают 70% этанолом. Для воздушной контаминации исследуемые образцы помещают в нестерильную комнату на 1 ч. Исследование проводят в трех повторах для каждого вида материала. В качестве контроля контаминации рядом с образцом помещают открытую чашку Петри со стерильной агаризированной средой LB. По истечении 1 ч делают отпечатки образцов на стерильных чашках Петри со стерильной агаризированной средой LB. Чашки Петри инкубируют в течение 48ч в термостате при 37 °C с последующим подсчетом колониеобразующих единиц (КОЕ) [22].

2.25 Определение белизны покрытия

Одним из важнейших и определяющих свойств является белизна покрытия. Степень белизны показывает коэффициент диффузного отражения (КДО), который выражается в процентах и приводится в сравнение с КДО образца. Определение белизны покрытия осуществляется только по плоской поверхности, с отсутствием кривизны и дефектов.

Значение КДО для качественного эмалевого покрытия варьируется от 75%, для стандартных изделий и не ниже 80% для изделий улучшенного качества.

Для определения коэффициента диффузного отражения был использован прибор фотоэлектрический «Блескомер БФ5» (рисунок 9). Блескомер БФ5 используется для того, чтобы измерить при углах освещения-наблюдения 45°/45° и **коэффициента яркости** при углах освещения-наблюдения 45° направленного светового потока поверхности лакокрасочных, эмалированных покрытий и

других поверхностей в видимой области спектра с целью количественной оценки степени блеска (ГОСТ 896-69) и яркости указанных покрытий и других поверхностей соответственно [3].



Рисунок 9 - Блескомер БФ5

2.26 Определение растекаемости фритты

Растекаемость определяли в соответствии с ГОСТ 24405-80. Определение заключается в сравнении длины растекания стандартного образца и испытуемой эмали с использованием специальной подставки, изображенной на рисунке 10.

К просеянному порошку фритты массой $2,0 + 0,01$ грамм добавляется 6 капель дистиллированной воды или водного раствора декстрина с массовой долей 1%. Подготовленный порошок переносят в пресс-форму и спрессовывают в цилиндрический образец высотой (10 ± 1) мм.

При исследовании на растекаемость используется два образца. Один из них образец испытуемой эмали, другой образец, соответствует характеристикам растекаемости стандартного образца. Проводят два параллельных испытания. Допускается проведение испытания на растекаемость с использованием двух образцов испытуемой эмали и одного образца, который по характеристикам соответствует растекаемости стандартного образца на одной пластине.

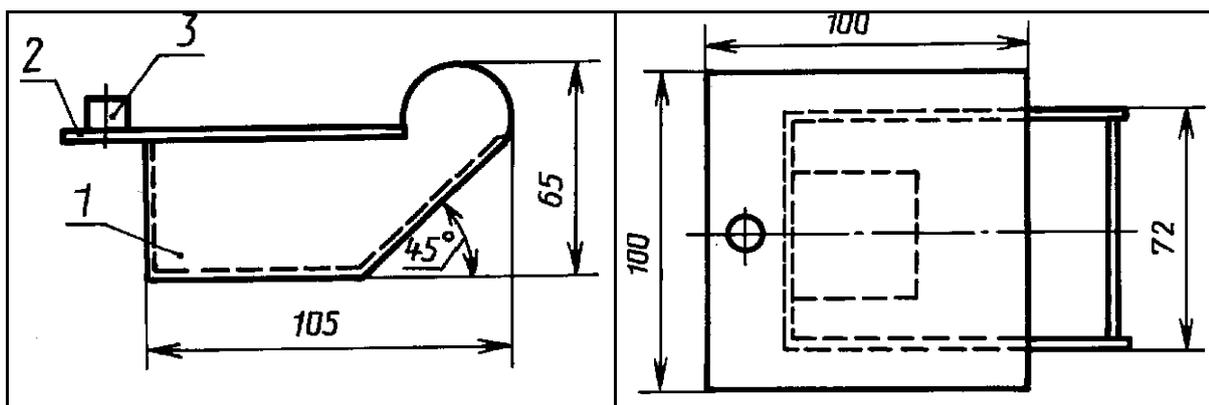


Рисунок 10 - Подставка для определения растекаемости эмали:

1 — подставка; 2 — пластина; 3 — образец эмали

При повторных испытаниях положение образцов испытуемой эмали и стандартного образца на пластине меняют местами. Образец размещают в разогретую до 850°C печь на подставке, которую поворачивают через минуту, выдерживают образец в течение 3 минут, охлаждают и измеряют при помощи линейки длину растекания.

Результатом испытания является среднеарифметическое значение результатов двух параллельных. Допускаемое расхождение испытуемых эмалей на одной пластине не должно превышать 4 % от измеряемого значения (при доверительной вероятности 0,95). Допускаемое расхождение результатов двух параллельных определений растекаемости на разных пластинах не должно превышать 15 % от измеряемого значения (при доверительной вероятности 0,95).

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

Студенту:

Группа 4ГМ03	ФИО Шаркевич Кристина Александровна
-----------------	--

Школа	ИШНПТ	Отделение школы (НОЦ)	Н.М. Кижнера
Уровень образования	Магистратура	Направление	18.04.01 – Химическая технология

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Бюджет проекта – не более 120 440,73 тыс. руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Значение показателя интегральной ресурсоэффективности – 4,375
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отражены обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС).

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	Расчет основной заработной платы, баланс рабочего времени, общая стоимость оборудования и материалов, отчисления во внебюджетные фонды.
2. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

<ol style="list-style-type: none"> 1. «Портрет» потребителя результатов НТИ 2. Сегментирование рынка 3. Оценка конкурентоспособности технических решений 4. FAST анализ 5. Матрица SWOT 6. Диаграмма Исикавы 7. Иерархическая структура работ по научно-исследовательскому проекту 8. График проведения и бюджет НТИ 9. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	01.03.2022
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Рыжакина Татьяна Гавриловна	Кандидат экономических наук		01.03.2022

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ГМ03	Шаркевич Кристина Александровна		01.03.2022

4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Выявление и исследование научных проектов с более лучшими техническими параметрами, чем у предыдущих разработок является не достаточным. Необходимо произвести расчеты и проверить востребованность изделия на рынке, какова будет его цена, рассчитать бюджет научного исследования, а также сроки выхода продукта на рынок.

Целью данного раздела является оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований, определение возможных альтернатив проведения научных исследований, планирование и определение эффективности исследования с точки зрения ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

4.1 Предпроектный анализ

4.1.1 `Потенциальные `потребители `результатов` исследования

Для анализа существующей конкуренции необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование. Основной продукт, получаемый в ходе научно-исследовательской работы, это стекловидная антибактериальная эмаль. Материал является одним из перспективно развивающихся в отрасли покрытия, но малоизученным.

В настоящее время рынок эмалированных изделий недостаточно популярен, так как не был получен оптимальный состав для создания такой продукции. Поэтому в настоящее время стоит остро вопрос по разработке подходящего состава, который бы сочетал в себе все физико-химические характеристики, а также не был дорогостоящим.

На фоне многочисленного ассортимента различных покрытий на российском и международном рынке, стекловидная эмаль с бактерицидными свойствами обладает рядом неоспоримых преимуществ. Такие как долговечность, прочность, экологичность.

Данный материал можно использовать во многих сферах строительства и техники. Основная сфера применения – покрытие бытовой техники.

Материал может быть блочным и гранулированным, что увеличивает области его применения – в жилом строительстве, промышленном, в дорожном, его легкость и хорошая водостойкость позволяет применять его в качестве спасательных приспособлений и понтонных мостов, так же мелкий гранулированный материал можно добавлять в качестве заполнителя для сухих строительных смесей, буровых растворов, использовать в качестве наполнителя для различных бетонов.

Однако стекловидные эмали занимают лишь малую долю всего рынка, хотя имеет неоспоримые преимущества перед большинством других российских материалов. Одним из известных производителей эмалированных покрытий является Новокузнецкий завод «Универсал».

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

Продукцию такого типа, могут выпускать как крупные заводы, так и мелкие частные предприятия. Все это позволяет оценить степень успешности высоко, и с уверенностью предположить, что деятельность фирмы будет отвечать экономическим и социальным потребностям населения.

4606224039503

4.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения. Целесообразно проводить данный анализ с помощью оценочной карты приведенной в таблице 4.1.

Из таблицы видно, что наиболее сильную позицию среди конкурентов занимает завод «Универсал». Данный завод выигрывает по таким позициям как удобство эксплуатации, экологичность, уровень проникновения на рынок,

финансирование научной разработки, срок выхода на рынок. Но существенно проигрывает в цене.

Продукт, предлагаемый этим заводом, является конкурентноспособным товаром. По оценкам технических и экономических критериям товар обгоняет продукцию фирм конкурентов «Морозовский химический завод» и «ЭМАЛЬПРОВОД», и вполне могут конкурировать с товаром, предлагаемым фирмой «DennertPoraver».

Таблица 4.1 - Оценочная карта сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы				Конкурентоспособность			
		Бф	Бк1	Бк2	Бк3	Кф	Кк1	Кк2	Кк3
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Технические критерии оценки ресурсоэффективности									
1. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,2	9	9	9	10	1,8	1,8	1,8	2,0
2. Экологичность	0,2	7	7	7	10	1,4	1,4	1,4	1,6
3. Долговечность	0,2	9	8	9	9	1,8	1,6	1,8	1,8
4. Надежность	0,1	8	7	8	8	1,6	1,4	1,6	1,6
5. Безопасность при использовании	0,1	10	10	10	10	2,0	2,0	2,0	2,0
6. Теплопроводность	0,2	8	9	10	10	1,6	1,8	2,0	2,0
7. Итого:	1	51	50	53	55	10,2	10,0	10,6	11,0
8. Экономические критерии эффективности									
9. Конкурентоспособность продукта	0,14	7	7	7	10	0,98	0,98	0,98	1,4
10. Уровень проникновения на рынок	0,1	7	7	7	10	0,7	0,7	0,7	0,1
11. Цена	0,15	9	9	8	7	1,5	1,35	1,2	1,05
12. Предполагаемый срок эксплуатации	0,155	8	7	8	9	1,2	1,05	1,2	1,35
13. Послепродажное обслуживание	0,1	9	8	8	7	0,9	0,8	0,8	0,7
14. Финансирование научной разработки	0,12	8	8	8	10	0,96	0,96	0,96	1,2
15. Срок выхода на рынок	0,1	7	7	8	10	0,7	0,7	0,8	1,0
16. Наличие сертификации разработки	0,14	10	10	10	10	1,4	1,4	1,4	1,4
Итого	1	65	63	64	73	8,19	7,94	8,04	9,1

Конкурент 1 – «Морозовский химический завод»; Конкурент 2 – «ЭМАЛЬПРОВОД»; Конкурент 3 – «Универсал».

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по десятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 10 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot \text{Б}_i, \quad (4.1)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

Б_i – балл i -го показателя.

Основываясь на знаниях о конкурентах, следует заметить, что:

- уязвимость позиции конкурентов обусловлена, в основном, сложностью технологии производства, высокими энергозатратами, обуславливающими себестоимость единицы продукции. Данный продукт способен конкурировать с продуктами, уже имеющимися на российском рынке.

- выработка конкурентных преимуществ, которые помогут создаваемому продукту завоевать доверие покупателей, заключается в гарантированной экологичности и безопасности продукта, относительно низкой себестоимости, но высоких прочностных характеристиках и большем сроке эксплуатации, что, безусловно, экономит силы и средства.

1.1.3 Диаграмма Исикавы

Диаграмма Исикавы делается с целью выявить факторы/группы факторов, влияющие на объект анализа [56]. Выявленные факторы подводят к стрелкам диаграммы первого уровня. Далее к каждой стрелке подводят стрелки второго уровня, к которым, в свою очередь, подводят стрелки третьего уровня и т. д. (рисунок 4.1).



Рисунок 4.1 - Причинно-следственная диаграмма Исикавы
 Анализ причин и решения проблемы сведены в таблицу 4.3.

Таблица 4.2 - Анализ причин и решения проблемы некачественной продукции.

Категория	Причина	Решение
Сырьевые материалы и готовая продукция	Низкое качество сырья, как следствие – нестабильный химический состав, примеси	Поиск поставщиков, выбор оптимального сырья
	Высокая стоимость отдельных реактивов	
	Задержки с поставками	
Измерения	Точность приборов	Поверка приборов
	Нестабильное качество	Соблюдение технологий производства
	Фракционирование	Регулирование фракций
Персонал	Низкая квалификация рабочих	Повышение квалификации
	Нехватка квалифицированного персонала (инженеров)	Прием на работу
Оборудование	Поломки	Соблюдение режима работы, качественное и современное техобслуживание

4.1.4 SWOT-анализ

SWOT-анализ – (Strengths – сильные стороны, Weaknesses – слабые стороны, Opportunities – возможности и Threats – угрозы) – это комплексный анализ научного исследования. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды исследования табл.4.3.

По полученным данным можно сделать следующие выводы, что возможности совместно с сильными сторонами благоприятствуют развитию рынка и спроса на производимый товар. Возможные угрозы при производстве: отсутствие спроса, развитая конкуренция не своевременное финансирование, могут сильно ослабить позиции данного предприятия на рынке.

Таблица 4.3 – Матрица SWOT-анализа

	<p>Сильные стороны разрабатываемого материала: С1. Экологичность технологии. С2. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями. С3. Использование отходов производств в качестве сырья (ресурсоэффективность технологии). С4. Возможность использования инновационной инфраструктуры ТПУ.</p>	<p>Слабые стороны разрабатываемого материала: Сл1. Проигрывает силикатным краскам</p>
<p>Возможности: В1. Повышение стоимости конкурентных разработок</p>	<p>Разработка технологии силикатных бактерицидных эмалей.</p>	<p>Производство силикатных красок требует меньше затрат</p>
<p>Угрозы: У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства У2. Развитая конкуренция технологий производства У3. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования</p>	<p>Экологичность выбранной технологии, а также использование отходов в качестве сырья вполне способны ослабить влияние перечисленных угроз.</p>	<p>При развитии конкуренции есть риски потери занятой ниши рынка. При добавлении к этому несвоевременного финансового обеспечения угроза потери рынка значительно возрастает</p>

4.1.5 Оценка готовности проекта к коммерциализации

На какой бы стадии жизненного цикла не находилась научная разработка, полезно оценить степень её готовности к коммерциализации и выяснить уровень собственных знаний для её проведения (или завершения).

В таблице 4.5 приведены данные оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации.

Оценка готовности научного проекта к коммерциализации (или уровень имеющихся знаний у разработчика) определяется по формуле:

$$B_{\text{сум}} = \sum B_i,$$

где $B_{\text{сум}}$ – суммарное количество баллов по каждому направлению; B_i – балл по i -му показателю.

Таблица 4.5 – Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1	Определен имеющийся научно-технический задел	5	5
2	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	5	4
3	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	4	4
4	Определена товарная форма наудотехнического задела для представления на рынок	4	3
5	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	5	4
6	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	5	4
7	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	5	4
8	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	5	4
9	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	5	4
10	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	5	4
11	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	4	4
12	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	4	4
13	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	4	4
14	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	5	5

15	Проработан механизм реализации научного проекта	4	3
	ИТОГО	69	60

Значение $B_{\text{сум}}$ позволяет говорить о мере готовности научной разработки и ее разработчика к коммерциализации. Разработка считается перспективной, так как значение и знания разработчика являются достаточными для успешной коммерциализации.

4.1.6 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования

При коммерциализации научно-технических разработок продавец (а это, как правило, владелец соответствующих объектов интеллектуальной собственности), преследует вполне определенную цель, которая во многом зависит от того, куда в последующем он намерен направить (использовать, вложить) полученный коммерческий эффект. Это может быть получение средств для продолжения своих научных исследований и разработок (получение финансирования, оборудования, уникальных материалов, других научно-технических разработок и т.д.), одноразовое получение финансовых ресурсов для каких-либо целей или для накопления, обеспечение постоянного притока финансовых средств, а также их различные сочетания.

В качестве метода коммерциализации результатов данного научно-технического исследования может быть выбрана организация собственного предприятия. Выбор метода коммерциализации обусловлен тем, что сырье компания добывает самостоятельно, и обработка ведется на территории предприятия.

Также возможно рассмотреть организацию совместного предприятия, присоединить свою технологию к какому-либо уже известному на рынке предприятию изготовления силикатных эмалей. Такой выбор поможет сократить сроки первоначальной окупаемости продукта, так как товар будет поступать на рынок под маркой известного на российском рынке производителя, что может значительно снизить расходы на рекламу и

продвижение.

4.2 Инициация проекта

4.2.1 Цели и результаты проекта

Проект по получению стекловидной силикатной эмали с бактерицидными модификаторами выполняется НИ ТПУ. В таблице 4.5 представлена информация по заинтересованным сторонам проекта - это заказчик и исполнитель, и их ожидания относительно результатов проекта. Также в таблице 4.6 сформулированы цели проекта и требования к его результатам.

Таблица 4.5 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
НОЦ им. Н.М. Кижнера, направление подготовки 18.04.01 Химическая технология Завод «Универсал»	Разработка фундаментального исследования; Технологическая схема производства силикатной эмали Усовершенствование и упрощение технологического процесса, уменьшение материалоемкости

Таблица 4.6 – Цели и результат проекта

Цели проекта:	Разработать оптимальный состав для получения силикатных бактерицидных эмалей с заданными свойствами
Ожидаемые результаты проекта:	Технологическая схема производства эмали; готовый продукт, с высоким уровнем эксплуатационных свойств
Критерии приемки результата проекта:	соответствие требований к готовому продукту, воспроизводимость технологии
Требования к результату проекта:	Требование: Воспроизводимость технологической схемы Универсальность технологии Достижение поставленных целей Экологичность

4.2.2. Организационная структура проекта

На данном этапе работы необходимо решить следующие вопросы: кто будет входить в рабочую группу данного проекта, определить роль каждого участника в данном проекте, а также прописать функции, выполняемые каждым из участников и их трудозатраты в проекте.

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

На данном этапе работы необходимо решить следующие вопросы: кто будет входить в рабочую группу данного исследования, определить роль каждого участника в данном исследовании, а также прописать функции, выполняемые каждым из участников и их трудозатраты. Информация об организационной структуре представлена в таблице 4.7.

Таблица 4.7 - Рабочая группа научного исследования

№	ФИО, основное место работы, должность	Роль в НИ	Функции	Трудозатраты, час/год
1	Шаркевич Кристина, НИ ТПУ, магистрант	Исполнитель ИИ	- разработка рабочих составов - проверка качества продукта	900
2	Казьмина О В., НИ ТПУ, профессор	Руководитель НИ	- формирование целей исследования; - координирование деятельности участников НИ	540

Трудозатраты были рассчитаны на основании следующих данных: исследования выполняется 9 месяцев, руководитель НИ принимает участие 3 раза в неделю на протяжении 3 часов, исполнитель работает в среднем 5 дней в неделю по 5 часов.

4.2.3 Ограничения и допущения исследования

Ограничения исследования – это все факторы, которые могут послужить ограничением степени свободы участников команды исследования, а так же «границы исследования» - параметры исследования или его продукта, которые не будут реализованных в рамках данного НИ. Ограничения исследования сведены в таблицу 4.7.

Таблица 4.7 – Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/ допущения
Бюджет проекта	100000 руб.
Источник финансирования	НИ ТПУ
Сроки проекта:	09.01.2020 – 25.05.2020
Дата утверждения плана управления проектом	10.01.2022

Дата завершения проекта
Прочие ограничения и допущения

26.05.2022
Время использования
научного оборудования

Таким образом, в рамках инициации исследования определены изначальные цели и финансовые ресурсы, заинтересованные стороны исследований, действия которых направлены на достижение общего результата, проведен анализ всех ограничительных факторов исследования.

4.3 Планирование научно-исследовательских работ

4.3.1 Иерархическая структура работ проекта

Научно-исследовательскую работу можно разделить на отдельные части (этапы), содержание которых определяется спецификой темы. Как правило, НИР включает в себя следующие этапы:

1. подготовительный
2. экспериментальный
3. заключительный

Подготовительный этап включает в себя – сбор и подготовка сырьевых материалов, моделирование состава, выбор состава смеси, подготовка оборудования.

Экспериментальный этап – непосредственное получение эмали с бактерицидными свойствами, исследование свойств полученных образцов разного состава, выбор оптимального состава, исследование физико-химических характеристик оптимального состава. Структура экспериментального этапа представлена на рисунке 4.2. Заключительная часть НИР – обработка и оформление результатов исследования.

Исследование составов

Моделирование состава
Приготовление состава
Грануляция
Сушка
Помол
Подготовка шликеров
Обжиг 850гр.
Исследование физико-химических свойств
Результат

Рисунок 4.2 – Иерархическая структура экспериментального этапа НИР

4.3.2 Контрольные события проекта

Основные контрольные события проекта представлены в таблице 4.8.

Таблица 4.8 – Контрольные события проекта

№ п/п	Контрольное событие	Дата	Результат (подтверждающий документ)
1	Составление плана работ	10.01.2022	
2	Литературный обзор проблематики	13.01.2022	Литературный обзор в ВКР
3	Постановка цели и задач	14.01.2022	Раздел цели и задачи в ВКР
4	Разработка плана экспериментальных работ	14.01.2022	План работ
5	Исследование сырьевых материалов	21.02.2022	Результаты исследований представленных в ВКР
6	Проведение эксперимента	25.02.2022	Результаты исследований представленных в ВКР
7	Обработка экспериментальных данных, обсуждение результатов	23.04.2022	Результаты исследований представленных в ВКР
8	Оформление графической части (таблицы, графики)	28.04.2022	Результаты исследований представленных в ВКР

9	Разработка презентации и раздаточного материала	15.05.2022	Результаты исследований представленных в ВКР
10	Оформление пояснительной записки	24.05.2022	

4.3.3. План проекта

Календарный план выполнения научно-исследовательской работы представлен в таблице 4.9.

Таблица 4.9 – Календарный план проекта

Код работы	Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников
1	Составление плана работ	4	10.01.2022	13.01.2022	Казьмина О.В
2	Постановка цели и задач	2	14.01.2022	16.01.2022	Шаркевич К.А
3	Литературный обзор проблематики	30	16.01.2022	15.02.2022	Шаркевич К.А
4	Разработка плана экспериментальных работ	11	15.02.2022	24.04.2022	Казьмина О.В
4.1	Исследование сырьевых материалов	7	25.02.2022	03.03.2022	Шаркевич К.А
4.2	Проведение эксперимента	49	04.03.2022	22.04.2022	Шаркевич К.А
5	Обработка экспериментальных данных, обсуждение результатов	5	22.04.2022	27.04.2022	Казьмина О.В Шаркевич К.А
6	Оформление графической части (таблицы, графики)	16	28.04.2022	14.05.2022	Шаркевич К.А
7	Разработка презентации и раздаточного материала	4	15.05.2022	19.05.2022	Шаркевич К.А
8	Оформление пояснительной записки	8	16.05.2022	24.05.2022	Шаркевич К.А

Для работы выбран линейный график планирования.

Диаграмма Ганта – это тип столбчатых диаграмм, который используется для иллюстрации календарного плана проекта, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ. На основе таблицы строится календарный план-график (таблица 4.10).

Таблица 4.11 – Календарный план-график проведения НИОКР

Код работы (из ИСР)	Вид работы	Исполнитель и	T _{кi} , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ																	
				Янв			Фев			Март			Апр			Май					
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3			
1	Составление плана работ	Казьмина О.В	4	[Грayscale bar]																	
2	Постановка цели и задач	Шаркевич К.А	2	[Black bar]																	
3	Литературный обзор проблематики	Шаркевич К.А	30	[Black bar]																	
4	Разработка плана экспериментальных работ	Казьмина О.В	11	[Грayscale bar]																	
4.1	Исследование сырьевых материалов	Шаркевич К.А	7	[Black bar]																	
4.2	Проведение эксперимента	Шаркевич К.А	49	[Black bar]																	
5	Обработка экспериментальных данных, обсуждение результатов	Казьмина О.В Шаркевич К.А	5	[Грayscale bar]																	
6	Оформление графической части (таблицы, графики)	Шаркевич К.А	16	[Black bar]																	
7	Разработка презентации и раздаточного материала	Шаркевич К.А	4	[Black bar]																	
8	Оформление пояснительной записки	Шаркевич К.А	8	[Black bar]																	
Руководитель				[Грayscale bar]									Магистрант								

4.3.4. Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

Бюджет затрат на выполнение научно-исследовательской работы рассчитывается по статьям калькуляции, которые включают две группы затрат: прямые и накладные затраты.

Прямые затраты – это затраты на сырье, энергию, амортизацию оборудования.

Накладные затраты включают лабораторные затраты, связанные с освещением, отоплением, содержанием персонала.

В процессе формирования бюджета НТИ основными статьями калькуляции являются:

1. затраты на сырье и материалы, покупные изделия;
2. фонд заработной платы исполнителей;
3. специальное оборудование;
4. накладные расходы, включающие затраты на содержание административно-управленческого аппарата, по охране труда и т.п.;
5. прочие затраты.

Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты (за вычетом отходов).

В эту статью включаются все затраты на приобретение всех видов материалов, комплектующих изделий и полуфабрикатов, необходимых для выполнения работ по данной теме. Количество потребных материальных ценностей определяется по нормам расхода. Результаты расчета затрат на сырье в процессе проведения НИР представлены в таблице 4.11.

Таблица 4.11 – Сырье и материалы

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед. руб.	Сумма
SiO ₂	кг	0,550	0,085	46,7
Триполифосфат	кг	0,100	1,95	195
Криолит	кг	0,100	0,1	10
Сода	кг	0,500	0,071	35,5
Магнезит	кг	0,300	0,13	39
Бура	кг	0,050	1,3	65
Итого за материалы:				391,2
Транспортно-заготовительные расходы (5%)				9,93
Итого по статье Зм				401,14

Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ. Для оборудования нужно рассчитать величину годовой амортизации $A_{\text{год}}$ по следующей формуле:

$$A_{\text{год}} = \frac{C_{\text{перв}}}{T_{\text{пи}}} \quad (4.7.)$$

где $C_{\text{перв}}$ – первоначальная стоимость, руб;

$T_{\text{пи}}$ – время полезного использования, год.

Результаты расчетов приведены в табл. 4.13.

Таблица 4.13 – Расчет затрат на оборудование.

№	Наименование оборудования	Количества оборудования,	Цена единицы оборудования, руб.	Сумма амортизационных отчислений, руб
1	Сушильный шкаф	1	54000	2400
2	Муфельная печь	1	630000	48461
3	Оптический микроскоп	1	30000	2000
4	Компьютер	1	24000	2400
	Итого			55261

Основная заработная плата исполнителей темы

Величина расходов по заработной плате определяется, исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок.

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением проекта (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$Z_{\text{зп}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}} \quad (4.4.6.1)$$

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

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

Основная заработная плата $Z_{\text{осн}}$ руководителя (лаборанта, инженера) рассчитывается:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{р}} \quad (4.4.6.2)$$

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

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

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

Среднедневная заработная плата:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} \quad (4.4.6.3)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года;

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

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

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

Месячный оклад работника рассчитывается по формуле 4.4.6.4:

$$Z_m = Z_{ок} \cdot k_p \quad (4.4.6.4)$$

где $Z_{ок}$ – заработная плата по оклад ставке, руб.;

k_p – районный коэффициент (для Томска – 1,3)

В таблице 4.14 приведен баланс рабочего времени работника НТИ.

Таблица 4.14– Баланс рабочего времени за 2020 год

Показатели рабочего времени	Руководитель	Магистрант
Календарное количество дней	366	366
Количество нерабочих дней выходные дни: праздничные дни:	118	118
Потери рабочего времени: отпуск	48	24
невыходы по болезни	0	0
Действительный годовой фонд рабочего времени	200	224

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{окл} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p, \quad (4.10)$$

где $Z_{окл}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{пр}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3 (30% от $Z_{окл}$);

k_d – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5;

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

Расчёт основной заработной платы приведён в табл. 4.15.

Таблица 4.15 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	$Z_{окл}$, руб.	k_p	$k_{пр}$	K_d	Z_m , руб.	$Z_{дн}$, руб.	T_p , раб. дн.	$Z_{осн}$, руб.
Руководитель	33664	1,3	-	0,2	50327,68	2617,04	20	52340,79
Магистрант	1906	1,3	-		2477,8	115,07	136	15649,52
Итого								67990,31

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

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

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

Общая заработная плата исполнителей представлена в таблице 4.16.

Таблица 4.16 – Общая заработная плата исполнителей НТИ

Исполнители	$Z_{осн}$, руб.	$Z_{доп}$, руб.	$Z_{зп}$, руб.
Руководитель	52340,79	7851,12	60191,91
Магистрант	15649,52	2347,43	17996,95
Итого			78188,86

Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)
Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

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

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений во внебюджетные фонды.

Установлено, что отчисления для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность имеют коэффициент отчислений 27,1%. Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 4.17.

Таблица 4.17 – Отчисления во внебюджетные фонды.

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель	52340,79	7851,12
Магистрант	15649,52	2347,43
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271	
Итого:	21189,18	

Накладные расходы

Величина накладных расходов определяется по формуле

$$Z_{\text{накл}} = k_{\text{нр}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) \quad (4.13)$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов $k_{\text{нр}}$ допускается взять в размере 16%. Таким образом, накладные расходы на данные НТИ составят:

$$Z_{\text{накл}} = 0,16 \cdot 78188,86 = 12510,22$$

Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

На основании полученных данных по определенным статьям затрат составляется калькуляция плановой себестоимости НТИ результаты приведены в таблице 4.18.

Таблица 4.18 – Группировка затрат по статьям

Статья						Итого плановая себестоимость, рублей
Сырье, материалы, покупные изделия, полуфабрикаты, рублей	Специальное оборудование для НТИ, рублей	Основная заработная плата, рублей	Дополнительная заработная плата, рублей	Отчисления на социальные нужды, рублей	Накладные расходы, рублей	
1571,59	6980,88	67990,31	10198,55	21189,18	12510,22	120 440,73

Основным пунктом затрат НТИ являются затраты по основной заработной плате исполнителей.

4.3.5 Организационная структура проекта

Из нескольких базовых вариантов организационных структур, использующихся в практике, была выбрана проектная, которая представлена в таблице 4.18.

Таблица 4.18 – Выбор организационной структуры научного проекта

Критерий выбора	Проектная
Степень неопределенности условий реализации проекта	Высокая
Технология проекта	Новая
Сложность проекта	Высокая
Взаимозависимость между отдельными частями проекта	Высокая
Критичность фактора	Высокая
Взаимосвязь и взаимозависимость проекта от организации более высокого уровня	Низкая

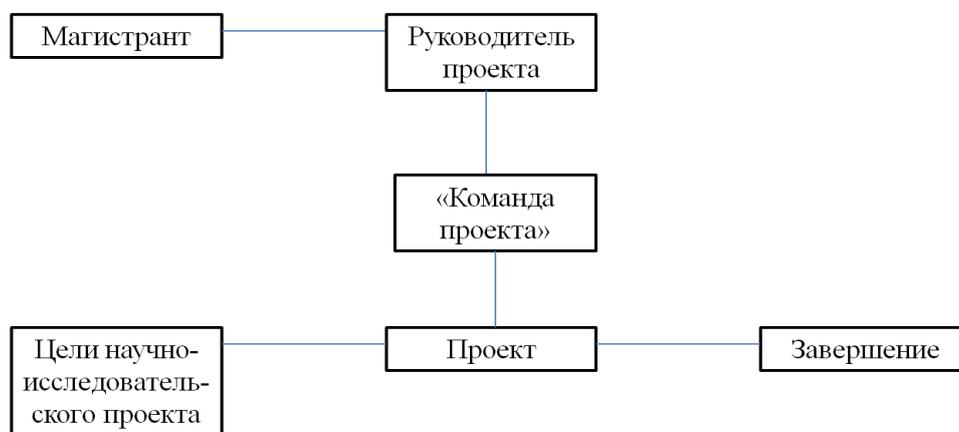


Рисунок 4.4 – Проектная организационная структура

4.3.6 Матрица ответственности

Для распределения ответственности между участниками проекта формируется матрица ответственности (таблица 4.19).

Степень участия может характеризоваться следующим образом:

Ответственный (О) – лицо, отвечает за реализацию этапа проекта и контролирующее ее ход.

Исполнитель (И) – лицо (лица), выполняет работы в рамках этапа проекта.

Утверждающее (У) – лицо, осуществляет утверждение результатов этапа проекта.

Согласующее (С) – лицо, осуществляет анализ результатов проекта и участвует в принятии решения о соответствии результатов требованиям.

Таблица 4.19 – Матрица ответственности

Этапы проекта	Руководитель	Исполнитель
Составление задания и плана работ	У	-
Литературный обзор	О	И
Постановка цели и задач	О	-
Разработка плана экспериментальных работ	С	И
Проведение эксперимента	-	И
Обработка экспериментальных данных, обсуждение результатов	О	И
Оформление результатов	С	И

4.3.7 План управления коммуникациями проекта

План управления коммуникациями отражает требования к коммуникациям со стороны участников проекта (таблица 4.20):

Таблица 4.20 – Пример плана управления коммуникациями

№ п/п	Какая информация передается	Кто передает информацию	Кому передается информация	Когда передает информацию
1	Информация о текущем состоянии проекта	Исполнитель проекта	Руководителю проекта	Еженедельно
2	Документы и информация по проекту	Исполнитель проекта	Руководителю проекта	Ежемесячно
3	Отчет о проделанной работе	Исполнитель проекта	Руководителю проекта	Не позже контрольных сроков

4.3.8 Реестр рисков проекта

Идентифицированные риски проекта включают в себя возможные неопределенные события, которые повлекут за собой нежелательные эффекты (таблица 4.21).

В целом, данный проект является перспективным с точки зрения ресурсопотребления, так как в отличие от аналогов в проекте предусмотрены меньшие затраты на себестоимость будущей продукции за счет использования недорогих сырьевых материалов и возможное достижение требуемых механических и прочностных характеристик пеностекла.

Таблица 4.21 – Реестр рисков

Риск	Вероятность наступления	Влияние риска	Уровень риска	Способы смягчения риска
Технические риски				
Требования	1	4	средний	Отслеживание изменений требований к материалам, с помощью которых проводится исследование. Постоянный поиск путей оптимизации производства.
Технология	1	3	низкий	
Использование ненадежных источников	2	4	средний	
Качество	2	4	средний	
Внешние риски				
Качество предоставляемых расходных материалов	2	4	низкий	Изучение конъюнктуры рынка. Страхование имущества. Изучение изменений в российском законодательстве. Определение мер поощрений и наказаний по отношению к рабочим.
Предписания контролирующих органов	3	3	средний	
Рынок	3	4	средний	
Непредвиденные обстоятельства	1	4	средний	
Изменения российского законодательства	4	5	высокий	
Небрежность и недобросовестность сотрудников	3	3	низкий	

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

4.4.1 Оценка абсолютной эффективности исследования

В основе проектного подхода к инвестиционной деятельности предприятия лежит принцип денежных потоков. Особенностью является его прогнозный и долгосрочный характер, поэтому в применяемом подходе к анализу учитываются фактор времени и фактор риска. Для оценки общей экономической эффективности используются следующие основные показатели:

- чистая текущая стоимость (NPV);
- индекс доходности (PI);

- внутренняя ставка доходности (IRR);
- срок окупаемости (DPP).

Чистая текущая стоимость (NPV) – это показатель экономической эффективности инвестиционного проекта, который рассчитывается путём дисконтирования (приведения к текущей стоимости, т.е. на момент инвестирования) ожидаемых денежных потоков (как доходов, так и расходов).

Расчёт NPV осуществляется по следующей формуле:

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{ЧДП_{опt}}{(1+i)^t} - I_0$$

где: ЧДП_{опt} – чистые денежные поступления от операционной деятельности;

I_0 – разовые инвестиции, осуществляемые в нулевом году;

t – номер шага расчета ($t= 0, 1, 2 \dots n$)

n – горизонт расчета;

i – ставка дисконтирования (желаемый уровень доходности инвестируемых средств).

Расчёт NPV позволяет судить о целесообразности инвестирования денежных средств. Если $NPV > 0$, то проект оказывается эффективным.

Расчет чистой текущей стоимости представлен в таблице 4.22. При расчете рентабельность проекта составляла 25 %, норма амортизации - 10 %. $Ag = C_{перв} * Na / 100$.

Таблица 4.22 – Расчет чистой текущей стоимости по проекту в целом

№	Наименование показателей	Шаг расчета				
		0	1	2	3	4
1	Выручка от реализации, руб.	0	150550,9	150550,9	150550,9	150550,9
2	Итого приток, руб.	0	150550,9	150550,9	150550,9	150550,9
3	Инвестиционные издержки, руб.	-120 440,73	0	0	0	0
4	Операционные затраты, руб. (35% от бюджета)	0	35000	35000	35000	35000
5	Налогооблагаемая прибыль(1-4)	0	115550,9	115550,9	115550,9	115550,9

6	Налоги 20 %, руб.(5*20%)	0	23110,2	23110,2	23110,2	23110,2
8	Чистая прибыль, руб.(5-6)	0	924407	92440,7	92440,7	92440,7
9	Чистый денежный поток (ЧДП), руб.(чистая прибыль+амортизация)	-120 440,73	104484,7	104484,7	104484,7	104484,7
10	Коэффициент дисконтирования при $i=20\%$ (КД)	1	<u>0,833</u>	<u>0,694</u>	<u>0,578</u>	<u>0,482</u>
11	Чистый дисконтированный денежный поток (ЧДД), руб.(9*10)	-120 440,73	87035,8	175512,4	60392,2	50361,6
12	\sum ЧД	373300,6 руб.				
12	Итого NPV, руб.	252859,9 руб.				

Коэффициент дисконтирования рассчитан по формуле:

$$КД = \frac{1}{(1 + i)^t}$$

где: i – ставка дисконтирования, 20 %;

t – шаг расчета.

Таким образом, чистая текущая стоимость по проекту в целом составляет 430281,7 рублей, что позволяет судить об его эффективности.

Индекс доходности (PI) – показатель эффективности инвестиции, представляющий собой отношение дисконтированных доходов к размеру инвестиционного капитала. Данный показатель позволяет определить инвестиционную эффективность вложений в данный проект. Индекс доходности рассчитывается по формуле:

$$PI = \sum_{t=1}^n \frac{ЧДП_t}{(1+i)^t} / I_0 > 1$$

где: ЧДД - чистый денежный поток, руб.;

I_0 – начальный инвестиционный капитал, руб.

Таким образом PI для данного проекта составляет:

$$PI = \frac{252859,9}{120440,73} = 2,01$$

Так как $PI > 1$, то проект является эффективным.

Внутренняя ставка доходности (IRR). Значение ставки, при которой обращается в нуль, носит название «внутренней ставки доходности» или IRR. Формальное определение «внутренней ставки доходности» заключается в том, что это та ставка дисконтирования, при которой суммы дисконтированных притоков денежных средств равны сумме дисконтированных оттоков или $= 0$. По разности между IRR и ставкой дисконтирования i можно судить о запасе экономической прочности инвестиционного проекта. Чем ближе IRR к ставке дисконтирования i , тем больше риск от инвестирования в данный проект.

Между чистой текущей стоимостью (NPV) и ставкой дисконтирования (i) существует обратная зависимость. Эта зависимость представлена в таблице 4.23 и на рисунке 4.5.

Таблица 4.23 – Зависимость NPV от ставки дисконтирования

№	Наименование показателя	0	1	2	3	4	NPV, руб.
1	Чистые денежные потоки, руб.	-120440,73	104484,7	104484,7	104484,7	104484,7	
2	Коэффициент дисконтирования						
	0,1	1	0,909	0,826	0,751	0,683	
	0,2	1	0,833	0,694	0,578	0,482	
	0,3	1	0,769	0,592	0,455	0,350	
	0,4	1	0,714	0,510	0,364	0,260	
	0,5	1	0,667	0,444	0,295	0,198	
	0,6	1	0,625	0,390	0,244	0,153	
	0,7	1	0,588	0,335	0,203	0,112	
	0,8	1	0,556	0,309	0,171	0,095	
	0,9	1	0,526	0,277	0,146	0,077	
	1,0	1	0,500	0,250	0,125	0,062	
3	Дисконтированный денежный поток, руб.						
	0,1	-120440,73	94976,59	86304,36	78468,01	71363,05	210671,3
	0,2	-120440,73	87035,76	72512,38	60392,16	50361,63	149861,2
	0,3	-120440,73	80348,73	61854,94	47540,54	36569,65	105873,1
	0,4	-120440,73	74602,08	53287,2	38032,43	27166,02	72647
	0,5	-120440,73	69691,29	46391,21	30822,99	20687,97	47152,73
	0,6	-120440,73	65302,94	40749,03	25494,27	15986,16	27091,67
	0,7	-120440,73	61437	35002,37	21210,39	11702,29	8911,329
	0,8	-120440,73	58093,49	32285,77	17866,88	9926,047	-2268,53
	0,9	-120440,73	54958,95	28942,26	15254,77	8045,322	-13239,4
	1,0	-120440,73	52242,35	26121,18	13060,59	6478,051	-22538,6

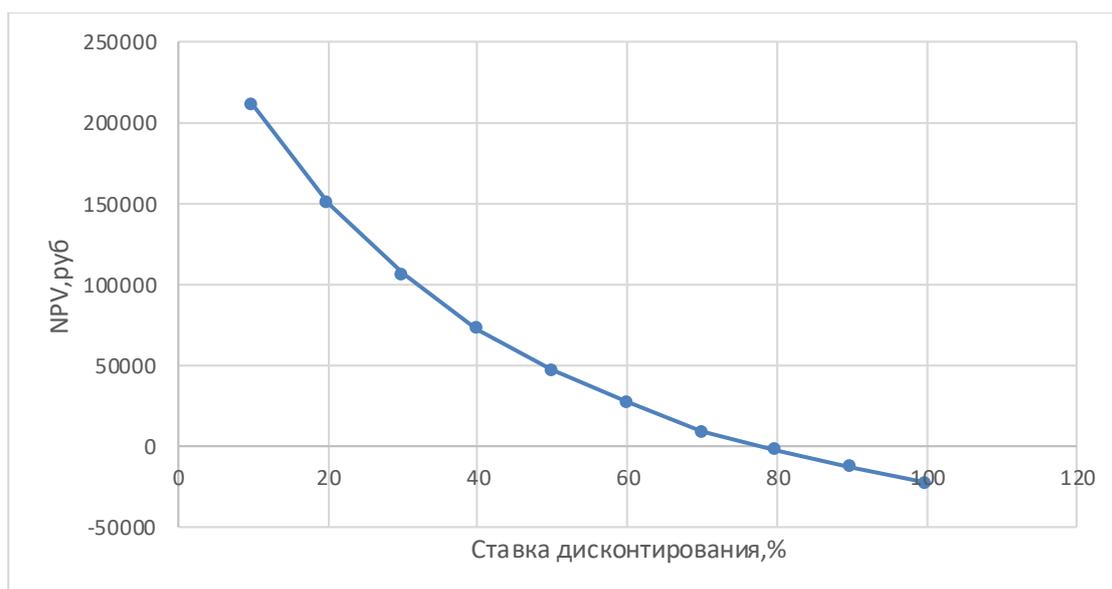


Рисунок 4.5 – Зависимость NPV от ставки дисконтирования

Из таблицы и графика следует, что по мере роста ставки дисконтирования чистая текущая стоимость уменьшается, становясь отрицательной. Значение ставки, при которой NPV обращается в нуль, носит название «внутренней ставки доходности» или «внутренней нормы прибыли». Из графика получаем, что IRR составляет 0,77.

$IRR > i$, проект эффективен.

Запас экономической прочности проекта: $77\% - 20\% = 57\%$

Дисконтированный срок окупаемости. Как отмечалось ранее, одним из недостатков показателя простого срока окупаемости является игнорирование в процессе его расчета разной ценности денег во времени.

Этот недостаток устраняется путем определения дисконтированного срока окупаемости. То есть это время, за которое денежные средства должны совершить оборот.

Наиболее приемлемым методом установления дисконтированного срока окупаемости является расчет кумулятивного (нарастающим итогом) денежного потока (таблица 23).

Таблица 4.24 – Дисконтированный срок окупаемости

№	Наименование показателя	Шаг расчета				
		0	1	2	3	4

1	Дисконтированный чистый денежный поток ($i=0,20$), руб.	-120440,73	87035,8	175512,4	60392,2	50361,6
2	То же нарастающим итогом, руб.	-120440,73	-10242,3	165900,5	476816,3	544220,5
3	Дисконтированный срок окупаемости	$DP_{дск} = 1 + (10242,3 / 60392,2) = 1,17$ года				

Социальная эффективность научного проекта учитывает социально-экономические последствия осуществления научного проекта для общества в целом или отдельных категорий населения или групп лиц, в том числе как непосредственные результаты проекта, так и «внешние» результаты в смежных секторах экономики: социальные, экологические и иные внеэкономические эффекты (таблица 4,25).

Таблица 4.25 – Критерии социальной эффективности

ДО	ПОСЛЕ
Отсутствие информации о составах бактерицидной эмали	Впервые получены составы с бактерицидными свойствами
Нехватка обширных и достоверных данных о компонентах увеличивающих бактерицидность	Обобщены и структурированы данные о бактерицидности эмалевых покрытий

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I = \frac{\Phi_{ri}}{\Phi_{max}}$$

где I – интегральный финансовый показатель разработки;

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

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

$\Phi_{текущ.проект} = 120\,440,73$ руб, $\Phi_{исп.1} = 135\,450,91$ руб, $\Phi_{исп.2} = 139\,755,62$ руб.

$$I_1 = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\max}} = \frac{120\,440,73}{139755,62} = 0,86$$

$$I_2 = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\max}} = \frac{135450,91}{139755,62} = 0,96$$

$$I_3 = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\max}} = \frac{139755,62}{139755,62} = 1$$

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

$$I_{pi} = \sum (a_i \cdot b_i),$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Сравнительная оценка характеристик вариантов объекта представлена в таблице 4.22. Рассчитанная сравнительная ресурсоэффективность разработки представлена в таблице 4.23.

$$I_{p-исп1} = (0,06 \cdot 5 + 0,3 \cdot 5 + 0,07 \cdot 5 + 0,07 \cdot 4 + 0,25 \cdot 5 + 0,05 \cdot 4 + 0,15 \cdot 5 + 0,05 \cdot 4) = 4,83$$

$$I_{p-исп2} = (0,06 \cdot 3 + 0,3 \cdot 3 + 0,07 \cdot 4 + 0,07 \cdot 4 + 0,25 \cdot 4 + 0,05 \cdot 4 + 0,15 \cdot 5 + 0,05 \cdot 4) = 3,79$$

$$I_{p-исп3} = (0,06 \cdot 3 + 0,3 \cdot 5 + 0,07 \cdot 5 + 0,07 \cdot 5 + 0,25 \cdot 4 + 0,05 \cdot 4 + 0,15 \cdot 5 + 0,05 \cdot 4) = 4,53$$

Таблица 4.27 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта.

Объект исследования / Критерий	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Исп. 2	Исп. 3
1. Время производства	0,06	5	3	3
2. Прочность на сжатие	0,3	5	3	5
3. Водопоглощение	0,07	5	4	5
4. Открытая пористость	0,07	4	4	5
5. Проницаемая пористость	0,25	5	4	4
6. Конкуренгоспособность продукта	0,05	4	4	4
7. Цена	0,15	5	5	5

8. Предполагаемый срок эксплуатации	0,05	4	3	4
Итого:	1	4,625	3,75	4,375

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

$$I_{\text{исп.}i} = I_{\text{р-исп.}i} / \Gamma_i$$

Из расчетов выявлено, что текущий проект по интегральному показателю ресурсоэффективности вариантов является выгодным и превосходит аналоги.

Данный проект является научной разработкой, поэтому интегральный финансовый показатель разработки не рассчитывается.

Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволяет судить о приемлемости текущей разработки и позиции финансовой и ресурсной эффективности.

Таблица 4.26– Сравнительная эффективность разработки

№	Показатели	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
1	Интегральный финансовый показатель разработки, $I_{\text{финр}}$	0,86	0,96	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки, $I_{\text{р}}$	4,625	3,75	4,375
3	Интегральный показатель эффективности, I	5,37	3,91	4,375
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,69	1,37	1

Список публикаций студента

Шаркевич К.А., Разработка состава бактерицидной силикатной эмали / К.А. Шаркевич, науч. Рук. О.В. Казьмина // Химия и химическая технология в 21 веке: материалы 21 Международной научно-практической конференции имени профессора Л.П. Кулева студентов и молодых ученых, 2022 г., г. Томск / Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во ТПУ, 2022. – [с. 187].

Шаркевич К.А., Стекловидное покрытие для металла с высоким коэффициентом диффузного отражения / К.А. Шаркевич, науч.рук. Какзьмина О.В. // Международная конференция школьников, студентов, аспирантов, молодых ученых «Ресурсоэффективные системы в управлении и контроле: взгляд в будущее» 2021 г. / Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во ТПУ, 2022. – [с. 1].