

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

Школа Инженерная школа новых производственных технологий

Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология

Отделение школы (НОЦ) НОЦ Кижнера Н.М.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Разработка и применение защитно-декоративных покрытий на основе жидкого стекла УДК 661.683.2:621.795

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Г6А	Мальцева Елизавета Михайловна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Казьмина Ольга Викторовна	д.т.н., профессор		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ревва Инна Борисовна	к.т.н., доцент		

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

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

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП

 (Подпись) (Дата) (Ревва И.Б.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме: **Бакалаврская работа**

Студенту:

Группа	ФИО
4Г6А	Мальцевой Елизавете Михайловне

Тема работы:

Утверждена приказом директора (дата, номер)	19.02.2020 г. № 50-31/с
---	-------------------------

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Данные литературного обзора
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Разработка покрытий на основе жидкого стекла. Определение свойств покрытий Установление класса огнезащиты жидкостекольных покрытий.
Перечень графического материала	Презентация
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Литературный обзор; Методы исследования; Экспериментальный анализ	Казьмина О.В.
Финансовый менеджмент	
Социальная ответственность	
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы	11.04.2020
---	------------

Задание выдал руководитель:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Г6А	Мальцева Елизавета Михайловна		

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

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

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

Школа Инженерная школа новых производственных технологий
Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология
Отделение школы (НОЦ) НОЦ Кижнера Н.М.
Уровень образования – бакалавр
Период выполнения – осенний/весенний семестр 2019/2020 учебного года

Форма представления работы:

бакалаврская работа

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:

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

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Учёная степень	Подпись	Дата
Профессор кафедры ТСН	Казьмина О.В.	д.т.н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП	ФИО	Учёная степень	Подпись	Дата
Доцент	Ревва И.Б.	к.т.н.		

Определения, нормативные ссылки

В данной квалификационной работе используются следующие определения:

Жидкое стекло — водный щелочной раствор силикатов натрия $\text{Na}_2\text{O}(\text{SiO}_2)_n$ или калия $\text{K}_2\text{O}(\text{SiO}_2)_n$.

Силикатный (кремнеземистый) модуль - показатель отношения количества оксида кремния, вступающего в реакцию с другими оксидами, к их суммарному содержанию.

Силикатизатор – отвердитель, способствующий образованию нерастворимых силикатов.

Пленкообразователь - компонент лакокрасочных материалов, образующий тонкую твердую пленку, прочно связанную с окрашенной поверхностью. Определяет основные эксплуатационные свойства лакокрасочных материалов.

Пигмент — красящее высокодисперсное черное, белое или цветное порошкообразное вещество, не растворяющееся в воде, органических растворителях и связующих веществах.

Наполнитель - придаёт лакокрасочному покрытию определенные физические свойства, например, блеск или матовость, прочность, водостойкость.

Реферат

Выпускная квалификационная работа представлена на 80 страницах, содержит 22 рисунков, 29 таблиц, использовано 37 источников литературы.

Ключевые слова: жидкое стекло, силикатная краска, огнезащита.

Объект исследования – композиционные жидкостекольные покрытия огнезащитного назначения.

Предмет исследования – процессы, протекающие при получении силикатной композиции на основе жидкого стекла с добавлением магнийсодержащих минеральных добавок.

Цель работы разработка состава жидкостекольной композиции и изучение влияния минеральных добавок на её огнезащитные свойства.

В результате исследования разработаны составы жидкостекольных композиций и проведён сравнительный анализ их огнезащитных свойств.

Определены основные технологические и технико-эксплуатационные характеристики: укрывистость, степень меления, вязкость, предел прочности покрытий, водопоглощение, паропроницаемость, водостойкость, огнестойкость.

Область применения: огнезащитное покрытие для дерева, фасадные работы, внутренняя отделка помещений.

Оглавление

Введение.....	8
1 Литературный обзор.....	9
1.1 Общая характеристика жидкого стекла и жидкостекольных композиций.....	9
1.2 Поведение жидкостекольных композиций при нагревании.....	13
1.3 Свойства и применение жидкостекольных композиций для огнезащиты древесины.....	15
1.4 Обоснование цели и задач исследования.....	17
2 Объекты и методы исследования.....	20
2.1 Объекты исследования.....	20
2.2 Определение укрывистости.....	22
2.3 Определение вязкости композиции.....	23
2.4 Определение адгезии покрытия.....	25
2.5 Методы определения технических и эксплуатационных свойств покрытий, полученных на основе жидкого стекла.....	26
2.6 Определение огнезащитных свойств покрытий.....	30
3 Экспериментальная часть.....	31
3.1 Разработка составов композиций для огнезащитного покрытия.....	31
3.2 Определение свойств огнезащитного покрытия.....	32
3.3 Исследование поведения композиций при нагревании.....	38
3.4 Выводы работе.....	44
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение..	47
4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения ..	47

4.1.1 Анализ конкурентных технических решений	47
4.1.2 SWOT-анализ	49
4.2 Планирование научно-исследовательских работ	52
4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования	52
4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения	53
4.3 Бюджет научно-технического исследования.....	56
4.3.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования .	57
4.3.2 Расчет амортизации специального оборудования	57
4.3.3 Основная и дополнительная заработная плата исполнителей темы	58
4.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	60
4.3.5 Накладные расходы.....	60
4.4 Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	62
5 Социальная ответственность	66
5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	66
5.2 Производственная безопасность	68
5.2.1 Микроклимат	69
5.2.2 Шум.....	70
5.2.3 Освещение.....	71
5.2.4 Вредные вещества	71
5.3 Экологическая безопасность	72
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	73
Список использованных источников	77

Введение

По статистике, одной из главных причин возникновения пожаров является возгорание древесных материалов. Пожары представляют непосредственную опасность для человеческого организма. Во время пожара значение имеет каждая минута и, как правило, от этого времени зависит человеческая жизнь. В связи с этим вопросы огнезащиты сооружений, конструкций и материалов различной природы, включая дерево, являются особенно актуальными.

Одним из наиболее перспективных способов огнезащиты являются огнезащитные краски на основе жидкого стекла. Благодаря применению силикатных красок может быть повышена устойчивость здания при пожаре за счет увеличения предела огнестойкости строительных конструкций. Так же возможно предотвращение развития и распространение пожара за счёт снижения способности материалов к распространению пламени по их поверхности. В итоге, достигается уменьшение материального урона, наносимого пожарами, и снижается вероятность гибели людей. Именно поэтому в мировой практике огнезащитные покрытия стали одним из наиболее часто применяемых средств пассивной огнезащиты.

Перспектива использования жидкого стекла в качестве основы огнезащитных покрытий объясняется его доступностью, безопасностью, отсутствием способности к горению. При воздействии температур жидкое стекло способно образовывать вспененный слой, обладающий низкой теплопроводностью, который является барьером для распространения огня.

Твёрдые наполнители и пигменты, входящие в состав краски, снижают вспенивающую способность композиции. В связи с этим необходимо вводить в состав композиции дополнительные компоненты, выполняющие функцию антипирена. Экономически выгодно использовать минеральные антипирены, которые не представляют опасности для человека и окружающей среды, являются доступными и относительно недорогими.

1 Литературный обзор

1.1 Общая характеристика жидкого стекла и жидкостекольных композиций

Жидкое стекло это – водный щелочной раствор силикатов натрия или калия. Химический состав жидкого стекла можно выразить формулой $R_2O \cdot nSiO_2$, где R_2O – Na_2O или K_2O .

Один из важнейших показателей, характеризующий свойства жидких стёкол – модуль жидкого стекла. Модулем стекла называют молекулярное отношение диоксида кремния к оксиду натрия или калия. Таким образом, модуль жидкого стекла представляет численное выражение молекулярного состава материала. Модуль жидкого стекла на основе силиката натрия обычно составляет от 2,0 до 3,5, плотность растворов при этом находится в диапазоне от 1,3 до 1,6 г/см³. Жидкие стекла на основе силиката калия имеют значение силикатного модуля 2,8 – 4,0 при плотности 1,25 – 1,40 г/см³ [1].

Особенность поведения растворов жидкого стекла обуславливается очень большой сложностью его составных частей и одновременным присутствием в жидкой фазе компонентов кристаллической и коллоидной природы. Выпадение объемистых, трудно отделяемых от жидкости осадков, образующихся при растворении силикат-глыбы, во многих случаях может создавать значительные затруднения. Установление концентрации, при которой не происходит разложения растворов жидкого стекла, имеет очень большое практическое значение, так как позволяет предупреждать и устранять нежелательное выпадение осадков.

В зависимости от фазового состава силикаты обладают различными свойствами, что влияет на качество готового жидкого стекла. При этом необходимо учитывать, что жидкое стекло, полученное растворением силикат-глыбы, по своей структуре и химическим соединениям отличается от стекла, полученного автоклавным способом. Например, легко растворяется в воде ортосиликат, но получить его автоклавным способом нельзя, т.к. при

нагревании образовавшейся ортосиликат будет немедленно разлагаться на моносилкат и едкий натр. Таким образом, существование ортосиликата в жидком стекле, полученным автоклавным способом мало вероятно.

На рис. 1.1 перечислены щелочные силикаты, которые существуют в жидком стекле в зависимости от способа его получения.



Рисунок 1.1 - Схема образования щелочных силикатов в зависимости от способа получения жидкого стекла

Для приготовления жидкостекольной композиции в данной работе использовано калиевое жидкое стекло. Поэтому ниже рассмотрены основные соединения и соответствующие им температуры плавления на примере системы K_2O-SiO_2 .

Система K_2O-SiO_2 является бинарной системой, диаграмма состояния которой представлена на рис. 1.2. В соответствии с диаграммой возможно образование трех конгруэнтно плавящихся кристаллических соединений: $K_2O \cdot SiO_2$, $K_2O \cdot 2SiO_2$ и $K_2O \cdot 4SiO_2$.

$K_2O \cdot SiO_2$ и $K_2O \cdot 2SiO_2$ образуют эвтектику, которая содержит 46% SiO_2 , с температурой кристаллизации 767 °С. Дисиликат калия ($K_2O \cdot 2SiO_2$) и тетрасиликат ($K_2O \cdot 4SiO_2$) образуют эвтектику, состав которой соответствует 67% SiO_2 и 33% K_2O с температурой кристаллизации 742 °С.

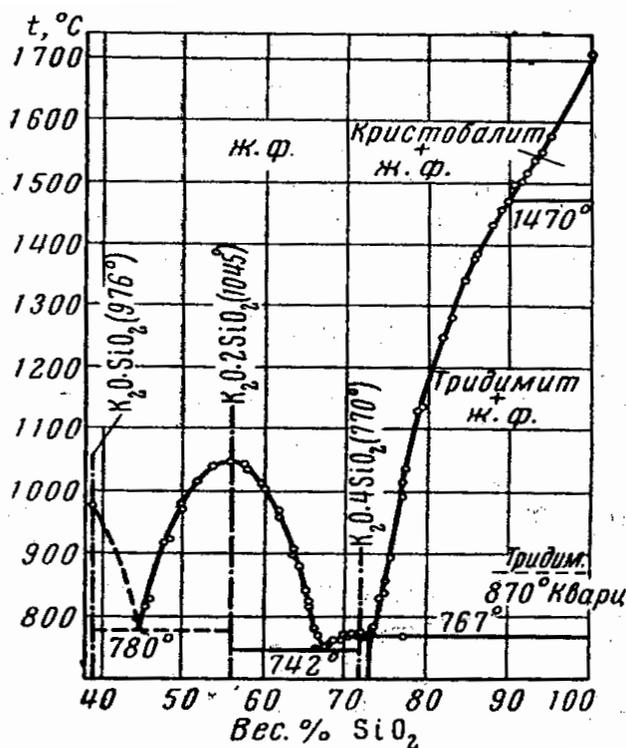


Рисунок 1.2 - Диаграмма состояния [1]

Наличие сведений о существовании $K_2O \cdot 3SiO_2$ является обоснованием для изображения диаграммы состояния системы K_2O-SiO_2 с дисиликатом калия, который плавится incongruently при $800^\circ C$. Также возможно получение ортосиликата калия $2K_2O \cdot SiO_2$. Детальное исследование высококремнеземистой области системы K_2O-SiO_2 даёт возможность предполагать кристаллизацию твердых растворов, которые содержат

небольшое количество ионов калия, вместо кристобалита и тридимита [2].

Кристаллические соединения в системе K_2O-SiO_2 :

$2K_2O \cdot SiO_2$ (K_4SiO_4) - ортосиликат калия, $K_2O=75,8\%$; $SiO_2=24,2\%$; температура плавления $913^\circ C$. Получают сплавлением SiO_2 с избытком K_2CO_3 .

$K_2O \cdot SiO_2$ (K_2SiO_3) - метасиликат калия, $K_2O=61,0\%$, $SiO_2=39,0\%$. Получают сплавлением кремнезема и поташа при $1100^\circ C$ в стехиометрическом соотношении. Является гигроскопичным веществом.

$K_2O \cdot 2SiO_2$ ($K_2Si_2O_5$) - дисиликат калия, $K_2O=43,9\%$, $SiO_2=56,1\%$. Температура плавления $1036^\circ C$. Получают плавлением стехиометрических количеств кремнезема и поташа. У дисиликата калия обнаружены полиморфные переходы при $530 - 590^\circ C$ и при $240 - 250^\circ C$, существование которых не вполне доказано. Кристаллы гигроскопичны.

$K_2O \cdot 4SiO_2$ ($K_2Si_4O_9$) - тетрасиликат калия, $K_2O=28,1\%$, $SiO_2=71,9\%$. Температура плавления $765^\circ C$.

Силикатные краски являются системой, состоящей из различных компонентов. Каждый компонент, присутствующий в составе, выполняет определённую функцию. Так, жидкое стекло, являясь основным компонентом, выполняет функцию плёнкообразователя, образуя на покрываемой поверхности хорошо прилипающую, твёрдую плёнку. Свойства жидкого стекла определяют основные характеристики получаемой композиции: вязкость, текучесть, прочность, скорость отверждения, адгезию.

Входящие в состав наполнители и пигменты обеспечивают необходимую консистенцию композиции и её затвердевание. Щелочестойкими пигментами являются оксиды цинка, железа, алюминия и титана, гидроксиды и карбонаты этих металлов. В качестве наполнителей используют также мел, тальк, слюда, измельчённый кварцевый песок, диатомит или трепел [3].

Отвердители – соединения образующие нерастворимые силикаты при взаимодействии с жидким стеклом. Чаще всего в качестве отвердителей используют цинковые белила и борат кальция.

Добавки вводятся в состав для изменения физико-химической природы связующего, продуктов его затвердевания, а также свойств покрытия [4]. Добавки могут быть как неорганической, так и органической природы. Органические модификаторы вводятся в состав для повышения водостойкости, адгезии, эластичности, укрывистости, снижения степени меления и оптимизации реологических свойств композиции. Повышение содержания модификаторов в составе более, чем на 5.0 мас.%, может отрицательно повлиять на процесс твердения и полимеризации покрытия, поэтому оптимальным является содержание менее 5.0 мас.%. В качестве органического модификатора могут использоваться акрилатные, бутадиен-стирольные или винилацетатные сополимеры [5].

1.2 Поведение жидкостекольных композиций при нагревании

В процессе нагревания силикатных композиций на основе жидкого стекла происходят сложные физико-химические процессы. При нагревании системы до температуры 100-150 °С происходит удаление свободной и адсорбированной воды. Дальнейшее повышение температуры на протяжении всего периода нагревания сопровождается постепенным удалением воды из жидкого стекла. Вода, превращаясь в пар, значительно увеличивает свой объём, что приводит к вспениванию жидкостекольной композиции. Постепенная отдача воды обеспечивает более качественное вспенивание. Также в кристаллической фазе жидкого стекла при повышении температуры до 200 °С начинает происходить аморфизация структуры, связанная с дегидратацией воды [6].

Следующие значительные изменения состава и массы композиции происходят при температурах около 350-450 °С, этим температурам соответствует начало разложения антипиренов, входящих в состав композиции. В результате реакции разложения образуются продукты, создающие препятствие для доступа кислорода. Процесс разложения является эндотермическим и сопровождается поглощением тепла. Так же при достижении температур 550-650 °С заканчивается процесс удаления кристаллизационно-связанной воды.

При достижении температуры около 700 °С происходит термическое разложение кальцита. В процессе которого выделяется углекислый газ, который выступает в роли ингибитора, так как не поддерживает горение. Постепенное выделение углекислого газа обеспечивает создание мелкопористой структуры.

Использование жидкого стекла, которое имеет способность к вспучиванию при нагреве, предопределяет его как потенциально эффективный пленкообразующий компонент огнезащитного покрытия. При температурах свыше 200 °С жидкое стекло образует твердую пену, которая

является барьером для распространения огня и защитой поверхности материала (рис.1.3).

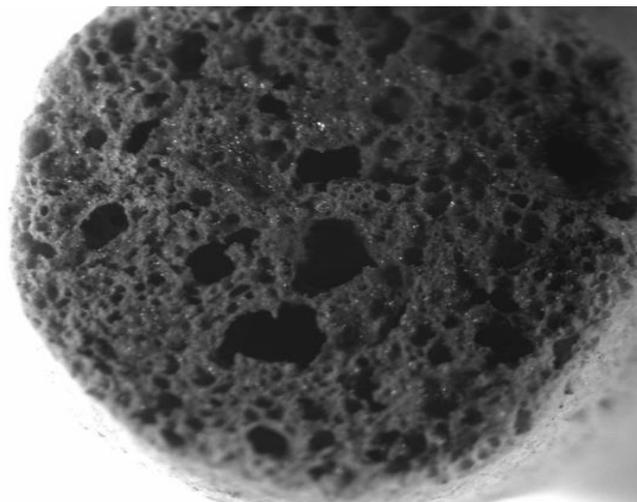


Рисунок 1.3 – Срез вспененного слоя, образованного при нагревании композиции [7]

Однако, входящие в состав краски минеральные пигменты и наполнители, содержание которых достигает 30-40 %, снижают вспенивающую способность композиции. Поэтому ряд исследователей работает над корректировкой состава путем введения компонентов, увеличивающих вспенивающую способность композиции.

В книге Григорьева П.Н., Матвеева М.А. приводятся результаты исследования поведения стекловидного силиката натрия при нагревании методом дифференциально-термического анализа. Показано, что на термограмме присутствует два эндотермических эффекта. Один при температуре 130 °С и второй при – 570 °С. Данные эффекты свидетельствуют о потере гигроскопической влаги и удалении гидратной воды. Причем количество гидратной влаги очень невелико и достигает 2 – 3 %. В случае, когда проводится паровая гидратация порошков стекловидных щелочных силикатов, то величина термического эффекта на кривых нагрева закономерно возрастает с увеличением степени их гидратации.

На поведение жидкостекольной композиции при нагревании оказывает влияние, то каким способом было получено жидкое стекло.

1.3 Свойства и применение жидкостекольных композиций для огнезащиты древесины

При высоких температурах жидкостекольная огнезащитная композиция является трёхфазной системой. В качестве дисперсионной среды выступает жидкое стекло, дисперсной фазой являются частицы наполнителей, третьей фазой являются поры, заполненные газами, которые не поддерживают горение [8].

В огнезащитных вспучивающихся жидкостекольных композициях в процессе твердения при обычных условиях формируется плотная структура, а при воздействии высоких температур образуется пористая невыгорающая структура [9]. Таким образом, эффективность огнезащитного действия покрытий объясняется тем, что пары воды, выделяющиеся из жидкостекольной композиции и газы, образующиеся в процессе горения, заполняют поры, образованные в результате вспенивания.

Огнезащитную функцию также играет пена, образованная в результате вспучивания покрытия (рисунок 1.4). Она обладает низкой теплопроводностью и не поддерживает горение. При достижении высоких температур подвергается плавлению, для которого расходует определённое количество тепла.



Рисунок 1.4 – Вспенивание жидкостекольной композиции

Как известно, для испарения воды, входящей в состав композиции, необходимы затраты энергии. Пар, образующийся при испарении, разбавляет летучие горючие соединения. Газы, образованные при нагревании силикатной композиции и полученные в результате физико-химических

процессов, происходящих в ней, разбавляют смесь продуктов термического разложения древесины, при этом снижая концентрацию кислорода, необходимого для горения и горючих летучих веществ. Плотность образованных газов выше плотности воздуха, это объясняет создание своеобразного барьера для поступления воздуха, необходимого для горения. В результате скорость реакции снижается, что способствует полной остановке процесса горения.

Современные огнезащитные покрытия должны не только обладать определенными функциональными свойствами, но и быть экологичными. Использование органической пленкообразующей основы не всегда отвечает требованиям экологии, поэтому составы огнезащитных покрытий модифицируют различными неорганическими добавками. Например, для улучшения огнестойких свойств в композиции вводят расширяющийся графит, нитрид бора или природные силикаты в виде каолина и талька.

Такие неорганические и минеральные добавки в огнезащитных композициях выполняют роль антипирена. Применение антипиренов базируется на плавлении легкоплавких веществ, вводимых в состав материала, например, солей борной, фосфорной и кремниевой кислот или на разложении при нагревании веществ, выделяющих газы, не поддерживающие горение, например, аммиак, сернистый газ. В первом случае часть тепла расходуется на плавление антипиренов, что повышает температуру воспламенения, во втором – негорючие газы, выделяющиеся при разложении солей, препятствуют дальнейшему распространению пламени.

1.4 Обоснование цели и задач исследования

В состав жидкостекляной композиции входят минеральные пигменты и наполнители, содержание которых достигает 30-40 %. Как правило, эти компоненты имеют низкие значения коэффициента теплопроводности, что приводит к снижению вспенивающей способности огнезащитного покрытия.

В связи с этим возникает необходимость корректировки состава за счёт введения компонентов, улучшающих огнезащитные свойства краски [10].

По химическому составу антипирены можно разделить на несколько основных групп.

- Галогенсодержащие соединения
- Фосфорсодержащие органические соединения
- Азотсодержащие органические соединения
- Неорганические соединения

На данный момент применяют все 4 группы антипиренов. Основным минусом при использовании антипиренов на основе органических соединений является их способность при воздействии высоких температур выделять летучие органические соединения. В связи с этим актуальна разработка состава огнезащитной силикатной краски с применением в качестве антипирена неорганических соединений.

Цель данной работы - разработка состава жидкостекольной композиции и изучение влияния минеральных добавок на её огнезащитные свойства.

Для достижения поставленной цели определены следующие задачи:

- получить образцы жидкостекольной композиции;
- определить технологические свойства композиции и проверить соответствие их установленным стандартам;
- изучить процессы, протекающие при нагревании жидкостекольной композиции;
- установить какая из исследуемых добавок является наиболее эффективной с точки зрения увеличения огнезащитных свойств.

Методы по решению поставленных задач:

- измерение вязкости, укрывистости, степени меления;
- измерение коэффициента вспучивания композиции;

– определение класса огнезащитной эффективности покрытия на установке «керамическая труба».

Практический выход основывается на получении знаний о влиянии минеральных антипиренов на огнезащитные свойства жидкостекольных покрытий, экономической значимости научно-исследовательской разработки, влиянии готового продукта на экологию и безопасность человека.

2 Объекты и методы исследования

2.1 Объекты исследования

Основой исследуемой композиционной краски выбрано калиевое жидкое стекло с силикатным модулем 3, которое в отличие от натриевого стекла не проявляет меления поверхности покрытия. Композиционная силикатная краска содержит органические компоненты в виде стирол-акриловой дисперсии (Novopol 110) и глицерина в количестве не более 5 %. Акриловая дисперсия увеличивает жизнеспособность рабочего состава, его эластичность, адгезию и влагостойкость. Глицерин снижает поверхностное натяжение жидкостекольной композиции, улучшает смачиваемость, повышает пластичность и механические свойства пены, образующейся при нагревании.

В состав краски введен комплекс наполнителей, в качестве которых использованы активные и неактивные по отношению к жидкому стеклу вещества (таблица 2.1, 2.2). Активным отвердителем являются цинковые белила, взаимодействие которых с раствором силиката калия проходит по реакции 2.1. Также возможно образование гидросиликата кальция по реакции 2.2. В работе использован известковый мел Инзенского месторождения. Твердение жидкостекольных композиций относится к коллоидно-химическим процессам, значительно зависящим от силикатного модуля, который в свою очередь влияет на водостойкость, механическую прочность покрытия [11]. Поэтому дополнительно в состав краски введена суспензия коллоидного кремнезема, количество которой в пересчете на твердое вещество составляет 0,1 %.



В качестве минеральных антипиренов опробованы брусит (Кульдурское месторождение, Россия), магнезит и гидромагнезит (Халиловское

месторождение, Россия). Выбор антипиренов обусловлен доступностью и дешевой магнийсодержащих пород. Традиционно в состав композиционной краски входит тальк. Химический состав природного талька (Алгуйское месторождение, Россия) отличается от состава брусита, мангезита и гидромагnezита высоким содержанием кремнезёма и низкими потерями массы (4,7 %) (табл. 2.2). Это снижает вспенивающую способность жидкостекольной композиции и огнезащитную эффективность краски. В исследуемых составах тальк заменен на выбранные магнийсодержащие породы с высокими потерями массы.

Таблица 2.1 – Характеристика жидких компонентов композиционной краски

Название компонента	pH	плотность, г/см ³	условная вязкость по ВЗ-4 при 23 °С, с	содержание нелетучих веществ, мас. %
жидкое стекло	11,8	1,49	15 – 30	44 – 46
глицерин	< 7	1,26	10 – 20	1 – 3
стирол-акриловая дисперсия	7,5 – 9,0	1,04	30 – 55	50
суспензия коллоидного SiO ₂	3,6 – 4,5	0,04 – 0,06	–	0,1

Таблица 2.2 – - Химический состав наполнителей композиционной краски

компонент	Содержание оксидов, мас. %							Δm, %
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe _x O _y	CaO	MgO	ZnO	PbO	
Наполнители								
цинковые белила	–	–	–	–	–	99,7	0,01	0,20
тальк	63,00	0,89	0,06	0,14	31,53	–	–	4,70
мел	1,64	0,60	0,17	54,40	0,12	–	–	42,30
Антипирены								
брусит	1,90	2,00	0,19	1,06	63,91	–	–	30,94
мангезит	6,16	0,09	1,17	2,33	48,22	–	–	42,03
гидромагnezит	9,86	0,69	1,17	0,52	43,32	–	–	44,44

2.2 Определение укрывистости

Укрывистость – способность лакокрасочного материала делать невидимым цвет или цветовые различия окрашиваемой поверхности. Укрывистость определяли визуальным методом по ГОСТ 8784-75 [12]. Метод заключается в нанесении слоев краски на стеклянную пластину, под которую подложена черно-белая контрастная шахматная доска, до тех пор, пока контуры не станут невидимыми. Далее стеклянную пластину сушили и взвешивали, вычисление укрывистости проводили по формуле (2.3).

$$D = [(m_1 - m_0) \cdot 10^6] / S, \quad 2.3$$

где D – укрывистость высушенной пленки, г/м²;

m_1 – масса неокрашенной стеклянной пластинки, г;

m_0 – масса пластинки с высушенной пленкой, г;

S – площадь стеклянной пластинки, мм².

Доска шахматная, которая представлена рисунке 2.1, изготавливается следующим образом: кусок белой чертежной бумаги размером 90x120 мм расчерчивают на 12 квадратов размером 30x30 мм и закрашивают их в шахматном порядке черной тушью. После высыхания туши, лист бумаги наклеивают на стеклянную пластину или гладкую деревянную дощечку размером 90x120 мм [13].

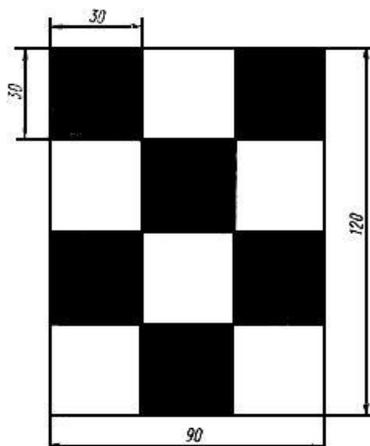


Рисунок 2.1 – Общий вид шахматной доски

После полного укрытия стеклянную пластинку взвешивают с точностью до четвертого десятичного знака, сушат и снова взвешивают. Перед взвешиванием и высушиванием удаляют потеки лакокрасочного материала с обратной стороны и с ребер пластинки. Каждый раз перед нанесением нового слоя лакокрасочный материал перемешивают.

Испытания проводят не менее чем на трех пластинках. Вид продукта для разбавления лакокрасочного материала до рабочей вязкости, величина рабочей вязкости, метод нанесения лакокрасочного материала на стеклянные пластинки, режим сушки или отсутствие сушки должны быть указаны в нормативно-технической документации на лакокрасочный материал или пигмент.

За результат испытания принимают среднее арифметическое трех параллельных определений, допускаемые расхождения между которыми не должны превышать 5% от среднего арифметического значения [14].

2.3 Определение вязкости композиции

Условная вязкость – это время непрерывного истечения в секундах определенного объема испытуемого материала через калиброванное сопло вискозиметра. Вязкость определяли на вискозиметре ВЗ-246 с диаметром сопла 4 мм при температуре 20 °С, вычисление проводили по формуле (2.4). Согласно ГОСТ 8420-74 оптимальное время истечения краски из вискозиметра с диаметром сопла 4 мм составляет от 12 до 200 с [15].

$$X=t \cdot k, \quad (2.4)$$

где X – условная вязкость, с;

t – среднее арифметическое значение времени истечения испытуемого материала, с;

k – поправочный коэффициент вискозиметра.

По ГОСТ 28196-89 «Краски водно-дисперсионные. Технические условия» условная вязкость краски по вискозиметру ВЗ-246 с диаметром сопла 4 мм при температуре $(20,0 \pm 0,5) ^\circ\text{C}$ - не менее 30 с.

Вискозиметр ВЗ-246, изображённый на рисунке 2.2, представляет собой цилиндрический, переходящий в конический, резервуар. На конце конического резервуара устанавливается съёмное сопло и закрепляется с помощью накидной гайки. Верхний край имеет кольцевой желобок для слива избытка испытуемой жидкости. Резервуар устанавливается на корпусе, опирающемся на три ножки с наконечниками.



Рисунок 2.2 Вискозиметр ВЗ-246

Действие вискозиметра основано на определении времени истечения из резервуара испытуемой жидкости (100 ± 1) мл через сопло с соответствующим диаметром.

Измерение времени истечения проводится в следующей последовательности: вискозиметр помещают на штатив и устанавливают в горизонтальном положении. Под сопло вискозиметра ставят сосуд. Отверстие сопла закрыто, испытуемый материал наливают с избытком, медленно, чтобы предотвратить образование пузырьков. Избыток материала и образовавшиеся пузырьки удаляют при помощи стеклянной пластинки, сдвигаемой по верхнему краю воронки в горизонтальном направлении, чтобы не образовались воздушные прослойки. Открывают отверстие сопла и одновременно с появлением испытуемого материала из сопла включают

секундомер. В момент первого прерывания струи испытуемого материала секундомер останавливают и отсчитывают время истечения.

2.4 Определение адгезии покрытия

Согласно ГОСТ 15140-78 «Материалы лакокрасочные методы определения адгезии» лакокрасочный материал наносят тонким слоем на фольгу и сушат [16]. После этого наносят второй слой, на который сразу накладывают стеклоткань, обезжиренную ацетоном и высушенную, плотно прижимают ее к фольге. Затем лакокрасочный материал кистью наносят на стеклоткань, полностью смачивая ее, удаляя все неровности и пузыри. Образец высушивают. Толщина покрытия со стеклотканью после сушки должна быть не ниже 70 мкм. Высушенный образец снимают со стеклянной пластины и разрезают вдоль на 8-10 полосок размером 10x60 мм каждая. Крайние полоски отбрасывают, а на остальных вручную отслаивают фольгу от покрытия со стеклотканью на длину, несколько превышающую половину общей длины полоски (примерно 35 мм), и отгибают фольгу на 180 °С.

В работе для проведения испытаний экспериментальных образцов силикатной краски на адгезию к керамической подложке был выбран измеритель адгезии ПСО - МГ4, в область применения которого входит проверка адгезионных свойств лакокрасочных покрытий (рис. 2.3).

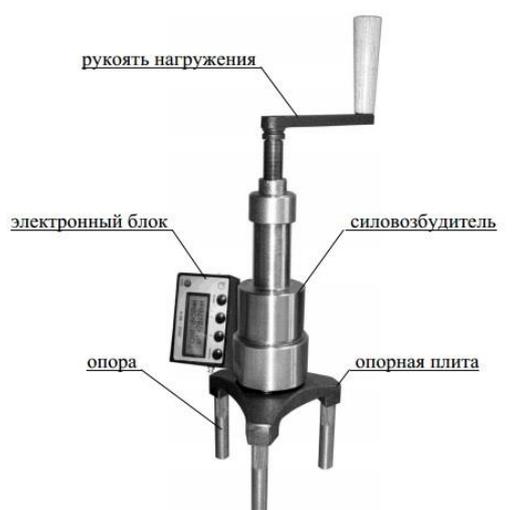


Рисунок 2.3 Общий вид прибора ПСО - МГ4

Конструктивно измеритель адгезии ПСО - МГ4 состоит из:

- силовозбудителя, снабженного рукоятью нагружения;
- электронного блока, на передней панели которого размещены жидкокристаллический дисплей и клавиатура;
- опорной плиты на трёх опорах.

Принцип действия, положенный в основу измерителей, заключается в измерении силы, приложенной к испытываемому образцу. При нагружении силовозбудителя тензометрический преобразователь вырабатывает электрический сигнал, изменяющийся пропорционально приложенной нагрузке, регистрируется электронным блоком и преобразуется в силу.

Результаты измерений выводятся на дисплей, передаются в память прибора и на выходной разъем интерфейса связи с компьютером.

В приборах предусмотрено вычисление прочности сцепления покрытий с основанием по формуле:

$$R = \frac{F}{A}, \quad (2.5)$$

где R - прочность сцепления покрытия с основанием, МПа;

F – значение силы, при которой произошел отрыв диска кН;

A - площадь поперечного сечения диска (пятна отрыва), выбираемая прибором автоматически при вводе размера диска (пластины), см²

2.5 Методы определения технических и эксплуатационных свойств покрытий, полученных на основе жидкого стекла

Степень меления

Методика определения степени меления по ГОСТ 16976-71 заключается в последовательном наложении под определенной нагрузкой на одно и то же место мелящего покрытия специально обработанной фотобумаги, на которой частицы прилипающего к эмульсии пигмента образуют видимые невооруженным глазом отпечатки. Наложение продолжают до тех пор, пока на фотобумаге не остается видимых частиц

пигмента. Степень меления характеризуется числом полученных отпечатков. Прибор представляет собой смонтированный на рабочем столике пружинный динамометр с резиновым пуансоном, приводимым в действие рычагом. Степень меления покрытия определяют на окрашенных образцах, изготовленных по ГОСТ 6992-68 и ГОСТ 8832-76, прошедших натурные или ускоренные испытания. Испытуемый образец покрывают бумагой или полиэтиленовой плёнкой с отверстием диаметром 22 - 25 мм так, чтобы оно соответствовало месту определения степени меления на образце [17].

Полосу фотобумаги накладывают на образец эмульсией к покрытию. Снятием рукоятки прибора с фиксатора пуансон плавно опускают на полосу фотобумаги и оставляют на ней в течение 4 - 5 с. Затем пуансон поднимают, передвигают полосу фотобумаги и на чистом участке получают следующий отпечаток. Снятие отпечатков продолжают до тех пор, пока на фотобумаге не перестают прилипать частицы пигмента и не просматривается контур отпечатка. Степень меления определяют на трех участках поверхности образца. За результат испытания принимают среднее арифметическое значение, которое должно выражаться целым числом [17].

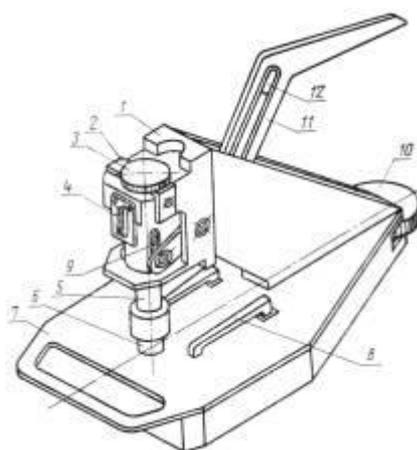


Рисунок 2.4. Прибор для измерения степени меления. 1 - корпус; 2 - скоба; 3 - регулировочный винт нагрузки; 4 - шкала; 5 - шток; 6 - резиновый пуансон; 7 - рабочий столик; 8 - зажимы образца; 9 - пружина; 10 - колесо регулировки зажимов; 11 - рукоятка; 12 - фиксатор рукоятки.

Меление покрытия также определяют визуально по отсутствию или наличию частиц пигмента на хлопчатобумажной ткани (белой для темных покрытий и черной для светлых), отделяемых от покрытия при трении его с усилием. Оценку степени меления в баллах проводят по таблице 2.3.

Таблица 2.3 Оценка степени меления

Балл	Меление при определении	
	по числу отпечатков	визуально (тканью)
1	0	На ткани частицы пигмента отсутствуют
2	До 2 включ.	На ткани плохо различимые следы пигмента
3	Св. 2 до 5 включ	На ткани хорошо видимые частицы пигмента
4	Св. 5 до 8 включ	Частицы пигмента легко отделяются при трении
5	« 8	Частицы пигмента легко отделяются при касании

Паропроницаемость пленки

Паропроницаемость - способность покрытия пропускать пары воды. Паропроницаемость является особенно необходимым свойством для фасадных красок, так как при отсутствии паропроницаемости покрытия избыток влаги будет разрушать основание, на которое нанесено покрытие.

Для определения паропроницаемости пленки по ГОСТ 25898-83 стакан с испытуемым образцом взвешивают с точностью до 0,001 г и помещают в эксикатор подходящей ёмкости. На дно эксикатора заливают насыщенный раствор бихромата натрия или серной кислоты для получения в объёме эксикатора относительной влажности 50%. Эксикатор помещается в термостатируемую камеру с фиксированной температурой $23 \pm 0,2^\circ\text{C}$ [18].

Взвешивание стакана с образцом проводят один раз в сутки на протяжении 14 дней. На основании полученных измерений строят прямую «изменение массы - время» и рассчитывают диффузионный поток водяного пара, коэффициент паропроницаемости и S_d . По показателю паропроницаемости наиболее предпочтительны краски силикатные и силиконовые. Величина $S_d < 0,14$ м относит краски к разряду материалов с высокой паропроницаемостью. Но не менее важным показателем является

коэффициент водопоглощения, который определяет способность краски защищать фасад от проникновения влаги [18].

Коэффициент паропроницаемости имеет размерность мг/(м*ч*Па) и характеризует то количество водяного пара в мг, которое проходит через один метр толщины конкретного материала за один час при разности давлений в 1 Па. Каждый слой материала в конструкции имеет свою конечную толщину d , м. Очевидно, что количество водяного пара, прошедшего через этот слой будет тем меньше, чем больше его толщина. Если перемножить μ_{DIN} и d , то и получим, так называемый, воздушный эквивалентный промежуток или диффузно-эквивалентную толщину слоя воздуха S_d [19].

$$S_d = \mu_{DIN} * d \quad (2.6)$$

Таким образом, по DIN 52615, s_d характеризует толщину слоя воздуха [м], которая обладает равной паропроницаемостью со слоем конкретного материала толщиной d [м] и коэффициентом паропроницаемости μ_{DIN} .

Водостойкость и водопоглощение покрытия

Испытание на стойкость к воздействию жидкости проводили по ГОСТ 9.403 [20]. Для этого на керамические образцы наносили краску в два слоя. После полного высыхания их выдерживали 14 суток при температуре 20 ± 2 °С, затем погружали в емкость с водой на 14 дней, при этом периодически оценивали их внешний вид.

Для определения водопоглощения парафином заливаются обратная и боковые стороны испытательного образца. На окрашенную поверхность накладывається пластиковый круг диаметром 73 мм и края заливаются парафином для фиксации площади водопоглощения. После подготовки образцов они выдерживаются при комнатной температуре на протяжении одних суток. В стеклянную емкость диаметром 20-30 см помещают поролон толщиной 2-3 см и заливают дистиллированной водой до полного смачивания поролона. Предварительно взвешенные образцы укладывают на поролон окрашенной стороной вниз, так, чтобы свободная от парафина

поверхность была полностью смочена водой. Через 1, 3, 6, 10 и 24 часа образцы вынимают из воды, тщательно удаляют капли фильтровальной бумагой и взвешивают [20].

Водопоглощение (для трех параллельных образцов) рассчитывают по формуле:

$$W \text{ (кг/м}^2 \cdot \text{час}^{0.5}) = M/S * t^{0.5} \quad (2.7)$$

где M - привес в кг;

S - площадь водопоглощения в м^2 ;

t - время в час.

Краски с величиной $W < 0,1$ считаются материалами с низким водопоглощением [21].

2.6 Определение огнезащитных свойств покрытий

Испытания огнезащитной эффективности краски исследуемых составов проводили в испытательной пожарной лаборатории на универсальной установке для определения группы трудногорючих материалов и огнезащитных свойств покрытий для обработки древесины «керамическая труба» (рисунок 2.5).



Рисунок 2.5 – Установка «Керамическая труба»

Образцы древесины перед нанесением покрытия выдерживали в эксикаторе с насыщенным раствором $Zn(NO_3)_2 \times 6 H_2O$ при температуре $(23 \pm 5) ^\circ C$ до постоянной массы. Испытания проводили на образцах прямоугольной формы $30 \times 60 \times 150$ мм. Согласно ГОСТ 16363-98 «Методы определения огнезащитных свойств» образец держали в пламени горелки в течение 2 мин, после чего подачу газа в горелку прекращали. Остывший до комнатной температуры образец взвешивали до второго знака. Потерю массы образца вычисляли по формуле 9. При потере массы образца не более 9 % покрытие отвечает I группе огнезащитной эффективности [22].

$$P = \frac{m_1 - m_0}{m_0} \cdot 100, \quad (2.8)$$

где P – потери массы образца при температуре $200 ^\circ C$, %;

m_1 – масса образца до испытания, г;

m_0 – масса образца после испытания, г.

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

Студенту:

Группа 4Г6А	ФИО Мальцевой Елизавете Михайловне		
Школа	ИШНПТ	Отделение Школа	Научно-образовательный центр Н.М.Кижнера
Уровень образования	Баклавриат	Направление/специальность	18.03.01 Химическая технология

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

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

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Анализ конкурентных технических решений (НИ)	Расчет конкурентоспособности SWOT-анализ
2. Формирование плана и графика разработки и внедрения (НИ)	Структура работ. Определение трудоемкости. Разработка графика проведения исследования
3. Составление бюджета инженерного проекта (НИ)	Расчет бюджетной стоимости НИ
4. Оценка ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности (НИ)	Интегральный финансовый показатель. Интегральный показатель ресурсоэффективности. Интегральный показатель эффективности.

Перечень графического материала

1. Оценка конкурентоспособности ИР
2. Матрица SWOT
3. Диаграмма Ганта
4. Бюджет НИ
5. Основные показатели эффективности НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Кащук Ирина Вадимовна	к.т.н доцент		30.01.20

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Г6А	Мальцева Елизавета Михайловна		30.01.20

4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Введение

Основная цель данного раздела – оценить перспективность развития и планировать финансовую и коммерческую ценность конечного продукта, представленного в рамках исследовательской программы. Коммерческая ценность определяется не только наличием более высоких технических характеристик над конкурентными разработками, но и тем, насколько быстро разработчик сможет ответить на следующие вопросы – будет ли продукт востребован на рынке, какова будет его цена, каков бюджет научного исследования, какое время будет необходимо для продвижения разработанного продукта на рынок.

Данный раздел, предусматривает рассмотрение следующих задач:

- Оценка коммерческого потенциала разработки.
- Планирование научно-исследовательской работы;
- Расчет бюджета научно-исследовательской работы;
- Определение ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности исследования.

Цель данной ВКР – разработка состава силикатной краски на основе жидкого стекла с улучшенными эксплуатационными и защитными свойствами.

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

4.1.1 Анализ конкурентных технических решений

Анализ конкурентных технических решений позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее дальнейшего повышения.

В таблице 4.1 показано сравнение разработок-конкурентов с точки зрения технических и экономических критериев оценки эффективности. Для этого были отобраны два основных конкурента силикатных красок:

Конкурент 1 – фирма ВАПА (Россия)

Конкурент 2 – фирма GOODHIM (Россия)

Таблица 4.1 – Сравнение конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,1	4	3	4	0,4	0,3	0,4
2. Экологичность	0,14	5	3	3	0,7	0,42	0,42
3. Долговечность	0,15	4	3	3	0,6	0,45	0,45
4. Надежность	0,1	4	4	3	0,4	0,4	0,3
5. Огнестойкость	0,12	5	4	4	0,6	0,48	0,48
6. Декоративные свойства	0,05	5	4	5	0,25	0,2	0,25
7. Безопасность при использовании	0,08	4	4	4	0,32	0,32	0,32
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Цена	0,1	4	3	5	0,4	0,3	0,5
2. Предполагаемый срок эксплуатации	0,06	4	5	4	0,24	0,3	0,24
3. Финансирование научной разработки конкурентных товаров и разработок	0,05	5	4	4	0,25	0,2	0,2
4. Конкурентоспособность продукта	0,05	4	3	3	0,2	0,15	0,15
Итого	1	49	40	42	4,36	3,52	3,71

Расчет конкурентоспособности (К) на примере стабильности срабатывания определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i = 0,1 \cdot 3 = 0,3,$$

где B_i – вес показателя (в долях единицы); B_i – балл показателя.

Проведенный анализ конкурентных технических решений показал, что исследование является наиболее актуальным и перспективным, имеет конкурентоспособность.

4.1.2 SWOT-анализ

Для исследования внешней и внутренней среды проекта, в этой работе проведен SWOT-анализ с детальной оценкой сильных и слабых сторон исследовательского проекта, а также его возможностей и угроз.

Первый этап, составление матрицы SWOT, в которой описываются слабые и сильные стороны проекта и выявляются возможности и угрозы для реализации проекта, которые проявились или могут проявиться в его внешней среде, приведены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Матрица SWOT-анализа

Сильные стороны	Слабые стороны
С1. Низкая цена местного сырья.	Сл1. Отсутствие собственных производственных площадей
С2. Большой срок службы конечного продукта	Сл2. Наличие старого оборудования
С3. Безопасность при использовании	Сл3. Отсутствие для проведения испытания опытного образца необходимого оборудования
С4. Экологичность технологии.	Сл4. Эксперименты имеют большие погрешности и неопределенности.
С5. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями.	Сл5. Вероятность получения брака.
Возможности	Угрозы
В1. Использование оборудования ИНШПТ ТПУ.	У1. Снижение стоимости разработок конкурентов.
В2. Появление потенциального спроса на усовершенствование технологии.	У2. Появление зарубежных аналогов и более ранний их выход на рынок.
В3. Финансирование проекта со стороны коммерческих организаций	У3. Увеличения спроса на разработки конкурентов
В4. Многофункциональность продукта	У4. Введения дополнительных государственных требований к сертификации продукции
В5. Внедрение на мировой рынок, экспорт за рубеж.	У5. Отсутствие спроса на новые технологии производства

На втором этапе на основании матрицы SWOT строятся интерактивные матрицы возможностей и угроз, позволяющие оценить эффективность проекта, а также надежность его реализации. Соотношения параметров представлены в таблицах 4.3–4.6.

Таблица 4.3 – Интерактивная матрица проекта «Возможности проекта и сильные стороны»

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	-	-	-	0	-
	B2	-	+	+	-	+
	B3	+	+	-	+	+
	B4	-	-	-	-	-
	B5	-	+	+	+	-

Таблица 4.4 – Интерактивная матрица проекта «Возможности проекта и слабые стороны»

Слабые стороны проекта						
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	B1	-	0	+	+	+
	B2	-	-	-	-	-
	B3	+	+	+	-	-
	B4	-	-	-	-	-
	B5	-	-	-	-	-

Таблица 4.5 – Интерактивная матрица проекта «Угрозы проекта и сильные стороны»

Сильные стороны проекта						
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	У1	+	+	0	-	+
	У2	-	+	+	-	-
	У3	-	-	-	-	-
	У4	-	-	-	-	-
	У5	+	0	+	+	+

Таблица 4.6 – Интерактивная матрица проекта «Угрозы проекта и слабые стороны»

Слабые стороны проекта						
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	У1	-	-	-	+	-
	У2	-	-	+	-	-
	У3	-	-	-	-	-
	У4	-	-	-	-	-
	У5	-	-	-	-	-

Результаты анализа представлены в итоговую таблицу 4.7.

Таблица 4.7 – Итоговая таблица SWOT-анализа

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта С1. Низкая цена местного сырья. С2. Большой срок службы конечного продукта С3. Безопасность при использовании С4. Экологичность технологии. С5. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями.</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта Сл1. Отсутствие собственных производственных площадей Сл2. Наличие старого оборудования Сл3. Отсутствие для проведения испытания опытного образца необходимого оборудования Сл4. Эксперименты имеют большие погрешности и неопределенности. Сл5. Вероятность получения брака.</p>
<p>Возможности В1. Использование оборудования ИНШПТ ТПУ. В2. Появление потенциального спроса на усовершенствование технологии. В3. Финансирование проекта со стороны коммерческих организаций В4. Многофункциональность продукта В5. Внедрение на мировой рынок, экспорт за рубеж.</p>	<p>Направления развития В2С2С3С5. Большой срок службы, безопасность при использовании, низкая стоимость производства позволяет увеличить спрос В3С1С2С4С5 Низкая цена исходного сырья, большой срок службы, экологичность технологии, низкая стоимость производства являются хорошим основанием для привлечения финансирования со стороны коммерческих организаций. В5С2С3С4 Большой срок службы, безопасность при использовании и экологичность технологии являются основой для экспорта за рубеж и выхода на мировой рынок.</p>	<p>Сдерживающие факторы В1Сл3Сл4Сл5. Использование современного оборудования, также может уменьшить погрешность эксперимента и исключить получение брака. В3Сл1Сл2Сл3 Финансирование со стороны коммерческих организаций может решить вопрос отсутствия собственных производственных площадей и наличия необходимого оборудования.</p>

Продолжение таблицы 4.7

<p>Угрозы У1. Снижение стоимости разработок конкурентов. У2. Появление зарубежных аналогов и более ранний их выход на рынок. У3. Увеличения спроса на разработки конкурентов У4. Введения дополнительных государственных требований к сертификации продукции У5. Отсутствие спроса на новые технологии производства</p>	<p>Угрозы развития У1С2С5. Несмотря на снижение стоимости разработок конкурентов, наш продукт имеет больший срок службы и меньшую стоимость производства, что даёт больше перспектив развития. У2С2С3. Благодаря безопасности при использовании и большому сроку службы наш продукт является более привлекательным на мировом рынке. УС1С3С4С5. Низкая цена сырья и производства, безопасность при использовании и экологичность технологии, обеспечивают постоянный спрос на усовершенствование технологии.</p>	<p>Уязвимости: У1Сл4. Введение систем автоматизации производственных процессов для снижения погрешности проводимых экспериментов. У2Сл3. Улучшение свойств конечного продукта за счёт более точных испытаний.</p>
---	--	--

В результате SWOT-анализа показано, что на преимущества разрабатываемой технологии преобладают над ее недостатками. Данные недостатки, которые на данный момент на практике не устранены, но в теории уже есть возможности для их устранения. Результаты анализа учтены в дальнейшей научно-исследовательской разработке.

4.2 Планирование научно-исследовательских работ

4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса научно-исследовательских работ осуществляется в порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение количества исполнителей для каждой из работ;
- установление продолжительности работ;

- построение графика проведения научных исследований.

Для оптимизации работ удобно использовать классический метод линейного планирования и управления.

Результатом такого планирования является составление линейного графика выполнения всех работ. Порядок этапов работ и распределение исполнителей для данной научно-исследовательской работы, приведен в таблице 4.8.

Таблица 4.8 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	Научный руководитель
	2	Календарное планирование выполнения ВКР	Инженер, научный руководитель
Выбор способа решения поставленной задачи	3	Обзор научной литературы	Инженер
	4	Выбор методов исследования	Инженер
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Планирование эксперимента	Инженер, научный руководитель
	6	Подготовка образцов для эксперимента	Инженер
	7	Проведение эксперимента	Инженер
Обобщение и оценка результатов	8	Обработка полученных данных	Инженер
	9	Оценка правильности полученных результатов	Инженер, Научный руководитель
Оформление отчета по НИР (комплекта документации по ОКР)	10	Составление пояснительной записки	Инженер

4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения

При проведении научных исследований основную часть стоимости разработки составляют трудовые затраты, поэтому определение трудоемкости проводимых работ является важным этапом составления сметы. Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается

экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов.

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

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{\text{мин}i} + 2t_{\text{макс}i}}{5}, \quad (4.1)$$

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

$t_{\text{мин}i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, человеко-дни;

$t_{\text{макс}i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, человеко-дни.

Зная величину ожидаемой трудоемкости, можно определить продолжительность каждой i -ой работы в рабочих днях T_{pi} :

$$T_{pi} = \frac{t_{\text{ож}i}}{Ч_i}, \quad (4.2)$$

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

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

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

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

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

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

Календарный коэффициент определяется по формуле:

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

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

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

Расчеты временных показателей проведения НИ обобщены в таблице 4.9.

Таблица 4.9 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях T_{pi}	Длительность работ в календарных днях T_{ki}
	t_{min} , чел-дни		t_{max} , чел-дни		$t_{ожи}$, чел-дни			
	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	2	-	4	-	2,8	-	2,8	4
2. Календарное планирование выполнения ВКР	2	2	3	4	2,4	2,8	2,6	4
3. Обзор научной литературы	-	7	-	9	-	7,8	7,8	12
4. Выбор методов исследования	1	3	2	5	1,4	3,8	2,6	4
5. Планирование эксперимента	2	5	4	7	2,8	5,8	4,3	6
6. Подготовка образцов для эксперимента	-	5	-	7	-	5,8	5,8	9
7. Проведение эксперимента	-	14	-	18	-	15,6	15,6	23
8. Обработка полученных данных	-	11	-	15	-	12,6	12,6	19
9. Оценка правильности полученных результатов	2	3	4	4	2,8	3,4	3,1	5
10. Составление пояснительной записки	-	8		12	-	9,6	9,6	14
Итого:	9	58	17	81	12,2	67,2	66,8	100

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

На основе таблицы составлен календарный план-график выполнения проекта с использованием диаграммы Ганта (таблица 4.10).

Таблица 4.10 – Диаграмма Ганта

№	Вид работ	Исп	Т _{кi} , кал. дн.	Продолжительность работ												
				февр			март			апр			май			
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
1	Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	Исп1	4	▨												
2	Календарное планирование выполнения ВКР	Исп1 Исп2	4	▨ ■												
3	Обзор научной литературы	Исп2	12		■											
4	Выбор методов исследования	Исп2	4			▨										
5	Планирование эксперимента	Исп1 Исп2	6			▨ ■										
6	Подготовка образцов для эксперимента	Исп2	9				■									
7	Проведение эксперимента	Исп2	23					■								
8	Обработка полученных данных	Исп2	19							■						
9	Оценка правильности полученных результатов	Исп1 Исп2	5									▨ ■				
10	Составление пояснительной записки	Исп2	14											■		

Примечание:

▨ – Исп. 1 (научный руководитель), ■ – Исп. 2 (инженер)

4.3 Бюджет научно-технического исследования

При планировании бюджета научно-технического исследования учитывались все виды расходов, связанных с его выполнением. В этой работе использовать следующую группировку затрат по следующим статьям:

- материальные затраты научно-исследовательской работы (НИР);
- затраты на специальное оборудование для экспериментальных работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы НИР.

4.3.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования

Материальные затраты — это затраты организации на приобретение сырья и материалов для создания готовой продукции.

Данная часть включает затрат всех материалов, используемых при получении силикатной краски на основе жидкого стекла. Результаты расчета затрат представлены в таблице 4.11.

Таблица 4.11 – Затраты на получение силикатной краски

Наименование статей	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Итого затраты, руб.
Жидкое стекло	кг	0,5	80	40
Мел	кг	0,06	150	9
Глицерин	кг	0,04	440	17,6
Оксид цинка	кг	0,045	240	10,8
Терморасширяющийся графит	кг	0,03	400	12
Перчатки резиновые	пар	1	15	12
Итого:				101,4

4.3.2 Расчет амортизации специального оборудования

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

Расчет амортизации проводится следующим образом:

Норма амортизации: рассчитывается по формуле:

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

где n – срок полезного использования в количестве лет.

Амортизация оборудования рассчитывается по формуле:

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

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

Таблица 4.12 – Затраты на оборудование

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во ед.	Срок полезного использования, лет	Время использования, мес.	Н _д , %	Цена оборудования, руб.	Амортизация	
1	2	3	4	5	6	7	8	
1	Весы аналитические Sartorius	1	11	0,1	9	710000	532	
2	РФА- установка ДРОН-3М	1	20	0,1	5	18000000	7500	
3	Планетарная мельница РМ100	1	10	0,2	10	400000	667	
Итого:								8699

4.3.3 Основная и дополнительная заработная плата исполнителей

темы

В данном разделе рассчитывается заработная плата инженера и руководителя, расходы по заработной плате, определяемые трудоемкостью проекта и действующей системой оклада.

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

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

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

T_p – продолжительность работ, раб.дн. (таблица 4.9).

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}, \quad (4.8)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (таблица 4.13).

Таблица 4.13 – Баланс рабочего времени исполнителей

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

Месячный должностной оклад работника рассчитывается по формуле :

$$Z_m = Z_{тс} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p, \quad (4.9)$$

– для руководителя:

$$Z_m = Z_{тс} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) k_p = 26300 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 51285 \text{ руб.} \quad (4.10)$$

– для инженера:

$$Z_m = Z_{тс} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) k_p = 17000 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 33150 \text{ руб.}, \quad (4.11)$$

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

$k_{пр}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3;

k_d – коэффициент доплат и надбавок, равный 0,2.

Среднедневная заработная плата:

Для шестидневной рабочей недели (рабочая неделя руководителя):

$$Z_{он} = \frac{Z_m \cdot M}{F_0} = \frac{51285 \cdot 10,3}{246} = 2147,3 \text{ руб.} \quad (4.12)$$

Для пятидневной рабочей недели (рабочая неделя инженера):

$$Z_{он} = \frac{Z_m \cdot M}{F_0} = \frac{33150 \cdot 11,2}{213} = 1743,1 \text{ руб.} \quad (4.13)$$

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;

Таблица 4.14 – Расчет основной заработной платы исполнителей

Исполнители НИ	$Z_{мс}, руб$	$k_{пр}$	k_{δ}	k_p	$Z_m, руб$	$Z_{он}, руб$	$T_p, раб.дн.$	$Z_{осн}, руб$
Руководитель	26300	0,3	0,2	1,3	51285	2147,3	13,5	28988,6
Инженер	17000	0,3	0,2	1,3	33150	1743,1	68,5	119402,4
Итого:								148391

Дополнительная заработная плата определяется по формуле:

– для руководителя:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} = 0,15 \cdot 28988,6 = 4348,3 \text{ руб.} \quad (4.14)$$

– для инженера:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} = 0,15 \cdot 119402,4 = 17910,4 \text{ руб.}, \quad (4.15)$$

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

4.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Отчисления во внебюджетные фонды определяется по формуле:

– для руководителя:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} (Z_{осн} + Z_{доп}) = 0,3 \cdot (28988,6 + 4348,3) = 10001,1 \text{ руб.} \quad (4.16)$$

– для инженера:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} (Z_{осн} + Z_{доп}) = 0,3 \cdot (119402,4 + 17910,4) = 41193,8 \text{ руб.}, \quad (4.17)$$

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

4.3.5 Накладные расходы

Накладные расходы включают в себя расходы, не учтённые в предыдущих статьях расходов, такие как: печать ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии и т.д.

Таблица 4.15 – Группировка затрат по статьям

Статьи					
1	2	3	4	5	6
Амортизация	Сырье, материалы	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Итого без накладных расходов
8699	101,4	148391	22258,7	51194,9	230645

Величина накладных расходов определяется по формуле (4.16):

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 5) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (4.18)$$

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

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составляется калькуляция плановой себестоимости НИ «Разработка и применение защитно-декоративных покрытий на основе жидкого стекла» по форме, приведенной в таблице 4.16. В таблице также представлено определение бюджета затрат двух конкурирующих научно-исследовательских проектов.

Таблица 4.16 – Группировка затрат по статьям

№	Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
		Текущий Проект	Исп.2	Исп.3	
1	Материальные затраты НИР	101,4	158	204	Пункт 4.2.3.1
2	Затраты на специальное оборудование	8699	9432	10359	Пункт 4.2.3.2
3	Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	148391	148391	148391	Пункт 4.2.3.3
4	Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	22258,7	22258,7	22258,7	Пункт 4.2.3.3

Продолжение таблицы 4.16

5	Отчисления во внебюджетные фонды	51194,9	51194,9	51194,9	Пункт 4.2.3.4
6	Накладные расходы	49776,6	49776,6	49776,6	Пункт 4.2.3.5
Бюджет затрат НИР		280421,6	281211,2	282184,2	Сумма ст. 1- 6

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

Для определения эффективности исследования рассчитан интегральный показатель эффективности научного исследования путем определения интегральных показателей финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

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

В качестве аналогов данной НИР рассмотрены:

- 1) Композиционные покрытия на основе стеклобоя;
- 2) Силикатные покрытия без добавления минеральных антипиренов.

Интегральный финансовый показатель разработки рассчитывается как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{ri}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (4.19)$$

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

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

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения.

$\Phi_{\text{текущ.проект}} = 280421,6$ руб, $\Phi_{\text{исп.2}} = 281211,2$ руб, $\Phi_{\text{исп.3}} = 282184,2$ руб.

$$I_{\text{финр}}^{\text{тек.пр.}} = \frac{\Phi_{\text{тек.пр.}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{280421,6}{282184,2} = 0,994;$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.2}} = \frac{\Phi_{\text{исп.2}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{281211,2}{282184,2} = 0,996;$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.3}} = \frac{\Phi_{\text{исп.3}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{282184,2}{282184,2} = 1.$$

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

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов выполнения НИР (I_{pi}) определен путем сравнительной оценки их характеристик, распределенных с учетом весового коэффициента каждого параметра (таблица 4.17).

Таблица 4.17 – Сравнительная оценка характеристик вариантов НИР

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Исп.2	Исп.3
1. Безопасность при использовании установки	0,25	5	4	4
2. Удобство в эксплуатации	0,15	5	4	5
3. Надёжность	0,2	4	4	3
4. Воспроизводимость	0,25	4	4	4
5. Материалоёмкость	0,15	5	3	4
ИТОГО	1	4,55	3,85	3,95

Расчет интегрального показателя для разрабатываемого проекта:

$$I_{p1} = 0,25 \cdot 5 + 0,15 \cdot 5 + 0,2 \cdot 4 + 0,25 \cdot 4 + 0,15 \cdot 5 = 4,55;$$

$$I_{p2} = 0,25 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 + 0,2 \cdot 4 + 0,25 \cdot 4 + 0,15 \cdot 3 = 3,85;$$

$$I_{p3} = 0,25 \cdot 4 + 0,15 \cdot 5 + 0,2 \cdot 3 + 0,25 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 = 3,95.$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки вычисляется на основании показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя.

Вычисление интегрального показателя производят по формуле:

$$I_{исп.i} = \frac{I_{р-исп.i}}{I_{финр}^{исп.i}} \quad (4.20)$$

$$I_{исп.1} = \frac{4,55}{0,994} = 4,58, \quad I_{исп.2} = \frac{3,85}{0,996} = 3,86, \quad I_{исп.3} = \frac{3,95}{1} = 3,95.$$

Далее интегральные показатели эффективности каждого варианта НИР сравнивались с интегральными показателями эффективности других вариантов с целью определения сравнительной эффективности проекта (таблица 4.18).

Таблица 4.18 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Текущий проект	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,994	0,996	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,55	3,85	3,95
3	Интегральный показатель эффективности	4,58	3,86	3,95
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,84	0,86

Сравнение среднего интегрального показателя сопоставляемых вариантов позволяет сделать вывод о том, что наиболее финансово- и ресурсоэффективным является вариант 1 (текущий проект). По сравнению с конкурентами, наш проект является более эффективным.

Выводы:

В результате выполнения целей раздела можно сделать следующие выводы:

1. Результатом анализа конкурентных технических решений является выбор одного из вариантов реализации НИР как наиболее подходящего и оптимального по сравнению с другими.

2. В ходе планирования был разработан график реализации этапа работ для руководителя и инженера, который позволяет оценивать и планировать рабочее время исполнителей. Определено общее количество дней для выполнения работ, которое составляет 100 дней; общее количество дней, в течение которых работал инженер, составляет 96 дней; общее количество дней, в течение которых работал руководитель, составляет 19 дней;

3. Для оценки затрат на реализацию проекта разработан проектный бюджет, размер которого составляет 280421,6 руб;

4. Результат оценки эффективности исследовательской работы показывает следующие выводы:

1) значение интегрального финансового показателя ИР составляет 0,994, что отображает финансовую выгоду ИР по сравнению с аналогами;

2) значение интегрального показателя ресурсоэффективности ИР составляет 4,65, наравне с 3,85 и 3,95;

3) значение интегрального показателя эффективности ИР составляет 4,58, по сравнению с 3,86 и 3,95, и является наиболее высоким, что отображает эффективность технического решения, рассматриваемого в ИР.