

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 жидкостекольной композиции для противопожарного остекления УДК 661.683:614.841.4

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Г8А	Беляева Арина Викторовна		21.01.22

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Казьмина Ольга Викторовна	Д.т.н., профессор		21.01.22

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Черемискина Мария Сергеевна			28.02.22

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» (ТПУ)

Школа Инженерная школа новых производственных технологий
 Направление подготовки (специальность) 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

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

Студенту:

Группа	ФИО
4Г8А	Беляева Арина Викторовна

Тема работы:

Разработка жидкостекольной композиции для противопожарного остекления	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:	14.06.2022
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Данные литературного обзора
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	
Перечень графического материала	Презентация
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Литературный обзор; Методы исследования;	Казьмина О.В.

Экспериментальный анализ	
Финансовый менеджмент	Кашук И.В.
Социальная ответственность	Черемискина М.С.
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	21.01.22
---	----------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Казьмина О.В.	Д.т.н., профессор		21.01.22

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Г8А	Беляева А.В.		21.01.22

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП 18.03.01 ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

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

	развитии современного информационного общества, осознания опасности и угрозы, возникающих в этом процессе, способностью соблюдать основные требования информационной безопасности, в том числе защиты государственной тайны
ОПК(У)-5	Владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, навыками работы с компьютером как средством управления информацией
ОПК(У)-6	Владение основными методами защиты производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий
ПК(У)-1	Способность и готовность осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции
ПК(У)-2	Готовность применять аналитические и численные методы решения поставленных задач, использовать современные информационные технологии, проводить обработку информации с использованием прикладных программных средств сферы профессиональной деятельности, использовать сетевые компьютерные технологии и базы данных в своей профессиональной области, пакеты прикладных программ для расчета технологических параметров оборудования
ПК(У)-3	Готовность использовать нормативные документы по качеству, стандартизации и сертификации продуктов и изделий, элементы экономического анализа в практической деятельности
ПК(У)-4	Способность принимать конкретные технические решения при разработке технологических процессов, выбирать технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения
ПК(У)-5	Способность использовать правила техники безопасности, производственной санитарии, пожарной безопасности и нормы охраны труда, измерять и оценивать параметры производственного микроклимата, уровня запыленности и загазованности, шума, и вибрации, освещенности рабочих мест
ПК(У)-6	Способность налаживать, настраивать и осуществлять проверку оборудования и программных средств
ПК(У)-7	Способность проверять техническое состояние, организовывать профилактические осмотры и текущий ремонт оборудования, готовить оборудование к ремонту и принимать оборудование из ремонта
ПК(У)-8	Готовность к освоению и эксплуатации вновь вводимого оборудования
ПК(У)-9	Способность анализировать техническую документацию, подбирать оборудование, готовить заявки на приобретение и

	ремонт оборудования
ПК(У)-10	Способность проводить анализ сырья, материалов и готовой продукции, осуществлять оценку результатов анализа
ПК(У)-11	Способность выявлять и устранять отклонения от режимов работы технологического оборудования и параметров технологического процесса
ДПК(У)-1	Способность проводить стандартные испытания материалов и изделий, проводить физические и химические эксперименты, проводить обработку и анализ результатов

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

Школа Инженерная школа новых производственных технологий
 Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология
 Уровень образования Бакалавриат
 Отделение школы (НОЦ) НОЦ Кижнера Н.М.
 Период выполнения (осенний / весенний семестр 2021 /2022 учебного года)

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	14.06.2022
--	------------

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

СОСТАВИЛ:
Руководитель ВКР

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

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

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

Реферат

Выпускная квалификационная работа представлена на 91 странице, содержит рисунков 43, таблиц 33, использовано источников литературы 40.

Ключевые слова: жидкое стекло, жидкостекольная композиция, огнестойкость, терморазбухающий гель, вспенивание.

Объектом исследования являются жидкостекольные композиции, используемые в качестве прозрачного геля для противопожарных конструкций.

Цель работы разработка состава жидкостекольной композиции для противопожарного остекления, отвечающей классу огнестойкости Е30.

В процессе исследования проводились измерения вязкости, оптической плотности, определения силикатного модуля, водородного показателя испытания на огнестойкость.

В результате исследования были получены:

- составы противопожарной композиции;
- данные по исследованию свойств полученных образцов.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: оптическая плотность, водородный показатель, силикатный модуль, предел огнестойкости.

Степень внедрения: заинтересованность со стороны малого бизнеса, занимающихся изготовлением противопожарных стеклянных конструкций.

Область применения: производство противопожарных светопрозрачных конструкций, строительство, архитектура.

Экономическая эффективность, значимость работы: замена дорогих импортных гелей для противопожарных стеклянных конструкций.

В будущем планируется совместная работа с предприятиями, работающими в данной области и выпуск противопожарных стеклоизделий.

Оглавление

Введение.....	12
1. Литературный обзор	13
1.1 Свойства и получение жидкого стекла	13
1.2 Процессы гелеобразования в композициях на основе жидкого стекла	20
1.3 Современные виды конструкций противопожарного остекления.....	25
1.4 Современные технологии изготовления стеклянных конструкций с противопожарными свойствами	30
2 Объект и методы исследования	34
2.1 Характеристика жидкого стекла.....	34
2.1.1 Модуль жидкого стекла.....	35
2.1.2 Вязкость жидкого стекла.....	36
2.2 Методы исследования.....	38
2.2.1 Определение оптической плотности.....	38
2.2.2 Определение вязкости жидких сред.....	39
2.2.3 Определение водородного показателя.....	42
2.2.4 Дифференциально-термический анализ	43
2.2.5 Методы испытания на огнестойкость	45
3 Экспериментальная часть.....	50
3.1 Разработка состава и определение температурного режима получения жидкостекляной композиции.....	50
3.2 Поведение жидкостекляной композиции при нагревании	54
3.3 Определение физико-химических свойств жидкостекляной композиции	56
3.3.1 Силикатный модуль	56
3.3.2 Измерение водородного показателя.....	58
3.3.3 Оптическая плотность	58
3.3.4 Устойчивость к УФ-излучению.....	59
3.3.5 Коэффициент вспенивания	60

3.4	Определение огнестойкости полученных образцов	61
3.5	Выводы по работе	66
4	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	70
4.1	Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	71
4.1.1	Потенциальные потребители результатов исследования	71
4.1.2	Анализ конкурентных технических решений	72
4.1.3	SWOT-анализ.....	74
4.2	Планирование научно-исследовательских работ.....	77
4.2.1	Структура работ в рамках научного исследования	77
4.2.2	Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения	79
4.3	Бюджет научно-технического исследования	83
4.3.1	Расчет материальных затрат научно-технического исследования ..	84
4.3.2	Расчет амортизации специального оборудования	84
4.3.3	Основная заработная плата исполнителей темы	86
4.3.4	Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	88
4.3.5	Накладные расходы	88
4.4	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	90
	Выводы по разделу	94
5	Социальная ответственность	97
5.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности ...	98
5.1.1	Правовые нормы трудового законодательства	98
5.1.2	Эргономические требования к правильному расположению и компоновке рабочей зоны	99
5.2	Производственная безопасность	100
5.3	Экологическая безопасность.....	105
5.4	Безопасность в чрезвычайных ситуациях	106

Выводы по разделу	108
Заключение	109
Список использованных источников	110

Введение

В современной архитектуре все чаще используют стеклянные светопрозрачные конструкции, например стеклянные перегородки в помещении, двери и окна зданий. Но в случае пожара под действием огня стекло быстро разрушается, что способствует быстрому распространению пламени и дыма по помещению. Это делает вопрос о пожарной безопасности особенно актуальным.

Решением этой проблемы является использование противопожарных остеклений различного вида. В настоящее время возрастает популярность противопожарных стеклопакетов с терморазбухающей гелевой прослойкой. Разработки составов огнестойких терморазбухающих гелей ведутся и по сей день. Особое внимание уделяется гелям, имеющим неорганическую природу, так как в большинстве случаев органические соединения в процессе горения выделяют немалое количество токсичных соединений.

Современные огнестойкие стеклянные конструкции представляют собой многослойные стеклопакеты с прослойкой, вспенивающегося под воздействием огня, геля, основой которого в некоторых составах является жидкое стекло.

Жидкое стекло является экологически безопасным, легкодоступным продуктом, применяемым во многих технологических сферах. При высоких температурах жидкое стекло способно образовывать плотную пену, способную некоторое время удерживать тепло, при этом не разрушаясь, а модифицирование жидкого стекла различными добавками способствует улучшению его физических свойств и огнезащитных свойств образующейся пены.

1. Литературный обзор

1.1 Свойства и получение жидкого стекла

Жидкое стекло представляет собой водные щелочные растворы силикатов, к которым относятся силикаты натрия, калия, а также лития. Состав жидкого стекла представляется формулой $R_2O \cdot mSiO_2 \cdot nH_2O$, где R_2O – Na_2O или K_2O [1].

К основным характеристикам жидкого стекла относятся такие показатели как, силикатный модуль, концентрация, водородный показатель и плотность. Далее приведены значения данных показателей на примере промышленного натриевого стекла.

Силикатный модуль является характеристикой, которая указывает на качество стекла и равен числу молей SiO_2 , приходящихся на один моль щелочного оксида. Чем выше силикатный модуль, тем выше качество стекла. В практически важных случаях он обычно составляет $2,5 \div 3,5$ (в среднем 3,0).

Силикатный модуль может быть выражен через молярное или массовое (весовое) содержание главных компонентов – SiO_2 и R_2O – в системе (1):

$$n = \frac{n_{SiO_2}}{n_{R_2O}}, \quad n_{\omega} = \frac{\omega_{SiO_2}}{\omega_{R_2O}} \quad (1)$$

где n и n_{ω} – молярный и весовой модули соответственно;

$n(SiO_2)$ и $n(R_2O)$ – количества вещества SiO_2 и оксида щелочного металла, моль;

$\omega(SiO_2)$ и $\omega(R_2O)$ – массовые доли SiO_2 и оксида щелочного металла, %.

Определение силикатного модуля сводится к экспериментальному определению содержания оксидов натрия (или калия) и кремния в анализируемой пробе.

Взаимосвязь между весовым и молярным силикатными модулями выражается формулой (2):

$$n = n_{\omega} \cdot k = \frac{M(\text{SiO}_2)}{M(\text{R}_2\text{O})} \quad (2)$$

где $M(\text{SiO}_2)$ и $M(\text{R}_2\text{O})$ – молярные массы SiO_2 и щелочного оксида, г/моль. Соотношение k равно 1,032 и 1,568 для натриевой и калиевой систем соответственно.

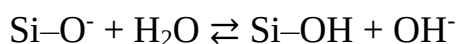
Под концентрацией водной жидкого стекла обычно понимается суммарное содержание главных оксидов SiO_2 и R_2O , выраженное в массовых долях или массовых процентах. Содержание основных оксидов в промышленно выпускаемых натриевых жидких стеклах ориентировочно находится в пределах: SiO_2 30÷33 %, Na_2O 10÷13 %. При достижении определенных значений концентрации раствор становится довольно вязким, вследствие чего могут возникать трудности при хранении и транспортировке продукта. Для жидких стекол с модулем около трех значение концентрации составляет порядка 40÷45 мас. %. При дальнейшем повышении концентрации силикатные растворы последовательно проходят состояния малоподвижных жидкостей, желеобразных масс и хрупкого стекловидного тела.

Плотность жидкого стекла зависит от его состава и общего количества растворенных твердых веществ [2]. Натриевое жидкое стекло имеет плотность в пределах значений 1,32÷1,68 г/см³, калиевое 1,25÷1,40 г/см³.

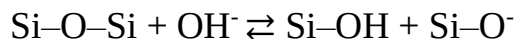
Не менее важной характеристикой растворов силикатов натрия и калия является водородный показатель pH, который определяет их способность к гелеобразованию или устойчивости. Устойчивость силикатных растворов увеличивается с возрастанием значения pH. Водородный показатель промышленных жидких стекол находится в интервале 10÷12 т.е. относится к щелочным средам [1].

Рассмотрим химические свойства на примере промышленного натриевого жидкого стекла [3].

Жидкое стекло подвергается гидролизу. Способность жидкого стекла (натриевого и калиевого) растворяться в воде обусловлена наличием связей Si–O–Na, которые способны диссоциировать и гидролизироваться:

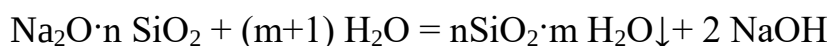


Гидролиз связей в поверхностных слоях твердой фазы способствует накоплению в растворе гидроксид-ионов, которые диффундируют к поверхности и разрушают кремнекислородный каркас по связям Si–O–Si:



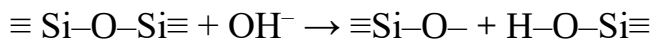
Таким образом, в результате этих реакций в раствор сначала переходят катионы щелочного металла и гидроксид-ионы; под воздействием гидроксид-ионов кремнекислородный каркас разрушается и в растворе появляются анионы низкополимерных поликремниевых кислот.

Жидкое стекло обладает свойством твердеть на воздухе, так как в результате гидролиза силикатов натрия (соль образована сильным основанием и слабой кислотой) образуются поликремниевые кислоты:

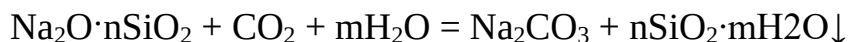


В результате гидролиза жидкое стекло имеет щелочную реакцию (pH ~ 12).

В щелочной среде силоксановые связи разрываются под действием анионов OH⁻:



Твердение жидкого стекла происходит также под действием углекислоты воздуха:



Жидкое стекло является крупнотоннажным продуктом неорганического синтеза и производится во всех промышленно развитых странах мира. Материал имеет широкий спектр ценных свойств, отличается от других аналогичных материалов экологичностью применения, негорючестью, нетоксичностью, а также во многих случаях доступностью и относительно низкой стоимостью исходного сырья [2].

Способы производства жидкого стекла делятся на сухой и мокрый. В зависимости от технологии изготовления жидкого стекла применяются следующие сырьевые материалы: силикат глыба или растворимые силикаты

(натриевые, калиевые, натриево-калиевые), едкие щелочи, кремнеземсодержащие компоненты (кварцевый песок, силикагель).

Сухой способ основан на получении расплавов щелочных силикатов при высокой температуре с последующим охлаждением до стеклообразного состояния и растворением. К сухим способам производства относятся [1]:

- Щелочной способ;
- Нитратный способ;
- Сульфатный способ.

Мокрый способ подразумевает растворение различных форм кремнезема в едких щелочах с последующим получением растворов щелочных силикатов, предварительная варка стекловидных силикатов при данном способе не требуется.

На рисунке 1.1 представлена общепринятая технология жидкого стекла.

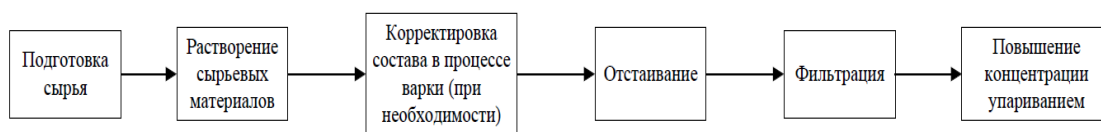


Рисунок 1.1 – Схема технологии жидкого стекла

Данная технология упрощается использованием автоклавов, что позволяет исключить такие операции как фильтрация и упаривание.

Рассмотрим два основных метода получения жидкого стекла: автоклавный и безавтоклавный [4].

Безавтоклавным способом растворяется гранулированный щелочной силикат или порошок с размерами зерен $0,5 \div 1,5$ мм, полученный в результате механического измельчения силикат-глыбы. Силикат-глыба подаётся в дробилку затем направляется в бункер-дозатор, из которого погружается в варочный аппарат. Масса, непрерывно размешиваемая лопастями, нагревается до $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ при которой происходит растворение, длительностью в 4 часа. Данный способ имеет преимущества перед автоклавным. Например, низкая

температура получения растворов силиката натрия, более ускоренный процесс силикатообразования, менее энергозатратен.

На рисунке 1.2 представлена технологическая схема получения жидкого стекла автоклавным способом. Он заключается в том, что автоклав доверху загружается кусками силикат-глыбы, получаемой из измельченного кварцевого песка и соды в процессе сплавления в стекловаренных печах, и заливается водой или слабым раствором жидкого стекла и нагревается с помощью пара. Растворение силикат-глыбы производится под давлением $0,6 \div 0,8$ МПа и при температуре 150°C . Процесс растворения длится от 4 до 8 часов.

В патенте [5] приведена электрохимическая технология получения высокомодульного жидкого стекла. В основе данной технологии лежит пропускание водного раствора силиката натрия (или другого щелочного металла) через электродиализное устройство, в качестве которого используется многокамерный аппарат фильтр-прессного типа. Используемый аппарат содержит рабочие полипропиленовые рамки, толщиной 1,5 мм. В ходе электродиализа происходит увеличение модуля получаемого жидкого стекла, путем перехода под действием электрического поля в воду натрий- и гидроксид-ионов, но при этом концентрация оксида кремния не изменяется. В результате полученное жидкое стекло имеет силикатный модуль 4,10, плотность $1,23 \text{ г/см}^3$.



Рисунок 1.2 - Технологическая схема получения жидкого стекла автоклавным способом [6]

Известен низкотемпературный синтез жидкого стекла, который основан на способности кристаллического кремнезема растворяться в щелочном растворе. В данном исследовании в качестве компонентов, содержащих кристаллический кремнезем, выбраны кварцевый песок и отходы формовочных смесей предприятий металлургического машиностроения. Такой подход позволяет дополнительно решать экологические вопросы, связанные с утилизацией побочных продуктов производств [7].

В рассматриваемой работе совмещены две операции: помол и щелочное воздействие на кремнеземсодержащий компонент, что снижает продолжительность процесса последующего получения жидкого стекла. Увеличение растворимости кварца в автоклаве зависит от продолжительности механохимической обработки кварцевого песка в шаровой мельнице. В ходе экспериментальной работы была определена оптимальная продолжительность механохимической обработки смеси в шаровой мельнице, которая составляет $6\div 8$ часов, время гидротермальной обработки – $4,5\div 5,5$ часов при температуре

140÷150 °С. После двух часов помола кремнеземсодержащих компонентов и едкого натра в шаровой мельнице образуется жидкое стекло. С увеличением продолжительности измельчения смеси увеличивается выход продукта, который, в свою очередь, обладает клеящими свойствами и не содержит свободную щелочь. Модуль полученного жидкого стекла имеет значения 2,6÷2,7. Также следует отметить, что с увеличением времени совместного помола исходных продуктов увеличивается плотность готового продукта. Это можно объяснить увеличением количества кремнезема, который переходит в раствор, то есть образуется жидкое стекло с более высоким модулем.

Большое значение придается ресурсосбережению при получении жидкого стекла. Авторы статьи [8] предлагают технологию получения жидкого стекла, в которой кристаллические исходные материалы заменены на материалы с более аморфной структурой, что позволяет значительно снизить затраты на производство жидкого стекла. В статье использованы такие материалы, как диатомит и «черная зола» (расплавленная сода), которая является побочным продуктом промышленного производства. Компоненты тонко измельчали, смешивали в разных пропорциях, обжигали полученный порошок при температуре 950 °С. Обожженные образцы снова измельчали и выдерживали в воде в течение 1 часа. Плюсами данной технологии является то, что новая технология позволяет использовать более доступные компоненты, а также снижает уровень энергопотребления. Недостатком является несоответствие характеристик получаемого жидкого стекла стандартным требованиям.

1.2 Процессы гелеобразования в композициях на основе жидкого стекла

В настоящее время большое внимание уделяется исследованиям возможности модифицирования растворов щелочных силикатов с целью получения гелей, которые смогут применяться в различных сферах.

Гели представляют собой разжиженные пространственно-структурированные системы, состоящие из жидкой дисперсионной среды, заключенной в пространственную сетку, которая образована соединившимися частицами твердой фазы [9]. На рисунке 1.3 представлена пространственная структура геля.

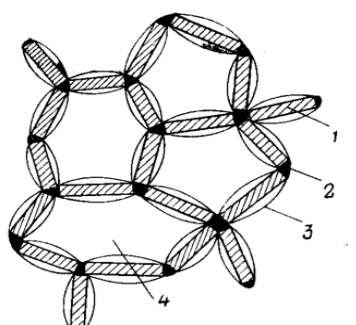


Рисунок 1.3 – Пространственная структура геля

1 – частицы дисперсной фазы; 2 – участки поверхности частиц, лишившиеся фактора устойчивости после стабилизации; 3 – участки поверхности частиц, сохранившие фактор устойчивости; 4 – петли структуры, заполненные дисперсионной средой

Одним из методов получения геля является золь-гель процесс. Этот процесс относится к жидкостным методам синтеза материалов. Данный процесс подразумевает преобразование неорганической структуры путем формирования золя с последующим его переходом в гель. На рисунке 1.4 схематично изображен процесс перехода.

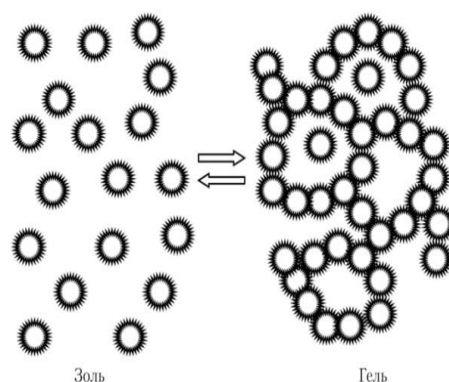


Рисунок 1.4 – Золь-гель процесс

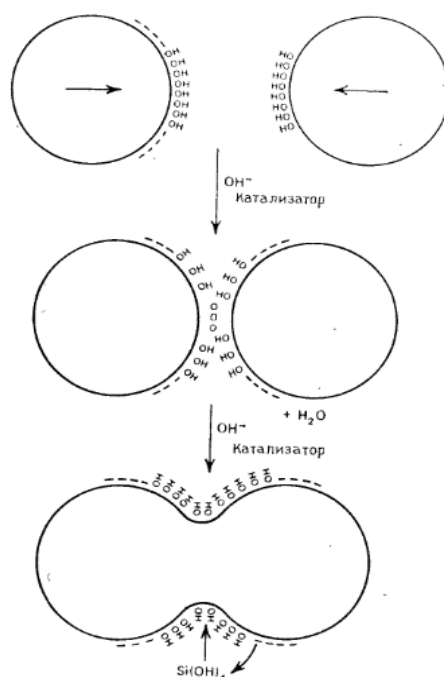


Рисунок 1.5 – Процесс образования связей между частицами кремнезема [10]

Сцепление частиц кремнезема происходит за счет образования Si- O-Si связей. Процесс образования геля можно ускорить путем введения катализаторов, в качестве которых служат фторид-ионы, уменьшающие рН системы [2]. При столкновении, частиц кремнезема, нейтральные группы - SiOH, которые находятся на поверхности, взаимодействуют с группами -SiO, тем самым образуя Si- O-Si связи (рисунок 1.5).

Большое количество гелей термодинамически неустойчивы, а также способны разрушаться вследствие старения и рекристаллизации. Со временем

гели сокращаются в объеме за счет испарения влаги, что приводит к уплотнению структуры геля, так называемый процесс синерезиса [11].

На процессы, протекающие при гелеобразовании композиции на основе жидкого стекла, оказывают влияние большое количество факторов. Основными являются: соотношение исходных реагентов, время и температура протекания процесса [2].

Один из доступных методов в настоящее время методов получения жидкостекольных гелей заключается в объединении компонентов различной природы с использованием наиболее эффективной технологии смешивания реагентов в растворе, то есть золь-гель синтеза. Применение этой технологии обеспечивает снижение энергозатрат, позволяет синтезировать материал на молекулярном уровне. Стоит отметить, что многокомпонентные системы на основе щелочных силикатов нестабильны и склонны к коагуляции и осаждению, что приводит к проведению большого количества длительных экспериментов.

Жидкостекольные композиции можно получать при введении к жидкому стеклу гелеобразующих добавок, которые вызывают реакцию гелеобразования силикатного раствора. Такие добавки обладают способностью достаточно быстро увеличить вязкость жидкого стекла. Но стоит отметить, что при высоком содержании гелеобразователей полимерная структура жидкого стекла разрушается, вследствие чего уменьшается его поризационная способность и снижаются теплоизоляционные характеристики.

Для изменения и сохранения физико-химических свойств жидкого стекла применяются такая операция, как модифицирование. Известны два вида модифицирования [12]:

- физическое;
- химическое.

Под физическим модифицированием жидкого стекла подразумевается воздействие на него магнитным полем, ультразвуком, а также процесс нагрева в

автоклаве. Данные действия позволяют устранить старение жидкого стекла и восстановить его связывающую способность.

Суть химического модифицирования заключается в применении добавок, которые изменяют пространственную структуру силикатного геля и увеличивают связывающую способность до 70 %. Различают 4 типа данного модифицирования

Катионное модифицирование.

При добавлении к жидкому стеклу ионов калия увеличивается его стабильность и скорость твердения за счет большого ионного радиуса K^+ . Калиевое жидкое стекло обладает более высокой растворимостью, а также устойчивостью к старению [13].

В таблице 1.1 представлены сравнительные характеристики для ионов K^+ , Na^+ , Li^+ .

Таблица 1.1 – Характеристика катионов

Ион	K^+	Na^+	Li^+
Ионный радиус, нм	0.133	0.095	0.068
Координационное число	10÷12	6÷8	4
Атомный вес	39	23	7

Анионное модифицирование.

При добавлении к жидкому стеклу в малых количествах анионы BO_3^{-3} , AlO_3^{-3} , PO_3^{-3} , TiO_4^{-4} при одновременном нагреве и перемешивании встраиваются в молекулярную цепочку $-Si-O-Si-$, как показано на рисунке 1.6.

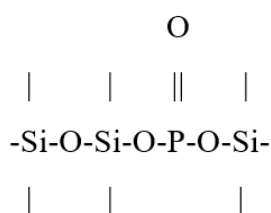


Рисунок 1.6 – Цепочка $-Si-O-Si-$ со встроенным анионом PO_3^{-3}

После взаимодействия жидкого стекла с анионами его связующая способность увеличивается на 30 %, а также возрастает его степень и скорость отверждения, стягиваемость и прочность.

Органическое модифицирование.

При использовании данного метода к жидкому стеклу добавляют органические порошки или жидкости, благодаря которым улучшается стягиваемость системы. В качестве добавок применяются полиспирты, например ксилитол или сорбитол. Введение полиспиртов улучшает формовочные характеристики системы. Количество органических добавок составляет 20÷30 %.

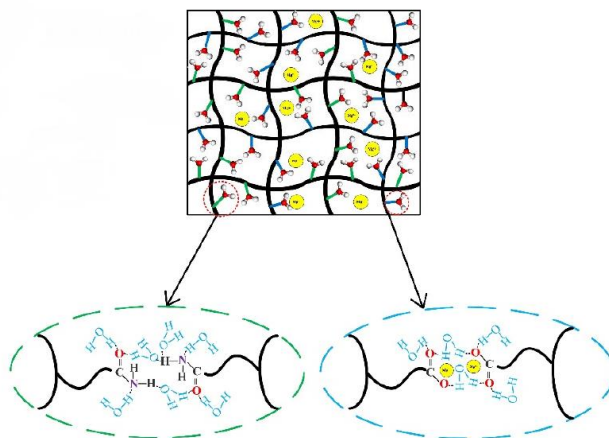


Рисунок 1.7 – Образование полимерной структуры

Полимерное модифицирование.

Некоторые водорастворимые высокомолекулярные полимеры, полиакриламид, полиметилакриламид, полигликоль, могут быть также добавлены к жидкому стеклу для повышения его связывающих характеристик. Например, гибкие цепи полиакриламида придают гелю эластичность, упругость и способность восстановления формы после механических воздействий. На рисунке 1.7 показана схема образования полимерной структуры в системе жидкое стекло-полиакриламид [13].

При введении модифицирующих добавок в жидкое стекло, которое является основой для изготовления противопожарных гелей, стоит учитывать

их влияние на такие свойства как прозрачность, вспенивание геля, прочность образующейся пены. Также вводимые добавки не должны влиять на токсичность системы.

1.3 Современные виды конструкций противопожарного остекления

В настоящее время существует большое разнообразие конструкций, включающих листовое стекло, которое обладает огнестойкими свойствами т.е. конструкции выдерживают без разрушения высокие температуры. Важным в этом случае является и термостойкость стеклоизделия (способность выдерживать перепад температур), а также способность стеклоизделия выступать в качестве барьера для пламени, не пропускать его определенное время. В целом такое остекление относится к противопожарному и наряду с основными функциями, такими как светопропускание, защита от внешних воздействий, сохранение тепла, звукоизоляция, обладает рядом дополнительных функций:

- противопожарный эффект;
- прочность;
- декоративность.

Противопожарные стекла разделяют по защитным свойствам на огнестойкие и изолирующие от огня. Огнестойкие стекла препятствуют проникновению пламени и дыма в течение некоторого времени. Противопожарные стекла препятствуют проникновению огня и дыма и защищают от теплового излучения таким образом, чтобы температура не контактирующей с пламенем поверхности поднималась как можно медленнее.

На данный момент известны несколько основных технологий изготовления противопожарного остекления. Рассмотрим некоторые из них.

Совершенствование флоат-метода дало возможность изготавливать высококачественное прочное боросиликатное стекло, которое имеет достаточно

высокие показатели по огнестойкости. Однако конструкции из такого стекла имеют высокую стоимость.

Широкое развитие имеют технологии многослойных конструкций, основу которых составляют несколько листов силикатного флоат-стекла, которые соединены между собой неорганическими гелями, способными разрушаться под воздействием высоких температур и ультрафиолета. Такой вид огнестойких конструкций используется только для внутреннего остекления.

Также существуют пожаростойкие светопрозрачные композиции на базе огнестойких фотоотверждающих композиций, которые способны препятствовать горению [14].

Рассмотрим продукцию крупных компаний, выпускающих огнезащитные стекла. К таким относятся Polypane, Saint-Gobain, Schott, Solar Gard, Фототех.

Французская компания Saint-Gobain предлагает следующие виды огнестойкого остекления [15]:

а) Стекло, толщиной 5 мм является монолитным прочным стеклом, возможным для использования в дверях, перегородках в тех местах, где происходят массовые скопления людей;

б) монолитное стекло толщиной от 6 до 19 мм может использоваться в многослойных стеклопакетах и в одинарном остеклении;

в) ламинированное стекло, изготавливаемое толщиной от 9 мм, обеспечивает огнестойкость в течение 30÷60 минут, состоит из двух и более листов флоат-стекла, между которыми находится специальная пленка ПВБ, образующая при воздействии высоких температур непрозрачный барьер;

г) стекло, состоящее из двух листов закаленного стекла, между которыми находится прозрачная, бесцветная пленка, становящаяся во время пожара матовой и способной поглощать энергию огня. Это свойство позволяет в течение 30 минут ограничивать повышение температуры поверхности на стороне, не подвергающейся воздействию пламени. Толщина стекла зависит от времени огнезащиты, например для 30 минут составит 16 мм, для 90 минут – 31 мм.

Компания Polyrane, находящаяся в Бельгии, крупнейший производитель стекла в Европе. Одним из изделий этой фирмы является стекло «Pyrobelt» - прозрачное многослойное огнестойкое стекло, которое получают с помощью соединения листов флоат-стекла специальными промежуточными слоями, образец конструкции, которой представлен на рисунке 1.8.

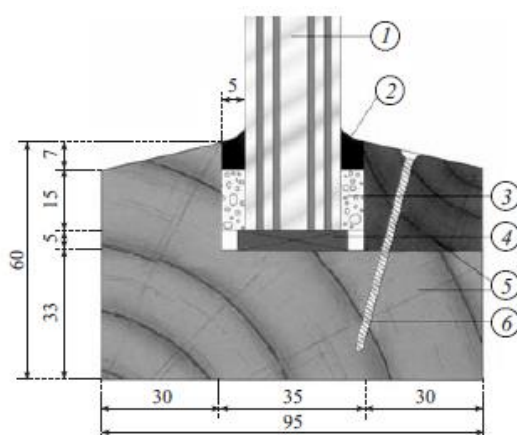


Рисунок 1.8 – Конструкция с использованием огнестойкого стекла:

1 – огнестойкое стекло; 2 – силиконовый герметик; 3 – герметичная ячеистая лента;
4 – установочный блок; 5 – твердая древесина; 6 – стальные шурупы 50×4 мм с
межцентровым расстоянием 250 мм [16].

В случае возникновения пожара при температуре свыше $120\text{ }^{\circ}\text{C}$ промежуточные слои изменяют свои физи-

ческие характеристики, и конструкция обретает защитные свойства и поддерживает теплоотдачу на низком безопасном уровне.

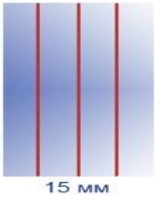
Фирма Pilkington представляет широкий ассортимент стекольной продукции. В том числе и прозрачное армированное огнестойкое стекло. Оно имеет преимущества над обычными боросиликатными стеклами, которые защищают от огня и дыма, этот вид стекла обеспечивает комплексную защиту, уменьшает радиационную опасность, связанную с огнем, а также предотвращает опасность воспламенения горючих материалов.

Такое стекло получают путем соединения листов флоат-стекла с прозрачными вспучивающимися внутренними слоями. Стекло способно

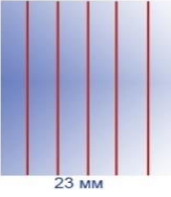
сохранять прозрачность, пока температура воздействия тепла не достигнет 120°C. С увеличением температуры первый слой медленно разрушается, позволяя теплу переходить к следующему слою. Этот слой способен образовать тепловой барьер. Сохранность и изоляция такой конструкции в значительной степени зависит от толщины стекла. Термоизоляционный экран слоев стекла, образованный листами флоат-стекла и вспученными слоями, позволяет температуре на обратной стороне, обращенной к огню, не подниматься выше отметки 140 °С.

Швейцарская компания Glas Trosch предлагает следующие варианты огнестойкого остекления (таблица 1.2).

Таблица 1.2 – Виды огнестойких остеклений компании Glas Trosch [17]

№	Структура стекла	Схема сечения
1	Многослойное (3-гель-3) толщ. 7 мм (± 1 м) масса 17,5 кг/м ²	
2	Многослойное (3-гель-3-гель-3-гель-3) толщ. 15 мм (± 1 мм) масса 37,5 кг/м ²	
3	Многослойное (3-гель-3) толщ. 7 мм (± 1 м) масса 17,5 кг/м ²	
4	Многослойное (3-гель-3-гель-3) толщ. 11 мм (± 1 мм) масса 27,5 кг/м ²	

Продолжение таблицы 1.2

5	Многослойное (3-гель-3-гель-3-гель-3) толщ. 15 мм (± 1 мм) масса 37,5 кг/м ²	
6	Многослойное (3-гель-3-гель-3-гель-3-гель-3) толщ. 19 мм (± 1 мм) масса 47,5 кг/м ²	
7	Многослойное (3-гель-3-гель-3-гель-3-гель-3-гель-3) толщ. 23 мм (± 1 мм) масса 57,5 кг/м ²	

Гелевые прослойки для многослойных конструкций очень разнообразны по своим свойствам и химическому составу. В ряду европейских патентов описываются противопожарные остекления с гелевой прослойкой. Примеры патентов представлены в таблице 1.3.

Таблица 1.3 – Зарубежные патенты изобретений огнестойких конструкций [18,19,20,21,22]

Патент	Описание гелевой прослойки
DE 101 07 104 B4	Промежуточная гелевая прослойка состоит из мономеров акриловой кислоты и полимеризуемых водорастворимых мономеров на основе солей аммония, вспенивающим агентом является соединение алюминия
EP 0 732 388 B1	Для приготовления геля используются гидроксид алюминия, ортофосфорная кислота, ортоборная кислота, моноэтаноламин, гидроксид щелочи
EP 2 330 174 B1	Основу гидрогелевого комплекса составляют такие вещества как акриловый мономер, соединения фосфора, силановый связующий агент, четвертичный аммоний, вода, алкоксид металла

Продолжение таблицы 1.3

US 9,957,397 B2	Терморазбухающий гель получают с использованием мономера акриловой кислоты, диацетон акриламидного мономера, одну или несколько солей металла в гидратированной форме
US 3997700 A	Огнестойкая стеклянная панель имеет пластмассовую мембрану и гидратированные соли алюминия, свинец, олово, бораты и фосфаты

1.4 Современные технологии изготовления стеклянных конструкций с противопожарными свойствами

С каждым годом появляются новые разработки огнестойких конструкций. Основным элементом огнезащитной конструкции представляется стеклопакет из огнестойкого стекла и следующими составляющими:

- Каркас для удержания стеклопакета в проеме здания;
- Металлический профиль;
- Противопожарное наполнение;
- Огнестойкие герметики.

На рисунке 1.9 представлен пример конструкции противопожарного окна [23].

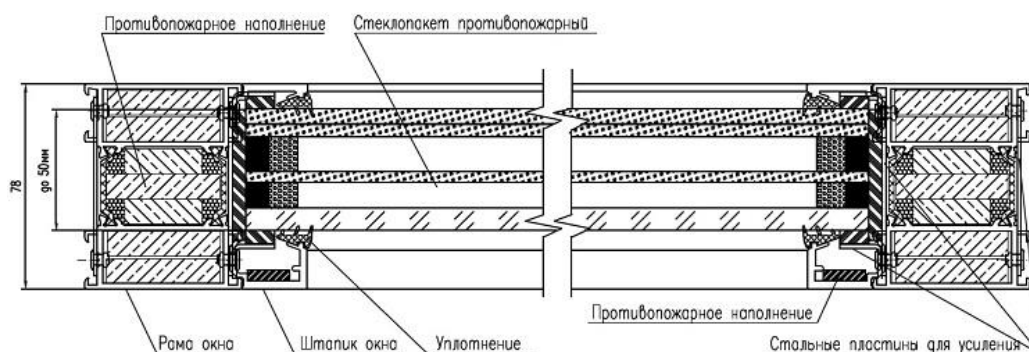


Рисунок 1.9 – конструкция противопожарного окна

Главным элементом конструкции противопожарного окна служит стеклопакет с применением огнестойкого стекла, способного выдерживать длительное нормируемое по времени тепловое и механическое воздействие, возникающее во время развития пожара в помещениях; эффективно препятствовать проникновению пламени, продуктов горения в защищаемую пожарную секцию (отсек), если оно установлено в противопожарной перегородке, или внешнее пространство – при монтаже в наружной стене, выполняющей такую функцию.

Металлический профиль представляет собой алюминиевую или стальную раму. Алюминий подобран неслучайно, так вес противопожарных окон, складывающийся из металлических частей рамы, наружного профиля с двух сторон, его термостойкого заполнения, не позволяющего быстро прогреваться под воздействием открытого огня, теплового воздействия; многослойного стеклопакета, в зависимости от геометрических размеров окна, может достигать 300 кг. Исходя из этого, можно сделать вывод, что стальная основа – это практически единственный вариант, выдерживающий такие нагрузки во время транспортировки и установки готовых изделий [24].

Отличительной особенностью огнестойких остеклений является высокая герметичность, благодаря которой при пожаре дым и воздух не распространяются по помещениям.

Перед сбором стеклянной противопожарной конструкции, содержащей гелевую прослойку, необходимо провести подготовку листового стекла путем обезжиривания поверхности. Обезжиривание можно производить путем обработки органическими растворителями или щелочными растворами, а также электрохимически. Этот процесс необходим для более равномерного распределения геля по поверхности стекла.

Гель в межлистовое пространство предпочтительно наносить заливочным способом. Данный способ можно разделить на вертикальный и горизонтальный.

Вертикальный способ изготовления многослойных конструкций представляет сборку стеклопакета, состоящим из двух и более стекол, между которыми остается зазор в 1 мм. Стеклопакет герметизируют и сверху вниз в промежутки между стеклами заливают гель. На рисунке 1.10 представлен стеклопакет, изготовленный вертикальным способом.

Вертикальный способ заливки имеет свой недостаток, который заключается в подборе оптимальной вязкости геля, который должен свободно распределяться в пространстве между стеклянными панелями и не вытекать в процессе сборки остекления и при дальнейшей его эксплуатации [25].

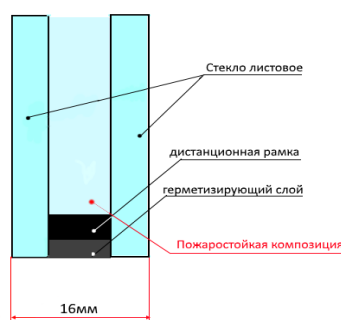


Рисунок 1.10 – Противопожарное остекление, собранное вертикальным способом

Горизонтальным методом заключается в нанесении терморазбухающего геля на листовое стекло и дальнейшем его распределении по всей поверхности. Высохший слой геля сверху накрывается вторым слоем листового стекла (рисунок 1.11). при сборке многослойной конструкции действия повторяются необходимое количество раз. Толщина гелевой прослойки составляет $0,5 \div 2,0$ мм.

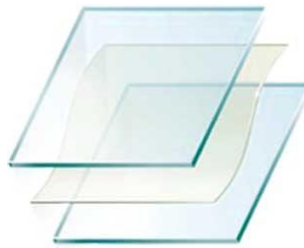


Рисунок 1.11 – Горизонтальный способ нанесения огнестойкого геля

Данный способ также имеет свои недостатки, такие как неравномерность распределения геля, попадание и образование пузырей воздуха.

2 Объект и методы исследования

Объектом исследования в работе является композиция на основе синтезированного жидкого стекла с модифицирующими добавками. В ходе работы исследовались свойства полученных композиций, а также изготовление в лабораторных условиях образца противопожарного стекла и определение его огнестойких свойств.

2.1 Характеристика жидкого стекла

Ранее было упомянуто, что жидкое стекло представляет собой водный раствор силикатов щелочных металлов (рис. 2.1).



Рисунок 2.1 – Жидкое стекло

Основными характеристиками жидкого стекла являются:

- экологическая чистота материала;
- отсутствие запаха;
- пожаробезопасность;
- при размораживании не изменяет своих свойств.

По виду щелочного катиона жидкие стекла разделяют на натриевые, калиевые, литиевые, а также четвертичного аммония [2]. В промышленности в основном выпускаются натриевые жидкие стекла в пределах значений

силикатного модуля $2,0 \div 3,5$ с плотностью $1,3 \div 1,6$ г/см³. Калиевые жидкие стекла характеризуются более высокими значениями силикатного модуля – $2,8 \div 4,0$. Данные стекла производятся в меньших масштабах, чем натриевые. Литиевые жидкие стекла и стекла на основе четвертичного аммония выпускаются реже, в виде опытных партий. Такая разность масштабов производства объясняется доступностью и дешевизной сырья. Также изготавливают смешанные жидкие стекла.

Растворимые стекла (растворимые силикаты натрия и калия) представляют собой вещества в аморфном стеклообразном состоянии, характеризующиеся определенным содержанием оксидов - R_2O и SiO_2 , где R - Na и K. Мольное соотношение SiO_2/M_2O называют силикатным модулем жидкого стекла n.

2.1.1 Модуль жидкого стекла

Общая формула жидкого стекла описывается формулой (3).



где R_2O обозначает Na_2O или K_2O ;

n – силикатный модуль.

Силикатный модуль характеризует качество стекла и равен числу молей SiO_2 , приходящихся на один моль щелочного оксида. Модуль натриевого жидкого стекла рассчитывается по формуле (4):

$$M = \frac{SiO_2}{Na_2O} \cdot 1,032, \quad (4)$$

где SiO_2 и Na_2O – содержание оксидов в процентах;

коэффициент 1,032 – отношение молекулярных масс оксидов натрия и кремнезема.

Аналогично для калиевого жидкого стекла (5):

$$M = \frac{SiO_2}{K_2O} \cdot 1,568, \quad (5)$$

где 1,568 – отношение молекулярных масс K_2O и SiO_2 .

Также силикатный модуль можно определить методом титрования, согласно методике ГОСТ 13078-81. Метод основывается на последовательном титровании раствором соляной кислоты жидкого натриевого стекла и раствором гидроокиси натрия до получения бесцветного раствора. Силикатный модуль в данном методе определяется по формуле (6):

$$M = \frac{V_1 - V_2}{2V}, \quad (6)$$

где V – объем раствора соляной кислоты, использованный при титровании, $см^3$;

V_1 - объем добавленного раствора соляной кислоты, $см^3$;

V_2 - объем раствора гидроокиси натрия, использованный при титровании, $см^3$.

Также модуль стекла можно определить по экспресс методике (7), зная его плотность и продолжительность истечения из воронки, точность определения $\pm 0,03$.

$$M = 3,175 - \frac{135(\rho - 1,385)}{\tau}, \quad (7)$$

где M – модуль жидкого стекла;

ρ – плотность по показаниям ареометра, $г/см^3$;

τ – продолжительность истечения 400 г жидкого стекла, с.

2.1.2 Вязкость жидкого стекла

Важной характеристикой жидкого стекла является вязкость. Жидкое стекло является коллоидным раствором, в связи с этим значение коэффициента вязкости зависит от скорости перемещения его слоев и имеет относительный характер.

Вязкость жидкого стекла является функцией концентрации, типа щелочного катиона и температуры. Зависимость вязкости от концентрации представлена на рисунке 2.2.

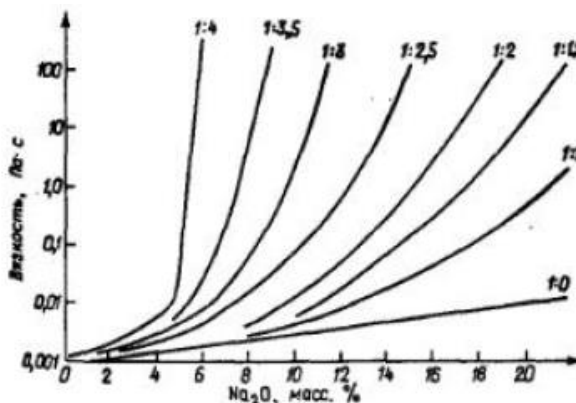


Рисунок 2.2 – Изменение вязкости натриевого жидкого стекла при температуре 20 °С с увеличением концентрации силиката натрия [2]

Можно заметить, что вязкость увеличивается при достижении порогового значения, которое, в свою очередь, имеет зависимость от модуля. Также вязкость жидкого стекла зависит от температуры. Данную зависимость можно рассмотреть на рисунке 2.3.

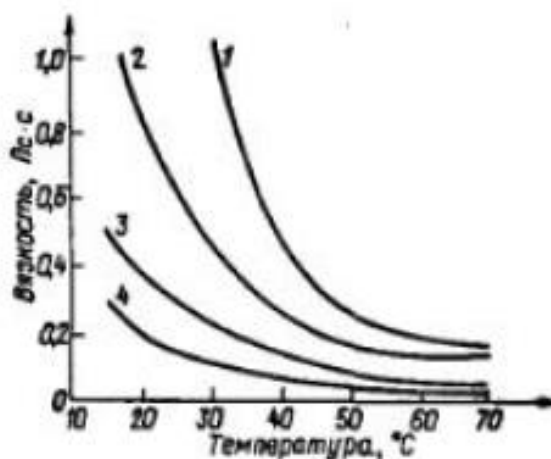


Рисунок 2.3 – Зависимость вязкости жидкого стекла от температуры:

1 – $n = 2.4$; 2 – $n = 2.9$; 3 – $n = 3.2$; 4 – $n = 2$ [2]

2.2 Методы исследования

В данной работе проводились исследования таких свойств как вязкость, оптическая плотность, силикатный модуль. Также проводились измерения водородного показателя и проведен дифференциально-термический анализ.

2.2.1 Определение оптической плотности

Оптическая плотность -является мерой ослабления света прозрачными объектами или отражения света непрозрачными объектами.

В данной работе для измерения оптической плотности используется Спектрофотометр Cary 60 Uv-Vis (Рисунок 2.4). Данный прибор относится к спектрофотометрам видимого спектра и имеет диапазон длин волн от 190 нм до 1100 нм [26].



Рисунок 2.4 – Спектрофотометр Cary 60 Uv-Vis

Для определения исследуемые растворы набираются в кюветы и помещаются в кюветное отделение прибора, где подвергаются воздействию лучей с разными длинами волн. Результаты исследования выводятся на монитор компьютера в виде кривых, которые строятся в координатах поглощение (ед.погл.) от длины волны (нм).

2.2.2 Определение вязкости жидких сред

Понятие вязкость определяется как внутреннее трение, свойство текучих тел оказывать сопротивление перемещению одной их части относительно другой [27]. Различают динамическую и кинематическую вязкость.

Для измерения вязкости применяются специальные приборы, называемые вискозиметрами. К основным методам определения вязкости относятся:

- Метод падающего шарика;
- Ротационный метод;
- Ультразвуковой метод;
- Капиллярный метод.

В данной работе вязкость жидкостекольных композиций измеряется с помощью двух вискозиметров: вискозиметра ВЗ-246 и вискозиметра Брукфильда (Рисунок 2.5).



Рисунок 2.5 – Вискозиметр ВЗ-246

1 – желоб для излишков испытуемого материала;

2 – резервуар; 3 – сопло; 4 – ножки

Вискозиметр ВЗ-246 предназначен для определения условной вязкости (времени истечения) жидкостей. Вискозиметр представляет резервуар (чашку) с внутренней поверхностью цилиндрической формы, переходящей снизу в полый конус. В верхней части вискозиметра закреплен фланец с кольцевым желобком для слива излишков испытуемых материалов. Вискозиметр устанавливается с помощью ножек [28].

Проведение измерения вязкости:

- 1) под сопло вискозиметра установить сосуд вместимостью 110÷150 мл;
- 2) отверстие сопла плотно заткнуть;
- 3) испытуемый материал налить в вискозиметр с избытком, чтобы образовался выпуклый мениск над верхним краем вискозиметра;
- 4) открыть отверстие сопла и одновременно с появлением испытуемого материала из сопла включить секундомер;
- 5) в момент первого прерывания струи испытуемого материала секундомер остановить и отсчитать время истечения;
- 6) для получения достоверных результатов испытание необходимо проводить не менее 3 раз. Повторное испытание проводят сразу после окончания предыдущего (без очистки вискозиметра) путем заполнения новой порцией испытуемого материала;
- 7) после проведения испытаний вискозиметр тщательно промыть соответствующим растворителем и протереть мягкой тканью.

Обработка результатов.

За результат испытания принимают среднее арифметическое результатов (не менее трех) измерений времени истечения в секундах. Допускаемые отклонения отдельных определений времени истечения от среднеарифметического значения при проведении испытания одним исполнителем не должны превышать $\pm 3\%$, при проведении испытания разными исполнителями $\pm 5\%$.

Время истечения контрольной жидкости в секундах вычисляют по следующей формуле (8):

$$V = \frac{g \cdot T \cdot K}{9,807} \quad (8)$$

где K – постоянная вискозиметра (по паспорту) 1,38;

V – вязкость, Па·с;

T – время истечения жидкости в секундах;

g – ускорение свободного падения $9,807 \text{ м/с}^2$.

Вискозиметр Брукфильда (Рисунок 2.6) предназначен для измерения вязкости жидкости при заданных значениях скорости сдвига. Принцип работы вискозиметра основан на вращении шпинделя (погруженного в жидкую пробу), закрепленного на калиброванной пружине. Торможение шпинделя, возникающее из-за вязкости жидкости, замеряется по отклонению пружины. Отклонение пружины замеряется ротационным преобразователем [29].



Рисунок 2.6 – Вискозиметр Брукфильд DV-II+Pro

Диапазон измерения вискозиметра (в сантипуазах или миллипаскалях на секунду) определяется скоростью вращения шпинделя, его размерами и

формой, формой испытательного контейнера, в котором вращается шпиндель, и полным диапазоном шкалы вращающего момента калиброванной пружины.

Для проведения измерений вязкости необходимо сделать следующее [29]:

- 1) установить защитную ногу на вискозиметр DV-II+Pro;
- 2) погрузить шпиндель в середину образца жидкости, уровень жидкости должен достигнуть канавки на валу шпинделя. Дискообразный шпиндель следует погружать медленнее и под наклоном, чтобы избежать образования пузырьков воздуха под нижней плоскостью диска. Присоединить шпиндель к оси вискозиметра. Удерживать ось одной рукой, а другой привинтить шпиндель;
- 3) включить мотор;
- 4) нажать MOTOR ON/OFF/ESCAPE и выключить мотор перед заменой образца или шпинделя.

2.2.3 Определение водородного показателя

Водородный показатель – (pH) это мера активности (в случае разбавленных растворов отражает концентрацию) ионов водорода в растворе, количественно выражающая его кислотность, вычисляется как отрицательный (взятый с обратным знаком) десятичный логарифм активности водородных ионов, выраженной в молях на литр.

В данной работе водородный показатель измеряется с помощью pH-метра S40 (Mettler Toledo) (Рисунок 2.7).

Перед измерением необходимо провести калибровку прибора. Для этого необходимо поместить электрод в буферный раствор для измерения показателя pH [30].



Рисунок 2.7 – pH-метр S40 (Mettler Toledo)

После калибровки электрода его следует промыть дистиллированной водой и приступить к измерению показателя исследуемого раствора.

2.2.4 Дифференциально-термический анализ

Дифференциальный термический анализ (ДТА) основан на регистрации разности температур исследуемого вещества и инертного образца сравнения при их одновременном нагревании или охлаждении. При изменении температуры в образце могут протекать процессы с изменением энтальпии, как например, плавление, перестройка кристаллической структуры, испарение, реакции дегидратации, диссоциации или разложения, окисление или восстановление [31]. Такие превращения сопровождаются поглощением или выделением тепла, благодаря чему температура образца и эталона начинают различаться. Этим методом удастся зафиксировать даже малые изменения температуры образца, благодаря конструкции прибора, а именно тому, что регистрирующие термопары от образца и эталона соединены навстречу друг другу. Повышенная чувствительность дифференциального метода позволяет исследовать образцы малого веса (до нескольких мг).

Дифференциально-термический анализ проводился с помощью прибора дериватографа (Рисунок 2.8)



Рисунок 2.8 – Дериватограф Paulik-Paulik-Erdey Q-1500D

Схема устройства дериватографа представлена на рисунке 2.9.

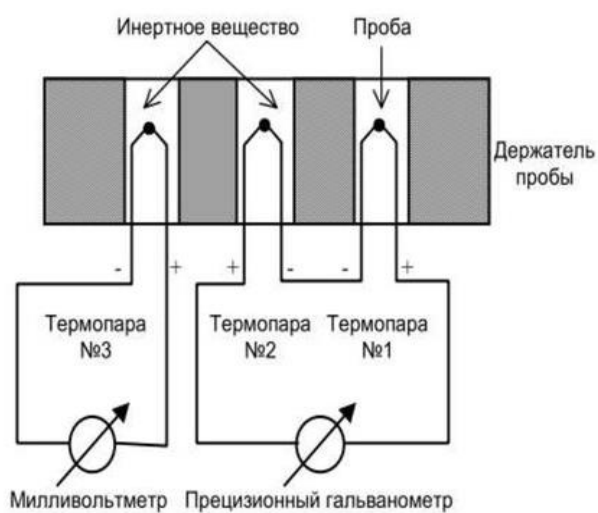


Рисунок 2.9 – Принципиальная схема устройства дериватографа

Результаты анализа регистрируются в виде кривых с характерными пиками, которые характеризуют термические эффекты (Рисунок 2.10), происходящими в композиции при ее нагревании.

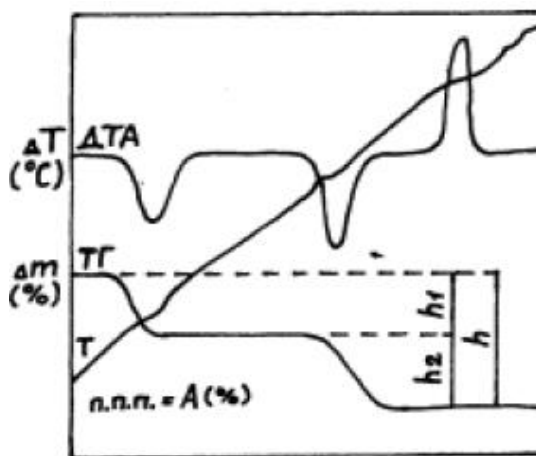


Рисунок 2.10 - Схематическое изображение кривых (Т, ДТА, ТГ)

2.2.5 Методы испытания на огнестойкость

Под огнестойкостью понимается способность стеклянной конструкции оказывать сопротивление действию огненного пламени с сохранением эксплуатационных качеств в условиях пожара. Это свойство характеризуется пределом огнестойкости, который определяется временем в минутах с момента начала воздействия огня и до разрушения конструкции, а также до достижения предельного состояния, например:

- Повышение температуры поверхности, не подвергающейся воздействию огня более, чем на 190 °C;
- образование трещин и проникание через них дыма и пламени;
- достижения несущих элементов конструкций или защищенных огнезащитными покрытиями частей критической температуры.

На рисунке 2.11 представлено поведение огнезащитного стеклопакета с терморазбухающей гелевой прослойкой при воздействии на него пламени.

Как видно из рисунка 2.11, промежуточные слои в случае пожара образуют непрозрачную защитную конструкцию, которая позволяет остеклению сохранять свою целостность и теплоизолирующую способность.

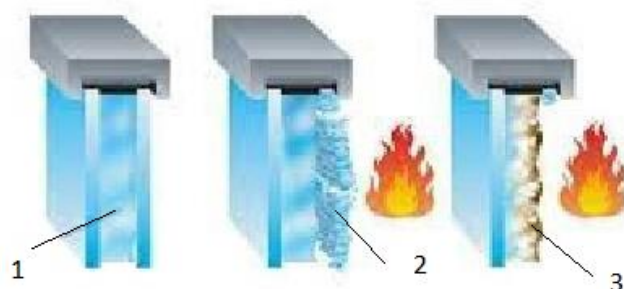


Рисунок 2.11 – Воздействие пламени на образец огнезащитного стеклопакета:

1 – гелевая прослойка; 2 – разрушение первого слоя листового стекла при воздействии огня; 3 – образование защитной огнестойкой пены

Огнезащитное стекло делят на три класса огнестойкости, в зависимости от способности сохранять целостность и ограничивать передачу тепла [32]:

- Класс Е – стекло способно сохранять целостность, не предотвращает проникновение теплового излучения, но препятствует распространению пламени и дыма. Не образует трещин и сквозных отверстий в течение определенного времени. Применяется однослойное стекло, толщина которого составляет $5 \div 10$ мм, а также многослойные конструкции с гелевой прослойкой, толщина которых $7 \div 12$ мм.

•

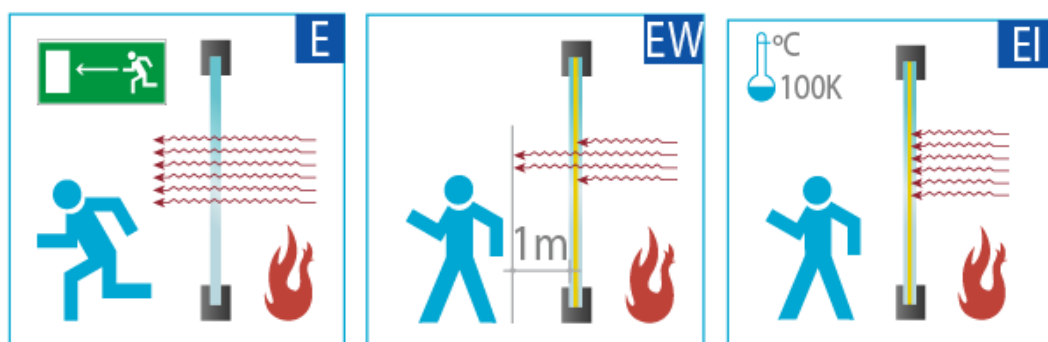


Рисунок 2.12– Стекла различных классов

- Класс EW – стекло сохраняет целостность, ограничивает передачу тепла, обеспечивает защиту от дыма. При возникновении пожара

рекомендуется находиться от остекления на безопасном расстоянии, на котором количество излучения не выше 10 кВт/м^2 .

- Класс EI – конструкция способна сохранять целостность и полностью предотвратить передачу тепла. Температура противоположной стороны по отношению к пламени составляет $140 \div 180 \text{ }^\circ\text{C}$. Огнезащитным остеклением являются многослойные стекла с прослойкой терморазбухающего геля толщиной в $4 \div 5 \text{ мм}$.

Кроме требований, предъявляемых к пределу огнестойкости, необходимо учитывать свойства, касающиеся внешнего вида конструкции, прочности и безопасности:

- Механическая прочность. Это свойство имеет важное значение, так как обеспечивает дополнительную безопасность при возникновении пожара. Высокая механическая прочность снижает риск разрушения стекла в стандартных условиях и защищает конструкцию от преждевременного разрушения;

- Безопасное разрушение огнезащитного остекления. Осколки стекла при разрушении не разлетаются, а остаются на гелевой прослойке;

- Пропускание света. Способность пропускать свет и оптические свойства зависят от качества и толщины используемого стекла, а также от свойств гелей и наличия покрытий. Светопропускание стекол класса EI составляет $85 \div 86 \%$;

Метод испытания стеклянных конструкций на огнестойкость описывает ГОСТ 30247.0-94 [33]. Испытаниям подвергаются полноразмерные образцы, которые устанавливаются в печи. На рисунке 2.13 приведена схема установки в печи образца огнестойкого стеклопакета.

Для проведения испытаний на огнестойкость стеклянных конструкций необходима специальная печь, в которой располагается ряд датчиков, в проеме печи устанавливается образец. После включения испытательной печи в ней начинают работать газовые горелки, тем самым имитируя условия пожара.

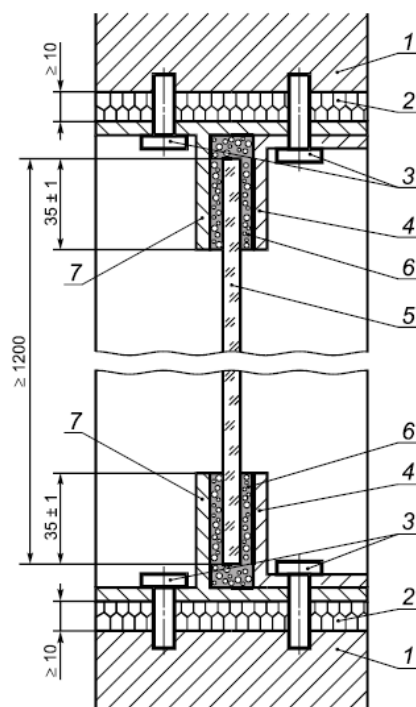


Рисунок 2.13 – Схема установки образца в печи

1 – печь; 2 – плита из минерального волокна; 3 – крепления; 4, 7 – стальная испытательная рама; 5 – испытуемый образец; 6 – асбестовая прокладка

В процессе воздействия пламени на одну из сторон образца происходит постепенный нагрев стекла. при температуре 200 °С гелевая прослойка вспенивается с последующим помутнением композиции. Объем слоя может увеличиться в 10 раз. Благодаря плотной образовавшейся пене последующие слои стекла не испытывают теплового воздействия до момента разрушения вспененного слоя. Процесс испытания стеклянной конструкции представлен на рисунке 2.14.

В процессе испытаний регистрируется температура в печи, давление в печи, температура необогреваемой поверхности образца, время появления и развития трещин, отверстий и отколов, через которые пламя и продукты горения проникают на противоположную сторону. Температура необогреваемой стороны образца стеклянной конструкции измеряется с помощью термопар, которые устанавливают в различных местах образца по определенным схемам (рисунок 2.15)

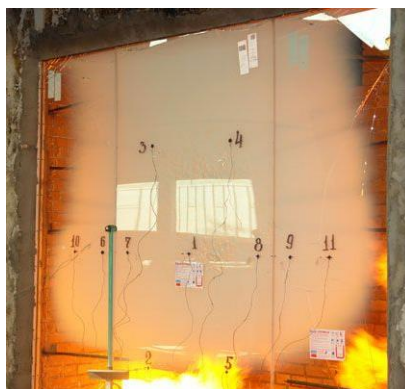


Рисунок 2.14 – Испытание противопожарной стеклянной конструкции на огнестойкость [34]

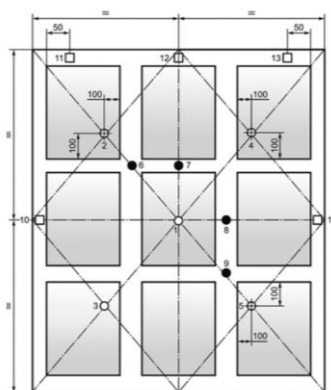


Рисунок 2.15 – Схема установки термопар на необогреваемой поверхности стеклянной перегородки

После проведения испытаний образец маркируется по ранее рассмотренным критериям (E,R,I,W) с указанием временного интервала (в минутах), в течение которого испытуемая конструкция выдерживала воздействие высоких температур. Например, маркировка EI60 указывает на то, что испытуемая конструкция способна выдержать действие высоких температур в течение часа, не теряя при этом целостности и теплоизолирующей способности.

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

Студенту:

Группа	ФИО
4Г8А	Беляева Арина Викторовна

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

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

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

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала инженерных решений (ИР)</i>	Расчет конкурентоспособности SWOT-анализ
2. <i>Формирование плана и графика разработки и внедрения НИ</i>	Структура работ. Определение трудоемкости. Разработка графика проведения исследования
3. <i>Составление бюджета инженерного проекта (ИП)</i>	Расчет бюджетной стоимости НИ
4. <i>Оценка ресурсной, финансовой, социальной, бюджетной эффективности НИ и потенциальных рисков</i>	Интегральный финансовый показатель. Интегральный показатель ресурсоэффективности. Интегральный показатель эффективности.

Перечень графического материала				
1. Оценка конкурентоспособности ИР 2. Матрица SWOT 3. Диаграмма Ганта 4. Оценка перспективности нового продукта 5. График разработки и внедрения НИ 6. 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	Кашук Ирина Вадимовна	к.т.н доцент		28.02.22

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Г8А	Беляева Арина Викторовна		28.02.22

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Противопожарные стекла с использованием импортного огнестойкого геля появились на рынке в России сравнительно недавно, а противопожарные стекла с использованием огнестойкого геля отечественного производства, являющиеся результатом данного исследования, пока не имеют конкурентов на рынке в России.

Проблемы эффективного ресурсопотребления и ресурсосбережения всегда являлись достаточно актуальными. Все технологические процессы сопровождаются потреблением первичных ресурсов, таких как земля, вода, воздух, топливо (энергия), материальные и трудовые ресурсы. Формирование и реализация стратегии ресурсосбережения на всех уровнях управления – один из важнейших вопросов стратегического менеджмента, так как ресурсоемкость является второй стороной товара, когда первой является его качество.

Таким образом, целью данного раздела является проектирование и создание конкурентоспособных разработок, технологий, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Достижение цели обеспечивается решением задач:

- оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований;
- планирование научно-исследовательских работ;
- расчет бюджета научно-исследовательской работы;
- определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.

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

4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Продукт, являющийся результатом данного исследования, предназначен для фирм, занимающихся производством огнестойких конструкций, таких как противопожарные окна, двери, перегородки.

В Сибирском округе выпуском огнестойких конструкций, основой которых являются противопожарные стекла определенного размера, занимается несколько фирм, такие как ЗАО «Оптиком» г. Томск, ООО «ФОРИС-НСК» г. Новосибирск, ООО «Гражданпромстрой» г. Красноярск.

Данные фирмы нуждаются в противопожарных стеклах отечественного производства и могут являться потенциальными потребителя результата данного исследования.

Основной конкурент в России по производству противопожарного стекла является компания «ФАЕРГЛАСС» г. Краснодар, но данная компания изготавливает противопожарные стекла с использованием импортного геля компании Pilkington (Германия), на дорогой органической основе.

Результат данного исследования представляет собой гель экологически чистый и не уступающий по своим эксплуатационным характеристикам гелю, выпускаемому немецкой компанией Pilkington.

В плане цен у данного продукта также не будет серьезных конкурентов, так как средняя отпускная цена 5500 руб/ лист стекла 1х2 м, а минимальная отпускная цена ближайшего конкурента – 10000 руб./лист стекла.

4.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Светопрозрачная огнестойкая конструкция является сравнительно новым для нашей страны видом продукции. Как было указано ранее в России выпуском таких изделий занимается несколько фирм, однако информация о производстве и составах огнестойких гелей отсутствует. Остальные производители огнестойких конструкций используют импортное огнестойкое стекло. В связи с чем, продукция имеет относительно высокую цену, что сдерживает широкое применение.

В таблице 4.1 представлена балльная оценка конкурентоспособности данной разработки.

Таблица 4.1 – Оценочная карта конкурентоспособности разработки

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. Повышение производительности труда пользователя	0,05	4	4	4	0,2	0,2	0,2
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,05	4	4	4	0,2	0,2	0,2
3. Помехоустойчивость	0,03	4	4	4	0,12	0,12	0,12
4. Энергоэкономичность	0,04	5	4	4	0,2	0,16	0,16
5. Надежность	0,08	5	5	4	0,4	0,4	0,32
6. Уровень шума	0,06	5	4	3	0,3	0,24	0,18
7. Безопасность	0,05	5	5	5	0,25	0,25	0,25
8. Потребность в ресурсах памяти	0,05	5	4	4	0,25	0,2	0,2
9. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,05	4	4	4	0,2	0,2	0,2
10. Простота эксплуатации	0,04	4	5	5	0,16	0,2	0,2
11. Качество интеллектуального интерфейса	0,04	5	5	4	0,2	0,2	0,16

12. Возможность подключения в сеть ЭВМ	0,02	4	5	4	0,08	0,1	0,08
--	------	---	---	---	------	-----	------

Продолжение таблицы 4.1

Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,08	5	5	5	0,4	0,4	0,4
2. Уровень проникновения на рынок	0,04	3	4	4	0,12	0,16	0,16
3. Цена	0,09	5	3	4	0,45	0,27	0,36
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,03	5	4	4	0,15	0,12	0,12
5. Послепродажное обслуживание	0,05	5	4	4	0,25	0,2	0,2
6. Финансирование научной разработки	0,05	5	5	5	0,25	0,25	0,25
7. Срок выхода на рынок	0,05	5	4	5	0,25	0,2	0,25
8. Наличие сертификации разработки	0,05	5	5	5	0,25	0,25	0,25
Итого	1	92	87	85	4,11	4,32	4,26

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot b_i \quad (4.1)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

b_i – балл i -го показателя.

В результате проведенной оценки конкурентоспособности разработки можно сделать вывод о том, что сильными сторонами разработки являются ее эксплуатационные характеристики, а именно звукоизоляция, огнестойкость, устойчивость к УФ-воздействию, морозостойкость, влагостойкость и цена продукта.

Среди слабых сторон можно выделить финансирование научной разработки, срок выхода разработки на рынок и наличие сертификации. Это

говорит о том, что необходимо прорабатывать пути продвижения данного продукта на рынок [37].

4.1.3 SWOT-анализ

Базовым рынком сбыта продукции является рынок Российской Федерации и СНГ, в перспективе планируется выход на международные рынки.

Успех в достижении стратегических целей научно-исследовательской работы обеспечивается получением синергетических эффектов выгоды от вертикальной интеграции, выгоды от диверсификации, от доступа к новым каналам сбыта продукции и технологиям, увеличение доли на рынке.

Таблица 4.2 – SWOT-анализ реализации проекта

Сильные стороны	Слабые стороны
С1. Низкая цена исходного сырья.	Сл1. Реактивы должны быть чистыми, присутствие примесей не допускается
С2. Малое количество компонентов и простота технологии.	Сл2. Длительное время температурной выдержки при изготовлении образца.
С3. Противостояние образца пламени длительное время.	Сл3. Энергозатратное производство
С4. Экологичность технологии.	Сл4. Экспериментальные данные не всегда совпадают.
С5. НИ ТПУ ведущий институт в области разработки функциональной и конструкционной керамики.	Сл5. Вероятность получения брака.
Возможности	Угрозы
В1. Разработка новых видов продукции для потребителей.	У1. Увеличение конкурентов.
В2. Увеличение спроса на продукцию.	У2. Появление зарубежных аналогов и более ранний их выход на рынок.
В3. Использование технологии в	

промышленном масштабе.	
------------------------	--

Для оценки эффективности проекта и надежности его реализации строятся интерактивные матрицы возможностей и угроз. 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	+	-	+	-	+
	B2	+	+	+	+	-
	B3	+	+	+	-	-

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

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

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

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

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

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

Результаты анализа представлены в итоговой таблице 4.7.

Таблица 4.7 – Итоговая таблица SWOT-анализа

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта С1. Низкая цена исходного сырья. С2. Малое количество компонентов и простота технологии. С3. Противостояние образца пламени длительное время. С4. Экологичность технологии. С5. НИ ТПУ ведущий институт в области разработки функциональной и конструкционной керамики.	Слабые стороны научно-исследовательского проекта Сл1. Реактивы должны быть чистыми, присутствие примесей не допускается Сл2. Длительное время температурной выдержки при изготовлении образца. Сл3. Энергозатратное производство Сл4. Экспериментальные данные не всегда совпадают. Сл5. Вероятность получения брака.
Возможности В1. Разработка новых видов продукции для потребителей. В2. Увеличение	Направления развития В2С2С3. Обширная база потребителей. В3С1С5. Устойчивые финансовые показатели.	Сдерживающие факторы В1Сл3Сл4Сл5. Отсутствие необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца

спроса на продукцию. ВЗ. Использование технологии в промышленном масштабе.		
Угрозы У1. Увеличение конкурентов. У2. Появление зарубежных аналогов и более ранний их выход на рынок.	Угрозы развития У2С2. Сравнительно низкие издержки производства относительно западных аналогов	Уязвимости: У1Сл1Сл2. Появление конкурентов с более новыми разработками с более развитыми научно-исследовательскими институтами У2Сл4Сл5. Нехватка инвестиционных средств, что не позволяет производить продукцию в нужном объеме

В результате проведения SWOT-анализа было выявлено, что сильные стороны рассматриваемой разработки преобладают над слабыми. С учетом данного анализа есть возможность устранить выявленные недостатки.

4.2 Планирование научно-исследовательских работ

4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

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.

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой могут входить научные сотрудники и преподаватели, инженеры,

техники и лаборанты. По каждому виду работ устанавливается соответствующая должность исполнителей.

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	Научный руководитель, инженер
	2	Календарное планирование выполнения НИР	Научный руководитель, инженер
Выбор и направление исследований	3	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер
	4	Выбор направлений исследований	Научный руководитель, инженер
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Научный руководитель, инженер
	6	Проведение эксперимента	Инженер
	7	Сопоставление результатов эксперимента с теоретическими исследованиями	Научный руководитель, инженер
Обобщение и оценка результатов	8	Оценка полученных данных	Научный руководитель, инженер
	9	Определение целесообразности проведения НИР	Инженер, научный руководитель
Изготовление и испытания опытных образцов	10	Получение опытных образцов	Инженер
	11	Лабораторные испытания опытных образцов	Научный руководитель, инженер
Оформление комплекта	12	Составление пояснительной записки	Инженер

документации по НИР			
---------------------	--	--	--

4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения

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

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

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

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

$t_{\text{max}i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, человек/дни.

Зная величину ожидаемой трудоемкости, можно определить продолжительность каждой i -ой работы в рабочих днях T_{pi} , при этом учитывается параллельность выполнения работ разными исполнителями. Данный расчёт позволяет определить величину заработной платы.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Календарный коэффициент определяется по формуле:

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

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

В 2021 году 365 календарных дней, из них 103 выходных и 19 праздничных дней. Тогда календарный коэффициент равен:

$$k_{\text{кал.инж}} = \frac{365}{365 - 103 - 19} = 1,50$$

Расчеты временных показателей проведения научного исследования обобщены в таблице 4.9.

Таблица 4.9 – Временные показатели проведения научного исследования (обозначения Исп.1 – руководитель, Исп.2 - студент)

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях T_{pi}	Длительность работ в календарных днях T_{ki}
	$t_{\min}$, чел-дни		$t_{\max}$, чел-дни		$t_{ож\ i}$, 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	-	3	-	2,5	-	2,5.	3
2. Календарное планирование выполнения НИР	1	3	3	3	1,7	3,2	2,4	4

Продолжение таблицы 4.9

3. Обзор научной литературы	1	5	1	10	-	6,4	6,4	10
4. Выбор методов исследования	-	3	-	4	-	3,5	3,5	5
5. Планирование эксперимента	2	7	5	8	2,8	6,5	4,6	6
6. Подготовка образцов для эксперимента	1	5	1	6	1	5,8	5,8	8
7. Проведение эксперимента	-	17	-	21	-	17	17	28
8. Обработка полученных данных	-	8	-	12	-	12	12	16
9. Оценка правильности полученных результатов	1	3	1	5	2,8	3,8	3,5	4,8
10. Определение целесообразности и проведения НИР	2	2	3	3	2,4	2,4	1,4	1,4

11.Лабораторные испытания опытных образцов	5	5	7	7	5,8	5,8	3,5	3,5
12. Составление пояснительной записки	-	10	-	10	-	8,8	8,8	25
Итого:	15	68	24	89	19	75,2	71,4	114,7

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

Таблица 4.10 – Диаграмма Ганта

№	Вид работ	Исп	T_{ki} , 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	9												
3	Обзор научной литературы	Исп2	3												
4	Выбор методов исследования	Исп2	4												
5	Планирование эксперимента	Исп1 Исп2	10												
6	Изготовление образцов для эксперимента	Исп2	5												

№	Вид работ	Исп	T_{ki} , кал. дн.	Продолжительность работ											
				февр			март			апр			май		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
7	Проведение эксперимента	Исп2	6												
8	Обработка полученных данных	Исп2	8												
9	Оценка правильности полученных результатов	Исп1 Исп2	28												
10	Определение целесообразности проведения НИР	Исп1 Исп2	16												

Продолжение таблицы 4.10

11	Лабораторные испытания опытных образцов	Исп2	4,8												
12	Составление пояснительной записки	Исп2	1,4												

Примечание:



– Исп. 1 (научный руководитель),



– Исп. 2 (инженер)

4.3 Бюджет научно-технического исследования

При планировании бюджета научного исследования должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов планируемых расходов, необходимых для его выполнения. В данной работе используется группировка затрат по следующим статьям:

- Затраты на сырье, материалы;
- затраты на специальное оборудование;

- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).

4.3.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования

В эту статью включаются 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 по данному разделу представлены в таблице 4.11

Таблица 4.11 – Сырье, материалы, комплектующие изделия и покупные полуфабрикаты, затрачиваемые на единицу изделия

Наименование	Марка, размер	Количество	Цена за ед., руб.	Итого затраты, руб.
Стекло	Листовое. Толщина 4 мм $S = 2 \text{ м}^2$	1 лист	250 руб/м ²	500
Гидроксид калия	ХЧ, ГОСТ 24363-80	1 кг	478 руб/кг	256
Глицерин	ГОСТ 6894-26	10 мл	98 руб/л	0,98
Аэросил	175	0,5 кг	641 руб/кг	321
Газовый баллончик с горелкой	Спец СИБ-400 Объем 400 мл	3	178	534
Итого:				1612

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.	$H_A, \%$	Цена оборудования, руб.	Амортизация
1	Весы аналитические Веста В153	1	8	4	13	15 000	625
2	Печь муфельная ПМ-8	1	12	2	8	42 300	587,5
3	рН-метр/ионметр/кондуктометр SevenGo Duo	1	6	0,12	17	130 000	216,67
4	Вискозиметра Брукфильд DV-II+PRO	1	5	0,1	20	112 000	186,67
5	Электроплита	1	10	4	10	1500	50
Итого:		1665,84 руб.					

4.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы

В данном разделе рассчитывается заработная плата исполнителя и руководителя, помимо этого необходимо рассчитать 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, выполняемых работником, раб.дн. (таблица 4.12).

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

Для шестидневной рабочей недели (рабочая неделя руководителя):

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

$$Z_{дн} = \frac{55770 \cdot 10,3}{213} = 2696,8 \text{ руб.}$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дней; M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

- при отпуске в 28 раб. дня – $M=11,2$ месяца, 5-дневная рабочая неделя;
- при отпуске в 56 раб. дней – $M=10,3$ месяца, 6-дневная рабочая неделя.

Для пятидневной рабочей недели (рабочая неделя лаборанта):

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

$$Z_{дн} = \frac{27885 \cdot 11,2}{213} = 1466,2 \text{ руб.}$$

Должностной оклад работника за месяц:

– для руководителя:

$$З_{\text{м}} = З_{\text{мс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) k_{\text{р}} \quad (4.10)$$

$$З_{\text{м}} = 28600 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 55\,770 \text{ руб.}$$

– для лаборанта:

$$З_{\text{м}} = З_{\text{мс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) k_{\text{р}} \quad (4.11)$$

$$З_{\text{м}} = 14300 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 27\,885 \text{ руб}$$

где $З_{\text{мс}}$ – заработная плата, согласно тарифной ставке, руб.; $k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, равен 0,3; $k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок, равен 0,2; $k_{\text{р}}$ – районный коэффициент, равен 1,3 (для г. Томска).

Таблица 4.13 – Баланс рабочего времени исполнителей

Показатели рабочего времени	Руководитель	Лаборант
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней	50	105
- выходные дни	14	14
- праздничные дни		
Потери рабочего времени	62	31
- отпуск	10	10
- невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени	229	205

Таблица 4.14 – Расчет основной заработной платы исполнителей

Исполнители НИ	$З_{\text{мс}}, \text{руб}$	$k_{\text{пр}}$	$k_{\text{д}}$	$k_{\text{р}}$	$З_{\text{м}}, \text{руб}$	$З_{\text{он}}, \text{руб}$	$T_{\text{р}}, \text{раб.дн.}$	$З_{\text{осн}}, \text{руб}$
Руководитель	28600	0,3	0,2	1,3	55700	2696,8	19	51239,2
Инженер	14300	0,3	0,2	1,3	27885	1466,2	75,2	110258,24
Итого:								161497,44

Дополнительная заработная плата определяется по формуле:

$$З_{доп} = k_{доп} \cdot З_{осн} \quad (4.12)$$

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

– для руководителя:

$$З_{доп} = 0,12 \cdot 51239,2 = 6148,70 \text{ руб}$$

– для инженера:

$$З_{доп} = 0,12 \cdot 110258,24 = 13230,99 \text{ руб}$$

4.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Отчисления во внебюджетные фонды определяется по формуле:

– для руководителя:

$$З_{внеб} = k_{внеб} (З_{осн} + З_{доп}) \quad (4.13)$$

$$З_{доп} = 0,3 \cdot (51239,2 + 6148,70) = 17216,37 \text{ руб}$$

– для инженера:

$$З_{доп} = 0,3 \cdot (110258,24 + 13230,99) = 37046,77 \text{ руб}$$

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 следующие расходы: печать ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи и т.д. Сумма 5

статьи затрат, рассчитанных выше, приведена в таблице ниже и используются для расчета накладных расходов.

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
1665,84	1612	161497,44	19379,69	54263,14	238418,1

Величина накладных расходов определяется по формуле (4.14):

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 5) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (4.14)$$

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 жидкостекольной композиции для противопожарного остекления» 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.1	Исп.2	
1	Материальные затраты НИР	1612	-	-	Пункт 4.3.1
2	Затраты на специальное оборудование	1665,84	-	-	Пункт 4.3.2

3	Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	161497,44	136778,6	136778,6	Пункт 4.3.3
4	Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	19379,69	16413,43	16413,43	Пункт 4.3.3
5	Отчисления во внебюджетные фонды	54263,14	45957,61	45957,61	Пункт 4.3.4
6	Накладные расходы	47683,62	8030,5	8030,5	Пункт 4.3.5
Бюджет затрат НИР		286101,72	400680,5	400680,5	Сумма ст. 1- 6

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

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

Интегральный финансовый показатель разработки рассчитывается как:

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

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

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

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения.

$\Phi_{\text{текущ.проект}} = 286101,72$ руб,

$\Phi_{\text{исп.1}} = 400680,5$ руб,

$$\Phi_{\text{исп.2}} = 400680,5 \text{ руб.}$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{тек.пр}} = \frac{286101,72}{400680,5} = 0,62;$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.1}} = \frac{400680,5}{400680,5} = 1;$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.2}} = \frac{400680,5}{400680,5} = 1.$$

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. Способствует росту производительности труда	0,25	5	5	5
2. Удобство в эксплуатации	0,15	5	5	5
3. Надежность	0,20	4	4	5
4. Энергосбережение	0,25	4	5	5
5. Материалоёмкость	0,15	5	5	4
ИТОГО	1	4,55	4,8	4,8

Расчет интегрального показателя для разрабатываемого проекта:

$$I_{p1} = 0,25 \cdot 5 + 0,15 \cdot 5 + 0,20 \cdot 4 + 0,25 \cdot 4 + 0,15 \cdot 5 = 4,55;$$

$$I_{p2} = 0,25 \cdot 5 + 0,15 \cdot 5 + 0,20 \cdot 4 + 0,25 \cdot 5 + 0,15 \cdot 5 = 4,80;$$

$$I_{p3} = 0,25 \cdot 5 + 0,15 \cdot 5 + 0,20 \cdot 5 + 0,25 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 = 4,60.$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки вычисляется на основании показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле 20:

$$I_{p1} = \frac{I_{p-исп.i}}{I_{исп.i}^{финр}} \quad (20)$$

$$I_{исп1} = \frac{4,55}{1} = 4,55; I_{исп2} = \frac{4,80}{0,5} = 9,6; I_{исп3} = \frac{4,60}{0,5} = 9,2;$$

Таблица 4.18 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Текущий проект	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,62	1	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,55	4,80	4,60
3	Интегральный показатель эффективности	4,55	9,60	9,20
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	0,5	1	1,35

Из расчетов выявлено, что текущий проект по интегральному показателю ресурсоэффективности вариантов является выгодным и превосходит аналоги. Так как данный проект является только научной разработкой и началом исследования, то интегральный финансовый показатель разработки рассчитать не представляется возможным. 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 местных недорогих сырьевых материалов и возможное достижение требуемых характеристик.

Выводы по разделу

В ходе планирования был разработан график реализации этапа работ для научного руководителя и лаборанта, с помощью которого можно оценить и планировать рабочее время исполнителей. Было определено общее количество дней для выполнения работ, которое составило 114,7 дней.

Для оценки затрат на реализацию проекта разработан проектный бюджет, который составляет 286101,72 руб;

Провели оценку эффективности ИР, которая показывает следующие выводы:

1) значение интегрального финансового показателя ИР составляет 0,62. Из этого следует, что разработка является финансово выгодной;

2) значение интегрального показателя ресурсоэффективности ИР составляет 4,55;

3) значение интегрального показателя эффективности ИР составляет 4,55, по сравнению с 9,60 и 9,2, и является невысоким, это означает, что необходимо рассмотреть другие варианты исполнения.