

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

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

<b>Тема работы</b> <b>Разработка состава и способа получения пористого стеклокомпозита на основе жидкого стекла</b>
--

УДК 666.189.3-419.8:661.68

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Г7А	Рыльский Михаил Максимович		

Руководитель ВКР

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

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Маланина Вероника Анатольевна	К.э.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Черемискина Мария Сергеевна			

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

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

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

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП

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

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

В форме:	<b>Бакалаврская работа</b>
----------	----------------------------

Студенту:

Группа	ФИО
4Г7А	Рыльский Михаил Максимович

Тема работы:

<b>Разработка состава и способа получения пористого стеклокомпозита на основе жидкого стекла</b>	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	28.01.2021, №28-12/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

**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; Экспериментальный анализ	Казьмина О.В.
Финансовый менеджмент	Черемискина М.С.
Социальная ответственность	Маланина В.А.
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы	19.01.21
---	----------

Задание выдал руководитель:

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

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Г7А	Рыльский Михаил Максимович		

## Планируемые результаты освоения ООП

### Технология тугоплавких неметаллических и силикатных материалов

Код компетенции	Наименование компетенции
<b>Универсальные компетенции</b>	
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 и иностранном (-ых) языке
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
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>	
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
<b>Профессиональные компетенции</b>	

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
<b>Профессиональные компетенции университета</b>	
ДПК(У)-1	Способность планировать и проводить химические эксперименты, проводить обработку результатов эксперимента, оценивать погрешности, применять методы математического моделирования и анализа при исследовании химико-технологических процессов

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

Школа Инженерная школа новых производственных технологий  
Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология  
Отделение школы (НОЦ) НОЦ Кижнера Н.М.  
Уровень образования – бакалавр  
Период выполнения – осенний/весенний семестр 2020/2021 учебного года

Форма представления работы:


Бакалаврская работа
---------------------

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

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

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

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Учёная степень	Подпись	Дата
Профессор НОЦ Кижнера	Казьмина О.В.	д.т.н.		

СОГЛАСОВАНО:

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

## Реферат

Выпускная квалификационная работа представлена на ниже представленных 62 страницах, содержит рисунков 5, таблиц 2, использовано источников литературы.

**Ключевые слова:** жидкое стекло, пористый композит, карбид кремния, рентгенофазовый анализ.

**Объект исследования** – пористый стеклокомпозит с добавлением жидкого стекла.

**Предмет исследования** – процессы, протекающие при получении пористого стеклокомпозита с добавлением жидкого стекла.

**Цель работы** разработка состава пористого стекломатериала с улучшенными звуко и тепло изоляционными свойствами.

В результате исследования получены:

- экспериментальные данные по разработке состава пеностекла;
- экспериментальные данные по исследованию свойств полученного материала.

**Область применения:** полученные образцы рекомендуется применять в строительстве для звуко и тепло изоляции.



## Оглавление

Введение.....	10
1.Литературный обзор. ....	12
1.1 Свойства и области применения пористых стекломатериалов .....	12
1.2 Жидкое стекло .....	14
1.3 Способы получения пористых стекломатериалов.....	17
2 Характеристика исходных материалов и методы исследования .....	20
2.1 Характеристика жидкого стекла.....	20
4 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	45
4.1 Анализ конкурентных технических решений.....	45
4.1.1 SWOT-анализ .....	46
4.2 Планирование научно-исследовательских работ.....	49
4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования .....	49
4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения .....	50
4.3 Бюджет научно-технического исследования.....	53
4.3.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования .....	53
4.3.2 Расчет амортизации специального оборудования.....	54
4.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы.....	55
4.3.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы.....	56
3.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	57
4.3.6 Накладные расходы.....	57
4.3.7 Бюджетная стоимость НИР .....	58
4.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	59

## Введение

Пористый стеклокомпозит – относительно новый материал, состоящий из ячеистых пор, которых должно содержаться в образце от 80% до 95%, замкнутых или сообщающихся между собой, разделенных меж поровой стекловидной перегородкой.

Ячейка-образная структура и неорганическая природа перегородки придают пеностеклу ряд важных и необходимых свойств: негорючесть, низкий коэффициент теплопроводности ( $0,04 \div 0,9$  Вт/м·К), влагонепроницаемость (менее 4 %), относительно высокую прочность на сжатие ( $0,5 \div 1,5$  МПа). За счет сочетания свойств пеностекло является эффективным строительным материалом, который конкурирует с классическими полимерными и волокнистыми звуко и теплоизоляторами.

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



## 1. Литературный обзор.

### 1.1 Свойства и области применения пористых стекломатериалов

Пористый материал является важным и функциональным материалом, который может использоваться от бытовых нужд до строительных. Применяется для теплоизоляции труб и домов, фильтрации, разделения твердых частиц в жидких средах, для звукопоглощения, а также для поглощения энергии электромагнитного излучения, звуковых волн и электромагнитных волн различных частот. За счет своей малой объемной плотности пористые стекломатериалы являются универсальными, так как имеют высокую пористость, низкую плотность, низкий коэффициент теплопроводности, а также относятся к классу экологичных, пожаробезопасных и долговечных материалов.

Основные области применения пористых материалов:

#### ***Теплоизоляция.***

Пеностекло имеет низкую теплопроводность, о чем свидетельствует высокая пористость материала (свыше 80 %). Способ передачи тепла между порами представляет собой теплопроводность, а теплопроводность газа в порах в основном зависит от конвекции и излучения. За счет своей пористости теплопередача в основном осуществляется излучением и конвекцией (газовой). По сравнению с твердотельной теплопроводностью эффективность теплопередачи конвекции и излучения намного ниже, поэтому теплопроводность пеностекла незначительна, среднее значение обычно колеблется  $0,035 \sim 0,139$  Вт /( $m \cdot K$ ). Для пеностекла с закрытыми порами теплопроводность меньше. Продукт можно увидеть в качестве материала для теплоизоляции и холодной изоляции. С точки зрения промышленности, он может использоваться для изоляции трубопроводов химических реактивов, изоляции оборудования на заводах по переработке нефти, изоляции различных нефте- и газопроводов. Еще может быть использован для противопожарной

защиты различных сооружений, их крыш, полов и стен, а также для защиты от постоянной температуры и влаги как на предприятиях, так и на частных строениях.

### ***Материал химически-устойчивой к различным средам.***

Имеющий стеклянную природу, неорганический материал, пеностекло, не вступает в химическую реакцию с щелочами и кислотами, за исключением плавиковой кислоты, т.е. обладает сильной кислото- и щелочестойкостью и коррозионной стойкостью. Это качество проявляется за счет того, что атомы кислорода в структуре стекла связаны с атомами стеклообразователя, поэтому его можно использовать для футеровки коррозионных дымовых газов. При изучении кислотостойкости пеностекла качество образца в основном не изменялось, что свидетельствует о высокой стойкости к кислотной коррозии пеностекла. Так же при исследовании стойкости щелочной коррозии пеностекла анализ показал, что не было создано никаких новых веществ и не произошло эрозии на поверхности, что указывает на высокую щелочную коррозионную стойкость.

### ***Акустическое поглощение.***

Материал будет обладать хорошими свойствами звукопоглощения если количество открытых пор в образце пеностекла от общего объема пор составляют от 40% до 60 %. Акустическая волна является разновидностью материальной волны, и для ее распространения требуется среда распространения, то есть будет происходить движение молекул в среде. Когда звуковая волна распространяется в пеностекле, газ в поре перемещается, из-за чего перемещение части газа вблизи стенки поры затруднено. С помощью влияния на вибрацию получают затухания звуковых волн, часть звуковой энергии преобразуется в тепловую энергию, из-за чего и достигается эффект поглощения звука.

С быстрым развитием индустрии и появления новых зданий, растет применение звукопоглощающего пеностекла за счет его характеристик превосходящих конкурентов. Направления его использования — это метро,

спортивные и концертные залы, промышленные предприятия и на отдельные крупные здания. Самое высокое звукопоглощение было достигнуто, когда связанную пористость пеностекла удалось увеличить с 60 % до 80 %, средний коэффициент звукопоглощения не просто превысил 0,6 и достиг 0,7.

### *Электромагнитное поглощение.*

Пористые материалы, например, такие как, композитная пена, керамическая пена, углеродная пена, широко используются в качестве электромагнитного поглощающего материала из-за их пористой структуры. Пеностекло тоже можно отнести к этому списку, но оно достаточно мало изучено.

Были изучены микроволновые характеристики поглощения пеностекла с графитом в качестве пенообразователя. При проведении опытов установили, что на характеристики поглощения пеностекла влияет содержание графита и его тип. Толщина образца играет тоже не мало важную роль. В диапазоне частот 8 ~ 18 ГГц отражательная способность полученного пеностекла достигает -5 ~ -13 дБ, что соответствует требованиям противорадиолокационной маскировки наземных целей.

## 1.2 Жидкое стекло

Достаточно широкое понятие, которое включает в себя водные щелочные растворы силикатов, независимо от вида катиона, кремнезем и его концентрации, его полимерного строения и способа получения таких растворов. Жидкое стекло можно получить не только растворением в воде стекол, но и путем растворения кремнезема в щелочах, а также растворением аморфных или кристаллических порошков гидратированных или безводных щелочных силикатов. Жидкие стекла по составу бывают весьма разнообразны: калиевые, натриевые, литиевые, а также на основе четвертичного аммония или других сильных органических оснований.

Жидкое и растворимое стекло являются крупнотоннажными продуктами неорганического синтеза, который производится в развитых странах мира.

С каждым годом все больше и больше различных областей проявляют интерес к этому продукту. А все из-за того, что исследуемый нами продукт обладает далеко не одним полезным свойством: экологической чистотой производства и применения, негорючестью и не токсичностью, а также относительной дешевизной и доступностью исходного сырья. Растворимые стекла (растворимые силикаты натрия) представляют собой вещества в аморфном стеклообразном состоянии, с характерным содержанием таких оксидов как  $\text{Na}_2\text{O}$  и  $\text{SiO}_2$ . Мольное соотношение  $\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O}$  составляет  $2,6 \div 3,5$  при содержании  $\text{SiO}_2$   $69 \div 76$  масс. % для натриевого стекла и  $65 \div 69$  масс. % — для калиевого стекла. Жидкое стекло подразделяют на натриевые, калиевые, литиевые, органических оснований, по виду щелочного катиона. По массовому или мольному соотношению в стекле  $\text{SiO}_2$  и  $\text{Na}_2\text{O}$  жидкие стекла различают по силикатному модулю. Одной из важных, даже основной характеристикой является значение вязкости раствора.

Жидкие стекла или растворимые силикаты натрия применимы как компоненты для связки и производства жаропрочных, химически стойких материалов. Высокая когезионная прочность, легкость и безопасность, низкая стоимость, далеко не все полезные свойства и преимущества жидкого стекла. Так же материалы не склонны к коррозии, не испаряют пожароопасных летучих компонентов и не вредят окружающей среде при эксплуатации и работе с ними. В практическом использовании жидких стекол можно рассмотреть три основных направления. Первое направление связано с проявлением жидким стеклом вяжущих свойств — способности к самопроизвольному отвердеванию с образованием искусственного силикатного камня. Уникальным свойством жидкого стекла является его высокие адгезионные способности к подложкам различной химической природы. В таком случае жидкое стекло выступает в качестве химической связки для склеивания различных материалов, изготовления покрытий и

производства композиционных материалов. Второе направление предлагает применение жидких стекол в качестве источника растворимого кремнезема, т.е. исходного сырьевого компонента для синтеза различных кремнеземсодержащих веществ — силикагеля, белой сажи, цеолитов, катализаторов и носителей для них, кремнезоля и др.

Третья область — это применению силикатов щелочных металлов в качестве химических компонентов в составе различных веществ. Это направление предполагает использование жидкого стекла в производстве синтетических моющих средств, для отбели и окраски тканей, при производстве бумаги и т.д.

### 1.3 Процессы, протекающие при нагревании жидкого стекла

Растворы жидкого стекла обладают высокой реакционной способностью и легко меняют агрегатное состояние из жидкого в твердое следующими способами: потеря влаги при обычных температурах или при нагревании выше 100°C; введение специальных реагентов – отвердителей.

По данным термического анализа установлено, что формирование силиката натрия протекает в три стадии. На кривой ДТА разложения жидкого стекла (кривая 1 рис.1.1) наблюдается 3 эндотермических эффекта при температурах 80 °С, 110 °С, и 610 °С, при этом на первой стадии происходит испарение адсорбционной воды, входящей во внешнюю координационную сферу. На второй стадии идет интенсивное удаление кристаллизационной воды, входящей во внутреннюю координационную сферу, при более высокой температуре, на 3 стадии выделяется гидратная вода, таким образом, происходит полное обезвоживание силиката натрия.



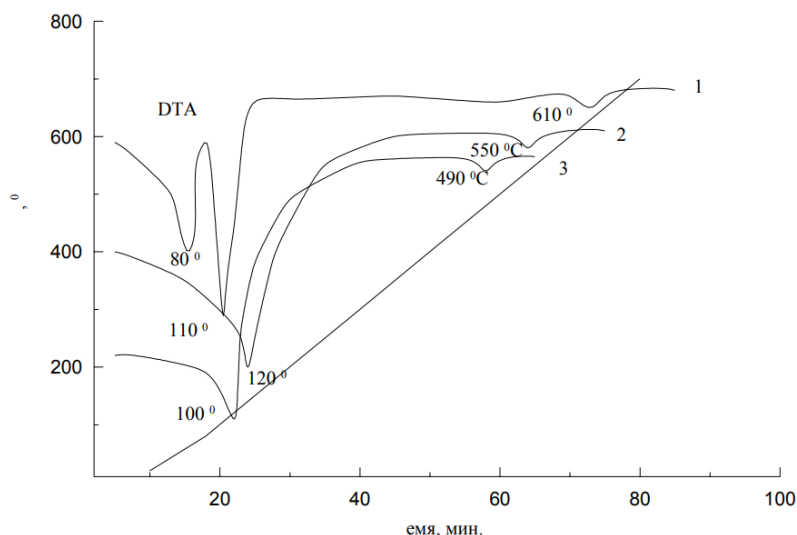


Рис.1.1 Кривые ДТА: 1- жидкое стекло без разбавлений, 2- жидкое стекло с разбавлением на 50%, 3- жидкое стекло с разбавлением на 90%.

При формировании пористого материала основным порообразователем является адсорбционная и кристаллизационная вода. Для получения пористых материалов необходим предварительный прогрев при температурах 80 °C в течении 40 мин, с дальнейшим вспениванием при температуре 350÷400 °C в течении 40÷45 мин.

### 1.3 Способы получения пористых стекломатериалов

Осаждение - один из самых наиболее распространенных методов получения пористых материалов, сопровождающийся, как правило, переходами; золь—гель—ксерогель. Каждый из этих переходов, будь то золь—гель, гель—ксерогель, независимо от механизма его действия, вносит определенный вклад в общий процесс парообразования.

Наша технология получения изделий основана на использовании растворов неорганических полимеров. Основная стадия безалкогольной технологии — получение золя. Поэтому важным преимуществом технологии является возможность управления свойствами исходной системы, что позволяет контролировать такие параметры, как пористость, дисперсность в

готовом оксидном, продукте. Схема проведения экспериментов: кремне золь, содержащий органические добавки, заливали во фторопластовые формы диаметром 20 мм и высотой 90 мм, где происходит старение геля при температуре от 60 до 80 °С в течение 50 ч. Сушка геля проводится в режиме динамического нагрева до 200 °С со скоростью 1—3 град/мин.

Органические добавки могут выполнять двойную функцию: с одной стороны, органическая жидкость стабилизирует данную дисперсность частиц, так как молекулы обволакивают частицу, создавая дополнительные сольватные оболочки; с другой стороны, низкое поверхностное натяжение ослабляет капиллярные силы в порах и определяет степень сжатия при сушке.

По окончании сушки измеряли плотность, пористость образцов, делали ситовый анализ. Проводя сушку в определенных условиях до 200 °С, изменяя при этом только состав жидкой фазы, получали образцы с различными объемными плотностями. Видно, что плотности образцов с бутиловым и этиловым спиртами примерно на 10—20 % ниже, а с ДМФ и со смесью ДМФ и бутилового спирта примерно на 40 % меньше исходных (рН 2). Для гелей с рН = 8,5÷9 наблюдается такая же закономерность, но плотности еще меньше, что связано с ускорением всех процессов, увеличением дисперсности и соответственно пористости. Увеличение общей пористости образцов с ДМФ связано с большей величиной его молекул и большей вероятностью задержания их в порах по сравнению с водой из-за разницы значений температур кипения воды и ДМФ.

Следующим этапом работы были исследования по термической обработке гелей с различными объемными плотностями в интервале температур от 200°С до 1000 °С, при этом определялись зависимости линейной усадки и плотности образцов с различными добавками от температуры. Установлено, что усадка становится заметной при температуре выше 500 °С, после 900 °С она резко возрастает. Гели с исходной плотностью < 1 г/см<sup>3</sup> имеют линейную усадку до 25—30 %, при этом их конечная плотность достигает значений 1,7÷2,0 г/см<sup>3</sup>

Известно много способов получения пеностекла, наиболее часто используемый метод порошкового спекания. Мы смешали: стеклопорошок, жидкое стекло, алюминиевую пудру, гидроксид натрия. После смешения пошла фаза нагревания, где и происходит вспенивание.

Ниже представлен температурный режим в печи.

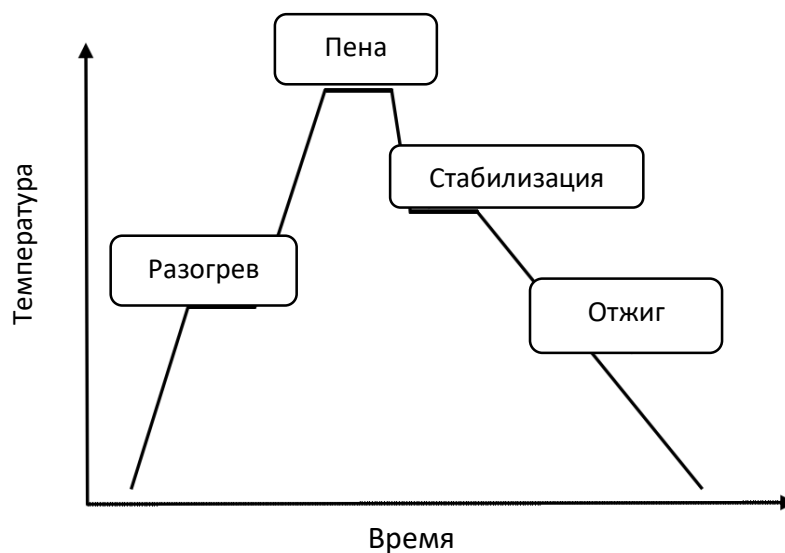


Рис. 1.2. – Температурный режим получения пеностекла

## 2 Характеристика исходных материалов и методы исследования

### 2.1 Характеристика жидкого стекла

Жидкое стекло – раствор щелочных силикатов натрия  $\text{Na}_2\text{O}(\text{SiO}_2)_n$  и калия  $\text{K}_2\text{O}(\text{SiO}_2)_n$  являются представителями более обширного класса водорастворимых силикатов и жидких стекол, выпускаемых в промышленных масштабах.

Характеристики жидкого стекла:

- экологически чистый материал;
- густая жидкость желтого или серого цвета; не имеет запаха;
- пожаробезопасное;
- устойчивое при высоких температурах;

Таблица 2.1. – Характеристика жидких компонентов композиционной краски

Название компонента	pH	плотность, г/см <sup>3</sup>	условная вязкость по ВЗ-4 при 23 °С, с	содержание нелетучих веществ, мас. %
жидкое стекло	11,8	1,49	15 – 30	44 – 46

В промышленности жидкое стекло из силикат-глыбы получают тремя способами: 1) растворением в котле, куда заливают кипящую воду и засыпают силикат-глыбу с крупностью помола до 0,8 мм; происходит непрерывное кипение и перемешивание; способ малопродуктивный;

2) варки жидкого стекла в стационарном автоклаве при давлении пара (3 – 8) · 10<sup>5</sup> Н/м<sup>2</sup>; повышенное давление заметно ускоряет процесс; при этом используется силикат-глыбы с размером частиц до 100 мм; 3) варки жидкого стекла во вращающемся автоклаве; данный способ является самый производительный.

Вязкость – это свойство, которое характеризует внутреннее трение жидкости. Условная вязкость, оцениваемая по вискозиметру ВЗ-4 в секундах, – один из критериев оценки состояния жидкостекольной суспензии в

литейных цехах. Вязкость суспензии, в свою очередь, зависит (при постоянном модуле жидкого стекла) от плотности используемого жидкого стекла, температуры и наполненности ( $m$ ) суспензии пылевидным наполнителем. Наполненность суспензии – масса пылевидного наполнителя в  $1 \text{ дм}^3$  ее жидкой составляющей, в данном случае – жидкого стекла, разбавленного до требуемой плотности, от которого во многом зависит условная вязкость суспензии.

Растворимое стекло представляет собой щелочной натриевый или калиевый силикат переменного химического состава, выраженного общей формулой:  $R_2O \cdot (SiO_2)_n$  где  $R_2O$  обозначает  $Na_2O$  или  $K_2O$ ;  $n$  – силикатный модуль характеризует 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 2,5-3,5 (в среднем 3,0). Водный щелочной раствор растворимого стекла (силикатов натрия  $Na_2O(SiO_2)_n$  и (или) калия  $K_2O(SiO_2)_n$ ) называют жидким стеклом. От обычного оно отличается тем, что растворяется в воде. Наибольшее распространение получило более дешевое натриевое стекло, хотя по свойствам калиевое более ценно. определение силикатного модуля сводится к экспериментальному определению содержания оксидов натрия (или калия) и кремния в анализируемой пробе. Содержание  $Na_2O$  определяется методом титрования пробы жидкого стекла соляной кислотой в присутствии индикатора метилового оранжевого.

## 2.2 Характеристика порошка стекла

В работе был использован бой тарного стекла, на который распространяется ГОСТ 34035-2016, основными компонентами которого являются  $SiO_2$ ,  $CaO$  и  $Na_2O$  и небольшое количество  $Al_2O_3$ ,  $MgO$ ,  $Fe_2O_3$  и др. Наиболее распространенное натриево-кальциево-силикатное стекло. Одной из важнейших характеристик порошковых материалов, используемых для

получения пеностекла, является их удельная поверхность. Для определения удельной поверхности порошка стекла использовали прибор Товарова (рис. 3). В основе метода лежит измерение сопротивления, оказываемому воздуху, просасываемому через слой материала установленной толщины и площади поперечного сечения, уплотненного до определенного содержания пустот в единице объема.

В гильзу, на перфорированную пластинку помещали порошок стекла в виде слоя определенной толщины (навеска 10-13 г). Далее при помощи водоструйного насоса создавали определенное давление, чтобы жидкость под влиянием разности уровней начинала перетекать из закрытого колена в открытое, и вызывая этим просасывание воздуха через слой исследуемого порошка. Измеряется время, за которое уровень жидкости опускается от одной отметки до другой. Продолжительность просасывания при прочих равных условиях зависит от величины удельной поверхности порошка, что дает возможность вычислить ее величину.

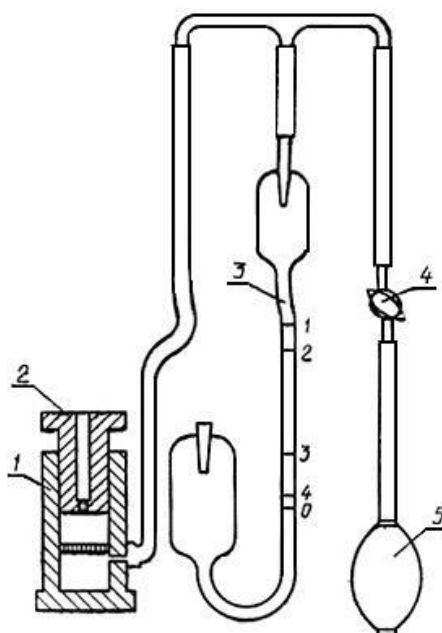


Рис. 2.1 – Прибор для определения удельной поверхности:

1 - резервуар; 2 - поршень; 3 - манометр; 4 - кран; 5 - резиновая груша

Опыт необходимо повторить 3 раза и определить среднее значение истечения определенного объема воды. После, определили величину удельной поверхности по формуле (1).

$$S_M = \frac{K}{\rho} \cdot \sqrt{\frac{m^3}{(1-m)^2} \cdot \sqrt{\frac{1}{\eta}} \cdot \sqrt{T}}, \text{ см}^2/\text{Г} \quad (1)$$

где  $\rho$  – истинная плотность материала, г/см<sup>3</sup>;

$K=27$  – постоянная прибора;

$T$  – время снижения уровня воды от метки сверху расширения до отметки снизу расширения, сек;

$m$ -пористость порошка в долях единицы;

$\eta$  - вязкость воздуха при температуре опыта.

### 2.3 Определение вязкости жидкого стекла

При течении жидкости, между ее слоями возникает внутреннее трение. Коэффициент внутреннего трения ( $\eta$ ) или коэффициент вязкости является мерой этого внутреннего трения. Вязкость определяли методом падающего шарика. Опыт проводится при температуре 21°C. После доведения температуры жидкого стекла до указанной, жидкое стекло заливают в цилиндр, не менее 500 см<sup>3</sup>. Жидкое стекло доводят до метки. После всплывания пузырьков воздуха из жидкого стекла в него, возможно ближе к центру трубки, опускают металлический шарик и замеряют время его движения в жидком стекле между двумя штрихами. Таких замеров следует сделать не менее трех.

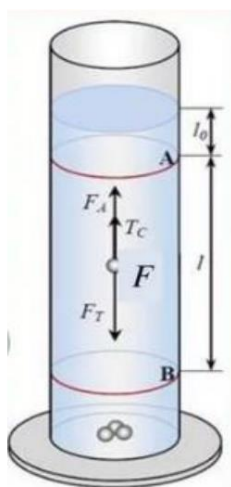


Рис.2.2. Цилиндр для определения вязкости методом падающего шарика

## 2.4 Определение модуля жидкого стекла

Основу метода определения модуля жидкого стекла (силикатного модуля), представляет последовательное титрование. В роли титранта используется раствор соляной кислоты, который взаимодействует с жидким натриевым стеклом и раствором гидроксида натрия до получения бесцветного раствора. При титровании используем кислотно-основной индикатор. Его получают смешиванием равных объемов 0,2% спиртового раствора метилового красного и 0,1% спиртового раствора метиленового голубого, приготовленного при слабом нагревании.

Силикатный модуль или модуль жидкого стекла определяем по формуле:

$$M = \frac{V_1 - V_2}{2 \cdot V}$$

$V$  - объем раствора соляной кислоты, использованный при титровании, см<sup>3</sup>;

$V_1$  - объем добавленного раствора соляной кислоты, см<sup>3</sup>;

$V_2$  - объем раствора гидроксида натрия, использованный при титровании, см<sup>3</sup>.

## 2.5 Рентгенофазовый анализ

При получении пористого пеностеклянного материала с радиопоглощающими свойствами использовали современные методы анализа, такие как рентгенофазовый анализ, оптическая микроскопия, растровая электронная микроскопия и ряд стандартных методик для определения свойств исходного сырья и готового продукта.

Физической основой рентгенофазового анализа (XRD) является дифракция рентгеновских лучей (длины волн от  $10^{-12}$  до  $10^{-5}$  см) при прохождении через решетку вещества. Целью рентгенофазового анализа является определение его межплоскостного расстояния и набор относительных положений для определения интенсивности соответствующей



линии на рентгенограмме материала. Угол отражения находят согласно закону Брэгга-Вольфа.

$$n \cdot \lambda = 2d \cdot \sin \theta, \quad (1.1)$$

где  $d$  – межплоскостное расстояние, Å;

$\theta$  – угол падения рентгеновского луча, град.;

$n=1,2,3$  – целое число длин волн;

$\lambda$  – длина волны рентгеновского луча, Å.

Что бы определить количественное содержание аморфной фазы и кристаллической фазы в стеклокристаллическом материале была использована компьютерная программа Renex для обработки рентгенограмм. С помощью программы определяли площадь пика, соответствующего кристаллической и аморфной фазам. Суммируя площадь пика каждой фазы, находили соотношение  $A$  ( $A = \Sigma_{кр} / \Sigma_{ам}$ ). Количество стеклофазы рассчитывали по формуле (1.2)

$$C_{ф} = 1 / (1 + A) \cdot 100, \quad (1.2)$$

где,  $A$  - количество кристаллической фазы, объемные %.

Количество кристаллической фазы рассчитывали по формуле (1.3).

$$K_{рф} = 100 - C_{ф}, \quad (1.3)$$



Рис. 2.3 – Дифрактометр Дрон-3М

Рентгенофазовый анализ проводили на дифрактометре Дрон-3М (рис. 2.3).

## 2.6 Электронная микроскопия

Оптическая и электронная микроскопия проводилась для изучения пеностекла на микроуровнях и макроуровнях. Определение микроструктурных характеристик исследуемых объектов проводилось с помощью сканирующего электронного микроскопа JEOL JCM-6000 NeoScope (рис. 2.4). С его помощью можно получать увеличенное изображение высокого разрешения и четкости. Съемка проводилась при следующих режимах: ускоряющее напряжение электронного пучка 10 – 15кВ, рабочее расстояние съемки 7 - 53 мм и покрывающий диапазон увеличения - от x10 до x 60 000. Цифровой USB-микроскоп Digital Microscope предназначен для микроскопического исследования объектов. Работает микроскоп Digital Microscope по принципу цифровой камеры, исследуемые объекты снимаются и увеличиваются. Все микроскопы оснащены осветителем, состоящим из 4 или 8 светодиодов, и поставляются в комплекте со специальным программным обеспечением.



Рис. 2.4 – Электронный микроскоп JEOL JCM-6000

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
4Г7А	Рыльский Михаил Максимович

<b>Школа</b>	<b>ИШНПТ</b>	<b>Отделение Школа</b>	<b>СВОЕ</b>
<b>Уровень образования</b>	Очное	<b>Направление/специальность</b>	Химическая технология

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

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

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

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

**Перечень графического материала**

<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Оценка конкурентоспособности ИП</li> <li>2. Матрица SWOT</li> <li>3. Диаграмма Ганта</li> <li>4. Бюджет НИ</li> <li>5. Основные показатели эффективности НИ</li> </ol>	
--	--

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

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент ОСГН ШБИП	Маланина Вероника Анатольевна	к.э.н доцент		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
4Г7А	Рыльский Михаил Максимович		

## ВВЕДЕНИЕ

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

Данный раздел, предусматривает рассмотрение следующих задач:

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

Цель данной ВКР – разработка технологии получения пористых стеклокомпозитов с добавлением жидкого стекла и оценка качества продукта.

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

### 4.1 Анализ конкурентных технических решений

В ходе исследования были рассмотрены конкурирующие разработки о покрытиях различного состава:

- 1) Пористые материалы, разработанное предприятием завода
- 2) Пористые материалы, разработанное на базе ТПУ.

В таблице 1 показано сравнение разработок-конкурентов и разработки данного НИ с точки зрения технических и экономических критериев оценки эффективности.

Таблица 1 – Сравнение конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Экспертная оценка				Конкурентноспособность			
		Б <sub>НР</sub>	Б <sub>К1</sub>	Б <sub>К2</sub>	Б <sub>К3</sub>	К <sub>НР</sub>	К <sub>К1</sub>	К <sub>К2</sub>	К <sub>К3</sub>
Технические критерии оценки ресурсоэффективности									
1. Долговечность	0,074	4	1	2	3	0,296	0,074	0,148	0,222
2. Удобство в эксплуатации	0,085	5	4	4	4	0,425	0,765	0,765	0,68
3. Надежность	0,096	4	5	5	5	0,672	0,576	0,576	0,576
4. Экологичность	0,086	3	4	4	4	0,946	0,602	0,602	0,602
5. Температурный режим варки стекла	0,095	4	4	3	4	0,475	0,475	0,57	0,665
6. Режим эмалирования	0,081	5	4	4	4	0,405	0,648	0,729	0,567
7. Стоимость сырьевых материалов	0,097	4	3	3	3	0,388	0,582	0,582	0,582
8. Безопасность при использовании	0,099	5	4	4	3	1,485	0,792	0,792	0,99
9. Масса	0,052	4	3	3	3	0,728	0,52	0,468	0,416
Экономические критерии оценки эффективности									
1. Цена	0,103	2	3	3	3	1,236	1,336	1,236	1,133
2. Наличие сертификации разработки	0,088	3	3	3	4	0,088	1,408	1,408	1,408
3. Конкурентоспособность продукта	0,022	3	2	3	2	0,286	0,264	0,286	0,264
4. Финансирование научной разработки	0,007	3	4	3	3	0,063	0,077	0,077	0,091
5. Уровень проникновения на рынок	0,015	4	5	4	4	0,09	0,21	0,21	0,21
Итого	1	-	-	-	-	8,897	8,88	8,985	8,845

Расчет конкурентоспособности, на примере стабильности срабатывания, определяется по формуле:

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

Где К – конкурентоспособность проекта;  $B_i$  – вес показателя (в долях единицы);  $B_i$  – балл показателя.

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

#### 4.1.1 SWOT-анализ

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

Первый этап, составляется матрица SWOT, в которую описаны слабые и сильные стороны проекта и выявленные возможности, и угрозы для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде, приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Матрица SWOT-анализа

<b>Сильные стороны</b>	<b>Слабые стороны</b>
С1. Возможность расширения продукта в широких масштабах	Сл1. Отсутствие ссылок и материалов для соответствующих научных исследований.
С2. Безопасность при использовании	Сл2. Долгое время подготовки образца, используемого при проведении научного исследования.
С3. Использование хорошей научно-исследовательской базы	Сл3. Высокие требования к экспериментальному оборудованию.
С4. Экологичность технологии	Сл4. Эксперименты имеют большие погрешности и неопределенности.
С5. Надежная продукция	Сл5. Вероятность получения брака.
<b>Возможности</b>	<b>Угрозы</b>
В1. Использование оборудования ИНШПТ ТПУ	У1. Снижение стоимости разработок конкурентов.
В2. Появление потенциального спроса на новые разработки.	У2. Появление зарубежных аналогов и более ранний их выход на рынок.
В3. Финансирование проекта со стороны государства	
В4. Внедрение на мировой рынок, экспорт за рубеж.	

На втором этапе на основании матрицы SWOT строятся интерактивные матрицы возможностей и угроз, позволяющие оценить эффективность проекта, а также надежность его реализации. Соотношения параметров представлены в таблицах 3–6.

Таблица 3 – Интерактивная матрица проекта «Возможности проекта и сильные стороны»

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

Таблица 4 – Интерактивная матрица проекта «Возможности проекта и слабые стороны»

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

Таблица 5 – Интерактивная матрица проекта «Угрозы проекта и сильные стороны»

Сильные стороны проекта						
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	Y1	-	+	-	-	-
	Y2	-	+	-	-	-

Таблица 6 – Интерактивная матрица проекта «Угрозы проекта и слабые стороны»

Слабые стороны проекта						
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	Y1	-	-	-	+	+
	Y2	-	-	-	-	-

Результаты анализа представлены в итоговую таблицу 7.

Таблица 7 – Итоговая таблица SWOT-анализа

	<p><b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта</b>  С1. Возможность расширения на более широкие масштабы  С2. Надежность продукции  С3. Более свежая информация, которая была использована для разработки проекта.  С4. Экологичность технологии  С5. Безопасность при использовании</p>	<p><b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта</b>  Сл1. Отсутствие ссылок и материалов для соответствующих научных исследований.  Сл2. Долгое время подготовки образца, используемого при проведении научного исследования.  Сл3. Высокие требования к экспериментальному оборудованию.  Сл4. Эксперименты имеют большие погрешности и неопределенности.  Сл5. Вероятность получения брака.</p>
<p><b>Возможности</b> В1. Использование оборудования ИНШПТ ТПУ  В2. Появление потенциального спроса на новые разработки.  В3. Финансирование проекта государством  В4. Внедрение на мировой рынок, экспорт за рубеж.</p>	<p><b>Направления развития</b>  В2С2С3. Появление потенциального спроса на новые разработки. Надежность продукции. Более свежая информация, которая была использована для разработки проекта.  В3С2С4. Финансирование проекта. Надежность продукции. Экологичность технологии.  В4С1С2. Внедрение на мировой рынок, экспорт за рубеж.  Возможность расширения на более широкие масштабы.  Надежность продукции.</p>	<p><b>Сдерживающие факторы</b>  В1Сл3Сл4Сл5. Использование новейшего оборудования для удовлетворения требований исследований, также может уменьшить экспериментальную ошибку и предотвратить появление брака.</p>
<p><b>Угрозы</b>  У1. Снижение стоимости разработок конкурентов.  У2. Появление зарубежных аналогов и более ранний их выход на рынок.</p>	<p><b>Угрозы развития</b>  У1С2. Несмотря на снижение стоимости разработок конкурентов, наши продукты имеют лучшие механические свойства, больше перспектив развития.  У2С2. Наши продукты обладают лучшими механическими свойствами, являются более привлекательными мировом рынке.</p>	<p><b>Уязвимости:</b>  У1Сл4Сл5. Введение систем совершенствования производственных процессов для снижения погрешности и неопределенности.</p>



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

## 4.2 Планирование научно-исследовательских работ

### 4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

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

Результатом такого планирования является составление линейного графика выполнения всех работ. Порядок этапов работ и распределение исполнителей для данной научно-исследовательской работы, приведен в таблице 8.

Таблица 8 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

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

#### 4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения

При проведении научных исследований основную часть стоимости разработки составляют трудовые затраты, поэтому определение трудоемкости проводимых работ является важным этапом составления бюджета.

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

$$t_{\text{ожи}} = \frac{3t_{\text{мин}} + 2t_{\text{макс}}}{5}, \quad (1)$$

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

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

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

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

$$T_{\text{р}i} = \frac{t_{\text{ожи}}}{\Psi_i}, \quad (2)$$

где  $T_{\text{р}i}$  – продолжительность одной работы, рабочие дни;

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

$\Psi_i$  – 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 (3):

$$T_{\text{кал}} = T_{\text{р}} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (3)$$

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:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1,48 \quad (4)$$

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.

Расчеты временных показателей проведения научного исследования обобщены в таблице 9.

Таблица 9 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях $T_{pi}$	Длительность работ в календарных днях $T_{ki}$
	$t_{\text{min}}$ , чел-дни		$t_{\text{max}}$ , чел-дни		$t_{\text{ср}}$ , чел-дни			
	Ис п. 1	Исп .2	Исп .1	Исп .2	Исп. 1	Исп .2		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	2	-	4	-	2,6	-	2,6	4
2. Календарное планирование выполнения ВКР	1	3	3	4	1,6	3,2	2,4	4
3. Обзор научной литературы	-	6	-	10	-	7,6	7,4	11
4. Выбор методов исследования	-	3	-	5	-	3,6	3,6	6

5. Планирование эксперимента	2	6	4	8	2,6	6,6	4,6	7
6. Подготовка образцов для эксперимента	-	5	-	7	-	5,8	5,8	9
7. Проведение эксперимента	-	15	-	20	-	17	17	25
8. Обработка полученных данных	-	10	-	15	-	12	12	18
9. Оценка правильности полученных результатов	2	3	4	5	2,8	3,8	3,3	5
10. Составление пояснительной записки		8		10	-	8,8	8,8	13
<b>Итого:</b>	7	59	15	84	10,2	69	68,5	102

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

На основе таблицы составлен календарный план-график выполнения проекта с использованием диаграммы Ганта (таблица 10).

Таблица 10 – Диаграмма Ганта

№	Вид работ	Исп	кал.дн.	Продолжительность работ											
				февр			март			апр			май		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	Исп1	4												
2	Календарное планирование выполнения ВКР	Исп1 Исп2	4												

## Продолжение таблицы 10

3	Обзор научной литературы	Исп2	11												
4	Выбор методов исследования	Исп2	6												
5	Планирование эксперимента	Исп1 Исп2	7												
6	Подготовка образцов для эксперимента	Исп2	9												
7	Проведение эксперимента	Исп2	25												
8	Обработка полученных данных	Исп2	18												
9	Оценка правильности полученных результатов	Исп1 Исп2	5												
10	Составление пояснительной записки	Исп2	13												

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

### 4.3 Бюджет научно-технического исследования

#### 4.3.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования

Материальные затраты — это затраты организации на приобретение сырья и материалов для создания готовой продукции. Данная часть включает затрат всех материалов, используемых при получении нашего образца. Результаты расчета затрат представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Затраты на получение образца, нанесенного с эмалированным покрытием

Наименование	Марка, размер	Кол-во, гр	Цена за единицу, руб/кг	Сумма, руб.
Трепел	Потанинское месторождение	2000	170	340
Щелочь	ГОСТ 11078-78 изм	1000	50	50
Жидкое стекло	ГОСТ 13078-81	100	40	4
Микрокремнезем	Братский МК	2000	30	60
Цеолит	Сахаптинское месторождение	300	130	39
Глина	Абаканская	300	20	6
Каолин	ГОСТ 19607-74	1000	7,5	7,5

Всего за материалы	506.5
Транспортно-заготовительные расходы (3-5%)	25,5
Итого по статье $C_M$	532

#### 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:

$$H_A = \frac{1}{n}, \quad (5)$$

где  $n$  – срок полезного использования в количестве лет.

Амортизация оборудования рассчитывается по формуле:

$$A = \frac{H_A \cdot \mathbf{И}}{12} \cdot \mathbf{м}, \quad (6)$$

где  $\mathbf{И}$  – итоговая сумма, тыс. руб.;  $\mathbf{м}$  – время использования, мес.

Таблица 12 – Затраты на оборудование

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, тыс.руб.	Общая стоимость оборудования, тыс.руб.
1	Весы лабораторные	1	50000	50000
2	Смеситель-гранулятор	1	96000	96000
3	Сушильный шкаф	1	45000	45000
4	Печь трубчатая	1	50000	50000
5	Пресс гидравлический		13000	13000
	ИТОГО			254000

### 4.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы

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

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

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{ср}} \cdot T_{\text{р}}, \quad (7)$$

где  $Z_{\text{ср}}$  – среднедневная заработная плата, руб.;  $T_{\text{р}}$  – продолжительность работ, выполняемых работником, раб. дн. (таблица 9).

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

Для шестидневной рабочей недели (рабочая неделя руководителя):

$$Z_{\text{ср}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}} = \frac{51285 \cdot 10,3}{246} = 2147,3 \text{ руб.} \quad (8)$$

где  $Z_{\text{м}}$  – месячный должностной оклад работника, руб.;  $F_{\text{д}}$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дней;  $M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

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

Для пятидневной рабочей недели (рабочая неделя инженера):

$$Z_{\text{ср}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}} = \frac{33150 \cdot 11,2}{213} = 1743,1 \text{ руб.} \quad (9)$$

Должностной оклад работника за месяц:

– для руководителя:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{т}} \cdot (1 + k_{\text{п}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}} = 26300 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 51285 \text{ руб.} \quad (10)$$

– для инженера:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{т}} \cdot (1 + k_{\text{п}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}} = 17000 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 33150 \text{ руб.} \quad (11)$$

где  $Z_{\text{т}}$  – заработная плата, согласно тарифной ставке, руб.;  $k_{\text{п}}$  – 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 13 – Баланс рабочего времени исполнителей

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

Таблица 14 – Расчет основной заработной платы исполнителей

Исполнители НИ	$Z_{\text{т}}, \text{руб}$	$k_{\text{п}}$	$k_{\text{д}}$	$k_{\text{р}}$	$Z_{\text{т}}, \text{руб}$	$Z_{\text{дп}}, \text{руб}$	$T_{\text{р}}, \text{раб.дн}$	$Z_{\text{осн}}, \text{руб}$
Руководитель	26300	0,3	0,2	1,3	51285	2147,3	13,5	28988,6
Инженер	17000	0,3	0,2	1,3	33150	1743,1	68,5	19402,4
Итого:								148391

#### 4.3.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Дополнительная заработная плата определяется по формуле:

– для руководителя:

$$Z_{\text{дп}} = Z_{\text{осн}} \cdot k_{\text{дп}} = 28988,6 \cdot 0,15 = 4348,3 \text{ руб.} \quad (12)$$

– для инженера:

$$Z_{\text{дп}} = Z_{\text{осн}} \cdot k_{\text{дп}} = 19402,4 \cdot 0,15 = 2910,4 \text{ руб.} \quad (13)$$



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

### 3.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Отчисления во внебюджетные фонды определяется по формуле:

– для руководителя:

$$З_{отч} = k_{отч} \cdot (З_{осн} + З_{доп}) = 0,3 \cdot (28988,6 + 4348,4) = 10001,1 \text{ руб. (14)}$$

– для инженера:

$$З_{отч} = k_{отч} \cdot (З_{осн} + З_{доп}) = 0,3 \cdot (19402,4 + 2910,4) = 6693,8 \text{ руб. (15)}$$

где  $k_{отч}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд ОМС и социальное страхование). Общая ставка взносов составляет в 2021 году – 30% (ст. 425, 426 НК РФ).

### 4.3.6 Накладные расходы

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

Величина накладных расходов определяется по формуле

$$З_{нар} = (\text{сумма статей 1-5}) \cdot k_{нар} \quad (16)$$

где  $k_{нар}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

#### 4.3.7 Бюджетная стоимость НИР

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составляется бюджет НИ «Разработка состава пористого стекло-материала» по форме, приведенной в таблице 16.

Таблица 15 – Группировка затрат по статьям

Статьи							
1	2	3	4	5	6	7	8
Амортизация	Сырье, материалы	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Итого без накладных расходов	Накладные расходы	Стоимость бюджета
3050	532	48391	7258,7	16694,9	60661,5	9705,84	70367,4

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

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

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

Интегральный финансовый показатель разработки рассчитывается как:

$$I_{\text{фин}}^i = \frac{\Phi_{ri}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (17)$$

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

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

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

$\Phi_{\text{текущ.проект}} = 293348,39$  руб,  $\Phi_{\text{исп.1}} = 299177,3$  руб,  $\Phi_{\text{исп.2}} = 331019,2$ руб.

$$I_{\text{фин}}^1 = \frac{\Phi_{\text{исп.1}}}{\Phi_{\text{исп.2}}} = \frac{299177,3}{331019,2} = 0,91;$$

$$I_{\text{фин}}^2 = \frac{\Phi_{\text{исп.2}}}{\Phi_{\text{исп.2}}} = \frac{331019,2}{331019,2} = 1.$$

В результате расчета консолидированных финансовых показателей по трем вариантам разработки вариант 1 (текущий проект) с меньшим перевесом

признан считается более приемлемым с точки зрения финансовой эффективности.

**Интегральный показатель ресурсоэффективности** вариантов выполнения НИР ( $I_{pi}$ ) определен путем сравнительной оценки их характеристик, распределенных с учетом весового коэффициента каждого параметра (таблица 17).

Таблица 17 – Сравнительная оценка характеристик вариантов НИР

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Исп.2	Исп.3
1. Безопасность при использовании установки	0,15	4	4	4
2. Стабильность работы	0,2	4	4	5
3. Технические характеристики	0,2	5	3	4
4. Механические свойства	0,3	5	4	3
5. Материалоёмкость	0,15	5	4	5
ИТОГО	1	4,65	3,8	4,05

Расчет интегрального показателя для разрабатываемого проекта:

$$I_{p1} = 0,15 \cdot 4 + 0,2 \cdot 4 + 0,2 \cdot 5 + 0,3 \cdot 5 + 0,15 \cdot 5 = 4,65;$$

$$I_{p2} = 0,15 \cdot 4 + 0,2 \cdot 4 + 0,2 \cdot 3 + 0,3 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 = 3,80;$$

$$I_{p3} = 0,15 \cdot 4 + 0,2 \cdot 5 + 0,2 \cdot 4 + 0,3 \cdot 3 + 0,15 \cdot 5 = 4,05.$$

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

$$I_{kpi} = \frac{I_{p-kpi}}{I_{f-kpi}} \quad (19)$$

$$I_{\text{ср1}} = \frac{4,65}{0,90} = 5,18, \quad I_{\text{ср2}} = \frac{3,8}{0,91} = 4,18, \quad I_{\text{ср3}} = \frac{4,05}{1} = 4,05.$$

Далее интегральные показатели эффективности каждого варианта НИР сравнивались с интегральными показателями эффективности других вариантов с целью определения сравнительной эффективности проекта (таблица 18).

Таблица 18 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Текущий проект	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,90	0,91	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,65	3,8	4,05
3	Интегральный показатель эффективности	5,18	4,18	4,05
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,81	0,78

Сравнение среднего интегрального показателя сопоставляемых вариантов позволило сделать вывод о том, что наиболее финансово- и ресурсоэффективным является вариант 1, т.е. наш проект является более эффективным по сравнению с конкурентами.

## Выводы по разделу

В результате выполнения целей, поставленных в данном разделе, были сделаны нижеперечисленные выводы:

1. В результате анализа конкурентных технических решений был выбран вариант реализации НИР в сравнении с другими.

2. В ходе планирования для руководителя и инженера был разработан график реализации этапа работ, который позволяет оценивать и планировать рабочее время исполнителей. Определено следующее: общее количество дней для выполнения работ составляет 102 дней; общее количество дней, в течение которых работал инженер, составляет 98 дней; общее количество дней, в течение которых работал руководитель, составляет 20 дней;

3. Для оценки затрат на реализацию проекта разработан проектный бюджет, который составляет 70367,35 руб;

4. В результате оценки эффективности ИР были сделаны следующие выводы:

1) значение интегрального финансового показателя ИР составляет 0,90.

2) значение интегрального показателя ресурсоэффективности ИР составляет 4,65.

3) значение интегрального показателя эффективности ИР составляет 5,18, и является наиболее высоким, что означает, что техническое решение, рассматриваемое в ИР, является наиболее эффективным вариантом исполнения.