

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

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

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА МАГИСТРА

Тема работы
Получение гидрокарбонатного магнезиального вяжущего из доломитовых пород

УДК 666.962:553.55

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4-ГМ-03	Яковлева Владлена Сергеевна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Митина Наталия Александровна	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу: «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Рыжакина Татьяна Гавриловна	к.э.н.		

По разделу: «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Антоневич Ольга Алексеевна	к.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

Томск – 2022 г.

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

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

Код компетенции	Результат обучения (выпускник должен обладать)
ПК(У)-6	способность к оценке экономической эффективности технологических процессов, оценке инновационно-технологических рисков при внедрении новых технологий
ПК(У)-7	способность оценивать эффективность новых технологий и внедрять их в производство
<i>Профессиональные компетенции университета</i>	
ДПК(У)-1	готовность к разработке учебно-методической документации для реализации образовательных программ

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

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

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

_____ 24.01.22 Казьмина О.В.

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

выпускной квалификационной работы магистра

Студенту:

Группа	ФИО
4-ГМ-03	Яковлева Владлена Сергеевна

Тема работы:

Получение гидрокарбонатного магнезиального вяжущего из доломитовых пород	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 20-20/с от 20.01.2022

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

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Данные литературного анализа по вопросу получение составов и способов получения гидрокарбонатных магнезиальных материалов из доломитового сырья.</p> <p>В экспериментальной части описать использованные материалы и оборудование, предоставить методики проведения экспериментов, проанализировать полученные результаты, сделать выводы</p>
---	---

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>Литературный обзор с помощью чего и разрабатывалась данная работа. Основной целью было получение составов и способов получения гидрокарбонатных магниальных материалов из доломитового сырья.</p>
<p>Перечень графического материала</p>	<p>Презентация в MS PowerPoint: - Характеристика исходного сырья; - Результаты экспериментов; - Выводы по работе.</p>
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>1. Литературный обзор. 2. Методы исследования 3. Экспериментальная часть</p>	<p>Доцент к.т.н. Митина Наталия Александровна</p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Доцент, к.э.н. Рыжакина Татьяна Гавриловна</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Доцент, к.б.н. Антоневиц Ольга Алексеевна</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	
<p>Методы и методики исследования</p>	

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	<p>24.01.2022</p>
--	-------------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
<p>Доцент</p>	<p>Митина Наталия Александровна</p>	<p>к.т.н.</p>		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
<p>4-ГМ-03</p>	<p>Яковлева Владлена Сергеевна</p>		

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

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

Форма представления работы:

Выпускная квалификационная работа магистра

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Обучающегося:

Группа	ФИО
4ГМ03	Яковлева Владлена Сергеевна

Тема работы:

Получение гидрокарбонатного магнезиального вяжущего из доломитовых пород

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

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
06.06.2020	Основная часть	75
07.06.2020	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	15
08.06.2020	Социальная ответственность	10

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень,	Подпись	Д
доцент	Митина Н.А.	к.т.н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

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

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ГМ03	Яковлева Владлена Сергеевна		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 99 с., 30 рис., 23 табл., 18 источников, 1 прил.

Ключевые слова: каустический доломит, водный раствор бикарбоната магния, магниальное вяжущее, доломитовая порода.

Объектом исследования является магниальное вяжущее из доломитовой породы.

Цель работы - получение составов и способов получения гидрокарбонатных магниальных материалов из доломитового сырья

В ходе работы проводились опыты отвержденных образцов на выявление их физико-химических свойств.

В результате исследования выяснилось, что добавка трилона Б активирует процесс декарбонизации $MgCO_3$ при обжиге доломита снижая температуру этого процесса с $800\text{ }^{\circ}C$ до $650\text{ }^{\circ}C$.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: предел прочности при сжатии, фазовый состав продуктов гидратации и твердения.

Степень внедрения: лабораторные испытания.

Область применения: можно изготавливать сухие быстротвердеющие строительные смеси, стеновые блоки, брус, имитирующие природный камень облицовочные плиты, наливные полы, плиты для покрытий пола, подоконные доски, пенобетонные изделия, кровельный лист, другие строительные изделия с улучшенными тепло- и звукоизоляционными свойствами, декоративные изделия для отделки интерьеров помещений, малые архитектурные формы и т.д.

Экономическая эффективность/значимость работы получение каустического доломита модифицированным обжигом.

ОБОЗНАЧЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ, НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

Доломит– карбонатная горная порода, состоящая в основном из карбонатов кальция и карбонатов магния;

БКМ – бикарбонат магния;

РФА – рентгенофазовый анализ;

ДТА – дифференциально-термический анализ;

ЧС – чрезвычайная ситуация.

«Трудовой кодекс Российской Федерации» от 30.12.2001 №197-ФЗ

Федеральный закон от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ

Федеральный закон от 17.07.2013 г. № 181 –ФЗ «Об основах охраны труда в РФ»

ГОСТ 12.2.049-80 ССБТ. Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Общие эргономические требования.

ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности.

ПНД Ф 12.13.1-03 Методические рекомендации. Техника безопасности при работе в аналитических лабораториях (общие положения)

ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно - гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	12
1ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР	13
1.1 Доломит. Характеристика как порода	13
1.2 Обжиг доломита и получение качественного каустического магнезиального порошка.....	15
1.3Материалы на основе каустического доломита	22
1.4 Предпосылки исследований	23
2.МАТЕРИАЛЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В РАБОТЕ.....	24
2.1Материалы	24
2.1.1 Доломит	24
2.1.2Жидкость затворения.....	25
2.2 Методы исследований физико-химических свойств материала .	26
2.2.1 Определение предела прочности на сжатие	26
2.2.2 Рентгенофазовый анализ.....	27
2.2.3 Термические методы анализа	28
3ПОЛУЧЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ КАУСТИЧЕСКОГО ДОЛОМИТА	32
3.1Приготовление каустического доломитового порошка.....	32
3.2 Изготовление образцов.....	33
3.3 Испытание образцов	34
3.4 Исследование образцов.	36
4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	39
4.1 Предпроектный анализ.....	40
4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	40
4.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	40
4.1.3 SWOT-анализ.....	42

4.1.4	Оценка готовности проекта к коммерциализации	44
4.1.5	Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования.....	46
4.2	Инициация проекта.....	47
4.3	Планирование управления научно-техническим проектом	49
4.3.1	Иерархическая структура работ проекта.....	50
4.3.2	План проекта	51
4.4	Бюджет научного исследования.....	53
4.4.1	Организационная структура проекта.....	59
4.4.2	План управления коммуникациями проекта.....	59
4.4.3	Реестр рисков проекта	60
4.5	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности	60
4.5.1	Оценка абсолютной эффективности исследования	60
4.5.2	Оценка сравнительной эффективности исследования.....	66
5	Социальная ответственность	70
5.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	71
5.1.1	Эргономические требования к правильному расположению и компоновке рабочей зоны	71
5.2	Производственная безопасность	72
5.2.1	Производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местоположении работающего	74
5.2.2	Отсутствие или недостатки необходимого искусственного освещения.....	76
5.2.3	Расчет системы искусственного освещения	77
5.2.4	Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий	79

5.2.5 Производственные факторы, связанные с движущимися (в том числе разлетающимися) твердыми объектами, наносящими удар по телу работающего (в том числе движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки, материалы; разрушающиеся конструкции)	79
5.3 Экологическая безопасность	80
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	81
Заключение по разделу «Социальная ответственность»	84
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	85
Список публикаций студента	87
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	88
Приложение II (справочное)	90

ВВЕДЕНИЕ

С древних времен человек занимается строительством и утеплением своих домов. В настоящее время люди выбирают более дешевый строительный материал. В данной работе рассмотрим получение гидрокарбонатного магнезиального вяжущего из доломитовых пород

Минерал доломит был открыт французским минералогом Доломье в конце XVIII века, по честь которого он и назван. Широкое применение доломиты имеют как в после предварительной термической обработки, так и в необработанном исходном виде. Термическая обработка проводится путем обжига сырой доломитовой породы при температуре 800-900 °С. В результате низкотемпературной декарбонизации кальциевой и магниевой составляющей минерала доломита образуются оксиды магния и кальция, CaO и MgO, в высокоактивной форме.

Одним из наиболее широких областей применения доломитовой породы является производство вяжущих материалов и изделий на их основе. из доломита в зависимости от преимущественного содержания по химическому составу кальциевой или магниевой составляющей получают известковое, известково-магнезиальное, магнезиальное, доломитовое вяжущие материалы. В настоящее время особый интерес вызывает магнезиальное вяжущее, основу которого составляет каустический магнезит MgO. При этом для получения качественного магнезиального и доломитового вяжущего и изделий на их основе требуется преимущественное содержание оксида магния при отсутствии или наименьшем количестве оксида кальция.

Целью работы является получение каустического доломита модифицированным обжигом.

В связи с поставленной целью основными задачами является:

1. Выбор добавки.
2. Модифицирующий процесс обжига доломита.
3. Установление механизма влияния этой добавки.

1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

1.1 Доломит. Характеристика как порода

Доломит – это осадочная карбонатная горная порода, представленная минералом доломитом $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ [1]. Группа карбонатных пород, выделяющихся чрезмерным содержанием доломитовой слагающей: доломитов, доломитизированных или доломитовых известняков. Их сплавляют под всеобщим наименованием – доломитовые породы.

Доломит встречается в облике крупнозернистой или же тонкодисперсной малогабаритной формы. Кристаллическая конструкция доломита гексагонально-ромбоэдрическая (Рисунок 1.1). Доломит имеет различный вид окраски: белоснежную, сероватую, светло-жёлтую и т.д. в зависимости от примесей, железистых соединений. Временами встречается темный доломит, краска которого зависит от присутствия в нем битуминозных или же углистых примесей. В производстве различают: зернистый доломит, или же доломитовый мрамор; плитняковый доломит, густой доломит, аналогичный непроницаемому известняку; оолитовый, так же ячеистый доломит [1].

В доломите $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ есть такие примеси, как: минеральные группы глины, кварц SiO_2 , FeO , Fe_2O_3 , Al_2O_3 , MnO сидерит, магнезит, и иные органические вещества. Удельный вес доломита $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ колеблется в пределах $2,85 - 2,95 \text{ г/см}^3$. Твердость по шкале Мооса $3,5-4,0$; предел прочности при сжатии – от 400 до 1300 кг/см^2 , теплоемкость – $0,217 \text{ кал/г/град}$. [1, 2, 3].

В воде, насыщенной углекислым газом, растворимость резко возрастает вследствие образования бикарбонатов магния и кальция, что нельзя сказать о растворимости кальцита в воде, так как растворимость доломита меньше. [1].

Растворимость доломита в минеральных кислотах занимает промежуточное состояние между кальцитом и магнезитом. В охлажденной

соляной кислоте – медленное растворение доломита; при повышении температуры пылеобразный доломит в разбавленной соляной кислоте растворяется всецело, исключая нерастворимые примеси [1].

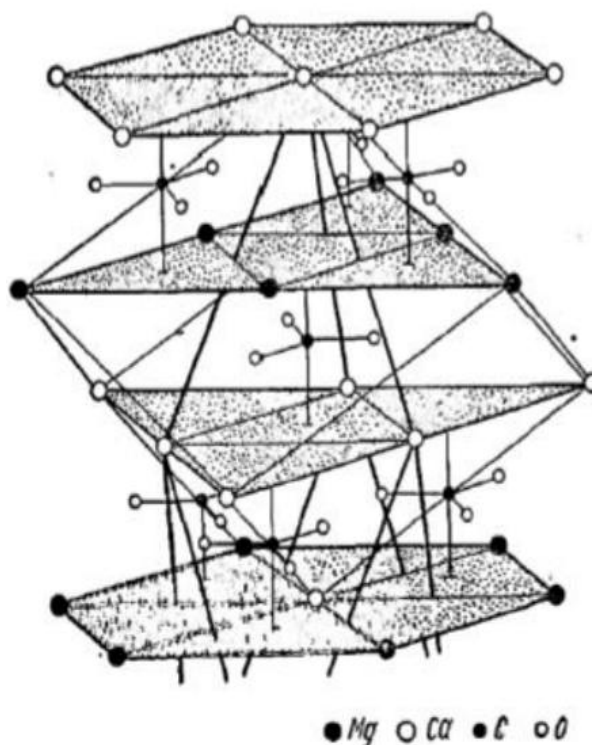


Рисунок 1.1 – Кристаллическая решетка доломита [4]

Доломиты $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ по своей природе делятся на две главнейшие генетические группы:

- эндогенные;
- экзогенные.

Не считая данных 2-ух ведущих групп, выделяют метаморфогенные доломитовые породы, возникшие в итоге вторичных перемен экзогенных осадочных доломитов.

Магматические и осадочные горные породы, слагающие материки считаются первоисточником Ca и Mg в морских осадках. При выветривании данных пород появились растворимые карбонатные соединения обоих составляющих, которые вымывались неглубокими водами в морские водоёмы.

Морское доломитообразование производилось методом химического осаждения, сингенетического и эпигенетического; в итоге процесса химического осаждения и метасоматоза в стадию диагенеза, за счет доломитового обломочного материала, в процессе жизнедеятельности организмов [6].

Доломиты с кристаллической структурой хемагенные образовались в итоге конкретного осаждения доломитового вещества из морской воды.

Доломит осаждался в критериях аридного климата в основном в осолоненных частях мелководного бассейна. [6].

Доломиты под названием диагетические происходили в процессе метасоматического взаимодействия в период диагенеза свежес выпавшего известкового ила и растворенных в воде магниезальных солей, такие как



В условиях мелкого моря или же у побережья образовывались обломочные доломиты, в результате переотложения полностью или неполностью и разрушения литифицированного доломитового осадка либо у побережья разрушение берегов дна, сложенных доломитом. Биогенные доломиты произошли с жизнедеятельностью организмов в морских условиях.

Доломиты обширно одна из самых распространенных горных пород. Главные месторождения доломита на территории Российской Федерации присутствуют в Якутии, на Урале, в Крыму, на Кавказе, в Бурятии, на Далеком Востоке и в Сибири [8, 9].

Ведущими странами месторождения доломита считается: Китай, Америка, Канада, Мексика, Италия и Швейцария. А еще присутствуют в Средней Азии, на Украине, в Средиземноморье и т.д. [8, 9].

1.2 Обжиг доломита и получение качественного каустического магниезального порошка

Для разъединения и выявления интервала температур между MgCO_3 и CaCO_3 применяются добавки – интенсификации обжига. Это дает снижение

температуры разложения $MgCO_3$, при этом не оказывает существенного влияния на $CaCO_3$.

Для выяснения влияния на породу и характерных черт добавок – интенсификаторов проводится анализ разложения породы с компонентами и без. В работе применялись добавки усилители разложения, такие как ацетаты меди и цинка ($C_4H_6CuO_4$ и $C_4H_6O_4Zn$), гексагидрат нитрита магния ($Mg(NO_3)_2$), гексагидрат сульфат железа ($K_2Fe(SO_4)_2$), хлорид натрия ($NaCl$) и карналлит ($KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$).

Определение влияния тех или иных добавок определялось с помощью дифференциального термического анализа на дериватографической системе Luxx STA 409 фирмы Netzsch. Изначально доломитовая порода подвергалась измельчению в лабораторной мельнице, затем на сите № 1. 008 максимум 15%.

Доломит смешивался с водным раствором добавки – интенсификатора в количественном объеме – 2% по массе. Полученная масса подвергалась принудительной температурной сушке, при температуре $60 \pm 5^\circ C$, с дальнейшим перемещением дериватографическую печь.

С помощью рентгенофазового анализа отслежены и изучены превращения, протекающие при обжиге фазового состава доломита.

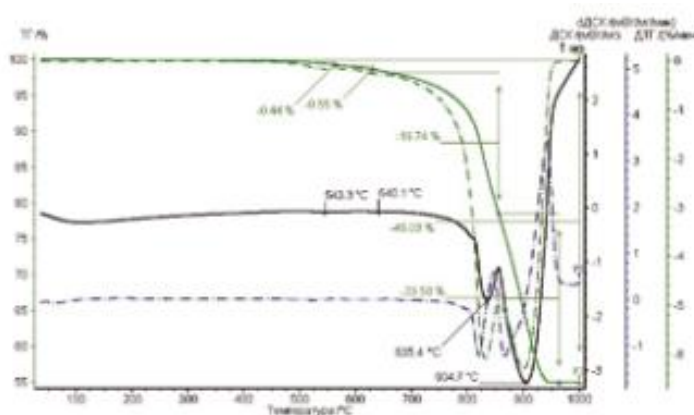


Рисунок 1.2 – ДТА доломитовой породы, без добавок

Результатом анализа (рисунок 1.2) выявлено, что карбонизация компонента магния уменьшается при температуре 680-850 °С, а кальция – при 850-950 °С. Как таковой очевидной грани разложения CaCO_3 и разрушения MgCO_3 на графике нет, но отслеживается момент, где компоненты разлагаются вместе.

Уменьшение определенной массы вещества при температурах 543 °С и 640 °С вызвано разложением примесей, которые образовались в доломитовой скале. По рентгенограммам, при температуре 700 °К, представленных на рисунке 1.3, можно наблюдать образование небольших пиков, которые свидетельствуют о начале образования периклазы (MgO) [7].

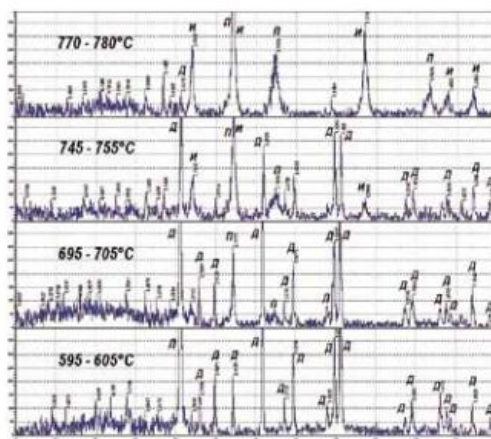


Рисунок 1.3 – РФА доломитовой породы, без добавок:

Д – отражения, соответствующие доломиту; П – периклазу; К – кальциту; И – извести.

Рентгенография показывает отсутствие кальцитных рефлексов, что указывает на полиморфное положение известняковой составляющей породы.

В области малых углов можно наблюдать гало, при повышении температуры в 700 °С, затем есть появление отображений CaO , что происходит уже при температуре обжига до 750 °С.

Температурный интервал 700–750 °С дает разложение полуаморфной кальциевой составляющей. При температуре обжига 800 °С происходит исчезновение доломита, при этом можно наблюдать пики соответствующие оксиду магния и кальция. Полученные данные свидетельствует, что для

получения доломитового вяжущего, без примесей СаО необходимо разделять процесс разложения магния и кальция.

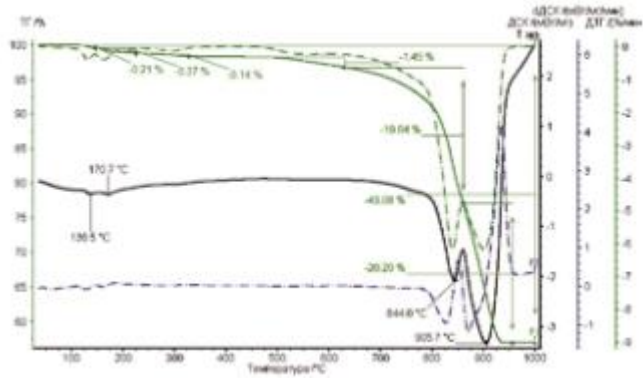


Рисунок 1. 4– ДТА доломитовой породы с добавкой $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

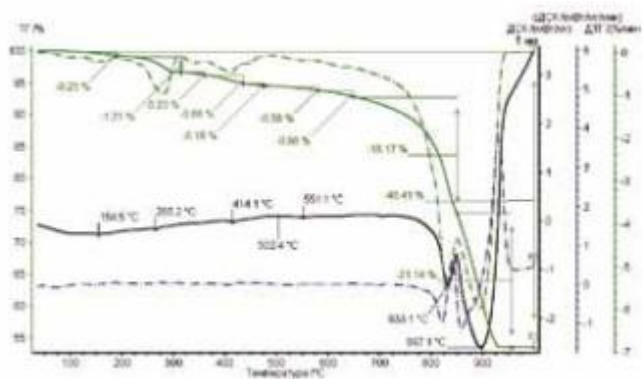


Рисунок 1.5– ДТА доломитовой породы с добавкой $\text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2$

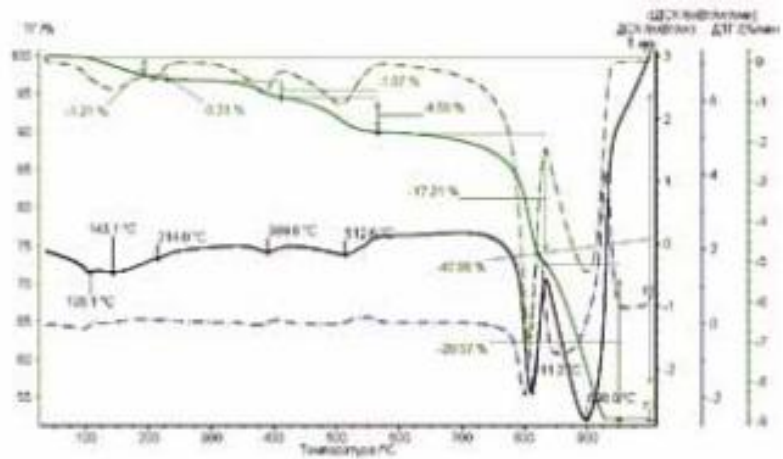


Рисунок 1.6– ДТА доломитовой породы с добавкой $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

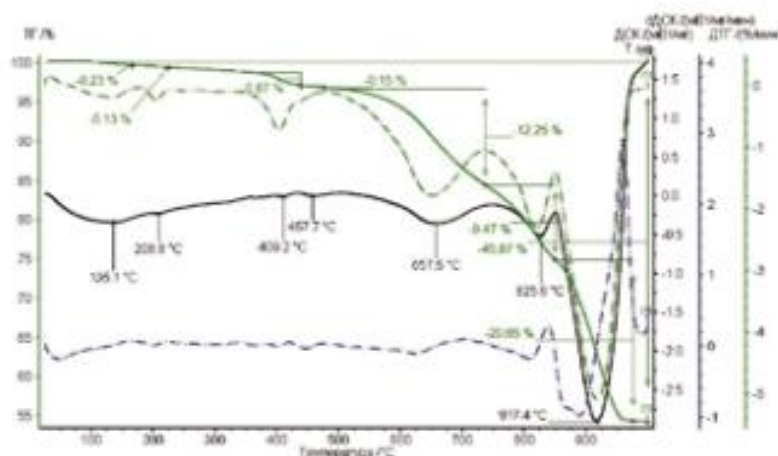


Рисунок 1.7– ДТА доломитовой породы с добавкой $Zn(CH_3COO)_2 \cdot 2H_2O$

Не происходит практического влияния на доломитовую породу, таких добавок- интенсификаторов как : ацетата меди ,семиводного сульфата железа и шестиводного нитрата магния (рис. 1.4-1.7).

При анализе обжига железного купороса можно наблюдать процесс обезвоживания при температуре $340^{\circ}C$. Если температура продолжает увеличиваться до $480^{\circ}C$ купорос начинает разлагаться на ряд составляющих SO_2 , SO_3 и Fe_2O_3 . При дальнейшем повышении температуры до $1565^{\circ}C$ остатки Fe_2O_3 плавятся, при этом данный процесс не влияет на разложение карбонатов.

Добавление меди и процессы, вызванные данной реакцией показывают, что плавление ацетата меди, находится в температурном диапазоне 115 градусов. В этих температурах происходит плавление. После, в три этапа, следует разложение по типу: уксусная кислота, графит, углекислый газ.

При переходе шестиводного нитрата магния из твердого состояния в газообразное идет его разложение на оксид магния и оксид азота, при температуре $340^{\circ}C$ [7].

Обезвоживание ацетата цинка, как показано на рисунке 1.7, происходит до температуры $230^{\circ}C$. Но если повысить температуру до $277^{\circ}C$ происходит плавление добавки. Происходит процесс разложения, в

диапазоне температур 300-400 °С до оксоацетата цинка. При добавлении ацетата цинка происходит раздвоение эндозффекта. Данная добавка уменьшает температуру отделения карбонатов.

Лучшее взаимодействие в предложенной системе показывают добавки хлорида натрия, шестиводного хлористого магния и карналлита (Рисунки 1.8-1.11)

В интервале температур 780–850 °С происходит плавление хлорида натрия (рис. 8), где виден пик эндозффекта при 833 °С

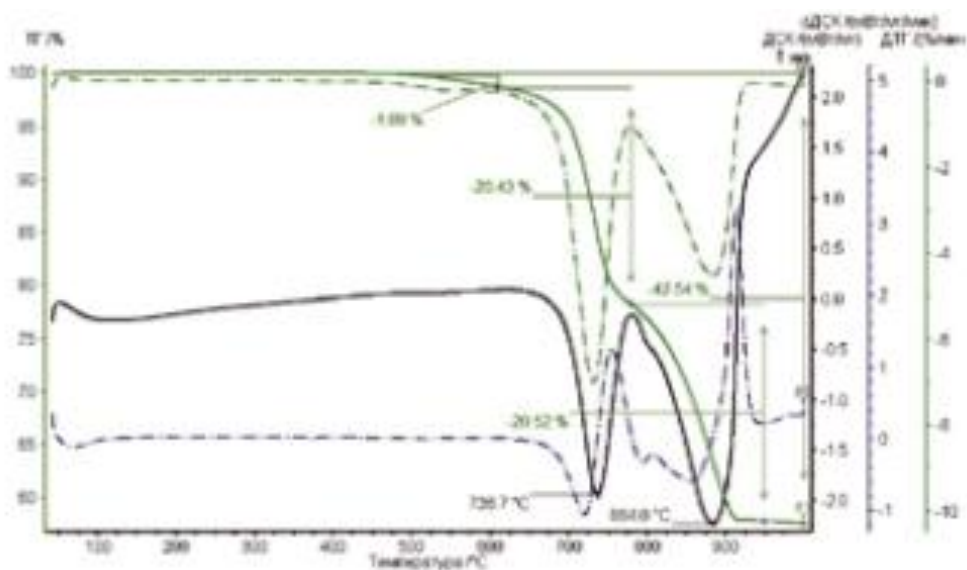


Рисунок 1.8.– ДТА доломитовой породы с добавкой NaCl

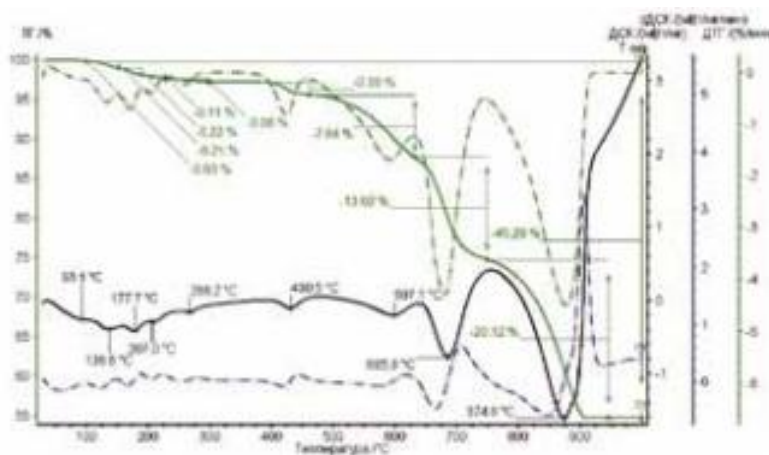


Рисунок 1.9 – ДТА доломитовой породы с добавкой MgCl₂•6H₂O

В случае бишофита (Рисунок 1.9) лишается гидратной воды ступенчато до 320 °С, а в промежутке температуры 420-480 °С выходит

частичная диссоциация безводного бишофита с созданием активных ионов Mg^{2+} и Cl^- и малая утрата массы. Далее при $713\text{ }^{\circ}C$ происходит плавление недиссоциированного $MgCl_2$. В смеси с доломитом плавление $MgCl_2$ начинается раньше.[7]

Такая добавка как бишофит (Рисунок 1.9) постепенно при повышении температур до $320\text{ }^{\circ}C$ теряет гидратную воду. В интервале температур $420-480\text{ }^{\circ}C$ выводится постепенная диссоциация уже безводного бишофита, создаются активные ионы Mg^{2+} и Cl^- , и исчезновение небольшой массы.

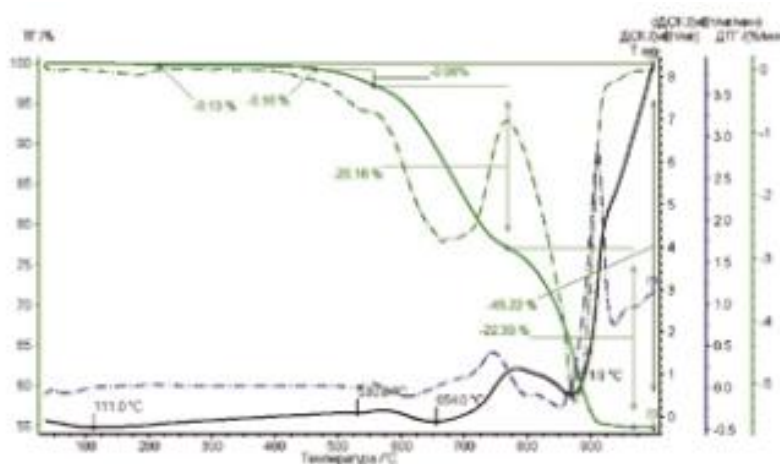


Рисунок 1.10 – ДТА доломитовой породы с добавкой $NaHCO_3$

По сравнению с $NaCl$ и $MgCl_2$ гидрокарбонат натрия (рис. 10) разлагается при температуре $200\text{ }^{\circ}C$ до Na_2CO_3 , так же он может производить ионно-обменные реакции с появлением двойных карбонатов вида $R_2Mg(CO_3)_2$ и $R_2Ca(CO_3)_2$ с небольшой температурой разложения. Происходит к итоге дестабилизация кристаллической решетки доломита, что показывает значительное снижение температуры декарбонизации $MgCO_3$. Наиболее эффективной добавкой является карналлит (Рисунок 1.11).

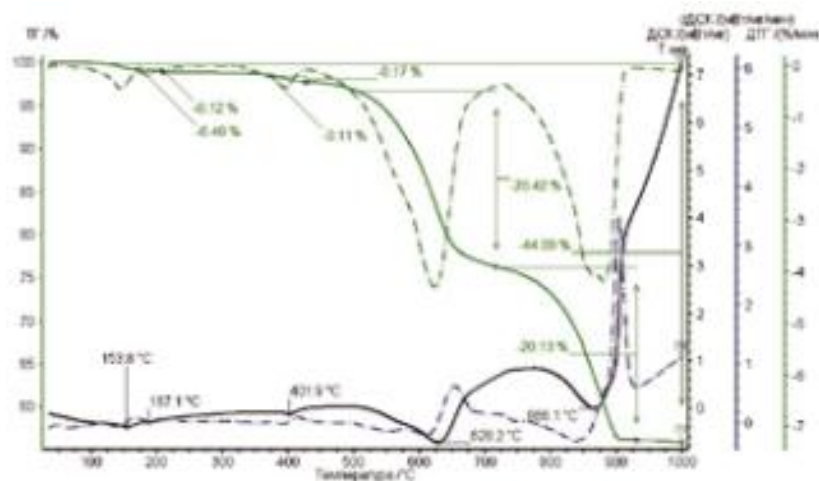


Рисунок 1.11– ДТА доломитовой породы с добавкой $\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

Плавление $\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ наступает при 485°C , т. е. до начала декарбонизации MgCO_3 , и разложение наступает при температуре выше 770°C . Низкая температура образования жидкой фазы и длительное время ее существования позволяют снизить максимум декарбонизации MgCO_3 более чем на 200°C , т. е. данная добавка является наиболее эффективной из исследованных добавок.

1.3 Материалы на основе каустического доломита

Благодаря каустическому доломиту, можно производить: балки, черепицу, подоконники, половые доски, кровельные листы, половые доски, другие строительные изделия с улучшенными тепло- и звукоизоляционными свойствами, декоративные изделия для внутренней отделки, малые архитектурные формы и др. изделия. Однако есть один минус магниального вяжущего вещества – низкая водостойкость. Поэтому одной из основных задач по улучшению свойств изделий на основе магниальных вяжущих является повышение.

Основной задачей улучшения свойств различных изделий на основе связующего материала является повышение его водо- и морозостойкости.

Плотность каустического доломита находится в пределах 2,78-2,85 г/см³. Ее повышение указывает на появление в каустическом доломите значительного количества свободной окиси кальция.

Прочность. Каустический доломит характеризуется наименьшей прочностью, чем каустический магнезит. Чистый каустический доломит при растяжении трамбованных восьмерок имеет прочность через 7 суток 10-15 кгс/см², а через 28 суток – 25-30 кгс/см²; предел прочности при сжатии 150–200 кгс/см². Образцы из трамбованного раствора состава 1 : 3 по массе на этом вяжущем через 28 суток воздушного твердения имеют предел прочности при сжатии 100–300 кгс/см². Имея невысокую прочность, говорит о том, что магнезиального вяжущего неводостойкое.

1.4 Предпосылки исследований

Проведенные поисковые исследования по литературным источникам по теме получение качественного магнезиального вяжущего, показывают что, есть большое количество добавок-идентификаторов, которые оказывают вредное и агрессивное влияние. Так же встала проблема с водостойкостью магнезиального вяжущего, это связано с нестабильностью состава каустического доломита, а именно низким по сравнению с каустическим магнезитом содержанием активного оксида магния в каустическом доломите. А также с сохраняющейся низкой водостойкости изделий, связанной с применением традиционных жидкостей затворения – растворов хлоридов и сульфатов магния. Для повышения водостойкости использовали водный раствор бикарбоната магния.

2 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ПРИМЕНЯЕМЫЕ В ИССЛЕДОВАНИИ

2.1 Материалы

2.1.1 Доломит

Химический состав доломитовой породы представлен в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Химический состав доломитовой породы таензинского месторождения

Материалы	Химический состав%							
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	P ₂ O ₅	Δm _{пр}	Σ
Доломитовая порода	0,76	0,38	0,08	50,57	28,49	0,07	41,5	100,00

Потери при прокаливании составляют 41,5 %. По результатам РФА в состав доломита входит: доломит, кальцит, арагонит с примесями каолинита и силлиманита (Рисунок 2.1).

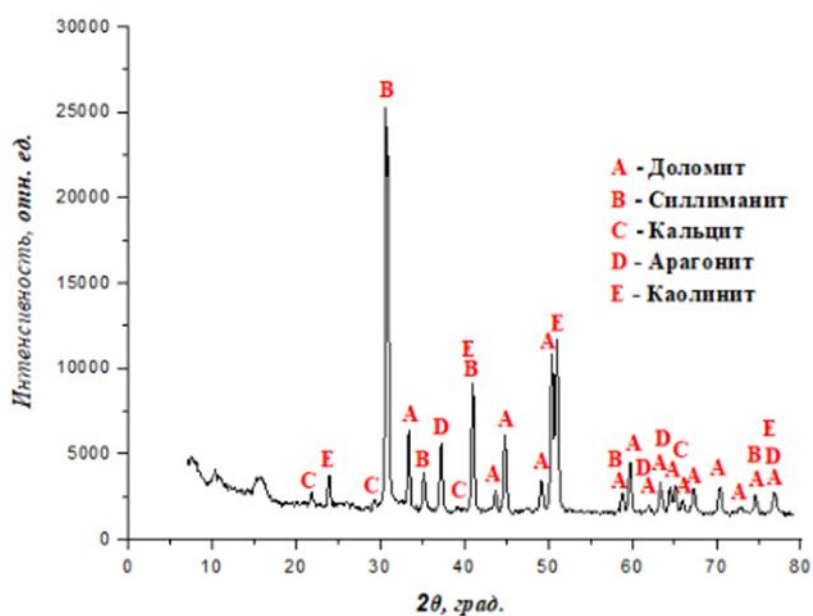


Рисунок 2.1 – Рентгенограмма Таензинского доломита

2.1.2 Жидкость затворения

Водный раствор бикарбоната магния

Гидрокарбонат магния $Mg(HCO_3)_2$ (традиционное название – бикарбонат магния) – неорганическое соединение, магниевая соль уксусной кислоты. Существует только в водных растворах, так как легко разлагается:



Водный раствор бикарбоната магния (БМК) был приготовлен искусственной карбонизацией обожженного гидромагнезита при температуре 375 °С и давлении газа 0,2 МПа.

Концентрация иона HCO_3^{3-} - в растворе БМК – 13 г/л.

Водный раствор хлорида магния

Хлорид магния – это двоичное соединение магния с хлором и магниевая соль соляной кислоты. Химическое соединение, которое растворяется в воде и эталоне.

Хлорид магния по характеристикам состоит из бесцветных кристаллов, температура плавления – 713 °С, плотность составляет 2,316 г/см³, температура кипения 1412 °С. Соединение гигроскопично, его растворимость в воде исчисляет 35,3 % по массе, при температуре 200 °С. Хлорид магния создаёт кристаллогидраты с молекулами воды: 1, 2, 4, 6, 8 и 12 молекулами жидкости воды.

Хлорид магния формирует двойные соли, значимость из которых предполагает минерал карналлит. При температурах от - 3,4 до 116,7 °С минерал видится в виде бишофита, появляется в большом количестве

2.2 Методы исследования физико-химических свойств материала

В ходе работы для определения свойств образцов после твердения был применен комплекс физико-химических методов исследования. Последовательность исследований:

- определение предела прочности на сжатие,
- рентгенофазовый анализ,
- термический анализ.

2.2.1 Определение предела прочности на сжатие

Используем образцы малого размера для испытания предела прочности при сжатии, по времени затвердевания от трех до двадцати восьми суток.

При приготовлении цементного теста, тщательно перемешивается и выкладывается в силиконовую форму. Образцы остаются в форме для предварительного твердения на 24 часа в условиях воздушно-сухой среды, затем образцы извлекаются из формы и помещаются для окончательного твердения в водную и воздушно-влажную среду.

Затем, после истечения 28 суток образцы замеряются линейные размеры, после чего кубики помещают на гидравлический прессе для определения прочности при сжатии.

Расчет предела прочности при сжатии производится по формуле [24]:

$$R_{сж} = \frac{P_{ман} \cdot F_{порш}}{S_{обр}},$$

где $R_{сж}$ – предел прочности при сжатии, кг/см²;

$P_{ман}$ – показатель манометра, кг/см²;

$F_{порш}$ – площадь рабочего поршня пресса, см²;

$S_{обр}$ – площадь образца, см².

2.2.2 Рентгенофазовый анализ

Рентгенофазовый анализ (РФА) нужен для изучения фазового состава кристаллических силикатных материалов. Благодаря данному способу возможно проводить надлежащие изучения: высококачественный и количественный фазовый анализ, определение характеристик простой ячейки, изучение фазовых превращений, которые случаются под действием термической обработки.

Физический смысл РФА заключается в рассеянии рентгеновских лучей при прохождении через кристаллическую решетку вещества. Неотъемлемым условием дифракции рентгеновский лучей является выполнение уравнения Вульфа-Бреггов (Рисунок 2.2), которое имеет вид:

$$n\lambda = 2d \cdot \sin\theta,$$

где: λ – длина волны рентгеновского луча, нм;

n – порядок отражения (1,2,3);

d – межплоскостной интервал, нм;

θ – угол падения рентгеновского луча, град.

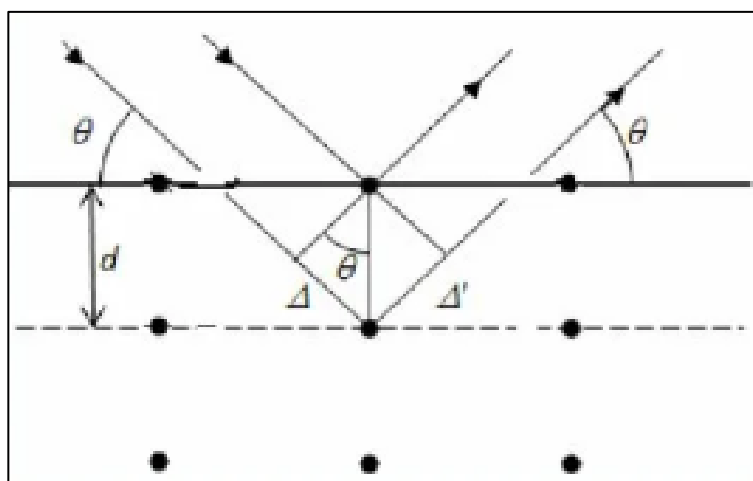


Рисунок 2.2 – Рассеивание рентгеновских лучей при прохождении сквозь кристаллическую решетку вещества.

В данной исследовательской работе рентгеноструктурный анализ выполнен на установке ДРОН-3М, где использовалась рентгеновская трубка БСВ-29 с *CuKa* излучением, точность обжига 1000, 2000, напряжение анод-катод 35 кВ, анод ток 25 мА, скорость вращения угломера 4 град/мин.

Рентгенограммы расшифровывали с поддержкой помощью программки Crystallographic Search – Match, система которая подключает в себя основание 100 тыс. эталонных рентгенографических данных с более обширно всераспространенными соединениями. Обработка итогов базирована на сопоставлении экспериментального диапазона эталона с высочайшим количеством цифровых массивов, характеризующих диапазоны вероятных соединений..

2.2.3 Термические методы анализа

Этот способ разрешает изучать и обнаруживать химические реакции и фазовые переходы, которые происходят в веществе при нагревании и замораживании, по тепловым эффектам сопровождающие эти конфигурации. Тем более большущее смысл данный способ содержит при описании трудных физико-химических процессов, проходящих при больших температурах, где использование иных способов анализа затруднено или же нельзя.

Термический анализ подразделяется на следующие виды методов:

- дифференциально-сканирующая калориметрия (ДСК);
- дифференциально-термический анализ (ДТА);
- термогравиметрия (ТГ).

Дифференциально-термический анализ реализован на сравнении анализа тепловых качеств исследуемого препарата и термически инертного препарата, которое принимается в качестве эталонного. Параметром, регистрируемым устройством, служит разница температур эталона и образца, изменяющаяся при нагревании или же замораживании эталона с неизменной скоростью (Рисунок 2.3).

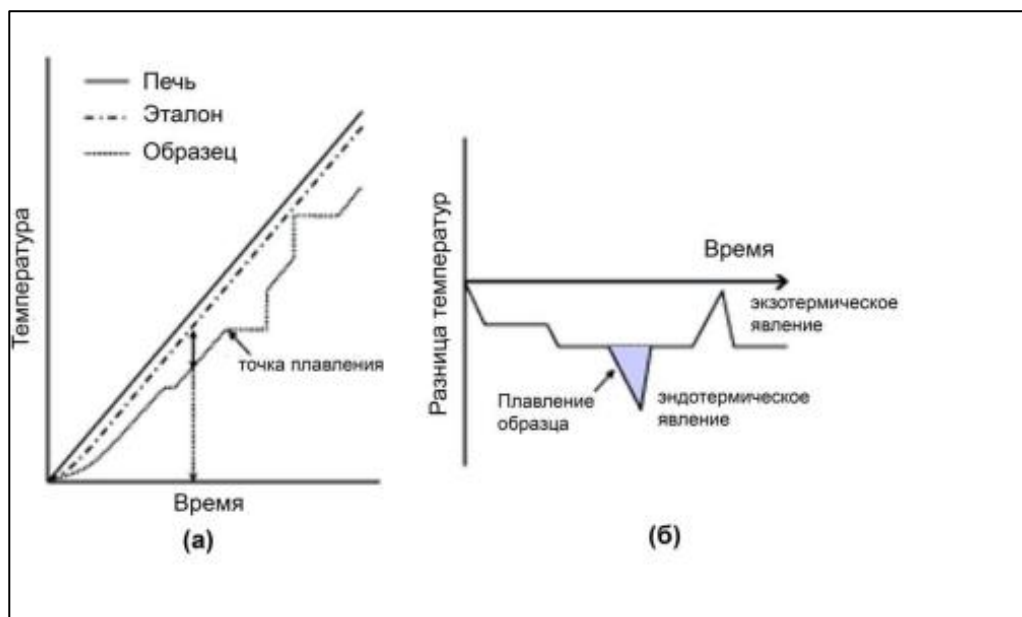


Рисунок 2.3 – Принципы измерения ДТА.

График (а) показывает изменение температуры печи, эталона и образца во времени; график (б) – изменение разницы температур (Т) в зависимости от времен. Сигнал Т называется сигналом ДТА. Блок схема ДТА представлена на рисунке 2.4.

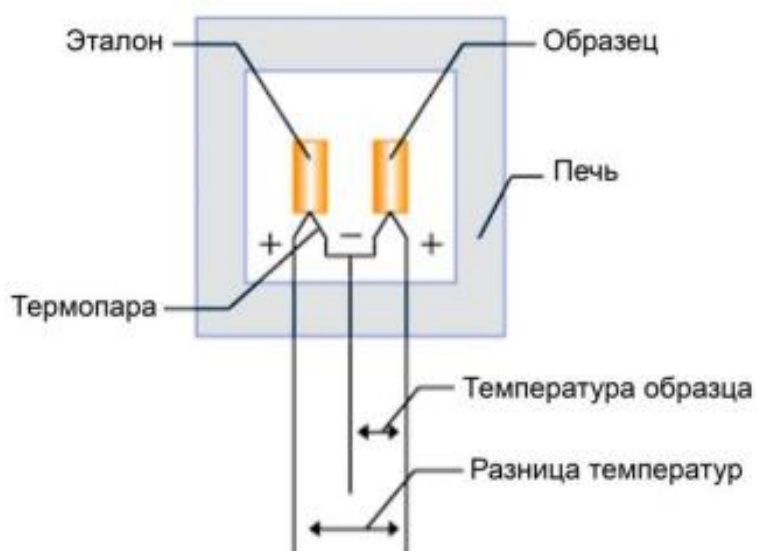


Рисунок 2.4 – Блок схема ДТА

Дифференциальное сканирование отличается от дифференциально-термического анализа тем, что позволяет фиксировать тепловой поток, характеризующий изменения, происходящие в веществе при нагревании. В представленном методе образец и идеал нагреваются с одинаковой скоростью, поддерживая одинаковые температуры (Рисунок 2.5).

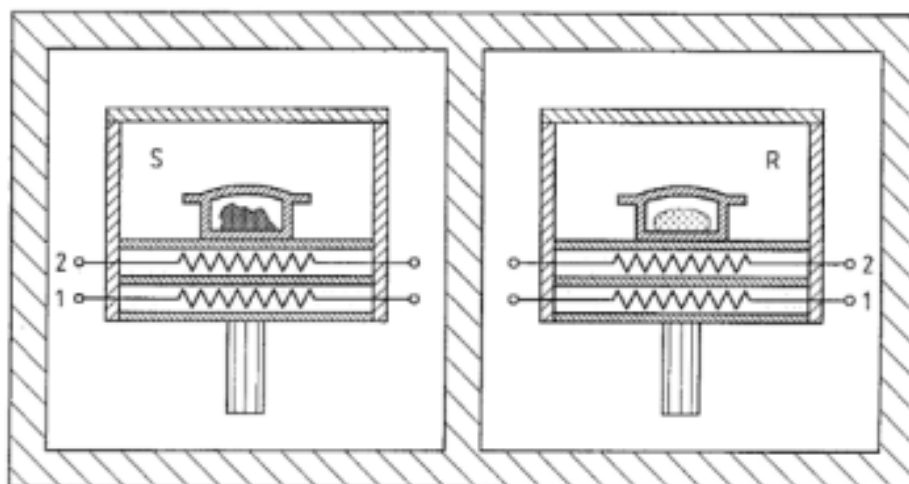


Рисунок – 2.5 – Схема системы ДСК

Экспериментальные кривые показывают, что тепловой поток зависит от температуры. По внешнему виду кривая ДСК очень похожа на кривую ДТА, за исключением принятых единиц измерения по оси y . Как и в методе ДТА, площадь пика, ограниченная кривой ДСК, прямо пропорциональна изменению энтальпии.

При анализе образцов ДСК и ДТА обнаруживаются собственные эндотермические эффекты, возникновение которых обусловлено дегидратацией и разрушением кристаллической структуры. Экзотермические эффекты также присутствуют, демонстрируя образование свежих фаз при высоких температурах.

Результаты ДСК отражаются в облике бесконечной кривой, на которой регистрируется тепловые реакции, которые протекают при соответствующих температурах. Эндотермическим реакциям свойственна

быстро отклоняющаяся кривая от нулевой части графика книзу. В экзотермических наоборот – кривая стремится ввысь.

Термогравиметрия – метод термического анализа, основанный на регистрации конфигурации массы эталона от температуры. Получаемая подневольность разрешает создавать выводы, о тепловой прочности и составе эталона. Данный способ имеет возможность быть действительно применен в что случае, когда образчик при нагревании выделяет летучие препараты в итоге всевозможных хим, телесных и физико-химических процессов.

Для проведения термического анализа в работе применялся дефференциально-термический анализатор STA 449 F3 Jupiter компании «NETZSCH» (ФРГ), который дает собой сопряженный ДСК – ТГ устройство. Изучение образцов велось в перерыве температур от 20 до 1000 °С, со скоростью нагрева 10 °С/мин.

4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

В настоящее время перспективность научного исследования определяется не столько масштабом открытия, оценить которое на первых этапах жизненного цикла высокотехнологического и ресурсоэффективного продукта бывает достаточно трудно, сколько коммерческой ценностью разработки. Оценка коммерческой ценности разработки является необходимым условием для поиска источников финансирования проведения научного исследования и коммерциализации его результатов.

Целью раздела является определение перспективности и успешности научно-технического исследования, оценка его эффективности, уровня возможных рисков, разработка механизма управления и сопровождения конкретных проектных решений на этапе реализации.

Для достижения обозначенной цели необходимо решить следующие задачи:

- организовать работу по научному исследованию;
- осуществить планирование этапов выполнения исследования;
- оценить коммерческий потенциал и перспективность проведения научного исследования;
- рассчитать бюджет проводимого научно-технического исследования;
- произвести оценку социальной и экономической эффективности исследования.

Цель проводимого исследования состоит в разработке составов и способов получения гидрокарбонатного магниального вяжущего. В качестве объекта исследования выступили составы гидрокарбонатного магниального материала с использованием доломитового сырья. Лабораторные испытания разрабатываемых составов с помощью

специализированного оборудования проводились в научной лаборатории университета.

4.1 Предпроектный анализ

4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Объектом исследования являются магниевые вяжущие составы на основе доломитового сырья, практическое применение подобных веществ состоит преимущественно в качестве составляющего строительных материалов, причем для множества разных видов строительных материалов.

Соответственно, целевой рынок результатов исследования – это рынок производителей и потребителей строительных материалов. Таким образом сегментами рынка потребителей разработки являются:

- производство строительных материалов,
- оптовая и розничная торговля стройматериалами,
- муниципальное строительство (госзаказ),
- коммерческое (жилищное) строительство.

4.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

В данном научном исследовании разрабатываются составы гидрокарбонатных магниевых составов на основе доломитового сырья и способы их получения. В таблице 1 приведена оценка конкурентных разработок, где Ф – разрабатываемый проект, к1 – исследование, проведенное инженером-технологом завода по производству строительных материалов, к2 – исследование, проведенное независимой лабораторией по заказу.

Таблица 4.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Повышение производительности	0,15	5	5	4	0,75	0,75	0,60
2. Результативность	0,20	5	4	5	1	0,80	1
3. Скорость	0,12	5	3	5	0,60	0,36	0,60
4. Технологичность	0,18	5	4	4	0,90	0,72	0,72
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,10	5	4	4	0,50	0,40	0,40
2. Стоимость	0,15	5	3	2	0,75	0,45	0,30
3. Срок выхода на рынок	0,10	3	4	4	0,30	0,40	0,40
Итого	1	33	27	28	4,8	3,88	4,02

Критерии оценки подбираются, исходя из выбранных объектов сравнения с учетом их технических и экономических особенностей разработки, создания и эксплуатации. Вес показателей в сумме должен составлять 1. Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum V_i \cdot B_i$$

где: K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

V_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Результаты проведенного анализа конкурентов показывают, что проект превосходит конкурентные разработки, преимущество проекта состоит в результативности, технологичности, а также стоимости проекта. Уязвимость проекта в предполагаемых сроках выхода разработки на рынок, что обусловлено отсутствием опыта и бизнес-плана у магистранта.

4.1.3 SWOT-анализ

SWOT – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта (Таблица 4.2). Применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта. Анализ проводится в 3 этапа.

Первый этап заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде.

Таблица 4.2 – Матрица SWOT-анализа

Сильные стороны С1. Стоимость технологического процесса и сырья экономичнее существующих аналогов С2. Высокие показатели влагостойкости С3. Технология может использоваться в разных климатических условиях С4. Материал экологичен С5. Хороший эстетический вид получаемых материалов	Слабые стороны Сл1. Небольшая стойкость к механическому воздействию, зависящая от добавок Сл2. Необходимость дополнительных технологических процессов Сл3. Необходимо доказать покупателям преимущества по сравнению с существующими материалами
Возможности В1. Широкий охват рынка из-за универсальности применения технологии В2. Снижение стоимости сырья В3. Дополнительное усовершенствование технологии производства	Угрозы У1. Введение дополнительных требований к сертификации продукции У2. Отсутствие спроса на новые технологии У3. Повышение стоимости сырья

Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды.

Интерактивная матрица проекта представлена в таблице 4.3. Каждый фактор помечается либо знаком «+» (означает сильное соответствие сильных сторон возможностям), либо знаком «-» (что означает слабое соответствие); «0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-».

Таблица 4.3 – Интерактивная матрица проекта

		Сильные стороны проекта				
		С1	С2	С3	С4	С5
Возможности проекта	В1	0	+	+	-	0
	В2	+	-	-	-	+
	В3	-	0	+	0	-

		Слабые стороны проекта		
		Сл1	Сл2	Сл3
Возможности проекта	В1	-	0	+
	В2	-	+	+
	В3	+	+	-

		Сильные стороны проекта				
		С1	С2	С3	С4	С5
Угрозы проекта	У1	-	0	-	+	-
	У2	+	+	+	+	-
	У3	+	-	0	+	+

		Слабые стороны проекта		
		Сл1	Сл2	Сл3
Угрозы проекта	У1	-	-	+
	У2	+	+	-
	У3	+	0	+

Анализ интерактивных таблиц представляется в форме записи сильно коррелирующих сторон:

Сильные стороны и возможности: В1С2С3, В2С1С5, В3С3

Слабые стороны и возможности: В1Сл3, В2Сл2Сл3, В3Сл1Сл2

Сильные стороны и угрозы: У1С4, У2С1С2С3С4, У3С1С4С5

Слабые стороны и угрозы: У1Сл3, У2Сл1Сл2, У3Сл1Сл3

Каждая из записей представляет собой направление реализации проекта.

В рамках третьего этапа должна быть составлена итоговая матрица SWOT-анализа (Таблица 4.4).

Таблица 4.4 – итоговая матрица SWOT-анализа

	Сильные стороны	Слабые стороны
	<p>С1. Стоимость технологического процесса и сырья экономичнее существующих аналогов</p> <p>С2. Высокие показатели влагостойкости</p> <p>С3. Технология может использоваться в разных климатических условиях</p> <p>С4. Материал экологичен</p> <p>С5. Хороший эстетический вид получаемых материалов</p>	<p>Сл1. Небольшая стойкость к механическому воздействию, зависящая от добавок</p> <p>Сл2. Необходимость дополнительных технологических процессов</p> <p>Сл3. Необходимо доказать покупателям преимущества по сравнению с существующими материалами</p>
<p>Возможности</p> <p>В1. Широкий охват рынка из-за универсальности применения технологии</p> <p>В2. Снижение стоимости сырья</p> <p>В3. Дополнительное усовершенствование технологии производства</p>	<p>Отличные показатели влагостойкости и долговечности, а также приспособленность к разным климатам делают технологию универсальной и следовательно позволяет охватить более широкий рынок сбыта.</p> <p>Дополнительные разработки по совершенствованию технологии позволят сделать материал более экологичным и снизить стоимость необходимого сырья.</p>	<p>Дополнительные разработки усовершенствования технологии позволят решить проблему недостаточной прочности. Потенциальное снижение стоимости сырья позволит нивелировать недостаток необходимости дополнительных технологических процессов.</p>
<p>Угрозы</p> <p>У1. Введение дополнительных требований к сертификации продукции</p> <p>У2. Отсутствие спроса на новые технологии</p> <p>У3. Повышение стоимости сырья</p>	<p>Введение дополнительных требований к сертификации может увеличить стоимость получаемых стройматериалов.</p> <p>Отсутствующий спрос на новые технологии может перекрыться доказанной эффективностью использования стройматериалов по данной разработке.</p>	<p>При повышении стоимости сырья (а соответственно повышении стоимости получаемого продукта) потребитель может предпочесть менее долговечные, но более дешевые материалы.</p>

4.1.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации

На какой бы стадии жизненного цикла не находилась научная разработка полезно оценить степень ее готовности к коммерциализации и

выяснить уровень собственных знаний для ее проведения (или завершения). Для этого заполнена специальная форма, содержащая показатели о степени проработанности проекта с позиции коммерциализации и компетенциям разработчика научного проекта (Таблица 4.5).

При проведении анализа по таблице, по каждому показателю ставится оценка по пятибалльной шкале. При оценке степени проработанности научного проекта 1 балл означает не проработанность проекта, 2 балла – слабую проработанность, 3 балла – выполнено, но в качестве не уверен, 4 балла – выполнено качественно, 5 баллов – имеется положительное заключение независимого эксперта. Для оценки уровня имеющихся знаний у разработчика система баллов принимает следующий вид: 1 означает не знаком или мало знаю, 2 – в объеме теоретических знаний, 3 – знаю теорию и практические примеры применения, 4 – знаю теорию и самостоятельно выполняю, 5 – знаю теорию, выполняю и могу консультировать.

Таблица 4.5 – Оценка степени готовности проекта к коммерциализации

п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1.	Определен имеющийся научно-технический задел	5	5
2.	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	5	5
3.	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	5	5
4.	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	5	5
5.	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	4	3
6.	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	4	3
7.	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	4	4
8.	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	3	3
9.	Определены пути продвижения научной	3	3

	разработки на рынок		
10.	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	5	5
11.	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	3	2
12.	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	4	4
13.	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	4	4
14.	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	5	5
15.	Проработан механизм реализации научного проекта	5	5
	ИТОГО БАЛЛОВ	64	61

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

$$B_{\text{сум}} = \sum B_i$$

где: $B_{\text{сум}}$ – суммарное количество баллов по каждому направлению;

B_i – балл по i -му показателю.

Значение $B_{\text{сум}}$ позволяет говорить о мере готовности научной разработки и ее разработчика к коммерциализации.

Оценка степени готовности проекта к коммерциализации показывает, что исследование перспективно, уровень знаний разработчика выше среднего. Слабыми сторонами степени проработанности научного проекта являются разработка бизнес-плана и определение путей продвижения на рынок, разработчику рекомендуется повысить уровень знаний по этим вопросам, а также по охране авторских прав и оценке стоимости интеллектуальной собственности.

4.1.5 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования

Для коммерциализации результатов проведенного исследования будет использоваться метод инжиниринга.

Инжиниринг как самостоятельный вид коммерческих операций предполагает предоставление на основе договора инжиниринга одной стороной, именуемой консультантом, другой стороне, именуемой заказчиком, комплекса или отдельных видов инженерно-технических услуг, связанных с разработкой новых технологических процессов на предприятии заказчика, усовершенствованием имеющихся производственных процессов вплоть до внедрения изделия в производство и даже сбыта продукции.

Этот вид коммерциализации выбран по причине того, что автор проекта сможет продолжить работу над разработкой непосредственно в ходе производственного процесса, что позволит оперативно подстраиваться под запросы рынка, использовать новейшие исследования и сырье, адаптировать разработку для разных нужд.

4.2 Инициация проекта

Группа процессов инициации состоит из процессов, которые выполняются для определения нового проекта или новой фазы существующего. В рамках процессов инициации определяются изначальные цели и содержание и фиксируются изначальные финансовые ресурсы. Определяются внутренние и внешние заинтересованные стороны проекта, которые будут взаимодействовать и влиять на общий результат научного проекта. Данная информация закрепляется в Уставе проекта.

Устав проекта документирует бизнес-потребности, текущее понимание потребностей заказчика проекта, а также новый продукт, услугу или результат, который планируется создать.

1. *Цели и результат проекта.* В данном разделе необходимо привести информацию о заинтересованных сторонах проекта, иерархии целей проекта и критериях достижения целей.

Под заинтересованными сторонами проекта понимаются лица или организации, которые активно участвуют в проекте или интересы которых могут быть затронуты как положительно, так и отрицательно в ходе

исполнения или в результате завершения проекта. Это могут быть заказчики, спонсоры, общественность и т.п. Информация по заинтересованным сторонам проекта представлена в таблице 4.6.

Таблица 4.6 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
НИ ТПУ	Выпуск высококвалифицированных специалистов
Компании-производители строительных материалов	Усовершенствование качества и повышение конкурентоспособности строительных материалов
Девелоперы	Использование в строительстве современных, красивых, стойких материалов
Население (потребители)	Уверенность в качестве полученного изделия, красивый внешний вид

В таблице 4.7 представлена иерархия целей проекта и критерии достижения целей.

Таблица 4.7 – Цели и результат проекта

Цели проекта:	Определение перспективности и успешность научно-технического исследования по разработке состава и способе получения гидрокарбонатного магнезиального вяжущего на основе доломитового сырья
Ожидаемые результаты проекта:	Получены составы и определены возможные оптимальные способы их получения
Критерии приемки результата проекта:	Лабораторным путем получен состав с требуемыми характеристиками, задокументирован алгоритм его получения
Требования к результату проекта:	Требование:
	Произведены расчеты
	Пробы прошли лабораторные испытания
	Анализ испытаний показал соответствие полученных результатов поставленным требованиям
	Рассчитана экономическая эффективность проекта

1. *Организационная структура проекта.* На данном этапе работы необходимо решить следующие вопросы: кто будет входить в рабочую

группу данного проекта, определить роль каждого участника в данном проекте, а также прописать функции, выполняемые каждым из участников и их трудозатраты в проекте. Эта информация представлена в таблице 8.

Таблица 4.8 – Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудо-затраты, час.
1.	Митина Н.А., НИ ТПУ, доцент 0,5 ставки ИШНПТ	Руководитель проекта	Консультирование, координация деятельности, определение задач, контроль выполнения.	600
2.	Яковлева В.С., магистрант ИШНПТ	Исполнитель по проекту	Анализ литературных источников, отбор проб, проведение лабораторных испытаний, анализ данных, написание работы	1600
ИТОГО:				2200

2. *Ограничения и допущения проекта.* Ограничения проекта – это все факторы, которые могут послужить ограничением степени свободы участников команды проекта, а также «границы проекта» - параметры проекта или его продукта, которые не будут реализованных в рамках данного проекта (Таблица 4.9).

Таблица 4.9 – Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/ допущения
3.1. Бюджет проекта	791440,75
3.1.1. Источник финансирования	НИ ТПУ
3.2. Сроки проекта:	01.09.2020-31.05.2022
3.2.1. Дата утверждения плана управления проектом	15.09.2020
3.2.2. Дата завершения проекта	31.05.2022

4.3 Планирование управления научно-техническим проектом

Группа процессов планирования состоит из процессов, осуществляемых для определения общего содержания работ, уточнения

целей и разработки последовательности действий, требуемых для достижения данных целей.

План управления научным проектом должен включать в себя следующие элементы:

- иерархическая структура работ проекта;
- контрольные события проекта;
- план проекта;
- бюджет научного исследования.

4.3.1 Иерархическая структура работ проекта

Иерархическая структура работ (ИСР) – детализация укрупненной структуры работ. В процессе создания ИСР структурируется и определяется содержание всего проекта (Рисунок 4.1).



Рисунок 4.1 – Иерархическая структура работ

4.3.2 План проекта

В рамках планирования научного проекта построены календарный график проекта (Таблица 4.10, 4.11).

Таблица 4.10– Календарный план проекта

Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников
Утверждение темы магистерской диссертации	14	01.09.20	14.09.20	Яковлева В.С., Митина Н.А.
Согласование плана работ	14	15.09.20	30.09.20	Яковлева В.С., Митина Н.А.
Литературный обзор	123	01.10.20	31.01.21	Яковлева В.С.
Лабораторные испытания, обработка полученных данных	334	01.02.21	31.12.21	Яковлева В.С., Митина Н.А.
Написание отчета	151	01.01.22	31.05.22	Яковлева В.С.
Итого:	636			

Таблица 4.11 – Календарный план-график проведения НИОКР

Наименование этапа	Т, дней	2020				2021								2022									
		Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	
Утверждение темы магистерской диссертации	14	▨																					
Согласование плана работ	14	▨																					
Литературный обзор	123		■	■	■	■																	
Лабораторные испытания, обработка полученных данных	334						▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨			
Написание отчета	151																	■	■	■	■	■	■



- Яковлева В.С.



- Яковлева В.С., Митина Н.А.

4.4 Бюджет научного исследования

При планировании бюджета научного исследования должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов планируемых расходов, необходимых для его выполнения. В процессе формирования бюджета, планируемые затраты сгруппированы по статьям. В данном исследовании выделены следующие статьи:

1. Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты;
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;
3. Заработная плата – основная и дополнительная;
4. Отчисления на социальные нужды;
5. Накладные расходы.

Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты (за вычетом отходов). В эту статью включаются затраты на приобретение всех видов материалов, комплектующих изделий и полуфабрикатов, необходимых для выполнения работ по данной теме (Таблица 4.12).

Таблица 4.12 – Расчет затрат по статье «Сырье и материалы»

Наименование	Количество, шт	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Бумага офисная	1	400	400
Лабораторный халат	1	1300	1300
Перчатки	6	50	300
Набор лабораторной посуды	1	1500	1500
Всего за материалы		3500	
Транспортно-заготовительные расходы (5%)			175
Итого по статье			3675

Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ. В данную статью включены все затраты, связанные с приобретением специального оборудования, необходимого для проведения работ по теме НИР (таблица 13). Специальное оборудование для лабораторных испытаний

использовалось во время прохождения учебных семестров в научной лаборатории университета, поэтому затраты на него равны 0.

Таблица 13 – Расчет затрат по статье «Спецоборудование»

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, руб.	Стоимость, руб.
1	Персональный компьютер с установленным ПО (Microsoft Office)	1	72130	72130
Итого, руб.:				72130

Расчет основной заработной платы. В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы оплаты труда. Расчет основной заработной платы сводится в таблице 14.

$$C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп},$$

Где: $Z_{осн}$ – основная заработная плата;

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата

Основная заработная плата ($Z_{осн}$) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_{раб},$$

Где: $Z_{осн}$ – основная заработная плата одного работника;

$T_{раб}$ – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}}$$

где: $Z_{\text{м}}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

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

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

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Расчет заработной платы научно – производственного и прочего персонала проекта проводили с учетом работы 2-х человек – научного руководителя и исполнителя. Баланс рабочего времени исполнителей представлен в таблице 4.14.

Таблица 4.14 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Магистрант
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней	99	99
- выходные дни	14	14
- праздничные дни		
Потери рабочего времени	24	24
- отпуск	14	14
- невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени	212	212

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{б}} * (k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) * k_{\text{р}},$$

Где $Z_{\text{б}}$ – базовый оклад, руб.;

$k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент (определяется Положением об оплате труда);

$k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок;

$k_{\text{р}}$ – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

При расчете заработной платы научно-производственного и прочего персонала проекта учитывались месячные должностные оклады работников, которые рассчитывались по формуле:

$$Z_m = Z_b * K_p,$$

Где Z_b – базовый оклад, руб.;

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

Согласно информации сайта Томского политехнического университета, должностной оклад (ППС) доцента кандидата наук в 2020 году без учета РК составил 33664 руб., поскольку руководитель работает на 0,5 ставки, то оклад равен 16832. Расчет основной заработной платы приведен в таблице 4.15.

Таблица 4.15 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	Z_b , руб.	$k_{пр}$	k_d	k_p	Z_m , руб.	$Z_{дн}$, руб.	T_p , раб. дн.	$Z_{осн}$, руб.
Руководитель	16832	1	0,02	1,3	22319,25	1179,15	210	247621,5
Магистрант	1923	-	-	1,3	2500	132	369	48708

Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала. В данную статью включается сумма выплат, предусмотренных законодательством о труде, например, оплата очередных и дополнительных отпусков; оплата времени, связанного с выполнением государственных и общественных обязанностей; выплата вознаграждения за выслугу лет и т.п. (в среднем – 12 % от суммы основной заработной платы).

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 10-15% от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы:

$$Z_{доп} = Z_{осн} * k_{доп},$$

Где $Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата, руб.;

$k_{доп}$ – коэффициент дополнительной зарплаты;

$Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата, руб.

В таблице 4.16 приведена форма расчёта основной и дополнительной заработной платы.

Таблица 4.16 – Заработная плата исполнителей НТИ

Заработная плата	Руководитель	Магистрант	Итого
Основная зарплата	247621,5	37143,23	284764,73
Дополнительная зарплата	48708	7306,2	56014,2

Отчисления на социальные нужды. Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \text{ где}$$

$k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчисления на уплату во внебюджетные фонды.

На 2014 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%.

Отчисления на социальные нужды составляют:

$$C_{\text{внеб}} = 0,3 \cdot (284764,73 + 56014,2) = 102233,68 \text{ рублей}$$

Накладные расходы. Расчет накладных расходов провели по следующей формуле:

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0,8 \cdot (284764,73 + 56014,2) = 272623,14$$

где $k_{\text{накл}}$ – коэффициент накладных расходов, принят 0,8.

Таким образом, общие затраты проекта, приведенные в таблице 4.18, составляют 791440,75 руб.

Таблица 4.18 – Затраты научно-исследовательской работы

Вид исследования	Затраты по статьям									
	Сырье, материалы (за вычетом возвратных отходов), покупные изделия и полуфабрикаты	Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Научные и производственные командировки	Оплата работ, выполняемых сторонними организациями и предприятиями	Прочие прямые расходы	Накладные расходы	Итого плановая себестоимость
Данное исследование	3675	72130	284764,73	56014,2	102233,68	-	-	-	272623,14	<u>791440,75</u>
Аналог	5000	790000	880000	105600	295680	-	-	-	788480	2864760

4.4.1 Организационная структура проекта

Данный проект представлен в виде проектной организационной структуры. Проектная организационная структура проекта представлена на рисунке 4.2.



Рисунок 4.2 – Проектная структура проекта

4.4.2 План управления коммуникациями проекта

План управления коммуникациями отражает требования к коммуникациям со стороны участников проекта (Таблица 4.19).

Таблица 4.19 – План управления коммуникациями

№ п/п	Какая информация передается	Кто передает информацию	Кому передается информация	Когда передает информацию
1.	Статус проекта	Исполнитель	Руководителю	Еженедельно (понедельник)
2.	Обмен информацией о текущем состоянии проекта	Исполнитель	Руководителю	Ежемесячно (конец месяца)
3.	Документы и информация по проекту	Исполнитель	Руководителю	Не позже сроков графиков и к. точек
4.	О выполнении контрольной точки	Исполнитель	Руководителю	Не позже дня контрольного события по плану управления

4.4.3 Реестр рисков проекта

Идентифицированные риски проекта включают в себя возможные неопределенные события, которые могут возникнуть в проекте и вызвать последствия, которые повлекут за собой нежелательные эффекты.

Информация по возможным рискам сведена в таблицу 4.20.

Таблица 4.20 – Реестр рисков

№	Риск	Вероятность наступления	Влияние риска	Уровень риска	Способы смягчения риска	Условия наступления
1	Неточность метода анализа	2	5	Низкий	Внешний и внутренние анализы	Низкая точность метода анализа
2	Погрешность расчетов	3	5	Средний	Пересчет, проверка	Невнимательность
3	Отсутствие интереса к результатам исследования	2	5	Низкий	Привлечение предприятий, публикация результатов	Отсутствие результатов исследования

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

4.5.1 Оценка абсолютной эффективности исследования

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

- чистая текущая стоимость (NPV);
- индекс доходности (PI);
- внутренняя ставка доходности (IRR);
- срок окупаемости (DPP).

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

Расчёт NPV осуществляется по следующей формуле:

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

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

I_0 – разовые инвестиции, осуществляемые в нулевом году;

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

n – горизонт расчета;

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

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

Расчет чистой текущей стоимости представлен в таблице 4.21. При расчете рентабельность проекта составляла 25%,
 Выручка=себестоимость*1,25=791440,75*1,25=989300,94

Таблица 4.21 – Расчет чистой текущей стоимости по проекту в целом

№	Наименование показателей	Шаг расчета				
		0	1	2	3	4
1	Выручка от реализации, руб.	0	989300,94	989300,94	989300,94	989300,94
2	Итого приток, руб.	0	989300,94	989300,94	989300,94	989300,94
3	Инвестиционные издержки, руб.	- 791440,75	0	0	0	0
4	Операционные затраты, руб.	0	346255,33	346255,33	346255,33	346255,33
5	Налогооблагаемая прибыль(1-4)	0	643045,61	643045,61	643045,61	643045,61
6	Налоги 20 %,	0	128609,12	128609,12	128609,12	128609,12

	руб.(5*20%)					
8	Чистая прибыль, руб.(5-6)	0	514436,49	514436,49	514436,49	514436,49
9	Чистый денежный поток (ЧДП), руб.(чистая прибыль+амортизация)	- 791440,75	586566,49	586566,49	586566,49	586566,49
10	Коэффициент дисконтирования при i=20% (КД)	1	<u>0,833</u>	<u>0,694</u>	<u>0,578</u>	<u>0,482</u>
11	Чистый дисконтированный денежный поток (ЧДД), руб.(9*10)	- 791440,75	488609,89	407077,14	339035,43	282725,05
12	∑ ЧД		1517447,51 руб.			
12	Итого NPV, руб.		726006,76 руб.			

$$NPV = 1517447,51 - 791440,75 = 726006,76 \text{ руб} > 0$$

Коэффициент дисконтирования рассчитан по формуле:

$$КД = \frac{1}{(1 + i)^t}$$

где: i – ставка дисконтирования, 20 %;

t – шаг расчета.

Таким образом, чистая текущая стоимость по проекту в целом составляет 726006,76 рублей, что позволяет судить об его эффективности.

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

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

где: ЧДД - чистый денежный поток, руб.;

I_0 – начальный инвестиционный капитал, руб.

Таким образом PI для данного проекта составляет:

$$PI = \frac{1517447,51}{791440,75} = 1,9$$

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

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

Между чистой текущей стоимостью (NPV) и ставкой дисконтирования (i) существует обратная зависимость. Эта зависимость представлена в таблице 4.22 и на рисунке 4.3.

Таблица 4.22 – Зависимость NPV от ставки дисконтирования

№	Наименование показателя	0	1	2	3	4	NPV, руб.
1	Чистые денежные потоки, руб.	- 791440,75	586566,49	586566,49	586566,49	586566,49	
2	Коэффициент дисконтирования						
	0,1	1	0,909	0,826	0,751	0,683	
	0,2	1	0,833	0,694	0,578	0,482	
	0,3	1	0,769	0,592	0,455	0,35	
	0,4	1	0,714	0,51	0,364	0,26	
	0,5	1	0,667	0,444	0,295	0,198	
	0,6	1	0,625	0,39	0,244	0,153	
	0,7	1	0,588	0,335	0,203	0,112	
	0,8	1	0,556	0,309	0,171	0,095	
	0,9	1	0,526	0,277	0,146	0,077	
	1	1	0,5	0,25	0,125	0,062	
3	Дисконтированный денежный поток, руб.						
	0,1	- 791440,75	533188,94	484503,92	440511,43	400624,91	1067388,46

	0,2	- 791440,75	488609,89	407077,14	339035,43	282725,05	726006,76
	0,3	- 791440,75	451069,63	347247,36	266887,75	205298,27	479062,27
	0,4	- 791440,75	418808,47	299148,91	213510,20	152507,29	292534,12
	0,5	- 791440,75	391239,85	260435,52	173037,11	116140,17	149411,90
	0,6	- 791440,75	366604,06	228760,93	143122,22	89744,67	36791,13
	0,7	- 791440,75	344901,10	196499,77	119073,00	65695,45	-65271,44
	0,8	- 791440,75	326130,97	181249,05	100302,87	55723,82	-128034,05
	0,9	- 791440,75	308533,97	162478,92	85638,71	45165,62	-189623,53
	1	- 791440,75	293283,25	146641,62	73320,81	36367,12	-241827,95

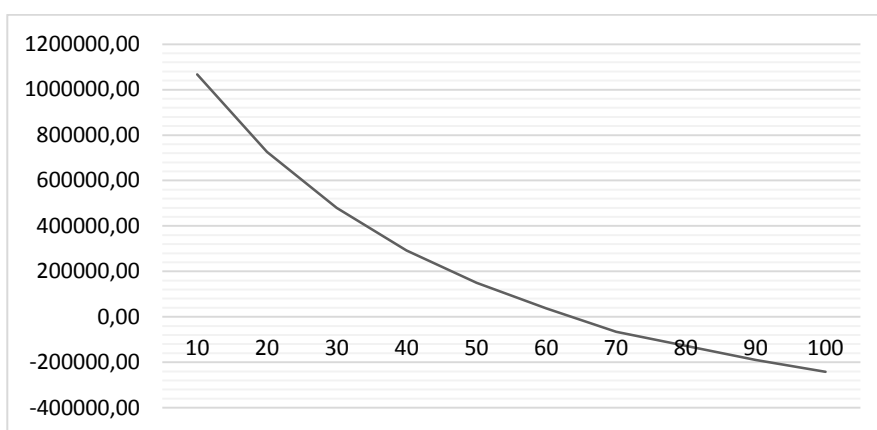


Рисунок 4.3 – Зависимость NPV от ставки дисконтирования

Из таблицы и графика следует, что по мере роста ставки дисконтирования чистая текущая стоимость уменьшается, становясь отрицательной. Значение ставки, при которой NPV обращается в нуль, носит название «внутренней ставки доходности» или «внутренней нормы прибыли». Из графика получаем, что IRR составляет 0,63.

$IRR > i$, проект эффективен.

Запас экономической прочности проекта: $63\% - 20\% = 43\%$

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

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

Наиболее приемлемым методом установления дисконтированного срока окупаемости является расчет кумулятивного (нарастающим итогом) денежного потока (Таблица 4.23).

Таблица 4.23 – Дисконтированный срок окупаемости

№	Наименование показателя	Шаг расчета				
		0	1	2	3	4
1	Дисконтированный чистый денежный поток ($i=0,20$), руб.	- 791440,75	488609,89	407077,14	339035,43	282725,05
2	То же нарастающим итогом, руб.	- 791440,75	- 302830,86	104246,28	443281,71	726006,76
3	Дисконтированный срок окупаемости	$DP_{дск} = 1 + (302830,86 / 407077,14) = 1,7$ года				

Социальная эффективность научного проекта учитывает социально-экономические последствия осуществления научного проекта для общества в целом или отдельных категорий населения или групп лиц, в том числе как непосредственные результаты проекта, так и «внешние» результаты в смежных секторах экономики: социальные, экологические и иные внеэкономические эффекты (Таблица 4.24).

Таблица 24 – Критерии социальной эффективности

ДО	ПОСЛЕ
Использование в строительстве недостаточно влагостойких стройматериалов	Используются материалы более качественные, стойкие к влаге и сохранившие привлекательный внешний вид
Производство аналогов дорогое и нетехнологичное	Использование разработки снизит затраты на сырье и высвободит средства для новых научных изысканий

4.5.2 Оценка сравнительной 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 показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется по следующей формуле:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}$$

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

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

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

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее

численное удешевление стоимости разработки в разгах (значение меньше единицы, но больше нуля).

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить по следующей формуле:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i$$

где: I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го

варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

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

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности приведен в форме таблицы (Таблице 4.25).

Таблица 4.25 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
1. Материалоемкость производства	0,15	5	4	3
2. Универсальность применения созданных материалов	0,3	5	4	5
3. Долговечность материалов на основе вещества	0,25	4	3	4
4. Безопасность полученных материалов	0,2	5	5	4
5. Простота технологических процессов	0,1	3	4	3
Итого:	1	4,55	3,95	4,05

Интегральный показатель эффективности разработки $I_{\text{финр}}^p$ и аналога $I_{\text{финр}}^a$ определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{\text{финр}}^p = \frac{I_m^p}{I_{\text{ф}}^p}; I_{\text{финр}}^a = \frac{I_m^a}{I_{\text{ф}}^a}$$

Сравнение интегрального показателя эффективности текущего проекта и аналогов позволит определить сравнительную эффективность проекта. Сравнительная эффективность проекта определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{финр}}^p}{I_{\text{финр}}^a}$$

где: $\mathcal{E}_{\text{ср}}$ – сравнительная эффективность проекта;

$I_{\text{финр}}^p$ – интегральный показатель разработки;

$I_{\text{финр}}^a$ – интегральный технико-экономический показатель аналога.

Сравнительная эффективность разработки по сравнению с аналогами представлена в таблице 4.26.

Таблица 4.26 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,28	1	0,79
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,55	3,95	4,05
3	Интегральный показатель эффективности	16,25	3,95	5,13
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,24	0,32

Вывод: Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволяет понять, что разработанный вариант проведения проекта является наиболее эффективным при решении поставленной в магистерской диссертации технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

В ходе выполнения раздела финансового менеджмента определена чистая текущая стоимость (NPV), равная 726006,76 руб.; индекс доходности $PI = 1,9$, внутренняя ставка доходности $IRR = 63\%$, срок окупаемости $PP_{дск} = 1,7$ года.

Таким образом мы имеем ресурсоэффективный проект с высоким запасом финансовой прочности и коротким сроком окупаемости.

Список публикаций студента

Яковлева В.С., Косухина Н.В. –МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ ВЯЖУЩИЕ МАТЕРИАЛЫ ИЗ ДОЛОМИТОВОГО СЫРЬЯ. XXVI Международный научный симпозиум молодых ученых и студентов имени академика М.А. Усова «Проблемы геологии и освоения недр», посвященный 90-летию со дня рождения Н.М. Расказова, 120-летию со дня рождения Л.Л. Халфина, 50-летию научных молодежных конференций имени академика М.А. Усова. Находится в печати.