

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

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Магнезиальное вяжущее на основе магнезитов республики Казахстан
УДК 666.9:553.682(574)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Г8А	Логунова Виктория Сергеевна		21.06.22

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент НОЦ Н.М. Кижнера	Митина Наталия Александровна	к.т.н., доцент		21.06.22

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД ТПУ	Черемискина Мария Сергеевна	-		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

Планируемые результаты обучения по ООП 18.03.01 (бакалавр)
направление «Химическая технология»
специальность «Химическая технология керамических и композиционных материалов»

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
УК(У)-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
УК(У)-3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
УК(У)-4	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах)
УК(У)-5	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах
УК(У)-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
УК(У)-7	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
УК(У)-8	Способен создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций
УК(У)-9	Способен проявлять предприимчивость в профессиональной деятельности, в т.ч. в рамках разработки коммерчески перспективного продукта на основе научно-технической идеи
ОПК(У)-1	Способность и готовность использовать основные законы естественных дисциплин в профессиональной деятельности
ОПК(У)-2	Готовность использовать знания о современной физической картине мира, пространственно-временных закономерностях, строении вещества для понимания окружающего мира и явлений природы
ОПК(У)-3	Готовность использовать знания о строении вещества, природе химической связи в различных классах химических соединений для понимания свойств материалов и механизма химических процессов, протекающих в окружающем мире
ОПК(У)-4	Владение пониманием сущности и значения информации в развитии современного информационного общества, осознания опасности и угрозы, возникающих в этом процессе, способностью соблюдать основные требования информационной безопасности, в том числе защиты государственной тайны
ОПК(У)-5	Владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, навыками работы с компьютером как средством управления информацией
ОПК(У)-6	Владение основными методами защиты производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий

ПК(У)-1	Способность и готовность осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции
ПК(У)-2	Готовность применять аналитические и численные методы решения поставленных задач, использовать современные информационные технологии, проводить обработку информации с использованием прикладных программных средств сферы профессиональной деятельности, использовать сетевые компьютерные технологии и базы данных в своей профессиональной области, пакеты прикладных программ для расчета технологических параметров оборудования
ПК(У)-3	Готовность использовать нормативные документы по качеству, стандартизации и сертификации продуктов и изделий, элементы экономического анализа в практической деятельности
ПК(У)-4	Способность принимать конкретные технические решения при разработке технологических процессов, выбирать технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения
ПК(У)-5	Способность использовать правила техники безопасности, производственной санитарии, пожарной безопасности и нормы охраны труда, измерять и оценивать параметры производственного микроклимата, уровня запыленности и загазованности, шума, и вибрации, освещенности рабочих мест
ПК(У)-6	Способность налаживать, настраивать и осуществлять проверку оборудования и программных средств
ПК(У)-7	Способность проверять техническое состояние, организовывать профилактические осмотры и текущий ремонт оборудования, готовить оборудование к ремонту и принимать оборудование из ремонта
ПК(У)-8	Готовность к освоению и эксплуатации вновь вводимого оборудования
ПК(У)-9	Способность анализировать техническую документацию, подбирать оборудование, готовить заявки на приобретение и ремонт оборудования
ПК(У)-10	Способность проводить анализ сырья, материалов и готовой продукции, осуществлять оценку результатов анализа
ПК(У)-11	Способность выявлять и устранять отклонения от режимов работы технологического оборудования и параметров технологического процесса
ДПК(У)-1	Способность проводить стандартные испытания материалов и изделий, проводить физические и химические эксперименты, проводить обработку и анализ результатов

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

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

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

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

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
	<i>Пояснительная записка</i>	60
	<i>Раздел ВКР «Социальная ответственность»</i>	20
	<i>Раздел ВКР «Финансовый менеджмент»</i>	20

СОСТАВИЛ:
Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент НОЦ Н.М. Кижнера	Митина Наталия Александровна	к.т.н., доцент		21.01.2022

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент НОЦ Н.М. Кижнера	Ревва Инна Борисовна	к.т.н., доцент		

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

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП

 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
4Г8А	Логунова Виктория Сергеевна

Тема работы:

Магнезиальное вяжущее на основе магнезитов республики Казахстан	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	20.01.2022, №20-19/с

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

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>Аморфные магнезиты Кимперсайского месторождения республики Казахстан.</p>
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><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;</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Аналитический обзор по литературным источникам; 2. Проведение экспериментов по определению истинной плотности, удельной поверхности. Проведение рентгенофазового анализа, дифференциального термического анализа, термогравиметрического анализа, тепловыделение при гидратации при затворении растворами хлорида магния и бикарбоната магния 3. Обработка результатов и обоснование выбора

<i>обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	оптимальной температуры обжига для получения каустического магнезита.
---	---

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент	Кащук Ирина Вадимовна
Социальная ответственность	Черемискина Мария Сергеевна

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	21.01.2022
---	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент НОЦ Н.М. Кижнера	Митина Наталия Александровна	к.т.н., доцент		21.01.2022

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Г8А	Логунова Виктория Сергеевна		21.01.2022

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа 4Г8А		ФИО Логунова Виктория Сергеевна	
Школа	Инженерная школа новых производственных технологий	Отделение (НОЦ)	Научно-образовательный центр Н.М. Кижнера
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	<i>18.03.01 Химическая технология</i>

Тема ВКР:

Магнезиальное вяжущее на основе магнезитов республики Казахстан

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

Введение

- Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения.
- Описание рабочей зоны (рабочего места) при эксплуатации

Объект исследования Аморфные магнезиты
Область применения Магнезиальные вяжущие
Рабочая зона: лаборатория
Размеры помещения 2 помещения с размерами: 16 м², 14 м².
Количество и наименование оборудования рабочей зоны
Вытяжной шкаф – 1 ед.
Пресс – 1 ед.
Лабораторная мебель – 2 ед.
Щековая дробилка – 1 ед.
Лабораторная шаровая мельница – 1 ед.
Вакуум – пресс – 1 ед.
Аналитические весы – 1 ед.
Технические весы – 1 ед.
Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне:
Дробление магнезита
Помол материала
Обжиг порошка
Формование образцов
Определение истинной плотности
Испытание на прочность
Вакуумирование образцов на прессе
Взвешивание и составление смеси

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации оборудования в лабораториях:

- специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;
- организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.

- Приказ Минтруда России от 16.11.2020 N 781н Об утверждении Правил по охране труда при производстве цемента. XIII. Требования охраны труда при эксплуатации дробильных установок
- Инструкция по охране труда при обслуживании сушильно-стерилизационных шкафов
- ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования.
- ГОСТ 12.2.049-80 ССБТ. Оборудование производственное. Общие эргономические требования
- Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 25.02.2022)

<p>2. Производственная безопасность при эксплуатации оборудования в лабораториях:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов 	<p>Вредные производственные факторы: действие силы тяжести в тех случаях, когда оно может вызвать падение твердых, сыпучих, жидких объектов на работающего;</p> <p>опасность и вредность воздействия газовых компонентов (включая пары), загрязняющих чистый природный воздух примесей, на организм работающего зависят от их содержания (концентрации) и токсичности, то есть химических свойств данных газов и паров.</p> <p>отсутствие или недостаток необходимого естественного освещения;</p> <p>опасные и вредные производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего: температурой и относительной влажностью воздуха, скоростью движения (подвижностью) воздуха относительно тела работающего, а также с тепловым излучением окружающих поверхностей, зон горения, фронта пламени, солнечной инсоляции;</p> <p>опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерным загрязнением воздушной среды в зоне дыхания, то есть с аномальным физическим состоянием воздуха (в том числе пониженной или повышенной ионизацией) и (или) аэрозольным составом воздуха.</p> <p>Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов:</p> <p>Средства коллективной защиты: вентиляция и очистка воздуха; кондиционирования воздуха; локализация вредных факторов; отопление; дезодорация воздуха. источники света; осветительные приборы;</p> <p>Средства индивидуальной защиты: перчатки; очки защитные.</p>
<p>3. Экологическая безопасность при эксплуатации оборудования в лабораториях:</p>	<p>Воздействие на селитебную зону Не обнаружено</p> <p>Воздействие на атмосферу:</p> <p>В рабочей зоне при работе с керосином может быть повышенное его содержание, которое соблюдается согласно «СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания".</p> <p>Воздействие на гидросферу:</p> <p>После проведения эксперимента с пикнометрами, керосин удаляется через централизованные системы водоотведения, предварительно смешиваясь с водой. Это оказывает незначительное влияние на окружающую среду.</p> <p>Воздействие на литосферу: Все остатки порошка, неиспользованные во время эксперимента, используются вторично для других опытов и исследований. Значительных воздействий на литосферу не наблюдается.</p>

4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации оборудования в лабораториях:	<p>Возможные ЧС: пожары, взрывы, обрушение зданий.</p> <p>Наиболее типичная ЧС: пожары..</p>
--	--

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Г8А	Логунова Виктория Сергеевна		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 81 страницу, 28 таблиц, 5 рисунков, 37 источников.

Ключевые слова: магнезиальное вяжущее, аморфные магнезиты, свойства магнезиальной породы, удельная поверхность, истинная плотность, дифференциальный термический анализ, рентгенофазовый анализ, тепловыделение при гидратации.

Цель работы: исследование физико-химических свойств магнезиальной породы месторождения республики Казахстан для определения возможности применения аморфных магнезитов в технологии магнезиальных вяжущих.

Задачи:

1. провести литературный обзор по теме научного исследования, включая современные методы исследования и общедоступные статьи и патенты;
2. изучить свойства магнезиальной породы, обожжённой при разной температуре;
3. по результатам экспериментов провести анализ данных и сделать вывод о качестве полученной породы, которая будет обладать свойствами для получения магнезиального вяжущего.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ И ОБОЗНАЧЕНИЯ

Магнезиальные вяжущие вещества – тонкомолотые порошки, в основном получаемые путем обжига доломита или магнезита. В составе готового продукта главным для всей технологии получения вяжущего является оксид магния.

Рентгенофазовый анализ – идентификация различных фаз в их смеси на основе анализа дифракционной картины, даваемой исследуемым образцом.

Микрокалориметрия – метод исследования суммарных свойств вещества, в частности, температурного хода теплоемкости.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	16
1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	17
1.1 Магнезиальное вяжущее. Свойства, особенности технологии	17
1.2 Сырье, используемое в технологии магнезиальных вяжущих	19
1.3 Способы получения магнезиальных вяжущих	21
1.3.1 Способ производства магнезиального вяжущего из высокомагнезиальных горных пород	22
1.3.2 Получение магнезиального вяжущего из доломита	23
1.3.3 Получение магнезиального вяжущего из каустического магнезита и трилона Б	24
1.3.4 Получение магнезиального вяжущего, содержащего пылеунос, диоксид кремния и гидрофосфат аммония	25
1.3.5 Получение магнезиального вяжущего из каустического доломита и портландцемента	26
1.4 Особенности получения каустического магнезита для прочного водостойкого магнезиального камня	27
2 МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	28
2.1 Исследование истинной плотности	28
2.2 Методика определения удельной поверхности (метод БЭТ)	29
2.3 Методика проведения рентгенофазового анализа	31
2.4 Методика определения тепловыделения	32
2.5 Методика проведения дифференциального термического анализа (ДТА) и термогравиметрического анализа (ТГА)	33
3 ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ПОЛУЧЕНИЮ КАУСТИЧЕСКОГО МАГНЕЗИАЛЬНОГО ПОРОШКА	35
3.1 Материалы, их характеристики	35
3.1.1 Магнезит	35

3.1.2 Раствор бикарбоната магния	39
3.2 Результаты исследования истинной плотности и удельной поверхности магнезиальной породы	39
3.3 Результаты рентгенофазового анализа магнезиальной породы	42
3.4 Результаты тепловыделения при гидратации магнезита, обожженного при разных температурах	43
3.5 Выводы по разделу	44
4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ	46
4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	46
4.1.1 Анализ конкурентных технических решений	46
4.1.2 SWOT-анализ	48
4.2 Планирование научно-исследовательских работ	50
4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования	50
4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения	51
4.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	55
4.3.1 Материальные затраты НТИ	55
4.3.2 Расчет амортизации специального оборудования	56
4.3.3 Основная и дополнительная заработная плата	56
5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	64
5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	65
5.1.1 Правовые нормы трудового законодательства	65
5.1.2 Эргономические требования к правильному расположению и компоновке рабочей зоны	65
5.2 Производственная безопасность	66
5.2.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при эксплуатации объекта исследования	66

5.3 Экологическая безопасность	71
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	73
5.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть при проведении исследований и обоснование мероприятий по предотвращению ЧС	73
5.4.2 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС	74
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	76
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	78

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в строительной области присутствует потребность в современных и экологичных материалах, которые будут обладать необходимыми физико-химическими свойствами.

К ним можно отнести изделия, изготовленные на основе магнезиальных вяжущих, которые обладают высокой прочностью в ранние сроки твердения, но на данный момент присутствует проблема в энергоемкости получения. Это приводит к значительному затрату теплоносителя, постоянной смене футеровки печи, повышенному загрязнению атмосферы и ухудшению условий труда.

Цель данной работы заключается в получении обожжённой породы и определении оптимальной температуры обжига, при которой будет возможность получить магнезиальное вяжущее, обладающее необходимыми физико-химическими свойствами.

1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Магнезиальные вяжущие вещества – тонкомолотые порошки, в основном получаемые путем обжига доломита или магнезита. В составе готового продукта главным для всей технологии получения вяжущего является оксид магния.

Исходные материалы, в основном магнезит и брусит, обжигаются во вращающихся печах. При окончании обжига получается периклазовый порошок. Также в процессе обжига образуется пылеунос, который составляет 30÷40 % от массы готового продукта. В зависимости от качества шихты и доли оксида магния образуется разный состав пылеуноса.

Магнезиальные вяжущие при затворении жидкостью образуют массу, которая при твердении приобретает свойства водостойкого магнезиального цемента. Вяжущие применяют в строительстве: получение теплоизоляционных, конструкционных и отделочных строительных материалов [1].

1.1 Магнезиальное вяжущее. Свойства, особенности технологии

В России магнезиальные вяжущие продаются в виде двух продуктов: вторичные продукты производства марки ПМК – 75 и те, которые производятся для определенного назначения. [2].

Ко второму типу продукта, который имеет специальное назначение относят магнезитовые каустические порошки марки МКС и каустический брусит Российского производства, а также магнезит из Китая и Греции. Свойства данных порошков представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Свойства порошков и камня на основе магнезиальных вяжущих от различных производителей [3]

Показатель		Порошок марки МКС (РФ)	Каустический брусит (РФ)	Каустический магnezит (Китай)	Каустический магnezит (Греция)
Нормальная густота теста магнезиального вяжущего, %		50-54	50÷55	36÷59	49÷53
Насыпная плотность порошков вяжущих, кг/м ³		1100÷1185	1045÷1110	1075÷1185	1135÷1155
Сроки схватывания магнезиального вяжущего	Начало твердения, мин	3÷6	4÷49	3÷58	19÷29
	Конец твердения, мин	0:160 ÷ 0:46	0:25÷1:25	0:10÷2:05	0:49÷1:15
Изменение объема при твердении (равномерность)		При твердении может быть растрескивание			Трещин не наблюдается
Предел прочности при сжатии магнезиального камня, МПа	На 1 день твердения	11÷16	9÷20	5÷19	11÷13
	На 28 день твердения	45÷70	42÷76	41÷81	65÷76

К отклонениям качества порошка магнезиального вяжущего относятся:

- 1) при производстве порошка на основе магнезита или брусита используется разное по содержанию примесей сырье;
- 2) частой проблемой в производстве магнезиального вяжущего наблюдается низкая точность в выдерживании режима обжига;
- 3) отсутствует единая нормативная база для изделий, изготовленных на основе магнезиальных вяжущих;
- 4) в затворении магнезиальных вяжущих требуется единая методика, которая еще не сформирована;

Главной задачей при обжиге магнезита является удаление углекислого газа. Магнезиальные вяжущие материалы хорошего качества получается при обжиге во вращающихся или шахтных печах при температуре $800\div 850$.

Далее порошок проходит тонкий помол в шаровой мельнице с воздушными сепараторами для отделения тонких частиц. Готовый порошок хранят в закрытых помещениях, где контролируется влажность и чистота.

При затворении каустического магнезита, например, хлористым магнием соотношение между вяжущим и затворителем принято брать $1\div 0.63$. В качестве затворителя $MgCl$ дает прочность выше, чем $MgSO_4$, но при этом повышается гигроскопичность вещества.

1.2 Сырье, используемое в технологии магнезиальных вяжущих

В технологии изготовления магнезиального вяжущего используют высокомагнезиальные породы: магнезит, доломит или брусит [4]. Существует множество патентов, в которых описывается методика получения магнезиальных вяжущих, а также свойства магнезиального камня, полученного при затворении различными растворами.

При производстве продукта огнеупорной и химической отраслях невозможно получить качественное вяжущее вещество, так как используют породы, в которых содержится большое количество примесей. Породы с примесями, которые добыты на карьере, смешивают с чистыми породами и загружают в отвалы, что негативно воздействует на экологию районов, в которых они скапливаются и хранятся.

Кристаллические магнезиты представляют собой древние осадочные толщи, отличаются хорошо оформленной в кристаллы структурой и примесями, которые оказывают влияние на процесс получения вяжущего [5]. В кристаллических магнезитах содержатся не только карбонатные примеси, но и углестохлоритовые вещества. Углистое вещество в процессе обжига начинает медленно гореть, при этом разогревать породу неравномерно.

При получении магнезиальных порошков, углистое вещество понижает энергозатраты на процесс разложения породы, но при этом, данное вещество распределено неравномерно, поэтому порода обжигается соответственно тоже неравномерно.

В результате выветривания змеевиков и оливинов образуется пелитоморфный магнезит, который имеет скрытокристаллическое происхождение. Имея такое происхождение, пелитоморфный магнезит обладает высокой степенью серпентинизации [6].

Пелитоморфные магнезиты богаты разнообразными примесями: серпентины, антофиллит, тальк и т.д. При обжиге данной породы происходит дегидратация, нагревание магнезита проходит при температуре $1005 \div 1110$ °С. Проблема состоит в том, что из-за многоступенчатой дегидратации затрудняется образование оксида магния.

Также, при выделении воды из гидросиликатов магния при обжиге замедляется кристаллизация периклаза. При получении порошков на основе пелитоморфных магнезитов повышаются затраты на энергию при обжиге, так как увеличивается температура.

Бруситы по своей структуре зернистые или полосчатые, образуются за счет горячих и холодных вод [7]. Продукт, получаемый обжигом брусита, получается более экологичным, так как при обжиге не выделяется углекислый газ. В состав бруситов, как и магнезитов, входят серпентины в количестве 20 %. Производство магнезиального вяжущего на основе бруситов также является энергозатратным, так как в процессе обжига серпентины оказывают влияние на порошок и замедляют процесс кристаллизации периклаза.

Доломит – основной породообразующий минерал класса карбонатов, карбонат кальция и магния [8]. Процесс обжига доломитовой породы делится на две стадии.

Оксид магния, который необходим для получения качественного магнезиального вяжущего, образуется на первой стадии. Но в процессе обжига на первой стадии есть неразложившийся кальцит. Поэтому на второй стадии

образуется оксид кальция, который отрицательно влияет на качество магнезиального вяжущего. Проблема обжига доломита заключается в том, что две стадии происходят одновременно, поэтому сложно получить качественный порошок с высоким содержанием оксида магния, при этом, чтобы не образовывался оксид кальция [9].

1.3 Способы получения магнезиальных вяжущих

При производстве магнезиального вяжущего важную роль играет добыча сырья и его подготовка. Добыча минерального сырья происходит на карьере открытым способом, а также закрытым или шахтным способом. В технологии магнезиального вяжущего также важно, чтобы сырье, которое хранится в отвалах, проверялось на качество. Иногда сырье не разделяется на сорта, но проходит контроль по содержанию порообразующего минерала или оксида магния. В любом случае в производстве магнезиального вяжущего сырье должно быть стабильного состава [10].

Значимой стадией в технологии магнезиальных вяжущих является обжиг. Перед данным процессом сырье дробится обычно в щековых или валковых дробилках и классифицируется для усреднения свойств материала. Обжиг будет равномерным при том случае, если сырье будет обладать однородными свойствами.

Проблема на многих предприятиях состоит в том, что отсутствует общая классификация и в печь может поступать фракция разных размеров. В результате поступления разного размера кусков обжиг породы проходит неравномерно и это может вызвать пережог в мелких кусках и недожог в крупных кусках. Некачественный обжиг приводит к ухудшению качества порошка, а в дальнейшем при затворении магнезиального вяжущего жидкостью будет образовываться тесто, свойства которого при твердении будут неудовлетворительными.

Магнезиальная порода разлагается от поверхности к внутренним слоям с определенной скоростью. Скорость разложения зависит от температуры обжига и структуры породы. При увеличении температуры обжига скорость тоже увеличивается, а удельный расход топлива уменьшается. Но для того, чтобы получить магнезиальное вяжущее наилучшего качества, который будет однороден по составу во всем объеме, температура должна быть как можно ниже и материал выдерживался в данных условиях как можно меньше. Такие условия называют мягкий обжиг. Поэтому куски должны быть тоже одного размера для равномерного обжига.

Для обжига магнезиальных пород важно выбрать печь, которая будет обжигать породу равномерно. Обычно используют вращающиеся или шахтные.

Магнезиальные вяжущие порошки получают путем обжига магнезитовой породы для производства огнеупоров. На производстве ранее и сейчас используют вращающиеся печи. Главным достоинством использования вращающейся печи заключается в том, что порода равномерно перемешивается и поэтому значительных недожогов и пережогов не происходит. В отличие от использования шахтной печи, во вращающейся печи получается порошок более высокого качества [11].

Важной характеристикой при производстве магнезиального вяжущего является тонкость помола порошка. Остаток на сите № 008 должен быть не более 15 %, на сите № 02 - 2 %.

Причиной растрескивания материала может стать недостаточно тонкий помол порошка. Также идет замедленная гидратация крупных частиц, тем самым создаются внутренние растягивающие напряжения.

1.3.1 Способ производства магнезиального вяжущего из высокомагнезиальных горных пород

При получении магнезиального вяжущего в данном способе используют высокомагнезиальные породы магнезит и брусит, которые содержат примеси:

серпентиниты 16 ÷ 40 масс. %, которые дробят до фракции менее 55 мм, далее производят обжиг при температуре 1040 ÷ 1110 °С около двух часов, затем размалывают в шаровых мельницах до остатка на сите № 008 75÷85 масс. % [12].

Для того чтобы были малые потери материала, породу дробят до фракции менее 55 мм и при последующем обжиге порода разлагалась равномерно.

При данных характеристиках обжига магнезиальное вяжущее получается средней активности, обладает высокими показателями по пределу прочности при сжатии, линейной усадке и не подвержен растрескиванию.

Если увеличить время обжига магнезиальной породы до 6 ÷ 8 часов, но уменьшить температуру, то это приведет к образованию продукта, имеющего высокую активность. Но проблема состоит в том, что происходит растрескивание продукта в начальные сроки твердения.

В процессе повышения температуры понижается активность оксида магния. Во время кристаллизации активный оксид магния переходит в периклаз, который в дальнейшем вызывает растрескивание материала в более поздние сроки твердения.

Данный способ получения магнезиального вяжущего из высокомагнезиальных пород может быть использован в строительных целях. А именно:

1. материалы для внутренней облицовки стен и зданий;
2. подоконные плиты;
3. теплоизоляционные материалы для устройства полов.

1.3.2 Получение магнезиального вяжущего из доломита

При получении магнезиального вяжущего из доломита температуру и время выдержки выбирают по коэффициенту качества обжига.

Существует специальный калибровочный график, который показывает зависимость содержания MgO (масс. %) от содержания CO₂ в готовом продукте [13].

Для доломита температура и время обжига подбирается индивидуально в зависимости от породы. Значение коэффициента качества обжига должен быть равен $1.07 \div 1.72$.

При получении коэффициента с помощью калибровочного графика, в зависимости от значения устанавливается температура и время, при меньшем значении уменьшают время обжига или температуру, при высоком значении увеличивают [13].

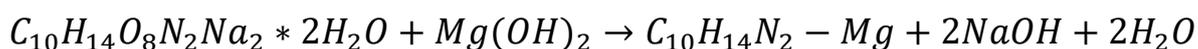
При условии, что коэффициент находится в необходимом интервале, можно получить вяжущее, имеющее необходимые свойства.

1.3.3 Получение магнезиального вяжущего из каустического магнезита и трилона Б

Используют порошок каустического магнезита, полученный из кристаллического или аморфного магнезита, гидромагнезита, брусита или их смеси и вводят сухой порошок трилона Б при следующем соотношении компонентов, масс. %: порошок каустического магнезита/трилон Б - $90 \div 95 / 5 \div 10$, а в качестве жидкости затворения используют воду [14].

Основной целью проведения реакций является получение гидравлически активного оксида магния, который в присутствии воды превращается в гидроксид магния в виде рыхлого, не связанного осадка с размером частиц $5 \div 10$ мкм.

Процесс замедления роста кристаллов Mg(OH)₂ в момент образования регулируют добавкой $5 \div 10$ % динатриевой соли этилендиамина тетрауксусной кислоты (трилон Б). Трилон Б является комплексообразователем и при взаимодействии с Mg(OH)₂ или MgCO₃ образует водорастворимые комплексы по реакциям:



Водорастворимый комплекс $C_{10}H_{14}O_8N_2 - Mg$, образовавшийся по реакции, находится в ионном состоянии и благодаря присутствию полярных аминогрупп $-NH_2$ и карбоксигрупп $-COOH$, адсорбируется на поверхности частиц $Mg(OH)_2$ и $MgCO_3$.

Образовавшийся адсорбционный слой препятствует объединению и росту кристаллов $Mg(OH)_2$ и гидрокарбонатов магния. Только при разрушении этого слоя в процессе связывания и испарения воды из смеси начинается формирование кристаллической фазы цементного камня.

Таким образом, системы $MgO-H_2O$ или $MgO-MgCO_3-H_2O$ приобретают вяжущие свойства и способны твердеть при условии, если твердая фаза этих систем частично или полностью в начальный момент взаимодействия будет переведена в нанодисперсное состояние.

1.3.4 Получение магнезиального вяжущего, содержащего пыль-унос, диоксид кремния и гидрофосфат аммония

В данном способе производства вяжущее изготавливается из пылеуноса, который образовывается при обжиге магнезита, из шламового отхода, образующегося при варке целлюлозы бисульфитным способом.

Готовым продуктом является гидро-магний-кальциевый продукт, который по своему химическому составу содержит основные оксиды, представленные в таблице 2 [15]:

Таблица 2 – Химический состав шламового отхода, масс. %

MgO	CaO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	SO ₃	SiO ₂	п.п.п.
25÷30	26÷30	1÷3	2÷3	11÷14	1÷3	30÷45

При получении такого вяжущего, содержащего данные оксиды, смешивают пылеунос со шламовым отходом в гидроакустический диспергатор

для тонкого измельчения и получения однородной массы. Масса смешивается в течение пяти минут, при частоте колебаний $310 \div 910$ об/мин и температуре $25 \div 45$ °С.

Главным достоинством данного метода получения вяжущего является использование двух отходов производства, что благоприятно сказывается на экологии. Полученное магниальное вяжущее приобретает повышенную прочность и водостойкость. С помощью него можно изготавливать изделия искусственный мрамор, основания для полов и точильные камни.

1.3.5 Получение магниального вяжущего из каустического доломита и портландцемента

Особенность получения магниального вяжущего из каустического доломита и портландцемента представляет собой обжиг каустического доломита, помола и добавления к порошку портландцемента в соотношении, масс. %: каустический доломит $24 \div 51$; портландцемент $50 \div 70$ [16].

При смешении компонентов добавляется вода, образуются неустойчивые растворы, которые потом выделяются в виде твердых осадков.

Также в растворах образуется пленочный слой гидроксида магния, который быстро растворяется и оксид магния, находящийся в составе каустического доломита, тоже вступает в процесс твердения.

Процесс твердения раствора дает реакция взаимодействия оксида магния и гидроксида магния с компонентами, содержащимися в портландцементе, в результате смешения которых получается гидросиликат кальция, участвующий в твердении.

1.4 Особенности получения каустического магнезита для прочного водостойкого магнезиального камня

В основные стадии производства получения каустического магнезита включают добычу сырья на карьере открытым или закрытым способом, далее дробление сырья в дробилках, обжиг породы во вращающихся печах и помол в шаровых мельницах. Минерал имеет множество месторождений и обычно встречается в соленосных породах осадочного и магматического типа [17].

После добычи сырья куски дробят до фракций определенных размеров на месте добычи и сортируют по твердости на три сорта. Как уже уточнялось выше, обжиг ведется в печах, в основном это вращающиеся или шахтные печи, при разной температуре, в зависимости от свойств, которые хотят получить в готовом продукте.

После обжига при $650\div 950$ °С порода теряет до 95 % углекислот, и формируется каустическая магнезия в виде порошка, имеющего активность. Для получения огнеупоров, магнезит обжигают при температуре 1550 °С, в итоге получается обожженная магнезия. Продукт на выходе обладает более низкой активностью, чем обожженный порошок при 900°С, но выше уровнем огнеупорности.

Каустический магнезит подается на помол в шаровые мельницы и контролируется на размер фракции с помощью сита № 02 и № 008.

2 МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В следующих разделах рассмотрены методики исследования свойств каустического магнезита.

2.1 Исследование истинной плотности

Для определения истинной плотности используется пикнометрический метод, в основу лежит определение объема жидкости, вытесненной порошком [18]. Подбирается такая жидкость, которая не будет взаимодействовать с материалом. Для исследования был взят керосин.

Для определения истинной плотности потребуется следующее оборудование:

1. пикнометры $V = 50$ мл;
2. аналитические весы;
3. сушильный шкаф;
4. керосин;
5. вакуумная установка с эксикатором;

Последовательность выполнения работы:

1. взвешиваем сухой и пустой пикнометр (масса пустого пикнометра m);
2. берем навеску из пробы материала $m = 5$ г и засыпаем в предварительно высушенный и взвешенный пикнометр;
3. пикнометр с материалом взвешиваем (получаем массу пикнометра с материалом m_1);
4. для удаления воздуха из материала пикнометр заливаем керосином на $0,3$ его объема;

5. пикнометр с материалом и жидкостью помещаем в вакуум – эксикатор и вакуумируем в течение 30 минут до прекращения выделения пузырьков газа из материала;

6. после вакуумирования уровень жидкости над пробой в пикнометре доводим до метки строго по нижнему краю мениска;

7. пикнометр взвешиваем и получаем массу пикнометра с материалом и жидкостью m_2 ;

8. затем пикнометр тщательно промываем и ставим сушиться в сушильный шкаф;

9. после сушки в пикнометр наливаем керосин до метки по нижнему краю мениска и взвешиваем (получаем массу пикнометра с жидкостью m_3).

10. с помощью формулы подсчитывается истинная плотность материала с точностью до 0,001 г/:

$$\rho_{\text{ист}} = \frac{(m_1 - m) \cdot \rho_{\text{ж}}}{m_3 + (m_1 - m) - m_2}, \text{ где } \rho_{\text{ж}} = 0,78 \text{ г/см}^3.$$

2.2 Методика определения удельной поверхности (метод БЭТ)

Метод определения основан на том, что исследуемую пробу помещают в ампулу, которая закрепляется в держателе ампулы и помещается в адсорбер, который имеет встроенный нагреватель с датчиком температуры.

Датчик по теплопроводности используется в роли детектора состава газовой смеси. Состав проходит через ампулу с образцом и регистрируется детектором.

Схема управления создает сигнал и поддерживает постоянную температуру нити датчика.

На рисунке 1 представлена ампула, в которую засыпают исследуемый образец.



Рисунок 1 - Ампула калиброванная

На рисунке 2 представлена принципиальная схема установки для определения удельной поверхности образца.

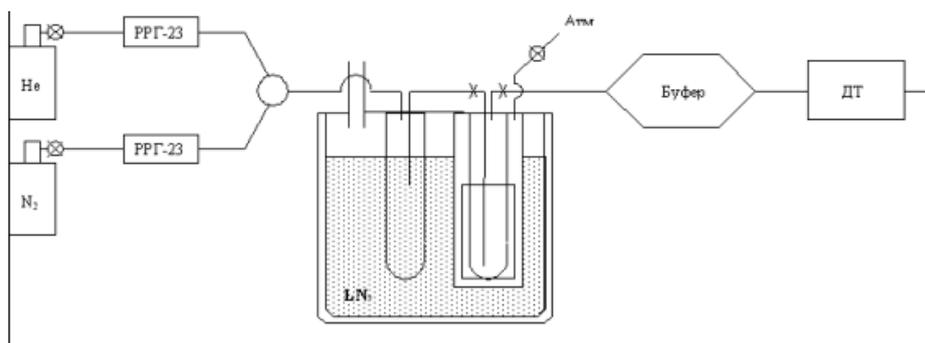


Рисунок 2 - Принципиальная схема лабораторной установки

Последовательность измерения удельной поверхности образца проходит следующим образом [19]:

1. для определения количества образца определяется вес, предполагая, что общая его площадь должна быть 8 м^2 . Разделив эту величину на величину удельной поверхности, получается искомое значение веса.
2. ампула помещается с образцом в головку держателя ампулы, но чтобы теплообменник не соприкасался образцу, ампула фиксируется специальной накидной гайкой;

3. держатель с ампулой, которая содержит образец, устанавливается в прибор пробоподготовки;
4. устанавливаем необходимые параметры пробоподготовки;
5. запускаем процесс нагрева;
6. после нагрева помещаем ампулу с образцом в другой прибор для непосредственного измерения удельной поверхности;
7. запускаем измерение.

2.3 Методика проведения рентгенофазового анализа

При проведении рентгенофазового анализа используется метод порошка, по которому проба является поликристаллическим телом, полученным из тонкоизмельченного порошка.

При съемке рентгенограмм порошок насыпается в углублении специальной кюветы, сделанной из кварцевого стекла.

Исследование поликристаллического вещества методом рентгенографии способствует решению многих задач:

1. определять кристаллические фазы (качественный рентгенофазовый анализ)
2. выделять закономерности изменения состава породы, обожжённой при разной температуре.

Порядок проведения работы с рентгенограммами:

1. изучить методику расшифровки рентгенограмм образцов, содержащих одну или несколько фаз;
2. пользуясь программой «Search – Match» идентифицировать каждую пробу образца на определенные вещества. Сопоставить полученные рентгенограммы каждой пробы, объяснить возможные закономерности;
3. провести качественный фазовый анализ образца, в составе которого содержится несколько фаз.

2.4 Методика определения тепловыделения

Дифференциальный микрокалориметр содержит две калориметрические ячейки (КЯ), которые размещаются в разных теплоизолирующих сосудах, поэтому между ними не происходит теплообмена.

Калориметрические ячейки состоят из датчиков температуры в виде спаев термопары, которые соединены между собой по дифференциальной мостовой схеме. Схемы подключены через аналоговый цифровой преобразователь (АЦП) к компьютеру.

Последовательность работы следующая [20]:

1. в калориметрические ячейки помещается в одинаковом объеме количество сухой исследуемой пробы;
2. в первой ячейке к пробе не добавляется вода, а материал остается сухим во время всего проведения измерения;
3. во вторую ячейку добавляется вода к материалу с помощью микробюретки;

При введении во вторую ячейку воды выделяется теплота смачивания и гидратации, температура второй ячейки повышается и тепло передается на спай ДТ, расположенной в калориметрической ячейке. В цепи возникает разбаланс ЭДС, так как происходит тепловое воздействие на один из спаев термопары. Все сигналы, проходящие через АЦП, фиксируются в виде тепловых эффектов, поступая на компьютер.

Для того чтобы посчитать тепловыделение при гидратации, используется формула:

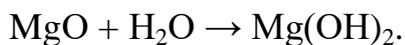
$$Q_{\text{см}} = Q_{\text{м}} + Q_{\text{мг}} + Q_{\text{в}},$$

где $Q_{\text{м}}$, $Q_{\text{мг}}$, $Q_{\text{в}}$ – количество тепла, которое расходуется на нагрев меди, магнетита, воды затворения.

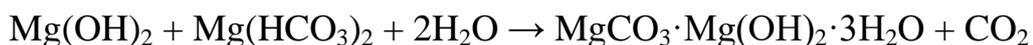
$$Q = m \cdot c_p \cdot \Delta t,$$

где m – масса материала; c_p – удельная теплоемкость материала; Δt – разность температур.

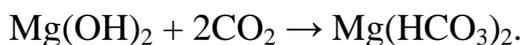
При определении тепловыделения при гидратации, протекает реакция взаимодействия каустического магнезита с водным раствором бикарбоната магния [21]:



Гидроксид магния, который образовался в результате взаимодействия каустического магнезита и воды, взаимодействует с бикарбонатом магния:

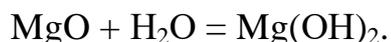


В ходе данной реакции образуется гидрат гидрокарбонат магния и диоксид углерода, который вступает в реакцию с избытком $\text{Mg}(\text{OH})_2$. В результате образуется вторичный бикарбонат магния:



В результате реакции вторичного бикарбоната магния с гидроксидом магния образуется гидрат гидрокарбоната магния в виде избытка. Этот избыток взаимодействует с $\text{Mg}(\text{OH})_2$ и образуются первичные продукты гидратации магнезиального цемента. Твердение магнезиального цемента происходит в процессе перекристаллизации первичных коллоидных продуктов, которые переходят в кристаллическое состояние.

При взаимодействии хлорида магния с каустическим магнезитом твердение происходит за счет гидратации оксида магния при взаимодействии его с водой по реакции:



Также во время реакции образуется оксихлорид магния $3\text{MgO} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ при затворении водным раствором MgCl . Гидроксид магния, пересыщая раствор, переходит в массу в виде геля, далее образуются кристаллы гидроксида магния, который обеспечивает прочность затвердевшего камня.

2.5 Методика проведения дифференциального термического анализа (ДТА) и термогравиметрического анализа (ТГА)

При проведении ДТА порядок работы следующий [22]:

1. навеска с пробой высыпается в тигель таким образом, чтобы спай термопары был в середине слоя порошка;
2. выравнивается высота слоя эталона и исследуемого вещества;
3. тигель с навеской вещества помещается в ёмкость над спаем термопары, при нагревании которого показание потенциометра будет увеличиваться, в соседнюю ёмкость помещается тигель с эталоном;
4. контейнер и шахта электропечи закрывается крышками из огнеупорного материала.
5. после подготовки установки к работе, включают прибор и устанавливают показание амперметра 14 А;

При использовании контрольного самопишущего потенциометра значения температуры отмечаются на вырисовываемой дифференциальной кривой.

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

Студенту:

Группа	ФИО
4Г8А	Логунова Виктория Сергеевна

Школа	Инженерная школа новых производственных технологий	Отделение школы (НОЦ)	Научно-образовательный центр Н.М.Кижнера
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	18.03.01 «Химическая технология»

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Стоимость выполняемых работ, материальных ресурсов, согласно применяемой техники и технологии, в соответствии с рыночными ценами Томской области. Оклады в соответствии с окладами сотрудников «НИ ТПУ»
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Норма амортизационных отчислений на специальное оборудование
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Отчисления во внебюджетные фонды 30 %

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

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

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. Диаграмма Ганта
4. График проведения и бюджет НИ
5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ШБИП ОСГН ТПУ	Кашук Ирина Вадимовна	К.Т.Н., ДОЦЕНТ		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Г8А	Логунова Виктория Сергеевна		

4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Введение

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

Данный раздел, предусматривает рассмотрение следующих задач:

1. оценка коммерческого потенциала разработки;
2. планирование научно-исследовательской работы;
3. расчет бюджета научно-исследовательской работы.
4. определение ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности исследования.

Цель работы: исследование физико-химических свойств магнезиальной породы месторождения республики Казахстан для определения возможности применения аморфных магнезитов в технологии магнезиальных вяжущих.

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

4.1.1 Анализ конкурентных технических решений

В ходе исследования были рассмотрены две конкурирующие разработки об исследовании аморфных магнезитов:

1. исследование аморфных магнезитов Саткинского месторождения на предприятии ПАО «Комбинат «Магнезит» (Б_{к1});
2. исследование аморфных магнезитов Халиловского месторождения на предприятии АО «Уральская Сталь»(Б_{к2});

Конкурирующие разработки сравнивались с исследуемой породой Кимперсайского месторождения республики Казахстан (Б_ф).

В таблице 6 показано сравнение разработок-конкурентов и разработки данного НИ с точки зрения технических и экономических критериев оценки эффективности.

Таблица 6 – Сравнение конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Актуальность исследования	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4
2. Прочность	0,18	4	4	3	0,72	0,72	0,54
3. Простота изготовления	0,1	5	4	2	0,5	0,4	0,2
4. Энергоэкономичность	0,05	3	3	3	0,15	0,15	0,15
5. Трещиностойкость	0,14	4	3	4	0,56	0,42	0,56
6. Безопасность	0,08	4	2	3	0,32	0,16	0,24
7. Эффективность работы	0,05	4	4	4	0,2	0,2	0,2
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,06	5	4	4	0,3	0,24	0,24
2. Цена	0,08	4	4	4	0,32	0,32	0,32
3. Предполагаемый срок эксплуатации	0,08	4	3	2	0,32	0,24	0,16
4. Финансирование научной разработки	0,08	4	3	3	0,32	0,24	0,24
Итого	1	46	41	36	4,21	3,49	3,25

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

$$K = \sum B_i \cdot B_i,$$

где K – 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.

4.1.2 SWOT-анализ

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

Первый этап, 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 7.

Таблица 7 – Матрица SWOT-анализа

Сильные стороны	Слабые стороны
С1. Низкая цена исходного сырья.	Сл1. Недостаточно актуальной информации по данной теме исследования.
С2. Высокая трещиностойкость и ударопрочность продукции.	Сл2. Долгое время подготовки образца, используемого при проведении научного исследования.
С3. Перспективность разработки.	Сл3. Отсутствие возможности проверки результатов исследования.
С4. Экологичность технологии.	Сл4. Эксперименты имеют погрешности и неопределенности.
С5. Квалифицированный персонал.	Сл5. Вероятность получения брака.
Возможности	Угрозы
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. Внедрение технологии в области производства магнезиального вяжущего.	
В4. Внедрение на мировой рынок.	

Второй этап составления SWOT-анализа состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений. Интерактивная матрица проекта представлена в таблицах 8-11.

Таблица 8 – Интерактивная матрица проекта «Возможности проекта и сильные стороны»

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

Таблица 9 – Интерактивная матрица проекта «Возможности проекта и слабые стороны»

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

Таблица 10 – Интерактивная матрица проекта «Угрозы проекта и сильные стороны»

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

Таблица 11 – Интерактивная матрица проекта «Угрозы проекта и слабые стороны»

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

По результатам SWOT-анализа были выявлены сильные и слабые стороны проекта, а также угрозы и возможности. Так же было выявлено то, как можно компенсировать слабые стороны проекта за счет его возможностей и нейтрализовать угрозы с помощью сильных сторон проекта. Результаты SWOT анализа учитываются при разработке структуры работ, выполняемых в рамках научно-исследовательского проекта.

Результаты анализа представлены в итоговую таблицу 12.

Таблица 12 – Итоговая таблица SWOT-анализа

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта</p> <p>С1. Низкая цена исходного сырья.</p> <p>С2. Высокая трещиностойкость и ударопрочность продукции.</p> <p>С3. Перспективность разработки.</p> <p>С4. Экологичность технологии</p> <p>С5. Квалифицированный персонал.</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта</p> <p>Сл1. Недостаточно актуальной информации по данной теме исследования.</p> <p>Сл2. Долгое время подготовки образца, используемого при проведении научного исследования.</p> <p>Сл3. Отсутствие возможности проверки результатов исследования.</p> <p>Сл4. Эксперименты имеют погрешности и неопределенности.</p> <p>Сл5. Вероятность получения брака.</p>
<p>Возможности</p> <p>В1. Использование оборудования ИНШПТ ТПУ</p> <p>В2. Появление потенциального спроса на новые разработки.</p> <p>В3. Внедрение технологии в области</p>	<p>Направления развития</p> <p>В1С2. Высокую трещиностойкость продукции дает возможность получить при использовании оборудования ИШНПТ ТПУ.</p> <p>В2С2С3. Высокая трещиностойкость и ударопрочность продукции позволяет расширить спрос, использование новейшей ин-</p>	<p>Сдерживающие факторы</p> <p>В1Сл3Сл4Сл5. Использование новейшего оборудования для удовлетворения требований исследований, также может уменьшить экспериментальную ошибку и предотвратить появление брака.</p>

<p>производства маг-незиального вяжущего. В4. Внедрение на мировой рынок.</p>	<p>формации и В3С2С4. Высокая трещиностойкость и ударопрочность продукции и экологичность технологии являются хорошим основанием для внедрения технологии в мировой рынок производства маг-незиального вяжущего В4С1С2. Низкая цена исходного сырья и высокая трещиностойкость и ударопрочность продукции являются основой для экспорта за рубеж и выхода на мировой рынок.</p>	
<p>Угрозы У1. Снижение стоимости разработок конкурентов. У2. Появление зарубежных аналогов и более ранний их выход на рынок.</p>	<p>Угрозы развития У1С2. Несмотря на снижение стоимости разработок конкурентов, наши продукты имеют лучшие механические свойства, больше перспектив развития. У2С2. Продукт, имеющий необходимые физико-химические свойства, является более привлекательными в мировом рынке.</p>	<p>Уязвимости: 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 выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в чей состав входят: бакалавр, научный руководитель, консультант по части социальной ответственности (СО) и консультант по экономической части (ЭЧ) выпускной квалификационной работы. Составим перечень этапов и работ в

рамках проведения научного исследования и проведем распределение исполнителей по видам работ, который приведен в таблице 13.

Таблица 13 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель, консультант СО и ЭЧ
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Научный руководитель, инженер
	3	Выбор направления исследований	Научный руководитель, инженер
	4	Календарное планирование работ по теме	Научный руководитель, инженер
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	инженер
	6	Проведение необходимых исследований породы	инженер
	7	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Научный руководитель, инженер
Обобщение и оценка результатов	8	Оценка эффективности полученных результатов	Научный руководитель, инженер
Разработка технической документации и проектирование	9	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	Научный руководитель, инженер

4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения

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

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

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

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

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

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

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

Данный расчёт позволяет определить величину заработной платы.

$$T_{pi} = \frac{t_{\text{ож}i}}{Ч_i}$$

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

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

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

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

$$T_{ki} = T_{pi} * k_{\text{кал}},$$

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

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

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

Календарный коэффициент определяется по формуле:

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

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 14.

Таблица 14 – Временные показатели проведения научного исследования

	Трудоёмкость работ						Длит. работ в рабочих днях T_{pi}		Длит. работ в календарных днях T_{ki}	
	t_{min} , чел-дни		t_{max} , чел-дни		$t_{\text{ожс}}$, чел-дни					
	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1. Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	1	-	2	-	1,4	-	1,4	-	3	-
2. Календарное планирование выполнения ВКР	1	-	3	-	1,8	-	1,8	-	3	-
3. Выбор методов исследования	4	4	10	10	6,4	6,4	3,2	3,2	5	5
4. Планирование эксперимента	2	2	5	5	3,2	3,2	1,6	1,6	3	3
5. Подготовка образцов для эксперимента	1	1	2	2	1,4	1,4	0,7	0,7	2	2
6. Проведение эксперимента	10	30	20	40	14	34	7	17	11	26
7. Обработка полученных данных	-	5	-	10	-	7	-	3,5	-	6

8. Оценка правильности полученных результатов	1	1	3	3	1,8	1,8	0,9	0,9	2	2
9. Составление пояснительной записки	-	5	-	10	-	7	-	3,5	-	6
Итого:	20	48	45	80	30	60,8	17	31	29	50

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

На основе таблицы составлен календарный план-график выполнения проекта с использованием диаграммы Ганта (таблица 15).

Таблица 15 – Диаграмма Ганта

№	Вид работ	Исп	T _{кi} , кал. дн.	Продолжительность работ											
				февр			март			апр			май		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	Исп1	3	■											
2	Календарное планирование выполнения ВКР	Исп1	3	■											
3	Выбор методов исследования	Исп2	10		■										
4	Планирование эксперимента	Исп1 Исп2	6			■									
5	Подготовка образцов для эксперимента	Исп1 Исп2	4			■									
6	Проведение эксперимента	Исп2	37				■	■	■						
7	Обработка полученных данных	Исп2	18								■				
8	Оценка правильности полученных результатов	Исп1 Исп2	5									■			
9	Составление пояснительной записки	Исп2	13										■		

Примечание:

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

4.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

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

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

4.3.1 Материальные затраты НТИ

Включают стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта, в частности, сырье. Материальные затраты и затраты на оборудование для данного НТИ представлены в таблице 16:

Таблица 16 – Сырье и материалы

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Итого затраты, руб.
Магнезит	кг	3	55	165
Хлорид магния	г	100	1	2
Керосин	мл	2000	166	332
Перчатки резиновые, технические	шт.	2	25	50
Пикнометр	шт.	6	520	3120
Итого:				3669

4.3.2 Расчет амортизации специального оборудования

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:

$$H_A = \frac{1}{n},$$

где n – срок полезного использования в количестве лет.

Амортизация оборудования рассчитывается по формуле:

$$A = \frac{H_A * I}{12} * m,$$

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

Таблица 17– Затраты на оборудование

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во ед.	Срок полезного использования, лет	Время использования, дни	H_A , %	Цена оборудования, руб.	Амортизация, руб.
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Насос вакуумный одноступенчатый V-I 115S-M	1	5	15	0,2	6 111	50,23
2	РФА энергодисперсионный спектрометр БРА-135F	1	8	1	0,125	18000000	6164
3	Прибор СОРБИ-M	1	5	1	0,2	6000000	3288
4	Дифференциальный микрокалориметр	1	5	2	0,2	400000	438,4
Итого:						9940,63 руб.	

4.3.3 Основная и дополнительная заработная плата

Статья заработной платы исполнителей темы включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НИИ, (включая премии и доплаты) и дополнительную заработную плату.

Также включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 – 30 % от тарифа или оклада:

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп},$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата; $Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата (12-20 % от $Z_{осн}$).

Основная заработная плата ($Z_{осн}$) руководителя от предприятия рассчитывается по следующей формуле:

$Z_{осн} = Z_{дн} * T_p$, где $Z_{осн}$ – основная заработная плата одного работника; T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m * M}{F_d},$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.; M – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 56 раб.дней $M = 10,3$ месяца, 6-дневная неделя. F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб.дн. В таблице 18 приведен баланс рабочего времени исполнителей.

Таблица 18 – Баланс рабочего времени исполнителей

Показатели рабочего времени	Научный руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней - выходные дни - праздничные дни	56/14	104/14
Потери рабочего времени - отпуск - невыходы по болезни	48/5	24/10
Действительный годовой фонд рабочего времени	244	213

Должностной оклад работника за месяц:

– для руководителя:

$$Z_m = Z_{тс} * (1 + k_{пр} + k_d) * k_p = 26300 * (1 + 0,3 + 0,2) * 1,3 = 51285$$

– для инженера:

$$Z_m = Z_{тс} * (1 + k_{пр} + k_d) * k_p = 17000 * (1 + 0,3 + 0,2) * 1,3 = 33150$$

где $Z_{тс}$ – заработная плата, согласно тарифной ставке, руб.; $k_{пр}$ – премиальный коэффициент, равен 0,3; k_d – коэффициент доплат и надбавок, равен 0,2; k_p – районный коэффициент, равен 1,3 (для г. Томска).

Таблица 19 – Расчет основной заработной платы исполнителей

Исполнители НИ	$Z_{тс}$, руб	$k_{пр}$	k_d	k_p	Z_m , руб	$Z_{осн}$, руб	T_p , раб.дн.	$Z_{осн}$, руб
Руководитель	26300	0,3	0,2	1,3	51285	2164,9	17	36803,3
Инженер	17000	0,3	0,2	1,3	33150	1603	31	49693
Итого:								86496,3

Дополнительная заработная плата определяется по формуле:

– для руководителя:

$$Z_{доп} = k_{доп} * Z_{осн} = 0,15 * 36803,3 = 5520,5 \text{ рублей.}$$

– для инженера:

$$Z_{доп} = k_{доп} * Z_{осн} = 0,15 * 49693 = 7454 \text{ рублей,}$$

где $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы, примем 0,15.

В статье расходов – отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления) отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников. Величина этих отчислений определяется по следующей формуле:

– для руководителя:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} * (Z_{осн} + Z_{доп}) = 0,3 * (36803,3 + 5520,5) = 12697,14$$

рублей;

– для инженера:

$$З_{внеб} = k_{внеб} * (З_{осн} + З_{доп}) = 0,3 * (49693 + 7454) = 17144,1 \text{ рублей};$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд ОМС и социальное страхование). Общая ставка взносов составляет в 2022 году – 30% (ст. 425, 426 НК РФ).

Накладные расходы включают в себя следующие расходы: печать ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи и т.д. Сумма 5 статьи затрат, рассчитанных выше, приведена в таблице 20 ниже и используются для расчета накладных расходов.

Таблица 20 – Группировка затрат по статьям

Статьи					
1	2	3	4	5	6
Амортизация	Сырье, материалы	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Итого без накладных расходов
9940,63	3669	86496,3	12974,5	29841,24	142921,67

Величина накладных расходов определяется по формуле:

$$З_{накл} = 142921,67 * 0,2 = 28584,3 \text{ рублей.}$$

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

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составляется калькуляция плановой себестоимости НИ «Магнезиальное вяжущее на основе магнезитов республики Казахстан» по форме, приведенной в таблице 21. В таблице также представлено определение бюджета затрат двух конкурирующих научно-исследовательских проектов.

Таблица 21 – Группировка затрат по статьям

№	Наименование статьи	Сумма, руб.		
		Текущий Проект	Исп.2	Исп.3
1	Материальные затраты НИР	3669	4500	3885
2	Затраты на специальное оборудование	9940,63	10540	8975
3	Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	86496,3	84522	90455
4	Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	12974,5	13875	18745
5	Отчисления во внебюджетные фонды	29841,24	28795	30799
6	Накладные расходы	28584,3	27988	39441
Бюджет затрат НИР		171505,97	170220	192300

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

Интегральный финансовый показатель разработки рассчитывается как:

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

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

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

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения.

$$I_{\text{финр}}^{\text{тек.исп}} = \frac{\Phi_{\text{тек}}}{\Phi_{\text{max}}} = 0,88$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.2}} = \frac{\Phi_{\text{исп.2}}}{\Phi_{\text{max}}} = 0,89$$

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

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 22).

Таблица 22– 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:

$$I_{p1} = 0.15 * 4 + 0.2 * 4 + 0.2 * 5 + 0.3 * 5 + 0.15 * 5 = 4.65$$

$$I_{p2} = 0.15 * 4 + 0.2 * 4 + 0.2 * 3 + 0.3 * 4 + 0.15 * 4 = 3.80$$

$$I_{p3} = 0.15 * 4 + 0.2 * 5 + 0.2 * 4 + 0.3 * 3 + 0.15 * 5 = 4.05$$

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

$$I_{исп.i} = \frac{I_{p-исп.i}}{I_{фин.р}}$$

$$I_{исп.1} = \frac{4,65}{0,88} = 5,28$$

$$I_{исп.2} = \frac{3,80}{0,89} = 4,27$$

$$I_{\text{исп.1}} = \frac{4,05}{1} = 4,05$$

Далее интегральные показатели эффективности каждого варианта НИР сравнивались с интегральными показателями эффективности других вариантов с целью определения сравнительной эффективности проекта (таблица 23).

Таблица 23 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Текущий проект	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,88	0,89	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,65	3,8	4,05
3	Интегральный показатель эффективности	5,28	4,27	4,05
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,81	0,77

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

Выводы по разделу

В результате выполнения целей раздела можно сделать следующие выводы:

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

2. В ходе планирования для научного руководителя и бакалавра был разработан график реализации этапа работ, который позволяет оценивать и планировать рабочее время исполнителей. Определено следующее: общее количество дней для выполнения работ составляет 79 дней;

Общее количество календарных дней, в течение которых работал инженер, составляет 50 дней; общее количество дней, в течение которых работал научный руководитель, составляет 29 дней;

3. Для оценки затрат на реализацию проекта разработан проектный бюджет, который составляет 171505,97 руб;

4. Результат оценки эффективности ИР показывает следующие выводы:

1) значение интегрального финансового показателя ИР составляет 0,88, что является показателем того, что ИР является финансово выгодной по сравнению с аналогами;

2) значение интегрального показателя ресурсоэффективности ИР составляет 4,65, по сравнению с 3,8 и 4,05;

3) значение интегрального показателя эффективности ИР составляет 5,28, по сравнению с 4,27 и 4,05, и является наиболее высоким, что означает, что техническое решение, рассматриваемое в ИР, является наиболее эффективным вариантом исполнения.