

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 им Н.М. Кижнера

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Исследование влияния добавок карбонатных пород на структуру и свойства цементного камня

УДК 691.535:691.2

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4-ГМ-82	Киричук Елена Викторовна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Митина Н. А	д.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу: «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Спицына Л. Ю.	к.э.н.		

По разделу: «Социальная ответственность»

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

Томск – 2020 г.

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

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

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 _____ Казьмина О.В.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

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

Студенту:

Группа	ФИО
4-ГМ-82	Киричук Елена Викторовна

Тема работы:

Исследование влияния добавок карбонатных пород на структуру и свойства цементного камня	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 50-28/с от 19.02.2020

Срок сдачи студентом выполненной работы:	08.06.2020
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Данные литературного анализа по вопросу производства портландцемента. Объект исследований - композиционный портландцемент с карбонатной добавкой
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1. Обоснование выбора исходного сырья 2. Разработка состава получаемого материала 3. Определение свойств материала 4. Заключение по работе
Перечень графического материала	Презентация в MS PowerPoint: - Характеристика исходного сырья; - Результаты экспериментов; - Выводы по работе.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
1. Литературный обзор.	

2. Методы исследования 3. Экспериментальная часть	Митина Наталия Александровна
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Спицына Любовь Юрьевна
Социальная ответственность	Романцов Игорь Иванович
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Литературный обзор, Методы и методики исследования	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	09.03.2020
---	------------

Задание выдал руководитель:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4-ГМ-82	Киричук Елена Викторовна		

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

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Профессиональные компетенции</i>		
P1	Применять <i>глубокие</i> естественно–научные, математические и инженерные <i>знания</i> для создания <i>новых</i> материалов.	Требования ФГОС (ПК–2, 10, 12), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR–ACE</i> и <i>FEANI</i> .
P2	Применять <i>глубокие знания</i> в области современных технологий химического производства для решения <i>междисциплинарных</i> инженерных задач.	Требования ФГОС (ПК–2, 4–7, ОК–4), Критерий 5 АИОР (пп. 5.2.1, 5.2.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR–ACE</i> и <i>FEANI</i> .
P3	Ставить и решать <i>инновационные</i> задачи <i>инженерного анализа</i> , связанные с созданием материалов и изделий, с использованием системного анализа и моделирования объектов и процессов химической технологии.	Требования ФГОС (ПК–2), Критерий 5 АИОР (пп. 5.2.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR–ACE</i> и <i>FEANI</i> .
P4	Разрабатывать химико–технологические процессы, <i>проектировать</i> и использовать <i>новое</i> оборудование для создания материалов, конкурентоспособных на <i>мировом</i> рынке.	Требования ФГОС (ПК–1, 17), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR–ACE</i> и <i>FEANI</i> .
P5	Проводить теоретические и экспериментальные <i>исследования</i> в области создания <i>новых</i> материалов, современных химических технологий, нанотехнологий.	Требования ФГОС (ПК–14–16, ОК–2–6), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR–ACE</i> и <i>FEANI</i> .
P6	Внедрять, <i>эксплуатировать</i> современные высокотехнологичные линии автоматизированного производства, обеспечивать их <i>высокую эффективность</i> , соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на химическом производстве, выполнять требования по защите окружающей среды.	Требования ФГОС (ПК–1, 10), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR–ACE</i> и <i>FEANI</i> .
<i>Универсальные компетенции</i>		
P7	Использовать <i>глубокие знания</i> по <i>проектному менеджменту</i> для ведения <i>инновационной</i> инженерной деятельности с учетом юридических аспектов защиты интеллектуальной собственности.	Требования ФГОС (ПК–3, 8, 13), Критерий 5 АИОР (п. 5.3.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR–ACE</i> и <i>FEANI</i> .
P8	<i>Активно</i> владеть <i>иностраным языком</i> на уровне, позволяющем работать в иноязычной среде, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной инженерной деятельности.	Требования ФГОС (ПК–7, ОК–3) Критерий 5 АИОР (п. 5.3.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR–ACE</i> и <i>FEANI</i> .
P9	Эффективно работать индивидуально, в качестве <i>члена и руководителя группы</i> , состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность <i>следовать корпоративной культуре</i> организации.	Требования ФГОС (ПК–9, ОК–4, 5), Критерий 5 АИОР (п. 5.3.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR–ACE</i> и <i>FEANI</i> .
P10	Демонстрировать <i>глубокие знания</i> <i>социальных, этических и культурных аспектов</i> инновационной инженерной деятельности, компетентность в вопросах <i>устойчивого развития</i> .	Требования ФГОС (ПК–5, 6, 10), Критерий 5 АИОР (п. 5.3.4, 5.3.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR–ACE</i> и <i>FEANI</i> .
P11	<i>Самостоятельно учиться</i> и непрерывно <i>повышать квалификацию</i> в течение всего периода профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ПК–11, ОК–1, 2, 6), Критерий 5 АИОР (5.3.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR–ACE</i> и <i>FEANI</i> , ПС рег. 853 от 19.09.2016.

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

Школа ИШНПТ
Направление подготовки Химическая технология
Уровень образования магистр
Отделение школы (НОЦ) НОЦ им Н.М. Кижнера
Период выполнения (осенний / весенний семестр 2019/2020 учебного года)

Форма представления работы:

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

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

Срок сдачи студентом выполненной работы: 08.06.2020

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
07.06.2020	Основная часть	75
05.06.2020	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	15
05.06.2020	Социальная ответственность	10

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

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

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

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

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 115с., 16 рис., 38 табл., 34 источников, 2 прил.

Ключевые слова: портландцемент, карбонатная добавка, открытый цикл помола, марочная прочность, пористость.

Объектом исследования является композиционный портландцемент полученный на основе смешения портландцемента ЦЕМ I 42,5Б и карбонатной добавки.

Цель работы: разработка эффективного карбонатсодержащего композиционного портландцемента.

В процессе исследования проводились исследования влияния карбонатных добавок на физико-механические свойства композиционного портландцемента.

В результате исследования получен композиционный портландцемент с карбонатной добавкой марки ЦЕМ II/A-И(Д) 22,5Н, что соответствует ГОСТу 31108-2016.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: ввод карбонатной добавки в количестве 20 % несет больше отрицательных результатов, для дальнейших исследований необходимо брать меньшее количество карбонатной добавки.

Степень внедрения лабораторные испытания.

Область применения цементная промышленность.

Экономическая эффективность/значимость работы: значение показателя интегральной ресурсоэффективности - не менее 3.45 баллов из 4.9.

В будущем планируется внедрение данной минеральной добавки на цементных активах АО «ХК СИБИРСКИЙ ЦЕМЕНТ».

Оглавление

Введение.....	10
Глава 1. Литературный обзор.....	12
1.1. Описание технологической схемы.....	13
1.1.1. Открытый цикл помола.....	13
1.1.2. Замкнутый цикл помола.....	14
1.2. Технологический контроль.....	17
1.3. Применение инертных минеральных добавок при производстве цемента.....	18
1.4. Использование карбонатных пород в производстве строительных материалов.....	18
1.5. Предпосылки исследования, цели и задачи.	24
Глава 2. Характеристика исходных сырьевых материалов. Методы и методики исследования.....	26
2.1. Характеристика сырьевых материалов.....	26
2.1.1. Портландцемент.....	26
2.1.2. Известняк.....	26
2.1.3. Доломит.....	27
2.1.4. Вода.....	28
2.2. Методы и методики исследования.....	29
2.2.1. Методики исследования цемента.....	29
2.2.2. Рентгенофазовый анализ.....	30
2.2.3. Электронная микроскопия.....	31
2.2.4. Дифференциально-термический анализ.....	31
2.2.5. Микрокалориметрия	32

Глава 3. Экспериментальная часть.....	34
3.1.Тонкость помола и удельная поверхность портландцементов с карбонатсодержащими добавками.....	34
3.2.Нормальная густота и сроки схватывания портландцементов с карбонатсодержащими добавками.....	34
3.3.Построение фазовой диаграммы процесса твердения цемента.....	35
3.4.Степень гидратации цементного камня.....	39
3.5.Расчет структурно-энергетического параметра.....	41
3.6.Тепловыделение в цементных системах.....	44
3.7.Пористость цементного камня, полученного при гидратации портландцементов с карбонатными добавками.....	47
3.8.Исследование цементного камня с карбонатсодержащими добавками методом дифференциально-термического анализа	48
3.9.Марочная прочность.....	50
Глава 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	53
Введение.....	53
4.1 Предпроектный анализ.....	54
4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования.....	54
4.1.2 Анализ конкурентных технических решений.....	55
4.1.3 SWOT – анализ	56
4.1.4 Диаграмма Исикавы.....	57
4.2. Инициация проекта.....	58
4.2.1. Цели и результаты проекта.....	58
4.2.2. Организационная структура проекта.....	59
4.2.3. Ограничения и допущения проекта.....	60

4.3 Планирование научно-исследовательских работ.....	60
4.3.1. Структура работы в рамках научного исследования.....	60
4.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ.....	62
4.3.3 Разработка графика проведения научного исследования.....	63
4.3.4. Бюджет научно-технического исследования (НТИ).....	66
4.3.4.1.Расчет материальных затрат НТИ.....	66
4.3.4.2.Расчет затрат на оборудование для научно экспериментальных работ..	66
4.3.4.3.Основная заработная плата исполнителей темы.....	68
4.3.4.4.Отчисления во внебюджетные фонды(страховые отчисления).....	70
4.3.4.5. Накладные расходы.....	71
4.3.4.6.Формирование бюджета затрат научно-исследовательскогопроекта.....	71
4.4 Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	72
Глава 5. Социальная ответственность.....	78
5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	79
5.2 Производственная безопасность.....	82
5.3.Экологическая безопасность.....	95
5.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	96
Выводы по работе.....	99
Список литературы.....	101
Приложение А.....	104

ВВЕДЕНИЕ

Слово "цемент" относится к собирательным понятиям — он объединяет различные виды вяжущих материалов, полученных путем обжига некоторых горных пород и подвергнутых измельчению. Вяжущими их называли за способность соединять (связывать) в единое целое как отдельные частицы мелких наполнителей, так и более крупные фрагменты.

В распоряжении древних прорабов пирамид, мавзолеев и прочих циклопических построек были только строительный гипс да воздушная известь, получаемые в результате обжигания гипсового камня и известняка. На протяжении нескольких тысячелетий бетоны и растворы на их основе были единственно известными вяжущими материалами (не считая глины), а кизяк да птичьи яйца — первыми модифицирующими добавками. Огромный купол «Всем-богам-храма» (древнего римского Пантеона: 43 метра в пролете); растянувшаяся на 5000 км самая большая ограда в мире — Великая Китайская стена; бетонная галерея легендарного лабиринта в древнем Египте; массивные культовые сооружения индусов — все эти строительные шедевры создавались путем использования «прабабушек» и «прадедушек» современных цементов. Шло время, и уже другие вяжущие материалы, получаемые искусственным путем и способные при затворении (замешивании) водой превращаться в пластичную массу, отвердевая при этом не только на воздухе, но и в водной стихии, были созданы пытливыми умами человечества.

Цемент не является природным материалом. Его изготовление - процесс дорогостоящий и энергоемкий, однако результат стоит того - на выходе получают один из самых популярных строительных материалов, который используется как самостоятельно, так и в качестве составляющего компонента других строительных материалов (например, бетона и железобетона). Цементные заводы, как правило, находятся сразу же на месте добычи сырьевых материалов для производства цемента.

В России же производство портландцемента было расширено лишь в конце XIX в. Над его созданием и совершенствованием много работал А. Р. Шуляченко, которого называют “отцом русского цементного производства”. Его заслуга состоит в том, что высококачественные отечественные портландцементы вытеснили цементы иностранного производства. В России первый завод по производству портландцемента был построен в 1856 г., а к началу 1-й Мировой войны уже работало 60 цементных заводов общей производительностью около 1,6 млн т цемента в год.

Цемент – всегда актуальный строительный материал, он стоит наравне с новыми модными изделиями, производством которых все бросились заниматься, в результате чего появилась огромная конкуренция. Так как цемент является не только самостоятельным материалом, но и основой многих изделий для строительства, спрос на него никогда не иссякнет. Тем более что темпы строительства с каждым годом набирают оборотов.

На сегодняшний день в России насчитывается 58 цементных заводов с суммарной производственной мощностью порядка 106 млн. тонн цемента в год. Производителей цемента на российском рынке условно можно разделить на три группы: российские холдинги, объединяющие несколько заводов; российские заводы, не входящие в состав промышленных групп; зарубежные холдинги, осуществляющие свою деятельность на территории России.

К крупнейшим российским холдингам относятся «Евроцемент групп», «Сибирский цемент»; ведущие зарубежные производители представлены на российском рынке компаниями LafargeHolcim, Heidelberg. Российские заводы, не входящие в состав промышленных групп, выпускают, как правило, небольшие объемы цементной продукции [2].

Цель работы Разработка эффективных карбонатсодержащих композиционных портландцементов. Использование композиционных портландцементов (КПЦ) с минеральными добавками - один из наиболее эффективных и простых на сегодняшний день путей уменьшения клинкерной

части, позволяющий одновременно снизить ресурсо-, энергозатраты, и отрицательное воздействие на экологию при производстве портландцемента. Разработка добавок-заменителей на основе местного сырья, поможет решить проблему дефицита портландцемента в регионах, где отсутствует собственное его производство.

В России, несмотря на принятие более десятилетия назад ГОСТа 31108-2003 «Цементы общестроительные. Технические условия», замененного в 2017 году на ГОСТ 31108-2016, согласно которому разрешается одновременное введение в портландцемент до трех минеральных добавок различного минерального состава и происхождения, выпуск таких цементов только начинает осваиваться. Это связано как с отсутствием опыта производства таких вяжущих и малой изученностью влияния нескольких одновременно вводимых добавок на свойства получаемого цемента, так и с территориальной ограниченностью (золы, шлаки, глиежи) и высокой стоимостью (микрокремнезем) некоторых из них [2].

ГЛАВА 1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

При производстве портландцемента применяют разнообразные материалы, одни из которых идут непосредственно на изготовление клинкера, другие же в виде добавок используются при его помоле (гипс и минеральные добавки).

Сырьевыми материалами для производства клинкера служат карбонатные горные породы с высоким содержанием углекислого кальция и глинистые породы, содержащие кремнезем, глинозем и оксид железа. В среднем на изготовление 1 т цемента требуется до 1,6 т исходного сырья.

Наряду с материалами природного происхождения цементная промышленность во всеувеличивающемся объеме использует побочные продукты (отходы) разных отраслей промышленности, например доменные шлаки, золы,

нефелиновый шлам и др. Пригодность сырьевых материалов для производства портландцемента устанавливаются на основании их изучения.

1.1. Описание технологической схемы

1.1.1. Открытый цикл помола

Материал движется по мельнице в результате подпора вновь поступающего через загрузочную часть мельницы материала, а также за счет аспирации мельницы. Материал, проходя по первой камере, подвергается воздействию шарами сначала самого крупного диаметра, затем все меньшего диаметра. Материал проходит к перегородке и постепенно, по мере измельчения, под напором новых измельчаемых порций проникает сквозь щели в перегородке и (при применении двойной перегородки) дополнительно сортируется в ней, причем крупная фракция при вращении мельницы вновь возвращается в первую камеру на домол. Мелкая фракция попадает во вторую камеру, где подвергается в основном истирающему воздействию шаров мелкого диаметра (18 – 33 мм). Измельченный материал проходит через полую цапфу и центральное разгрузочное устройство на контрольное сито, смонтированное в выгрузочной части мельницы. Из разгрузочного днища мельницы цемент фулерным (пневмовинтовым) насосом снизу подается в цементные силоса. [6]

1.1.2. Замкнутый цикл помола.

Схема помола происходит по выше описанному. За исключением следующего: из разгрузочного днища мельницы цемент фулерным (пневмовинтовым) насосом снизу подается в сепаратор.

При работе сепаратора исходный продукт, попадая на диски ротора, сбрасывается с него за счет центробежных сил и движется к стенкам корпуса.

Воздушный поток, создаваемый вентилятором, проходя через слой материала, подхватывает мелкие фракции (готовый продукт) и уносит их в циклоны и далее в рукавный фильтр, где они и осаждаются. Работа сепаратора отрегулирована так, что частицы цемента, имеющие тонкость помола крупнее заданной, за счет удара о внешнюю поверхность внутреннего конуса теряют скорость и падают на внутреннюю поверхность внешнего конуса корпуса сепаратора, падают в его днище в виде крупки и по системе трубопроводов направляются в первую камеру мельницы на домол; туда же подается крупная фракция цемента, выпавшая во внутреннем конусе сепаратора (в зависимости от скорости воздушного потока). Частицы цемента, имеющие размер зерен менее заданного, выносятся воздушным потоком из сепаратора. Очищенный аспирационный воздух возвращается по воздуховодам в мельничный дымосос и вновь направляется в сепаратор, избыточное количество воздуха сбрасывается в атмосферу через сбросной клапан.

Готовый продукт, системой течек подают в промбункер, установленный над пневмокамерным насосом. [6]

Для удаления готового продукта (мелкой фракции) и снижения температуры внутри мельницы через нее просасывают «аспирационный» воздух, создавая разрежение мельничным вентилятором в выгрузочном коробе мельницы, что резко снижает запыленность в цехе. При этом через мельницу движется воздушный поток, снижающий температуру и влажность воздуха в ней. Он подхватывает и уносит из мельницы наиболее тонко измельченные частицы цемента, снижая их концентрацию в материале, уменьшая их налипание на мелющие тела и улучшая условия помола.

Подхваченные воздушным потоком частицы цемента из мельницы поступают в вертикальную аспирационную шахту (трубопровод большого сечения), где из-за изменения направления и скорости движения часть из них выпадает из воздушного потока и по течке ссыпается в бункер готового цемента. Пылевоздушный поток сначала поступает на первую стадию очистки в

циклоны, где из него выпадает большая часть (70—85%) пыли, после чего окончательная очистка аспирационного воздуха осуществляется в рукавных или электрофильтрах. Уловленный в пылесадительных установках цемент системой шнеков подается в промбункер. Готовая продукция из промбункера перекачивается пневмокамерным насосом по цемпроводу в силос, где происходит окончательное охлаждение и гомогенизация цемента.[7]

Мельницы, работающие в замкнутом цикле, дают более однородный по размеру зерен продукт, характеризуются большей удельной производительностью, имеют меньшую температуру мельничного пространства и выходящего продукта. Удельный расход энергии в них меньше, чем при открытом цикле. Следует учесть, что мельницы замкнутого цикла требуют больших капитальных затрат. В них больше вспомогательной аппаратуры и они сложнее в эксплуатации.[5]

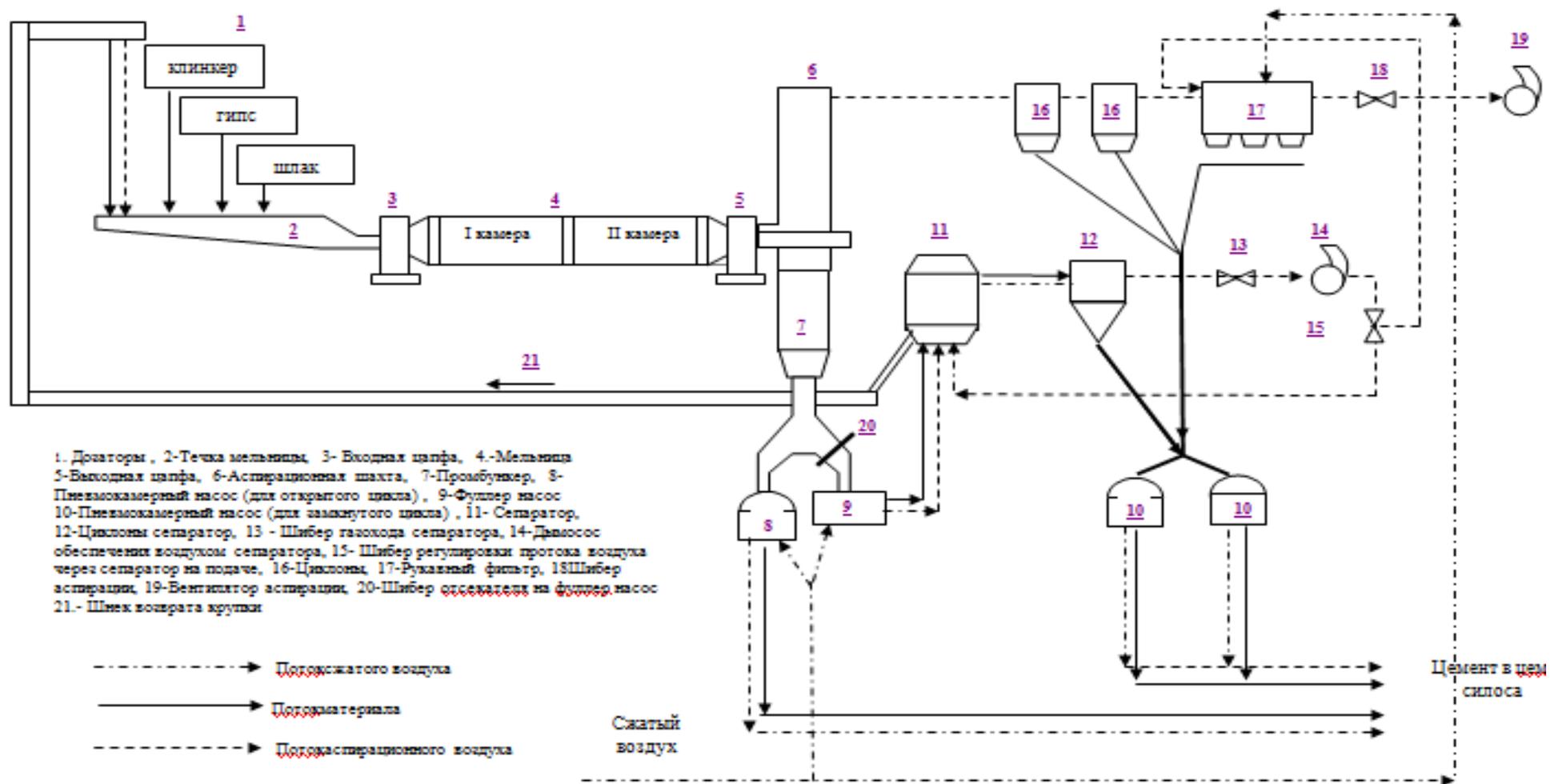


Рис. 1. Схема замкнутого цикла помола.

1.2. Технологический контроль.

Технологический контроль заключается в контроле физико-химических и физико-механических характеристик средних проб готового цемента, статистической обработке результатов испытаний, повышении качества продукции, осуществлении общего контроля за всеми пределами производства.

Большое значение при организации контроля имеют:

- 1) правильное определение места отбора пробы;
- 2) соответствие качества отобранной пробы среднему составу материала;
- 3) характеристика отобранной пробы – усредненная или разовая;
- 4) частота отбора проб с регистрацией времени взятия пробы.

Лаборатория цеха по молению цемента постоянно контролирует правильность дозировки подаваемых весовыми дозаторами в мельницу клинкера, гипса и добавок, регулярно отбирают пробы из мельченного цемента и определяют тоннину помола, удельную поверхность, содержание в нем гипса (по SO_3) и добавок. [8]

В документе о качестве (паспорте) указывается:

- наименование изготовителя, его товарный знак и адрес;
- наименование и условное обозначение цемента по настоящему стандарту;
- номер партии и дата отгрузки;
- номер вагонов;
- прочность при изгибе в возрасте 2 сут;
- водоотделение;
- время загустевания;
- гарантийный срок, сутки;

Физико-механические свойства цемента определяются по ГОСТ 26798.1, ГОСТ 26798.2.

1.3. Применение инертных минеральных добавок при производстве цемента.

В последнее время, применяют минеральные добавки, представляющие собой порошки различной минеральной природы, получаемые из природного (диатомит, опока и др.) или техногенного сырья (золы, шлаки и др.).

Среди таких добавок, особое место занимают инертные минеральные добавки-наполнители, которые не обладают ярко выраженной гидравлической активностью.

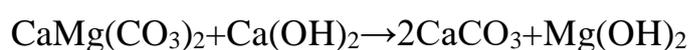
Механизм действия добавок-наполнителей на процессы гидратации и твердения цемента связан с их повышенной удельной поверхностью. Высокодисперсный минеральный наполнитель способствует удерживанию водной оболочки адсорбционной воды, которая обеспечивает образование необходимой толщины водной оболочки на поверхности зерен, сохраняя заданные реологические характеристики бетонных и растворных смесей, а так же улучшая протекание процессов гидратации и твердения цементной матрицы.

Карбонатные добавки оказывают замедляющее действие на процессы схватывания, которое хорошо корректируется с их влиянием на изменение показателя рН жидкой фазы цементного теста. При твердении композиционного портландцемента с карбонатными добавками в нормальных условиях получается цементный камень, характеризующейся более высокой плотностью.

1.4. Использование карбонатных пород в производстве строительных материалов.

Известняк обычно измельчается вместе с клинкером, в силу своей мягкости, он размалывается тоньше, чем клинкер. Влияние известняка является частично физическим, частично химическим, в его присутствии ускоряется гидратация алитовой и алюминатной фаз, как и при наличии многих других тонкодисперсных добавок. Благодаря своей повышенной дисперсности частицы известняка заполняют пространство между зёрнами клинкера,

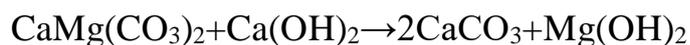
улучшая взаимодействие между ними и водой и уплотняя структуру. Реагируя с алюминатной фазой с образованием гидрокарбоната кальция $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{CaCO}_3\cdot 12\text{H}_2\text{O}$, известняк конкурирует с гипсом. Увеличение скорости гидратации C_3S в присутствии известняка подтверждается данными световой микроскопии, результатами определения толщины зон продуктов гидратации вокруг кристаллов алита, а также определением содержания гидроксида кальция в составе цементного теста.[3] В цементных пастах с высоким содержанием известняка гидроксид кальция концентрируется в больших массах, которые образуют мостики между зернами порошкообразного CaCO_3 . В отсутствие известняка, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ образует мелкие, равномерно распределенные кристаллы. Между гидроксидом кальция из цементного теста и кальцитовым наполнителем имеют место поверхностные реакции, упрочняющие связь между составляющими бетона [4,5]. Продуктом взаимодействия известняка как с алитом, так и с цементом в присутствии воды является основной карбонат кальция, аналог природного минерала деферрита. Известняк способен замедлять схватывание цементного теста за счет участия карбоната кальция в процессах гидратации цементных фаз. Гидроксид кальция из цементного теста может также реагировать с доломитовым наполнителем (или порошком молотого доломита) по так называемой реакции дедоломитизации [2]:



В бетонах, изготовленных с применением в качестве наполнителя доломитового щебня, возникает деструктивное расширение, обусловленное ростом кристаллов брусита на поверхности доломитовых зерен.

Большое количество исследовательских работ посвящено влиянию наполнителей на процесс гидратации цемента и структурообразование цементного камня в бетоне. При использовании известнякового наполнителя значительно повышается степень гидратации цемента. Соли кальция и магния в цементных пастах могут быть катализаторами гидратации и твердения. Между наполнителем и вяжущим в бетонных композициях может иметь место химическое взаимодействие. Характер влияния наполнителя на

процесс гидратации и твердения цемента зависит от его природы и минералогического состава. В значительно большей степени изучено взаимодействие между известняковым заполнителем и гидратирующимся цементом в составе бетонных смесей. Однако в качестве карбонатного заполнителя часто используются доломитизированные известняки и доломиты, хотя применение доломитов некоторых месторождений приводит к повышенному трещинообразованию.



В продуктах гидратации цементной суспензии с добавкой доломита дополнительно появляются новые гидратные фазы в виде брусита и гидрокарбоалюмината $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CaCO}_3 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ (7,55·10⁻¹⁰м).[8,9] Влияние появляющегося в составе продуктов гидратации брусита на свойства цементного камня и бетона недостаточно изучены. В первом случае, образующийся брусит скапливается в контактной зоне на поверхности крупного заполнителя, ослабляя связь заполнителя с другими продуктами гидратации цемента. Во втором случае, образующийся брусит может равномерно распределяться в поровом пространстве цементного камня, способствуя уменьшению пористости последнего с вытекающими отсюда положительными последствиями. В отечественной литературе достаточно большое внимание влиянию карбонатов на свойства строительных материалов уделяется, начиная с 60х годов 20века. Установлено, что во влажных условиях карбонаты при температуре ниже 100 °С взаимодействуют с водой с образованием гидрокарбонатных ионов. П.И.Боженковым и В.И.Кавалеровой [10] показано, что растворы и бетоны на основе известняка при твердении в нормальных условиях имеют прочность выше, чем растворы на кварцевом песке. Карбонатные породы обладают высокой реакционной способностью при их использовании в производстве строительных материалов. Э.Р.Пинус отмечает десятикратное увеличение прочности сцепления известняка с цементным камнем по сравнению с прочностью сцепления последнего с кварцем и гранитом. Опыты В.В.Тимашева и П.Г.Кожемякина[11] показали, что карбонатные добавки интенсифицируют процесс твердения

портландцемента. Формируя более плотную структуру цементного камня, известняки способствуют более высокой кристаллизации гидросиликатов кальция и обеспечивают высокие прочности. Б.Ю.Матулис и Б.И.Векторис, [12] изучая химическое взаимодействие доломита и магнезита с гидроксидом кальция, пришли к заключению, что в результате этого взаимодействия возникают гелевидные новообразования, повышающие прочность строительных материалов. При исследовании структуры бетона на карбонатном заполнителе обнаружены плотные срастания последнего с кристаллами продуктов гидратации цемента, степень срастания тем больше, чем мельче карбонатная частица. Свойства цементов с карбонатными добавками были изучены В.В.Тимашевым и В.М.Колбасовым, [13] рассматривавшими эти добавки в основном как микрозаполнители, но отметившими, что введение в состав портландцемента тонкомолотых карбонатных пород целесообразно при повышенном содержании в клинкере трехкальциевого алюмината. Положительное влияние этих добавок авторы связывали с возможностью образования в их присутствии гидрокарбоалюмината кальция $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CaCO}_3 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$. При характеристике влияния карбонатных добавок на прочностные свойства цементов отмечалась возможность снижения прочностных показателей портландцементов с добавкой известняка, при твердении при повышенных температурах. Установлено также, что при пониженных температурах карбонатные добавки активнее взаимодействуют с продуктами гидратации клинкерных фаз. Авторы упомянутых работ сходятся во мнении, что плотность и особенности кристаллической структуры карбонатных пород, а также содержание в них углекислого магния существенно не влияют на свойства получаемых портландцементов. В качестве продуктов гидратации портландцементов, содержащих добавку известняка, обнаружены новые образования с мелкокристаллической структурой ($\leq 0,1\text{мкм}$), предположительно гидрокарбосиликаты и гидрокарбоалюминаты кальция. [14] Л.Г.Шпынова и М.А.Саницкий, учитывая важную роль карбоната кальция в структурообразовании портландцемента, а также повышение активности карбонатного аниона при понижении температуры, предложили получать

безгипсовые портландцементы, в которых от 10 до 60% клинкера заменяется тонкодисперсными карбонатными добавками. Повышение количества этих добавок (более 20%) приводит к снижению прочности, однако процент снижения прочности ниже, чем количество введенной добавки. Такие цементы могут эффективно использоваться в бетонных смесях для зимнего бетонирования, поскольку в присутствии тонкодисперсных карбонатных добавок температура льдообразования безгипсового вяжущего с добавкой поташа смещается в сторону более низких отрицательных температур по сравнению с чистоклинкерным безгипсовым портландцементом с тем же количеством противоморозных добавок. Деформации расширения при этом понижаются на 10-30%. Авторами отмечено, что тонкодисперсный карбонат кальция в составе бетонной смеси взаимодействует с добавкой поташа с образованием комплексных гидратных соединений типа $3K_2CO_3 \cdot 2CaCO_3 \cdot 6H_2O$. Использование безгипсового портландцемента с тонкодисперсными карбонатными добавками позволяет сократить расход дорогостоящей противоморозной добавки на 10-25%. [15] В последние годы опубликованы результаты ряда исследований по применению добавок известняка в производстве портландцемента, в том числе данные о влиянии на свойства портландцемента частичной замены гипса известняком [16]. По данным авторов такая замена имеет большое экономическое значение для производителей цемента, так как гипсовый камень является, как правило, привозным и более дорогим материалом, чем известняк собственной сырьевой базы. Изучено изменение свойств двух видов цемента, ПЦ500-Д0 и ПЦ400-Д20 (с добавкой шлака) при замене природного гипса известняком на 25 и 50%. Установлено, что при этом сроки схватывания изменяются незначительно по сравнению с цементами, содержащими в качестве замедлителя схватывания только природный гипсовый камень, у цемента ПЦ500-Д0 наблюдается некоторое возрастание прочностных характеристик. При твердении ПЦ400-Д20 при такой же замене гипса известняком имеет место снижение активности, которое может быть связано с тем, что уменьшенного количества гипса оказывается недостаточно для сульфатного возбуждения гидравлической

активности содержащегося в цементе доменного гранулированного шлака.[16]

Эта ситуация может измениться в лучшую сторону при получении композиционных портландцементов, в которых минеральная добавка может состоять из доменного гранулированного шлака и известняка, возможно в равных долях. В противном случае, можно считать целесообразным частичную замену гипса только в производстве бездобавочных цементов. Установленная авторами возможность замены гипса известняком, т.е. возможность сокращения количества гипсового камня, имеет гораздо большее значение, чем приведенные авторами экономические соображения. Стремление зарубежных производителей портландцемента сокращать применение двуводного гипсового камня и ангидрита в качестве добавок, замедляющих схватывание цементного теста, связано с тем, что сернокислый кальций из их состава при гидратации цемента и в дальнейшей службе цементного камня участвует в образовании таких фаз, как «поздний» этtringит и таумасит. Определение физико-механических свойств композиционных портландцементов показало, что введение трех указанных минеральных добавок, а также добавки двуводного гипса способствует повышению прочности цементного камня по сравнению с прочностью цементов, содержащих в качестве минеральной добавки только один из этих компонентов. Авторами работы [17] показано, что добавка молотого доломита в портландцемент в количестве 5-20% способна в большей степени замедлить схватывание цементного теста, чем добавка такого же количества известняка. Как было отмечено выше, до сих пор остается дискуссионным вопрос о влиянии карбонатных добавок на фазовый состав образующегося в процессе гидратации цементного камня. Большинство авторов признает возможность взаимодействия карбоната кальция с продуктами гидратации трехкальциевого алюмината в составе цемента с образованием гидрокарбоалюмината кальция состава $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{CaCO}_3\cdot 12\text{H}_2\text{O}$, либо дополнительно его твердых растворов с гидроксоалюминатом кальция $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Ca}(\text{OH})_2\cdot 12\text{H}_2\text{O}$. Однако, при том количестве трехкальциевого алюмината, которое фактически содержится в большинстве портландцементных клинкеров, такое взаимодействие может иметь

минимальный эффект. При полной гидратации имеющегося в цементе C_3A с его продуктами гидратации может прореагировать только 2-3% карбоната кальция. Вполне вероятно, что оставшаяся часть карбоната кальция может реагировать с продуктами гидратации минералов-силикатов. По мнению авторов [18,19] в трехкомпонентной системе $3CaO \cdot Al_2O_3 - CaSO_4 \cdot nH_2O - CaCO_3$ фазообразование осложняется конкурентными реакциями и возможно образование непрерывного ряда твердых растворов между изоструктурными AFm или AFt фазами. Характеризуя влияние образующихся фаз на устойчивость всего комплекса гидратных соединений, С.П.Сивков [18] предполагает, что введение в состав цемента добавок карбоната кальция приводит к стабилизации эттрингита как вследствие образования твердого раствора между $CaCO_3$ и эттрингитом, так и вследствие образования твердого раствора между AFm – фазами и $CaCO_3$, так как выделяющиеся при этом дополнительное количество $CaSO_4$ будет повышать вероятность существования эттрингита, предупреждая его переход в моногидросульфат алюмината кальция. Для решения вопросов, связанных с широким применением в качестве минеральных добавок известняка и доломита при получении композиционных портландцементов, необходимы специальные исследования по выяснению химического механизма замедляющего действия на схватывание цементного теста, по определению составов продуктов гидратации цементов с такими добавками, по определению их влияния на основные свойства цементов.

1.5. Предпосылки исследования, цели и задачи.

На сегодняшний день одна из наиболее насущных проблем цементной промышленности многих стран заключается в снижении выбросов CO_2 , а также волнуют вопросы ресурсо- и энергосбережения [20,21,22]. Одним из главных решением этой проблемы является применение композиционных портландцементов с минеральными добавками. Рамачандраном З. было представлено [23], что введение карбонатного наполнителя в количестве до 30 % с ростом степени наполнения и дисперсности до 500 м²/кг приводит к ускорению

гидратации C_3S , особенно в ранние сроки твердения, что объясняется образованием центров кристаллизации в виде гидрокарбоната кальция, а также модифицированной поверхностью трехкальцевого силиката. Однако взаимодействие карбонатных добавок с продуктами гидратации цемента все еще изучено недостаточно. Коллективом ученых во главе с Козловой В.К. [24,25] было установлено, что продуктами гидратации портландцемента с карбонатными добавками являются не только карбоалюминаты кальция, но и возможно образование твердых растворов между гидрокарбоалюминатом кальция и гидроксоалюминатом кальция состава $3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Ca(OH)_2 \cdot 11H_2O$. Кроме того, есть предпосылки образования гидрокарбосиликатов кальция, которые представляют собой малоизученные рентгеноаморфные неорганические полимеры, которые трудно обнаружить. Механизм их образования по мнению авторов [24,25] заключается во взаимодействии карбонатных добавок с продуктами гидратации силикатов портландцемента фазы C-S-H, с образованием $Ca(HCO_3)_2$, которое распадается на ионы гидрокарбоната кальция и гидрокарбоната $CaHCO_3^+$ и HCO_3^- . В течение некоторого времени, а также при повышении температуры до 80-100°C, возможно образование гидросиликатов кальция при разложении карбонатных групп с выделением углекислого газа и воды.

Целью работы является разработка эффективного карбонатсодержащего композиционного портландцемента. Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- Оценка активности карбонатных добавок и определение эффективности их применения в составе композиционного портландцемента;
- Исследование физико-механических свойств цемента с карбонатными добавками известняка (И-20) и доломита (Д-20);

Исследование процессов структурообразования и особенностей состава продуктов гидратации.

ГЛАВА 2. ХАРАКТЕРИСТИКА ИСХОДНЫХ СЫРЬЕВЫХ МАТЕРИАЛОВ . МЕТОДЫ И МЕТОДИКИ ИССЛЕДОВАНИЯ.

2.Характеристика сырьевых материалов

2.1.1. Портландцемент

В данной исследовательской работе использовала портландцемент ЦЕМ I 42,5Б (производство ООО «Топкинский цемент», г. Топки, Кемеровской обл.). Химический и минералогический состав портландцемента указан в таблице 2.1.1.

Таблица 2.1.1. Химический и минералогический состав портландцемента

Химический состав, мас.%							Минералогический состав, мас.%				
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	ппп	C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF	CaOсв
21,36	5,51	4,15	67,15	1,35	1,35	0,24	65,4	14,5	7,5	12,4	0,20
КН=0,939; n=2,21; p=1,33											

2.1.2. Известняк

Известняк – порода осадочного происхождения, состоящая из углекислого кальция CaCO₃ (не менее 50%) Соломинского месторождения, г. Топки, Кемеровской области. В табл. 2.1.2 представлен химический состав используемого известняка.

Таблица № 2.1.2 Химический состав Соломинского известняка, %

Компонент	Δm пр.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	R ₂ O	SO ₃	Σ
Известняк	42,28	3,19	1,22	0,55	51,67	0,79	0,43	0,06	100,19

Основные физико-химические свойства известняка:

Естественная влажность

от 0,2 до 5,0 %;

Прочность при сжатии

до 100 МПа;

Объемный вес

от 1500 до 1600 кг/м³;

Цвет известняка от белого до светло-серого.

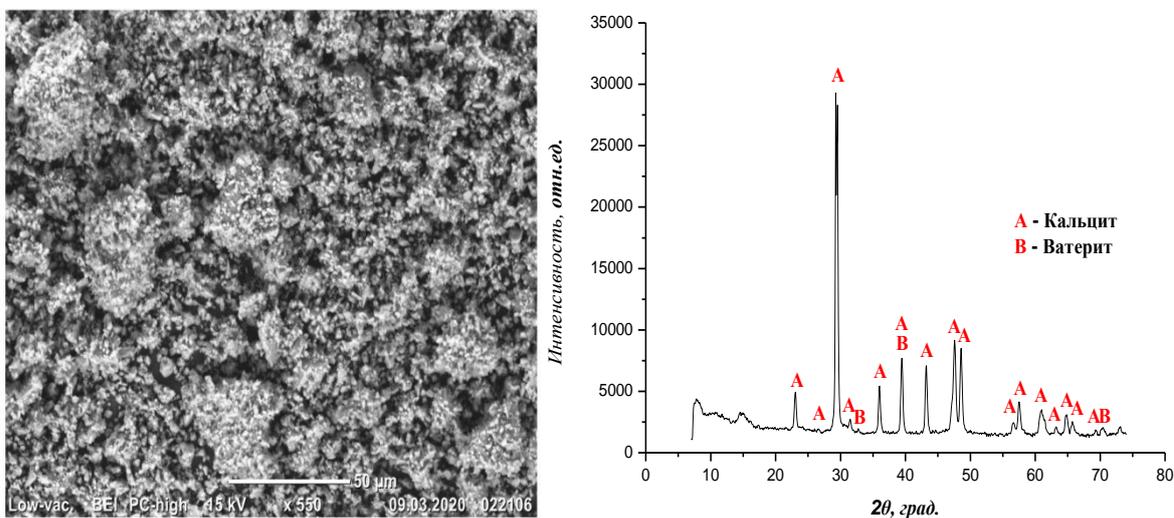


Рис. 2.1. Микрофотография и рентгенограмма измельченного Соломинского известняка.

Согласно рентгенофазовому анализу Соломинский известняк представлен кальцитом и ватеритом.

2.1.3. Доломит

Доломит – минерал карбонатного состава $\text{CaCO}_3 * \text{MgCO}_3$ Таензинского месторождения, Таштагольского района, Кемеровской области. В табл. 2.1.3 представлен химический состав применяемого доломита.

Таблица № 2.1.3 Химический состав Таензинского доломита, %

Компонент	Δm пр.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	P ₂ O ₅
Доломит	41,5	0,76	0,38	0,08	50,57	28,45	0,07

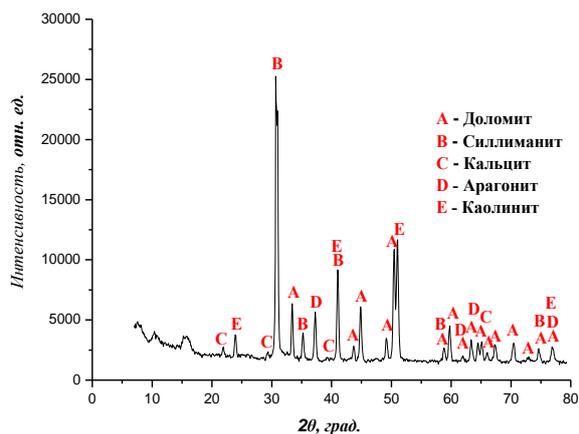
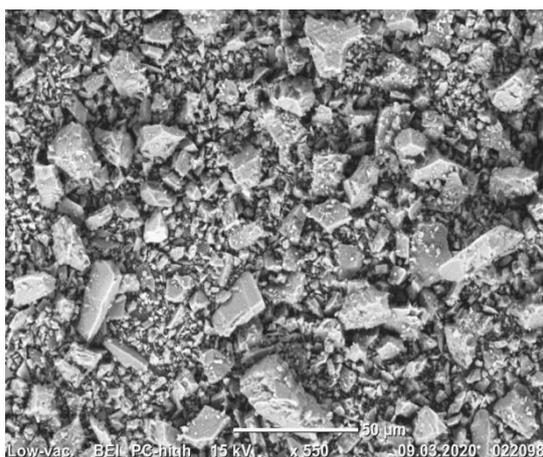


Рис. 2.2. Микрофотография и рентгенограмма измельченного Таензинского доломита.

На основании рентгенофазового анализа можно сделать вывод, что Таензинский доломит представлен карбонатсодержащими минералами (доломит, кальцит, арагонит), с примесями силлиманита и каолинита.

Основные физико-химические свойства доломита:

Естественная влажность	до 5,0 %;
Прочность при сжатии	до 100 МПа;
Объемный вес	от 1500 до 1600 кг/м ³ ;
Цвет доломита	от белого до светло-серого.

2.1.4. Вода

В испытаниях применялась дистиллированная вода комнатной температуры соответствующая ГОСТ 6709.

Качество воды для приготовления бетонов и растворов должно соответствовать СанПиН 2.1.4.1074-01 Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль

качества. Содержание хлоридов Cl^- не более 350 мг/л, сульфатов SO_4^{2-} не более 500 мг/л. Не допускается присутствие в питьевой воде различных невооруженным глазом водных организмов и поверхностной пленки.

2.2. Методы и методики исследования

2.2.1. Методики исследования цемента

Определение физико-механических свойств цементов (тонкости помола, удельной поверхности, нормальной густоты, сроков схватывания, равномерности изменения объема, марочной прочности) проводилось по стандартным методам и методикам табл. 2.2.1.

Таблица 2.2.1 Методики исследования цемента

№ п/п	Наименования показателя	Метод испытания
1	Удельная поверхность	ПСХ-11
2	Тонкость помола, остаток на сите №008	ГОСТ 310.2-76
3	Нормальная густота	ГОСТ 310.3-76
4	Сроки схватывания	ГОСТ 310.3-76
5	Истинная плотность	Пикнометрический метод
6	Равномерность изменения объема, наличие на лицевой стороне лепешек: <ul style="list-style-type: none"> • трещин радиальных, доходящих до краев, • искривлений, • увеличений в объеме. 	ГОСТ 310.3-76
7	Активность при пропаривании (предел прочности при сжатии после пропаривания)	ГОСТ 310.4-81
8	Класс по прочности на сжатие (марка) <ul style="list-style-type: none"> • предел прочности при изгибе в возрасте 2, 14, 28 суток; • предел прочности при сжатии в возрасте 2, 14, 28 суток. 	ГОСТ 310.4-81

2.2.2. Рентгенофазовый анализ

При помощи этого метода можно проводить следующие исследования: качественный и количественный фазовый анализ; определение параметров элементарной ячейки; исследование твердых растворов, фазовых превращений, происходящих под влиянием термообработки.

Физический смысл рентгенофазового анализа - рассеяние рентгеновских лучей при прохождении через кристаллическую решетку вещества. Необходимым условием формирования рассеянного эффекта является выполнение уравнения Вульфа-Брегга:

$$n\lambda=2d\cdot\sin\theta, \quad (1)$$

где: λ – длина волны рентгеновского луча, нм (для $Cu_{K\alpha}$ -излучения $\lambda = 0,154056$ нм); $n= 1,2,3$ (целое число для волн); d – межплоскостной интервал, нм; θ – угол падения рентгеновского луча, град.

В данной исследовательской работе рентгенофазовый анализ исходных материалов и получаемых цементов проводили на приборе ДРОН-3М, где применяется рентгеновская трубка БСВ-29 с $Cu_{K\alpha}$ - излучением ($2\theta = 10-90$ град), точность съемки 1000, 2000, напряжение анод-катод 35 кВ, анодный ток 25 мА, скорость вращения гониометра составляла 4 град/мин.

Идентификацию рефлексов проводили с помощью программы CrystallographicaSearch – Match, система которой включает в себя базу 100000 эталонных рентгенографических данных с наиболее широко распространенными соединениями. Обработка результатов, которых основана на сравнении экспериментального спектра образца с высоким числом цифровых массивов, характеризующих спектры возможных соединений.

2.2.3. Электронная микроскопия

В электронном микроскопе используется электронный луч, длина волны которого в 100000 раз короче длин волн видимого света. Это обеспечивает возможность получения большего увеличения.

В настоящее время наиболее широкое применение получили сканирующие электронные микроскопы (СЭМ). Благодаря высокой разрешающей способности СЭМ перекрывают всю область от нижней границы оптического микроскопа (от 1 мкм) до верхней границы разрешения просвечивающего электронного микроскопа (до 0,01 мкм).

Многие СЭМ обеспечивают дополнительными приставками, позволяющими, например, проводить элементный анализ образцов или отдельных неоднородностей.

ВСЭМ электронный пучок фиксируется на поверхности образца в виде узкого пятна диаметром 5-10 нм, который последовательно сканирует поверхность. Используемые ВСЭМ рентгеновские лучи позволяют проводить точный микрорентгеновский анализ отдельных составляющих структуры, а также анализировать распределение тех или иных элементов по поверхности образца.

Микроструктурные характеристики исследуемых объектов определяли с помощью сканирующего электронного микроскопа, а также электронного микроскопа фирмы JeolJCM-6000 (Япония).

2.2.4. Дифференциально-термический анализ

Основан на сопоставлении термических свойств образца, исследуемого вещества и термически инертного вещества, который принимается в качестве эталонного вещества. Регистрируемым параметром служит

разность их температур, изменяемая при нагревании или охлаждении образца с постоянной скоростью, которая может быть изображена в виде зависимости функции температуры образца от нагревателя или эталона.

Дифференциально-сканирующая калориметрия (ДСК) отличается от дифференциально – термического анализа (ДТА) тем, что позволяет фиксировать тепловой поток, который характеризует происходящие в веществе изменения в результате нагрева или охлаждения. В этом методе образец и эталон нагреваются или охлаждаются с одинаковой скоростью, причем температуры поддерживаются одинаковыми. Экспериментальные кривые представляют собой зависимость теплового потока от температуры. По внешнему виду кривая ДСК очень похожа на ДТА, за исключением принятых единиц измерения по оси ординат. Как и в методе ДТА, площадь пика, ограничиваемая кривой ДСК, прямо пропорциональна изменению энтальпий.

При исследовании образцов, ДСК/ДТА показывает характерные эндотермические реакции, которые возникают в результате дегидратации и разрушения кристаллической структуры и экзотермические реакции, обусловленные образованием новых фаз при более высоких температурах. Результаты ДСК выражаются в виде непрерывной кривой, на которой зарегистрированы термические реакции, протекающие при соответствующих температурах. Принято, что при эндотермических реакциях дифференциальная кривая резко отклоняется от нулевой линии вниз, а при экзотермических вверх.

2.2.5. Микрокалориметрия

Реакции гидратации цементных минералов являются экзотермическими, и взаимодействие цемента с водой сопровождается выделением теплоты.

Тепловыделение различных портландцементов колеблется в больших пределах в зависимости от их минерального состава и тонкости измельчения. Наличие в их составе повышенного количества C_3S стекла и особенно C_3A предопределяет интенсивное тепловыделение при твердении таких

цементов, преимущественно в первые сроки, вследствие быстрого взаимодействия указанных минералов с водой. Цементы, характеризующиеся повышенным содержанием C_4A и больше всего $\beta-C_2S$, отличаются пониженным тепловыделением. В данной работе для исследования тепловыделения в цементных системах использовался дифференциальный микрокалориметр (ДМК), схема которого представлена на рис. 2.3.

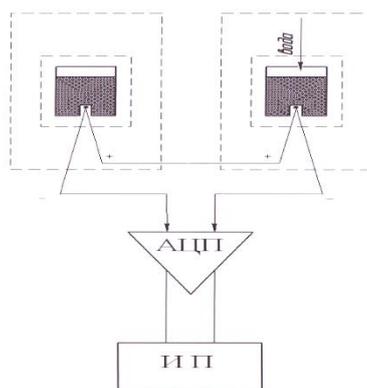


Рисунок 2.3. Схема ДМК с термопарным датчиком

В обе ячейки засыпается равное количество сухого исследуемого материала, который уплотняется до одинакового объема. В *ячейке-1*, материал остается сухим во время проведения измерений. К материалу, находящемуся в *ячейке-2* с помощью бюретки вводится расчетное количество воды, согласно нормальной густоте. При введении в *ячейку-2* воды выделяется теплота смачивания и гидратации, температура в данной ячейке повышается и тепло передается на спай дифференциальной термопары, расположенной под *ячейкой-2*. В результате теплового воздействия на один из спаев дифференциальной термопары в ее цепи возникает разбаланс ЭДС, который через аналоговый цифровой преобразователь поступает на компьютер и фиксируется в виде тепловых эффектов и их измерения во времени.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ»**

Студенту:

Группа	ФИО
4-ГМ-82	Киричук Елене Викторовне

Школа	ИШНПТ	Отделение (НОЦ)	Им. Кижнера
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	18.04.01 Химическая технология

Тема:

Исследование влияния добавок карбонатных пород на структуру и свойства цементного камня.	
1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Бюджет проекта – не более 242 000 руб., в т.ч. затраты на оплату труда – не более 137 000 руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Значение показателя интегральной ресурсоэффективности - не менее 3.45 баллов из 4.9
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления на социальные нужды (27,1% от ЗП)
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	Анализ готовности проекта к коммерциализации
2. Разработка устава научно-технического проекта	Определение заинтересованных сторон, ограничений и допущений проекта
3. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Формирование рабочей группы проекта, календарное планирование, формирование бюджета НТИ
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Оценка абсолютной и сравнительной эффективности разработки
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):	
<ol style="list-style-type: none"> «Портрет» потребителя результатов НТИ Сегментирование рынка Оценка конкурентоспособности технических решений Диаграмма FAST Матрица SWOT График проведения и бюджет НТИ Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ Потенциальные риски 	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	02.03.2020
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Спицына Любовь Юрьевна	К.Э.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4-ГМ-82	Киричук Елена Викторовна		

ГЛАВА 4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ

В данном разделе ВКР выполняется анализ и расчёт основных параметров для реализации конкурентоспособного продукта, который приносит доход, но и отвечает современным требованиям ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Для того чтобы решить задачи, связанные с финансовой оценкой продукта, его ресурсоэффективностью и ресурсосбережением, в экономическом разделе ВКР нужно:

- провести анализ и исследования рынка покупателей;
 - рассмотреть и исследовать разработки конкурентных решений;
 - провести QuaD-анализ;
 - провести SWOT-анализ;
 - провести планирование НИР;
 - рассчитать материальные затраты на изготовление.
- определить ресурсную (ресурсосберегающую), финансовую и экономическую эффективность исследования.

4.1 ПРЕДПРОЕКТНЫЙ АНАЛИЗ

4.1.1 ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ПОТРЕБИТЕЛИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для анализа существующей конкуренции необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

Основным продуктом, получаемым в ходе научно-исследовательской работы, является портландцемент с карбонатными добавками. Данный вид портландцемент используется в строительстве.

Основные потенциальные потребители результатов исследования:

- ООО «Топкинский цемент», Кемеровская обл., г. Топки – производство цемента;
- ООО «Красноярский цемент», Красноярский край, г. Красноярск – производство цемента.

Таблица 4.1 – Карта сегментирования рынка по виду применения материала

	ООО «Топкинский цемент»	ООО «Красноярский цемент»
Сырьевые материалы	+	+
Обеспеченность кадрами	+	+
Обеспеченность оборудованием	+	+

Как видно из приведенной карты сегментирования, уровень конкуренции высокий.

4.1.2 Анализ конкурентных технических решений

В таблице 4.2 представлена Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок). В ней используются следующие критерии:

Таблица 4.2 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентноспособность			Ранг
		Бф	Бк1	Бк2	Бф	Бк1	Бк2	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Химические критерии оценки ресурсоэффективности								
1 Нормальная густота	0,05	5	6	6	0,84	0,84	0,84	1
2 Сроки схватывания	0,07	5	8	7	0,99	0,99	0,99	2
3 Водоцементное отношение	0,07	8	7	8	0,45	0,39	0,45	8
4 Пористость	0,04	3	4	3	0,62	0,55	0,55	6
6 Прочность на изгиб	0,09	4	5	7	0,26	0,23	0,23	7
7 Прочность на сжатие	0,2	10	10	10	0,47	0,47	0,47	10
Экономические критерии оценки эффективности								
1 Уровень проникновения на рынок	0,04	8	7	6	0,19	0,16	0,14	15
2 Цена	0,07	8	7	6	0,14	0,12	0,11	16
3 Предполагаемый срок эксплуатации	0,3	3	3	3	0,26	0,26	0,26	4
4 Наличие сертификации разработки	0,07	10	10	10	0,94	0,94	0,94	3
Итого	1				5,16	4,95	4,98	

Бф – цемент + известняк

Бк1 – цемент+мрамор

Бк2 – цемент+доломит

В результате анализа, можно сделать вывод, что производить композиционный портландцемент с карбонатной добавкой известняка можно, так как они имеют преимущество по сравнению с другими материалами в данной работе

4.1.3 SWOT-анализ

Базовым рынком сбыта продукции является рынок Российской Федерации. SWOT-анализ используют для исследования внешней и внутренней среды проекта. SWOT-анализ представлен в табл.4.3.

Таблица 4.3 – SWOT-анализ

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта:	Слабые стороны научно-исследовательского проекта:
	<p>-Развитая производственная, научная, энергетическая, транспортная, социальная инфраструктура;</p> <p>-Большой объем и доступность сырья;</p> <p>-Высокая степень соблюдения договорных обязательств в отношении потребителей;</p> <p>-Высокий уровень квалификации руководящих сотрудников лаборатории.</p>	<p>-Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров по работе с научной разработкой</p>
<p>Возможности:</p> <p>- производство нового вида цемента</p>	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы</p>	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы</p>

<p>- Освоение новых сегментов рынка цементной промышленности</p> <p>- Увеличение объемов производства продукции</p> <p>-инновационные достижения в области производства цемента</p>	<p>проекта полей «Сильные стороны и возможности»</p> <p>-Развитая производственная, научная, энергетическая, социальная инфраструктура</p> <p>-Большая база потребителей</p> <p>-Устойчивые финансовые показатели.</p>	<p>проекта полей «Слабые стороны и возможности»</p>
<p>Угрозы</p> <p>–Появление новых конкурентов</p> <p>–производителей с более развитыми технологиями и низкими издержками</p>	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и угрозы»</p> <p>- низкие издержки производства</p>	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и угрозы»</p> <p>-Появление конкурентов с более новыми разработками с более развитыми научно-исследовательскими институтами</p>

В результате выполнения SWOT-анализа можно сделать вывод о том, что для улучшения и устранения слабых сторон необходимо усовершенствовать свойства продукта, улучшить сырьё.

4.1.4 Диаграмма Исикавы

Для выявления различных причинно-следственных связей был использован метод диаграмм Исикавы.

Диаграмма Исикавы — это способ позволяет графически изображать исследования и определения, с помощью которых можно выразить взаимосвязей между факторами и последствиями какого-нибудь проекта, ситуации, проблемы. С помощью данной диаграммы были рассмотрены все факторы данной работы.

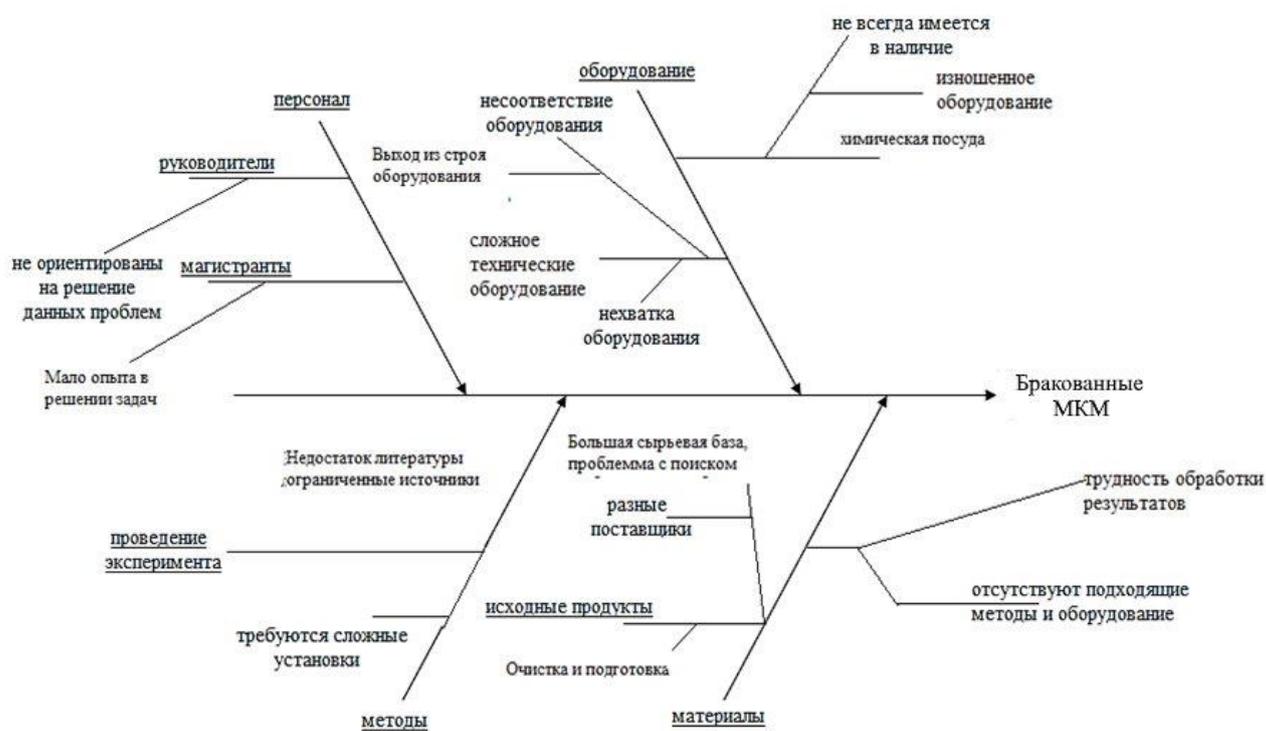


Рисунок 4.1 – Диаграмма Исикавы

4.2 Инициация проекта

4.2.1 Цели и результат проекта

Информация по заинтересованным сторонам проекта представлена в таблице 4.4. Цели и результаты проекта представлены в таблице 4.5.

Таблица 4.4 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
Научный руководитель	Получение состава композиционного портландцемента с заменой части клинкера на 20% карбонатной добавки соответствующего ГОСТ 31108-2016
Магистрант	
ООО «Топкинский цемент»	
ООО «Красноярский цемент»	

Таблица 4.5 – Цели и результат проекта

Цели проекта:	Разработка состава композиционного портландцемента с заменой части клинкера на
---------------	--

	20% карбонатной добавки соответствующего ГОСТ 31108-2016
Ожидаемые результаты проекта:	Получение состава композиционного портландцемента с заменой части клинкера на 20% карбонатной добавки соответствующего ГОСТ 31108-2016
Критерии приемки результата проекта:	Соответствие свойств полученного композиционного портландцемента ГОСТ 31108-2016
Требования к результату:	Прочность на сжатие не менее 32,5 МПа.

4.2.2 Организационная структура проекта

В этом разделе необходимо рассмотреть рабочую группу данного проекта, роль каждого участника в данном проекте, а также функции, выполняемые каждым из участников и их трудозатраты в данном научно-исследовательском проекте.

Таблица 4.6 – Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудозатраты, час.
1.	Митина Н.А. доцент НОЦ Н.М. Кижнера	Руководитель проекта	Координирует деятельность участников проекта, постановка целей и задач, контроль сроков выполнения научных работ по проекту, обсуждение результатов.	77
2.	Киричук Е.В., магистрант	Исполнитель проекта	Выполнение научного проекта	390

Трудозатраты были рассчитаны на основании следующих данных: проект выполнялся 3 месяца, руководитель проекта принимал участие 2 раза в неделю на протяжении 3 часов, исполнитель работал в среднем 5 дней в неделю по 6 часов.

4.2.3 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 реализованными в рамках проекта.

Ограничения и факторы можно рассмотреть в таблице 4.7

Таблица 4.7 – Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/ допущения
Бюджет проекта	242 000 р
Источник финансирования НИ ТПУ	НИ ТПУ
Сроки проекта	01.10.2019 – 5.06.2020
Дата утверждения плана управления проектом	01.10.2019
Дата завершения проекта	7.06.2020
Прочие ограничения и допущения*	Время использования оборудования.

4.3 Планирование научно-исследовательских работ

4.3.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса научно-исследовательских работ осуществляется в порядке:

- определение структуры работ в рамках ВКР;
- определение количества исполнителей для каждой из работ;
- установление примерного времени продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Выполнение данной ВКР не требует большого количества участников. В рабочую группу входит научный руководитель и магистрант.

Порядок этапов работ и распределение исполнителей для данной научно-исследовательской работы, приведен в табл. 4.8.

Таблица 4.8 – Порядок этапов работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель, Инженер
Выбор направления Исследований	2	Выбор направления Исследований	Руководитель, Инженер
	3	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, Инженер
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Руководитель Инженер
	6	Проведение экспериментов	Инженер
	7	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиям	Руководитель, Инженер
Обобщение и оценка результатов	8	Оценка полученных результатов	Руководитель, Инженер
	9	Определение целесообразности проведения ВКР	Руководитель, Инженер
Проведение ВКР			
Разработка технической документации и проектирование	10	Разработка технологии	Руководитель, Инженер

Изготовление и испытание опытного образца	11	Получение опытных образцов	Инженер
	12	Лабораторные испытания опытных образцов	Руководитель, Инженер
Оформление комплекта документации по ВКР	13	Составление пояснительной записки	Инженер

4.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Для определения, ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ож\ i}$ используется следующая формула:

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

где $t_{ож\ i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

t_{min} – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

t_{max} – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости, рассчитывается продолжительность каждой работы в рабочих днях:

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

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дней;

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

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

4.3.3 Разработка графика проведения научного исследования

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

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

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

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

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

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

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

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

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

$T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

В 2019 году 365 календарных дней, из них выходных/праздничных 118 и рабочих 247 дней. Тогда коэффициент календарности равен:

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 118} = 1,48.$$

В таблице 4.9 представлены временные показатели проведения научно - исследовательской работы.

Таблица 4.9 – Временные показатели проведения научного исследования

Название Работ	Трудоемкость работ			Исполни тели	T _{pi} , раб.дн.	T _{ki} , кал.дн.
	t _{min} , чел- дни	t _{max} , чел- дни	t _{ож} , чел- дни			
Составление и утверждение технического задания	1	2	1,4	Р	0,7	1
	1	2	1,4	И	0,7	1

Выбор направления исследований	1	2	1,4	Р	0,7	1
	1	2	1,4	И	0,7	1
Подбор и изучение материалов по теме	16	22	18,4	И	9,2	14
Календарное планирование работ по теме	1	2	1,4	Р	0,7	1
Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиям	3	4	3,4	И	1,7	3
Проведение теоретических расчетов и обоснований	20	22	20,8	И	10,4	15
Проведение экспериментов	21	23	21,8	И	10,9	16
Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиям	3	4	3,4	И	1,7	3
Оценка полученных результатов	1	2	1,4	Р	0,7	1
	4	7	5,2	И	2,6	4
Определение целесообразности проведения ВКР	2	3	2,4	Р	1,2	2
	3	4	2,8	И	1,4	2
Разработка технологии	2	4	2,8	Р	1,4	2
	2	4	2,8	И	1,4	2
Получение опытных образцов	9	11	9,8	И	4,9	7
Лабораторные испытания опытных образцов	17	20	18,2	И	9,1	13
Составление пояснительной записки	20	25	22	И	11	16
Итого				Р	5	8
				И	66	98

Р – руководитель; И – Инженер.

На основе таблицы 4.9 был построен календарный план-график таблица 4.10 в виде диаграммы Ганта.

Таблица 4.10 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме.

Вид работы	Т _{кд.} Дней		Продолжительность выполнения работ														
	Р	И	февраль			март			апрель			май					
			1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3			
Составление и утверждение технического задания	1	1	■														
Выбор направления исследований	1	1	■														
Подбор и изучение материалов по теме	-	14		■													
Календарное планирование работ по теме	1	3		■													
Проведение теоретических расчетов и обоснований	-	15			■												
Проведение экспериментов	-	16			■												
Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиям	-	3				■											
Оценка полученных результатов	1	4					■										
Определение целесообразности проведения ВКР	2	3						■									
Разработка технологии	2	2							■								
Получение опытных образцов	-	7									■						
Лабораторные испытания опытных образцов	-	13										■					
Составление пояснительной Записки	-	16												■	■	■	■
Руководитель			■														
Инженер			■														

4.3.4. Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

4.3.4.1 Расчет материальных затрат НТИ

Результаты расчета затрат на сырье в процессе проведения НИР представлены в таблице 4.11.

Таблица 4.11 – Затраты на материалы

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена в руб. за 1	Затраты на материалы Z_m , руб.
Портландцемент	кг	25	6800	170,0
Известняк	кг	5	720	3,60
Доломит	кг	5	270	0,54
Итого				174,14

4.3.4.2 Расчет затрат на оборудование для научно экспериментальных работ

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

Амортизация оборудования рассчитывается по формуле (4.5):

$$A = \frac{C_n \cdot H_a \cdot n}{100 \cdot k}, \quad (4.5)$$

где C_n – первоначальная стоимость оборудования;

H_a – норма амортизации, %;

n – количество дней использования оборудования;

k – количество рабочих дней в году.

Таблица 4.12 – Расчет затрат на оборудование

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во ед.	Срок службы оборудования,	Время использования,	N_a , %	Цена оборудования, тыс. руб.	Амортизация
1	2	3	4	5	6	7	8
1	РЭМ- установка JCM-6000	1	13	7	12	180000	612
2	РФА- установка ДРОН-3М	1	17	2	12	180000	174
3	Гидравлический пресс	1	15	1	12	30000	14,6
4	Шаровая мельница лабораторная	1	12	1	12	100000	48,6
6	Весы аналитические Веста В153	1	12	12	-	15000	-
ИТОГО:15 849,2 руб							
Затраты электроэнергии:2 952,2 руб							
Итого по статье: 18 801,4 руб.							

Затраты на электроэнергию рассчитываются по формуле 4.6.

$$Z_э = N \cdot t \cdot P, \quad (4.6)$$

где N – мощность электроприбора, кВт;

t – время использования оборудования, час;

P – стоимость электроэнергии, 5,8 руб./кВт.

Расчет затрат на электроэнергию представлен в табл.4.13.

Таблица 4.13 – Расчет затрат на электроэнергию

Наименование оборудования	N , кВт/ч	t , ч	Затраты, руб.
РЭМ- установка JCM-6000	1,5	16	139,2
РФА- установка ДРОН-3М	1,5	3	26,1
Гидравлический пресс	2,5	5	72,5
Шаровая мельница лабораторная	3,00	12	208,8
Весы аналитические Веста В153	0,50	96	278,40

Лампы люминесцентного освещения (12шт)	0,96	400	2227,2
Итого:			2952,2

4.3.4.3. Основная заработная плата исполнителей темы

Оклад руководителя от ТПУ (доцента, к.т.н) составляет 33664 рубля (без учета районного коэффициента). Оклад инженера составляет 9489 руб. (без учета районного коэффициента), (принято на основе данных с окладов профессорско-преподавательского состава и дипломников-студентов).

Статья включает основную заработную плату и дополнительную заработную плату:

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (4.7)$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата;

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата (10 – 20 % от $Z_{осн}$).

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

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p, \quad (4.8)$$

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

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

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно – техническим работником, раб. дн.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле 4.9:

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

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб.дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя,
 при отпуске в 48 раб.дней $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб.дн.

В таблице 4.14 приведен баланс рабочего времени каждого работника НТИ.

Таблица 4.14 – Баланс рабочего времени за 2019

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней:	44	48
(выходные дни/ праздничные дни)	14	14
Потери рабочего времени:		
отпуск	56	28
невыходы по болезни	2	2
Действительный годовой фонд рабочего Времени	249	273

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{\text{окл}} \cdot k_p, \quad (4.10)$$

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

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

Расчёт основной заработной платы приведён в табл.4.15.

Таблица 4.15 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	З _{окл} , руб.	k _p	З _м , руб.	З _{дн} , руб.	T _p , раб. дн.	З _{осн} , руб.
Руководитель	33664	1,3	65 644,8	2 741,8	16	43 868,8
Инженер	26 300	1,3	51 285,0	2 104,0	44	92 576,0
Итого З _{осн}						136 444,8 руб.

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле (4.11):

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}}, \quad (4.11)$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,10 – 0,15).

Общая заработная плата исполнителей работы представлена в таблице 4.16.

Таблица 4.16 - Общая заработная плата исполнителей

Исполнители	З _{осн} , руб.	З _{доп} , руб.	З _{зп} , руб.
Руководитель	43868,8	4386,9	48255,7
Инженер	92576,0	9257,6	101833,6

4.3.4.4. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды рассчитывается по следующей формуле (4.12):

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (4.12)$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды, 27,1%.

В табл.4.17 представлены отчисления во внебюджетные фонды.

Таблица 4.17 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель проекта	43868,8	4386,9
Инженер	92576,0	9257,6
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271	0,271
		Итого: 40674,2 руб.

4.3.4.5. Накладные расходы

Накладные расходы включают в себя следующие расходы: печать ксерокопирование материалов исследования, размножение материалов и т.д.

Величина накладных расходов определяется по формуле (4.13):

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 4) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (4.13)$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы (16%).

Величину коэффициента накладных расходов $k_{\text{нр}}$, допускается взять в размере 16%. Таким образом, накладные расходы на данные НТИ составляют:
 $Z_{\text{накл}} = 0,16 \cdot (15068,87 + 60867 + 136444,8 + 40674,2) = 31375,1$ руб.

4.3.4.6. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Расчет бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведен в таблице 4.18.

Таблица 4.18 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.		Примечание
	Руководитель	Инженер	
1. Материальные затраты НТИ	174,14		Табл.4.11
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	18801,4		Табл.4.12
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	43868,8	92576,0	Табл. 4.16
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	4386,9	9257,6	Табл. 4.16
5. Отчисления во внебюджетные Фонды	40674,2		Табл.4.17
6. Накладные расходы	31375,1		16 % от суммы ст. 1-5
7. Бюджет затрат НТИ	241114,14		Сумма ст. 1-6

Как видно из таблицы 4.18 основные затраты НТИ приходятся на основную заработную плату исполнителей темы.

4.4 Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Для определения эффективности необходимо сравнить текущий проект с различными его исполнениями. Исп. 2 (с мрамором), Исп. 3 (с мелом) – другие

технологии производства композиционного портландцемента с карбонатными добавками. Различное исполнение идет с использованием других карбонатных пород. Текущий проект ориентирован на известняк и доломит.

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования.

Интегральный финансовый показатель разработки рассчитывается как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (4.14)$$

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

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

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения.

$\Phi_{\text{текущ.проект}} = 241114,14$ руб, $\Phi_{\text{исп.1}} = 250000$ руб, $\Phi_{\text{исп.2}} = 260000$ руб.

$$I_{\text{финр}}^{\text{тек.пр.}} = \frac{241114,14}{260000} = 0,93;$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп1}} = \frac{250000}{260000} = 0,96;$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп2}} = \frac{260000}{260000} = 1.$$

Интегральный показатель ресурс эффективности рассчитывается как:

$$I_{pi} = \sum (a_i \cdot b_i), \quad (4.15)$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки.

Сравнительная оценка характеристик вариантов объекта представлена в таблице 4.19.

Таблица 4.19 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий Проект	Исп.2 (мрамор)	Исп.3 (мел)
1.Сложность технологии	0,3	5	4	4
2. Тонкость помола	0,25	5	5	5
3.Нормальная густота	0,1	5	4	5
4.Сроки схватывания	0,1	4	4	4
5.Пористость	0,15	4	4	4
6.Прочностные характеристики	0,1	5	4	5
Итого	1,00			

$$I_{pт.пр.} = 0,3 \cdot 5 + 0,25 \cdot 5 + 0,1 \cdot 5 + 0,1 \cdot 4 + 0,15 \cdot 5 + 0,1 \cdot 5 = 4,9;$$

$$I_{pисп.1} = 0,3 \cdot 4 + 0,25 \cdot 5 + 0,1 \cdot 4 + 0,1 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 + 0,1 \cdot 4 = 4,25;$$

$$I_{pисп.2} = 0,3 \cdot 4 + 0,25 \cdot 5 + 0,1 \cdot 5 + 0,1 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 + 0,1 \cdot 5 = 4,45;$$

Сравнительная оценка характеристик вариантов объекта представлена в таблице 4.20.

Таблица 4.20 - Сравнительная эффективность разработки

Показатели	Текущий проект	Исп. 1	Исп.2
Интегральный финансовый показатель разработки $I_{финр}$	0,93	0,96	1
Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки I_p	4,9	4,25	3,45
Интегральный показатель эффективности I	5,326	4,381	3,45
Сравнительная эффективность вариантов Исполнения	1,083	1,025	1,000

В ходе определения эффективности исследования наш проект является более эффективным по сравнению с конкурентами.

Заключение по разделу

В ходе полной оценки стоимости проведения научного исследования был сформирован его бюджет. Все имеющееся на момент начала проведения исследования химическое сырье было принято, как вновь купленное по текущим ценам. Для имевшегося оборудования рассчитана амортизация, оборудование стоимостью меньше 100000 руб. считалось приобретенным.

Общий бюджет НТИ составил 214 114,14 руб.

С точки зрения ресурсоэффективности, данный проект является перспективными конкурентоспособным по сравнению с существующими технологиями, так как в отличие от аналогов в проекте предусмотрены меньшие затраты на себестоимость будущей продукции за счет использования местных недорогих сырьевых материалов и более совершенной технологии.