

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

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Разработка составов магниезиальных тампонажных материалов

УДК 666.941.2:622.245.42

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Г6А	Ковалевская Алёна Юрьевна		

Руководитель ВКР

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

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Кащук Ирина Вадимовна	к.т.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

**Запланированные результаты обучения
по основной образовательной программе подготовки бакалавров
18.03.01 Химическая технология**

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Профессиональные компетенции</i>		
P1	Применять базовые и специальные, математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания в профессиональной деятельности	Требования ФГОС (ПК-1,2,3,19,20), Критерий 5 АИОР (п.1.1), СДИО(п. 1.1, 4.1, 4.3, 4.8)
P2	Применять знания в области современных химических технологий для решения производственных задач	Требования ФГОС (ПК-7,11,17,18, ОК-8), Критерий 5 АИОР (пп.1.1,1.2), СДИО (п. 1.1, 3.2, 4.2, 4.3, 4.5, 4.6)
P3	Ставить и решать задачи производственного анализа, связанные с созданием и переработкой материалов с использованием моделирования объектов и процессов химической технологии	Требования ФГОС (ПК-1,5,8,9, ОК-2,3), Критерий 5 АИОР (пп.1.2), СДИО (1.2, 2.1, 4.5)
P4	Разрабатывать <i>новые</i> технологические процессы, проектировать и использовать новое оборудование химической технологии, <i>проектировать объекты химической технологии в контексте предприятия, общества и окружающей среды</i>	Требования ФГОС (ПК-11,26,27,28), Критерий 5 АИОР (п.1.3) (ОК-9, ОК-10, ОК-13, ПК-4, 7, 10, 12 -17, 26) СДИО (п.1.3, 4.4, 4.7)
P5	Проводить теоретические и экспериментальные исследования в области современных химических технологий	Требования ФГОС (ПК-4,21,22,23,24,25, ОК-4,6), Критерий 5 АИОР (п.1.4), СДИО (п. 2.2)
P6	Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современное высокотехнологичное оборудование, обеспечивать его высокую эффективность, <i>выводить на рынок новые материалы</i> , соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на химико-технологическом производстве, выполнять требования по защите окружающей среды.	Требования ФГОС (ПК-6,10,12,13,14,15, ОК-6,13,15), Критерий 5 АИОР (п.1.5) СДИО (п. 4.1, 4.7, 4.8, 3.1, 4.6)
<i>Общекультурные компетенции</i>		
P7	Демонстрировать знания социальных, этических и культурных аспектов профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-5,9,10,11), Критерий 5 АИОР (пп.2.4,2.5), СДИО (п. 2.5)

P8	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-1,2,7,8,12), Критерий 5 АИОР (2.6), СДИО (п. 2.4)
P9	<i>Активно владеть иностранным языком</i> на уровне, позволяющем разрабатывать документацию, презентовать результаты профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-14), Критерий 5 АИОР (п.2.2), СДИО (п. 3.2, 3.3)
P10	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, <i>демонстрировать лидерство в инженерной деятельности и инженерном предпринимательстве</i> , ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации.	Требования ФГОС (ОК-3,4) , Критерий 5 АИОР (пп.1.6, 2.3) СДИО (п. 4.7, 4.8, 3.1)

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

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП

(Подпись) (Дата) (Ревва И.Б.)

**ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:	Бакалаврская работа
----------	----------------------------

Студенту:

Группа	ФИО
4Г6А	Ковалевской Алёне Юрьевне

Тема работы:

Разработка составов магниезиальных тампонажных материалов	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	19.02.20 №50-30/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Данные литературного обзора
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Разработка составов магниезиальных тампонажных материалов для цементирования скважин добычи углеводородов в условиях минеральных вод и соленосных пластов
Перечень графического материала	Презентация
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Литературный обзор; Методы исследования; Экспериментальный анализ	Митина Н.А.
Финансовый менеджмент	Кащук И.В.
Социальная ответственность	Черемискина М.С.
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы	19.02.20
---	----------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Митина Н.А.	к.т.н.		19.02.20

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Г6А	Ковалевская Алёна Юрьевна		19.02.20

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕДИНЕНИЕ И
РЕСУРСОБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
4Г6А	Ковалевская Алёна Юрьевна

Школа	ИШНПТ	Отделение школы (НОЦ)	Н.М. Кижнера
Уровень образования	бакалавр	Направление/специальность	18.04.01 Химическая технология

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

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

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Анализ конкурентных технических решений (НИ)</i>	Проведен анализ конкурентных технических решений, SWOT-анализ
2. <i>Формирование плана и графика разработки и внедрения ИР</i>	Определение трудоемкости, составление графика проведения исследования.
3. <i>Составление бюджета инженерного проекта (ИП)</i>	Расчет бюджетных затрат на НИР
4. <i>Оценка ресурсной, финансовой, социальной, бюджетной эффективности ИР и потенциальных рисков</i>	Интегральный финансовый показатель, интегральный показатель ресурсоэффективности, интегральный показатель эффективности.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

1. Оценка конкурентоспособности ИР
2. Матрица SWOT
3. График разработки и внедрения ИР
4. Бюджет ИП
5. Основные показатели эффективности ИП

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Кашук Ирина Вадимовна	к. т. н. доцент		09.05.20

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Г6А	Ковалевская Алёна Юрьевна		09.05.20

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
4Г6А	Ковалевская Алёна Юрьевна

Школа	ИШНПТ	Отделение (НОЦ)	Н.М. Кижнера
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Химическая технология

Тема ВКР:

Разработка составов магниезиальных тампонажных материалов

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объектом исследования является магниезиальное вяжущее, затворенное бикарбонатом магния, которое можно применять для цементирования скважин в условиях минеральных вод и соленосных пластов. Рабочая зона находится во 2 корпусе ТПУ, НОЦ Н.М. Кижнера аудитории №118
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<ul style="list-style-type: none"> – Конституция РФ; – Трудовой кодекс РФ; – Федерального закона №426 ФЗ «О специальной оценке условий труда»; – Федеральный закон № 181 -ФЗ от 17 июля 1999 г. «Об основах охраны труда в Российской Федерации». – ГОСТ 12.2.049-80 «ССБТ. Оборудование производственное. Общие эргономические требования»; – ГОСТ 12.2.033-78 «ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования»; – ГОСТ 12.2.032-78 «ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования»;
<p>2. Производственная безопасность:</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Запыленность воздуха; – Превышение уровня шума; – Недостаточная освещенность рабочей зоны; – Поражение электрическим током;
<p>3. Экологическая безопасность:</p>	<p>Так как все материалы, которые используются при производстве, полностью экологические и проходят только обжиг, влияние на атмосферу, гидросферу и литосферу оказывается минимальное.</p>
<p>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Пожар; – Взрыв; – Отравление химическими реагентами; <p>Наиболее типичная ЧС для возникновения является пожар.</p>

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Черемискина Мария Сергеевна	-		09.05.20

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Г6А	Ковалевская Алёна Юрьевна		09.05.20

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

Школа Инженерная школа новых производственных технологий
 Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология
 Отделение школы (НОЦ) НОЦ Кижнера Н.М.
 Уровень образования – бакалавр
 Период выполнения – осенний/весенний семестр 2019/2020 учебного года

Форма представления работы:

бакалаврская работа

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

Срок сдачи студентом выполненной работы: _____

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

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Учёная степень	Подпись	Дата
Доцент	Митина Н.А.	к.т.н.		

СОГЛАСОВАНО:

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

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 84 с., 12 рисунков, 27 таблиц и 34 источника.

Ключевые слова: каустический магнезит, раствор бикарбоната магния, гидравлическое вяжущее, тампонажный материал, цементирования скважин, жидкость затворения, пластифицирующие добавки.

Объектом исследования является тампонажный магнезиальный материал, обладающий высокой водостойкостью и коррозионостойкостью, с использованием различных добавок.

Цель работы - разработка и исследование магнезиального гидравлического вяжущего, которое будет применимо в качестве тампонажного материала.

Разработка и исследование магнезиального материала велись, основываясь на нормах и требованиях к тампонажным материалам.

В результате исследования было получено гидравлическое магнезиальное вяжущее вещество, которое удовлетворило все требования, предписывающиеся к тампонажным материалам.

Основные достигнутые технологические характеристики: высокая водостойкость и коррозионостойкость, а также прочность при изгибе и сжатии.

Степень внедрения: лабораторные условия.

Область применения: крепление обсадных колонн.

Эффективность разработки определяется по интегральному показателю ресурсоэффективности. Данный расчет показал, что проект является перспективным и выгодным с точки зрения ресурсопотребления и экологичности.

Содержание

Введение.....	13
1. Литературный обзор.....	15
1.1. Технология тампонирования скважин.....	15
1.2. Виды тампонажных вяжущих материалов.....	19
1.3. Особенности тампонажных материалов.....	21
1.4. Магнезиальные вяжущие вещества.....	23
1.5. Предпосылки исследований.....	28
2. Методы исследования.....	30
2.1. Приготовление цементного теста.....	30
2.2. Определение растекаемости.....	31
2.3. Определение плотности.....	32
2.4. Определение водоотделения.....	33
2.5. Определение времени загустевания.....	33
2.6. Определение прочности.....	34
2.7. Метод рентгенофазового анализа.....	37
2.8. Дифференциальный термический анализ.....	38
3. Экспериментальная часть.....	40
3.1. Характеристика исходного материала.....	40
3.2. Магнезиальные тампонажные материалы.....	42
3.2.1. Магнезиальный тампонажный материал без добавок.....	42
3.2.2. Магнезиальный тампонажный материал с пластифицирующей добавкой DPS.....	44
3.2.3. Магнезиальный тампонажный материал с модифицирующей добавкой.....	45

3.3. Определение времени загустевания магниезиального тампонажного раствора.....	47
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение...	49
4.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	50
4.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования.....	50
4.1.2. Анализ конкурентных технических решений.....	51
4.1.3. SWOT-анализ.....	52
4.2. Планирование научно-исследовательских работ.....	56
4.2.1. Структура работ в рамках научного исследования.....	56
4.2.2. Определение трудоемкости выполнения работ.....	57
4.2.3. Бюджет научно-технического исследования (НТИ).....	61
4.3. Определение ресурсной(ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	67
5. Социальная ответственность.....	71
5.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	72
5.2. Производственная безопасность.....	73
5.3. Экономическая безопасность.....	75
5.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	76
5.4.1. Мероприятия по предотвращению ЧС и разработке порядка действий в случае возникновения ЧС.....	78
Заключение.....	80
Список использованной литературы.....	82

Определения, обозначения и сокращения

В данной научно-исследовательской работе применяются следующие термины с соответствующими определениями:

Каустический магнезит (КМ) (MgO) – это природный минерал (MgCO₃), измельченный и обожженный при температуре 800-900°С.

Бикарбонат магния (БКМ) (Mg(HCO₃)₂) – неорганическое соединение, образованное кислой солью магния и угольной кислоты, существует только в виде раствора.

Тампонажный материал – это сыпучий материал с вяжущими свойствами, вступивший в реакцию с жидкостью затворения, и со временем образующий камневидное тело, который используется, исключительно, в газонефтедобывающей отрасли.

Жидкость затворения – это жидкое вещество, в процессе смешения с сухим тампонажным материалом, идет химическая реакция и образуется вяжущий раствор.

Цементирование скважин – процесс крепления обсадных колонн в скважине, по средствам тампонажного раствора.

Введение

Каустический магнезит – это материал, который был получен путем обжига магнезита при температуре 900°C. При затворении бикарбонатом магния каустического магнезита можно получить разнообразные материалы для строительства.

Направление моего исследования – это цементирование скважин. При классическом цементировании скважины обычно используются различные марки портландцементов, в соответствии с необходимыми требованиями. Требования зависят от геологических особенностей почвы в месте бурения, а так же от траектории бурения и расположения пласта нефти или газа. Моё исследование предполагает использование магнезиального цемента, в роли портландцемента. Поэтому он не только должен удовлетворять все требования по ГОСТ 1581-96, но и превосходить некоторые качества портландцемента для того, чтобы заказчики выбирали именно магнезиальный цемент для цементирования скважин.

Актуальность исследования состоит в том, в Томской области большое количество залежей нефти, и постоянно проводятся разработки месторождений. Раствор для цементирования, который мы разработали, совместно с научным руководителем, поможет скважине существовать значительно дольше, чем с обычным раствором, так как он не будет размываться пластами воды, а наоборот будет упрочняться, из-за присоединения к раствору ионов из водных пластов. А так же ранее никто не применял магнезиальные вяжущие в процессе бурения, но, проведенные мной исследования, должны показать все достоинства магнезиальных вяжущих и превосходство их над портландцементами.

За высокую водостойкости отвечает каустический магнезит затворенный гидрокарбонатом магния, за счет образования кристаллических водонерастворимых фаз. Такой цемент может набирать прочность и твердеть в условиях повышенной температуры, в воде и в солевых растворах, а также на

воздухе.

Объектом исследования является магниезольные тампонажные материалы, подбор водотвердого отношения магниезольного вяжущего с жидкостью затворения для получения необходимой прокачиваемости цемента через трубы для тампонирования скважин, также придание данному раствору высокой водостойкости и коррозионностойкости, для того чтобы было возможно применение магниезольного цемента в условиях повышенного содержания солей, хлоридов и карбонатов в водных пластах.

Целью данного исследования является анализ состава и свойств магниезольных вяжущих для применения этих материалов в качестве тампонажных цементов для «заливки» скважин.

1. Литературный обзор

1.1. Технология тампонирувания скважин

В настоящее время добыча нефти и газа является неотъемлемой частью для развития экономики страны. Вследствие этого стало актуально разрабатывать новые месторождения, а также возобновлять работу на еще советских скважинах.

Скважины подразделяются на несколько видов:

- Разведочная скважина предназначена для структурного исследования пород на глубине и определения границы залегающего пласта нефти или газа;
- Эксплуатационная скважина используется для добычи газа и нефти;
- Нагнетательная скважина применяется после выработки скважины, опустевшее место заполняется специальными растворами для поддержания давления;
- Структурно поисковые скважины применяются для исследования тектонических изменений в земной коре, литологии и другого;
- Оценочная скважина - для проведения различных исследований;
- Опорная скважина применяется для фиксации пласта и замедления движений в нем;
- Контрольная скважина – для слежения за «кустом» скважин.

Перед тем приступить к разработке нового месторождения, необходимо провести разведочные работы. Обычно это бурение вертикальной скважины, в среднем, каждые 200-300 метров отбирают породы и отправляют в лабораторию для исследования. Если разведочная скважина показала, что пласт нефти или газа больших размеров, то организуют кустовое бурение. Кустовое бурение - это группа наклонно-направленных скважин, устья которых находятся на близком расстоянии друг от друга. Строительством и возобновлением нефтяных и газовых скважин занимается определенная

организация, у которой есть необходимое оборудование, транспорт и штаб работников.

Бурение новой скважины происходит в несколько этапов[1]:

- Направление;
- Кондуктор;
- Техническая/промежуточная колонна;
- Эксплуатационная колонна;
- Потайная колонна (профильный перекрыватель/хвостовик).

На рисунке 1 изображена схема вертикальной скважины.

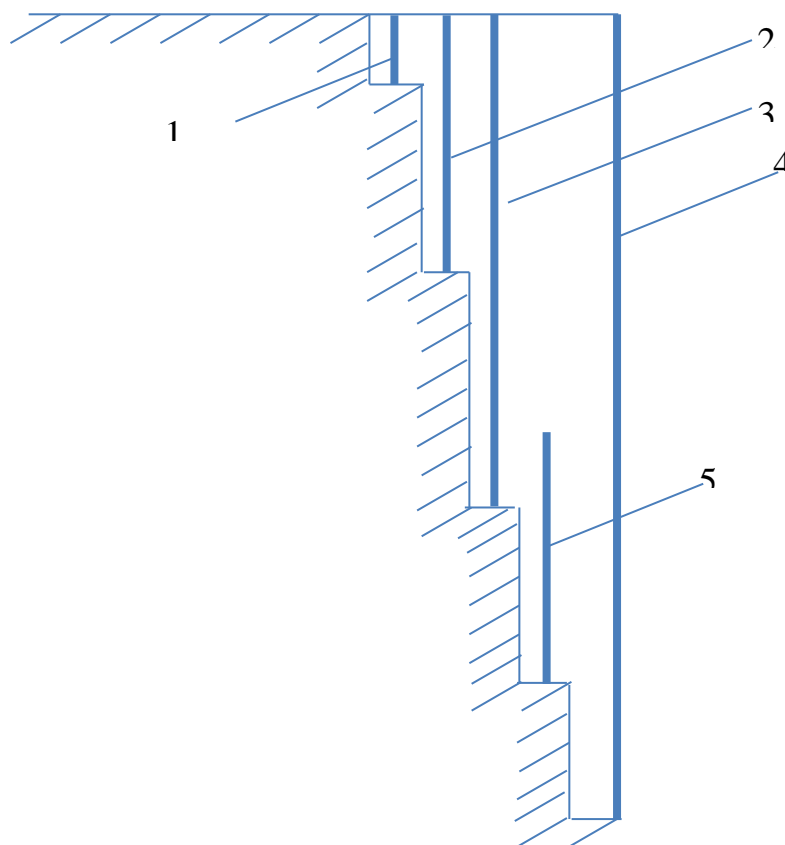


Рис.1 Разрез скважины:

1 - направление; 2 - кондуктор; 3 - промежуточная колонна; 4 - эксплуатационная колонна; 5 – потайная колонна.

Направление – эта часть скважины бурится вертикально вниз, она служит закреплением устья скважины, продолжительность от 3-х до 30 метров. Как правило, направление бурят наибольшим диаметром долота.

Кондуктор – от пробуренного направления прокладывается колонна, она меньшего диаметра, служит для закрепления стенок скважины и не допускает загрязнений горизонтальных водных пластов, а также защищает скважину от разрушения. Глубина бурения кондуктора разная, может достигать до 800 метров.

Промежуточная колонна необходима в том случае, если глубина залегания нефтяного или газового пласта более 2500 метров, она служит для укрепления неустойчивых пород и несообщения водоносных пластов с зоной бурения.

Эксплуатационная колонна бурится наименьшим диаметром, глубина ее спуска зависит от глубины залегания нефтяных или газовых пластов. Она образует надежный канал для выкачивания геологических запасов, и далее для закачки необходимых реагентов для поддержания давления.

Верхняя часть потайной колонны располагается внутри обсадной колонны, а нижняя часть находится в стволе скважины, обычно она применяется для перекрытия интервала осложнения и является неизвлекаемой[1].

Цементирование скважины необходимо для:

- не смешивания газонефтяных пластов с водой, породой и вредными химическими реагентами при разработке скважины и добыче;
- соблюдения регламента, в котором говорится о защите металлических труб от возникающей коррозии, при взаимодействии металла с почвенной влагой или солевых пластов;

- обеспечения высокой прочности и долговечности скважины, цементирование позволяет снизить влияние грунтовых вод.

После спуска обсадная колонна цементируется по всей длине в стволе скважины. Иногда применяют цементирование отдельных интервалов, например, нижней части. В областях продуктивного пласта обсадная колонна может быть также не зацементирована. То же самое может происходить с промежуточной колонной в том случае, когда она находится в зоне сильного износа, ее делают съемной, поэтому и не цементируют.

Далее на рисунке 2 рассмотрим подробное цементирование обсадной колонны поэтапно.

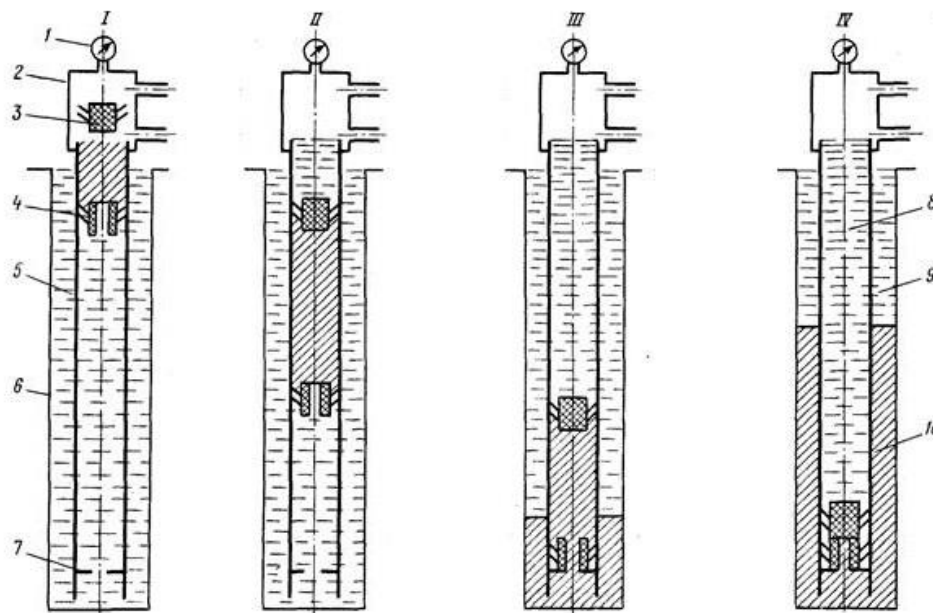


Рис. 2 Схема цементирования обсадной колонны[2]: I – начало подачи цементного раствора; II – подача цемента по обсадной колонне; III – начало продавки затрубного пространства; IV – окончание продавки.

1 - манометр; 2 -цементировочная головка; 3 - верхняя пробка; 4 – нижняя пробка; 5 – обсадная колонна; 6 – стенки скважины; 7 – стоп-кольцо; 8 – продавочная жидкость; 9 –буровой раствор; 10 –цементный раствор.

Также применяют временное крепление скважин, глиняным раствором. В процессе бурения твердых пород, из-за высокой скорости, долото нагревается и, при взаимодействии с породой высокой прочности, ломается и быстро выходит из строя. Для того чтобы это избежать, применяют подачу глиняного раствора, при нагревании глина спекается образуя защиту на долоте, а также защитный слой на поверхности грунта, что позволяет временно противостоять разрушению. Но такую технологию нельзя применять вблизи с водоносными пластами.

1.2. Виды тампонажных вяжущих материалов

Тампонажные материалы – это совокупность порошкообразного материала и жидкости затворения, после смешения этих компонентов по определенным пропорциям наблюдается затвердевание раствора в камневидное тело. Такие материалы применяют в бурении, для заполнения пространства между породой и обсадной колонной. Так как процесс бурения крайне дорогостоящий и трудоемкий к тампонажным материалам применяются строгие требования и ГОСТы. Основными требованиями, прописанными в стандарте, являются: безусадочность, прочность, водостойкость, высокие адгезионные свойства, низкое водопоглощение и коррозионностойкость.

Тампонажный раствор образуется при смешивании тампонажного материала с жидкостью затворения. В зависимости от количества добавленной жидкости, можно получить тампонажный материал с разными свойствами. Соотношение жидкости затворения и тампонажного материала называется водотвердым отношением[3].

В настоящее время материалы, которые используются для цементирования скважины – это портландцементы различных марок с добавками. Они соответствуют заданным ГОСТам и нормативным документам, но, чаще всего, не подлежат использованию в агрессивных средах, в

водоносных и соленосных пластах, не являются коррозионностойкими и достаточно экологичными материалами.

Портландцемент – это гидравлическое вяжущее, которое получают путем тонкого измельчения портландцементного клинкера с добавлением гипса и других различных добавок[4]. Клинкер образуется путем спекания тонкодисперсных компонентов: известняка, глины и кремнезема до образования однородной фракции. Добавление гипса в клинкер регулирует сроки схватывания и другие свойства. При смешении портландцемента с водой первыми в реакцию вступают алюминаты и алюмоферриты кальция с гипсом, и происходит начальный период твердения. Следует учесть, что на срок схватывание также влияют тонина помола, так как при более тонком измельчении скорость схватывания увеличивается, за счет увеличения удельных поверхностей частиц. Далее скорость схватывание зависит от степени обжига цементного клинкера, так как сильно обожженный клинкер уменьшает скорость схватывания, а слабо обожженный – увеличивает, чем цемент нормального обжига[5].

В течение 3 – 6 часов после затворения раствора происходит рост и накопление кристаллогидратов, которые приводят к образованию коагуляционной структуры, в последствии переходят в кристаллическую. Далее происходит гидратация алюминатных частиц, входящих в состав клинкера. Цемент обретает высокую прочность уже на третьи сутки, но гидратация всё еще продолжается. Обычно на 28-е сутки цемент приобретает наивысшую прочность, но гидратация еще не закончена, скорость ее упадет, но она может продолжаться годами, за счет клинкерного фонда цемента[6].

По требованиям ГОСТ допускает добавление в портландцемент до 15% активных добавок без изменения названия цемента. Вносить добавки следует во время помола цементного клинкера[7].

В ГОСТ 25597-83 «Цементы тампонажные. Классификация» приведена классификация по компонентному составу цемента:

- портландцемент без добавок (кроме гипса);
- портландцемент, содержащий не более 20% минеральных добавок;
- портландцемент, содержащий в составе добавки в количестве 20-80%;
- бесклинкерный цемент, на основе доменных шлаков, известково-кремнеземистых вяжущих материалов(отходы металлургии);
- цемент на основе клинкера из глинозема;
- цемент на основе гипса;
- полимерные сочетания, состоящих из нескольких вяжущих материалов.

1.3. Особенности тампонажных материалов

Химический и минералогический состав вяжущего материала, а также его механическая твердость, устойчивость к соленосным пластам – это основополагающие свойства, которые должны удовлетворять требования к тампонажным материалам. Так как тампонажный материал представляет собой со временем цементный камень[8].

Как и у всех материалов, у тампонажного вещества также есть ряд особенных задач, которые были ему поставлены, во время использования:

- обеспечение сцепления с окружающей породой;
- обеспечение сцепления с металлом колонн;
- герметичность колонн;
- разделение газоносных пластов друг от друга;
- обеспечение изоляции от подземных вод.

Исходя из требований, можно сделать вывод, что тампонажный материал должен обладать высокой прочностью начальной и конечной, безусадочностью,

высокой коррозионнотойкостью, также стойкостью к агрессивным средам, низкой газопроницаемостью.

На данный момент большинство компаний, занимающихся цементированием скважин, используют портландцементы, так как они удовлетворяют требования по нормативным документам, но не всегда соответствуют эксплуатационным требованиям по экологичности, адгезионным свойствам и коррозионнотойкости. Такие недоработки вынуждают исследователей искать пути решения для этих проблем.

Для повышения коррозионнотойкости и газо- водонепроницаемости тампонажных вяжущих материалов используют следующие методы[9]:

1. Ввод различных добавок: пластификаторы, загустители, добавки для повышения прочности цементного камня, понижающие водоотдачу, повышающие газонепроницаемость;
2. Изменение химического и минерального состава, выполняется для повышения коррозионнотойких и сульфатостойких минералов в составе цемента.

Такие методы решения вышеприведенных проблем позволяют эффективно решить лишь некоторые из них. Это связано в том, что практически всегда, тампонажные вяжущие затворяют водой либо хлоридом магния, при таком затворении у портландцемента не образуются адгезионных связей с водорастворимыми солями и, соответственно, не формируется непроницаемый контакт. Адгезионные свойства тампонажный раствор может приобрести только в том случае, если вяжущий раствор будет подобен по составу и сроден с агрессивной средой и солями, которые находятся в водоносных пластах.

Как известно, магниезальные вяжущие материалы образуются путем взаимодействия оксида магния - MgO с водным раствором хлорида магния - $MgCl_2$ [10]. Во время затвердивания формируется прочный цементный камень в

месте соприкосновения с водорастворимыми природными солями, такими как: сильвинит, бишофит, галит и другие. Также магнезиальные вяжущие материалы имеют высокую стойкость к растворам этих же природных солей. В конечном счете, получаем отличный магнезиальный цемент, который можно использовать для цементирования скважин, не уступающий по своим характеристикам портландцементу. Но тут всё таки есть один минус – магнезиальное вяжущее затвердевшее раствором хлорида магния имеет низкую стойкость к пресным и минеральным водам. Магнезиальное вяжущее затвердевшее хлоридом магния является воздушным вяжущим, его используют только в среде с низкой влажностью.

Чтобы использовать магнезиальное вяжущее в условиях высокой влажности, необходимо разработать гидравлическое вяжущее на основе каустического магнезита, которое бы удовлетворяло требования по нормативным документам и ГОСТ.

Таким образом, цель моего исследования – разработать гидравлическое магнезиальное вяжущее, которое можно применять в качестве тампонажного материала, и провести основные эксперименты для определения основных свойств и сравнить их со свойствами тампонажных цементов.

1.4. Магнезиальные вяжущие вещества

История использования магнезиального вяжущего материала насчитывает множество столетий. Магнезиальные цементы были найдены в Великой Китайской стене, также применялись в Индии, Германии, Франции и Новой Зеландии. Многие постройки с использованием такого материала в Индии стоят до сих пор. В Германии в течение сотен лет применялись магнезиальные цементы в строительстве, а секреты их изготовления передавались из поколения в поколение. Еще в древности была замечена хорошая совместимость магнезиальных вяжущих с древесными материалами.

Существует два вида магнезиального вяжущего:

- каустический доломит;
- каустический магнезит.

Оба этих материала экологичные: первый производится из природного доломита, второй – из природного магнезита. Магнезит – это карбонат магния ($MgCO_3$) широко распространённый минерал, который встречается в кристаллическом или аморфном состоянии. Кристаллический магнезит с четкой кристаллической структурой, напоминающей крупнозернистый мрамор или доломит. Обычно бывает белого, серого, реже желтого и коричневого цвета, в зависимости от примесей, также имеет стеклянный блеск. Такой магнезит образуется путем воздействия на доломиты или известняк магнезиальными растворами, иногда встречается кристаллический магнезит, как осадочная порода. Аморфный магнезит представляет собой структура, напоминающую фарфоровую массу белого цвета, иногда, имея включения других цветов, также в зависимости от примеси. Образование аморфного магнезита связано с разложением силикатных гордых пород богатых магнием.

Доломит – это двойная соль карбонатов магния и кальция ($MgCO_3 \cdot CaCO_3$), имеет желтый, бурый и коричневый цвет, из-за наличия железистых примесей. Чаще всего, доломит - это осадочная горная порода, также образуется воздействием на известняк магниевых солей.

Жидкостью затворения каустического доломита и магнезита является хлорид магния или сернокислый магний[14]. Магнезиальные вяжущие вещества – это воздушные вяжущие, их использование возможно только в условия пониженной влажности. У этого материала прекрасная совместимость с различными заполнителями. В зависимости от заполнителя магнезиальные вяжущие могут иметь различные свойства.

Свойства магнезиальных вяжущих материалов:

- механическая прочность на сжатие примерно такая же, как у высокопрочных бетонов;

- механическая прочность на изгиб превышает в 3-5 раз бетон, без использования армирующих материалов;
- набор прочности происходит за 3-5 суток (самый прочный теплоизоляционный материал из известных);
- абсолютная солестойкость и маслостойкость (при взаимодействии нефтепродуктов, масел, растворов солей магниальное вяжущее лишь набирает прочность);
- пожаробезопасность (способность материала выдержать пожары 5-й категории без разрушения, разложения, и без выделения канцерогенных веществ);
- обладают низкой электропроводностью и диэлектрической проницаемостью;
- декоративность (способность материала имитировать множество материалов, начиная с дерева, заканчивая малахитом);
- бактерицидность, биоцидность (не позволение селиться и размножаться бактериям и грибкам, а также из-за горько-соленого вкуса насекомые и грызуны не появляются в материале);
- магниальные полы с использованием древесных опилок в качестве заполнителя не имеют усадки, обладают высокой твердостью и низкой истираемостью, а также устойчивы к ударным нагрузкам.

Приготовление вяжущего раствора состоит из нескольких стадий:

1. Смешение каустического магнезита с ферромарганцевой пылью и доменным шламом до образования однородности;
2. Вместе с выполнением первого этапа проводится приготовление жидкости затворения, путем растворения соли хлорида магния в воде, до получения плотности раствора в $1,3\text{г/см}^3$;
3. Затворение сухого материала раствором соли хлорида магния.

Вязущий раствор подается к месту использования через насосы. И следует заметить, что его нужно применить в первые два часа после затворения, следовательно, магнезиальное вяжущее не подлежит транспортировке на далекие расстояния после затворения.

Областей применения у магнезиального вяжущего материала, как и у любого другого воздушного вяжущего предостаточно. Но особенная твердость увеличивает сферы использования этого материала. Например, чаще всего, его применяют с заполнителем (древесными опилками) для напольных покрытий в больницах, школах, лестниц. Так как этот композиционный материал не имеет усадки, не требует нарезки швов, высокопрочный, имеет низкую истираемость, высокую адгезионную способность, и отличное сцепление с любым рядом лежащим материалом. Также магнезиальное вяжущее применяется для изготовления дисков – истирателей, теплоизоляционных материалов, стекломагнезиальных листов, для облицовки зданий, строительства перегородок и многого другого.

Для того чтобы увеличить области применения магнезиального материала, необходимо разработать определенный состав. Перевести магнезиальное вяжущее вещество из воздушных вяжущих в гидравлические. Для этого следует изменить жидкость затворения с раствора хлорида магния на бикарбонат магния. Так этот материал будет не только водостойким, но и приобретётся адгезионная способность к пресным и минеральным водам, будет происходить не размывание вяжущего вещества, а наоборот упрочнение. Это необходимо для применения магнезиального материала в роли портландцемента. К портландцементам, которые используются для цементирования скважин, употребляют серьезные требования по нормативным документам и ГОСТ. Вследствие этого моё исследование велось исключительно в рамках ГОСТ и нормативной документации для портландцементов.

Главной особенностью магниальных вяжущих является высокая вяжущая способность, а также совместимость с различными заполнителями, включая искусственного и органического происхождения.

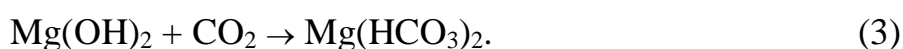
При затворении бикарбонатом магния $Mg(HCO_3)_2$ сначала протекает реакция[15]:



Далее образовавшийся гидроксид магния продолжает реагировать с бикарбонатом магния по реакции:



Эта реакция происходит с образованием диоксида углерода, который, в свою очередь, вступает во взаимодействие с избытком гидроксида магния, образуя вторичный бикарбонат магния:



Полученный по третьей реакции (3) бикарбонат вновь реагирует с гидроксидом магния по второй реакции. Так образуются первичные продукты гидратации магниального цемента, которые обеспечивают начальное твердение, а в последующем и перекристаллизацию коллоидных продуктов в кристаллическую фазу[15].

Бикарбонат магния – это жидкость затворения для каустического магнезита, чтобы получившееся вяжущее было гидравлическим. Он получен путем растворения бикарбоната магния в воде в аппарате, который называется автоклав, он создает повышение давление, тем самым ускоряет химическую реакцию[16]. Вышесказанном упоминалось о реакциях, которые идет в момент затворения тонкоизмельченного каустического магнезита с бикарбонатом магния.

1.5. Предпосылки исследований

В настоящий момент преимущественно используют тампонажные материалы – портландцемент с различными добавками: облегчающие, пластифицирующие, полимерные и другие. Эти материалы соответствуют требованиям нормативных документов и ГОСТ, но не всегда отвечают эксплуатационным и адгезионным свойствам, а также обладают средней износостойкостью и малой экологичностью.

Решение вышеперечисленных проблем позволит увеличить результативность газо- и нефтедобычи за счет возведения и проектирования новых скважин. Именно поэтому идея создания качественного тампонажного материала легла в основу изысканий исследователей Томского политехнического университета, им был разработан состав гидравлического магниезиального вяжущего, который в теории мог бы использоваться в качестве тампонажного материала.

Основу высокой водостойкости гидрокарбонатного магниезиального цемента составляет взаимодействие каустического магнезита с водным раствором бикарбоната магния с образованием водонерастворимых кристаллических фаз, позволяющих твердеть и набирать прочность композиции не только на воздухе, но и в воде и солевых растворах.

Исследование свойств и технологии получения магниезиальных тампонажных материалов, а также возможностей его использования для обустройства скважин стали целью данного проекта.

Объект исследования – магниезиальные тампонажные материалы с высокой водо- и коррозионной стойкостью для применения в условиях присутствия карбонатных и солевых пластовых растворов.

Цель исследования – разработать гидравлическое магниезиальное вяжущее, которое можно применять в качестве тампонажного материала.

Для того чтобы достичь поставленной цели, необходимо выявить ряд задач:

- изучить химические свойства гидравлического магниального вяжущего материала;
- определить водотвердое отношение каустического магнезита и раствором бикарбонатом магнезия;
- провести ряд испытаний по ГОСТ 26798-96 « Методы испытаний для тампонажных материалов»;
- произвести анализ полученных результатов и установить возможность использования гидравлического магниального вяжущего в качестве тампонажного материала в сфере нефте- газодобычи.

2. Методы исследования

В данной научно-исследовательской работе была направлена на разработку гидравлического магнезиального вяжущего, который можно будет применять как тампонажный материал. Из этого следует, что эксперименты с данным веществом проводились по ГОСТ и стандартам тампонажных вяжущих материалов.

2.1. Приготовление цементного теста

Приготовление магнезиального цемента происходило, строго соблюдая методику по ГОСТ 26798.1-96. Сухой каустический магнезит и бикарбонат магния помещался в стакан объемом 800 см³, в него опускалась лопастной смеситель, отступив от дна стакана около 1 см. Продолжительность перемешивания магнезиального цемента - 180±5 секунд со скоростью вращения лопастей 1500±100 об/мин.

На рисунке 2.1 представлена схема лопастного смесителя

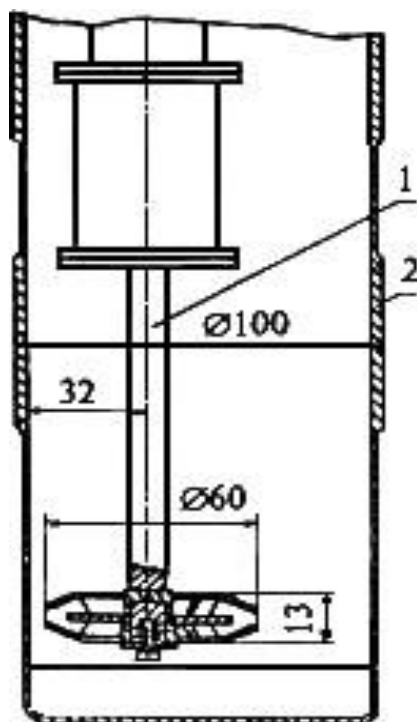


Рисунок 2.1 Смеситель лопастной: 1 - лопастное устройство; 2 - стакан.

2.2. Определение растекаемости

После приготовления цементного теста проводилось основополагающее испытание: определение растекаемости. Растекаемость определялась с помощью формы-конуса и измерительного столика со шкалой. Измерительный столик представляет собой плиту круглой формы диаметром 25 см, с нанесенной шкалой через каждые 5 мм [18]. Для удобства использования, сверху столика кладется прозрачное стекло, оно крепится за счет, выпирающих винтов, прикрученных к плите. Перед проведением эксперимента стекло, и внутренняя часть конуса протираются влажной тканью.

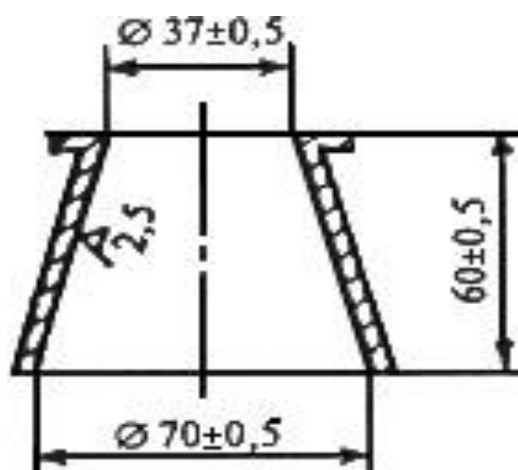


Рисунок 2.2 Форма-конус

Конус устанавливают в центре на измерительном столике так, чтобы внутренняя окружность формы-конуса совпала с началом шкалы. Интервал времени между окончанием замешивания вяжущего материала и начала заполнения формы должен быть не более 5 секунд. Заполняют конус цементным тестом до верхнего торца формы, затем резким движением поднимают конус вверх на расстояние 10-15 см от измерительного столика. Тесто должно растечься в окружность, растекаемость считают как среднеарифметическое от наибольшего и наименьшего диаметра растекшегося теста во взаимно перпендикулярных направлениях.

2.3. Определение плотности

Для измерения плотности пользуются стандартным пикнометром (рис.2.3) вместимостью 100 ± 5 см³. Перед проведением эксперимента пустой, сухой пикнометр взвешивают, далее его заполняют цементным раствором до верхнего торца пикнометра и закрывают крышкой, так чтобы из отверстия на крышке вышла лишняя часть раствора. После этого пикнометр протирают от остатков цементного раствора на корпусе и взвешивают [20]. Погрешность лабораторных весов должна составлять не более 0,01 г.

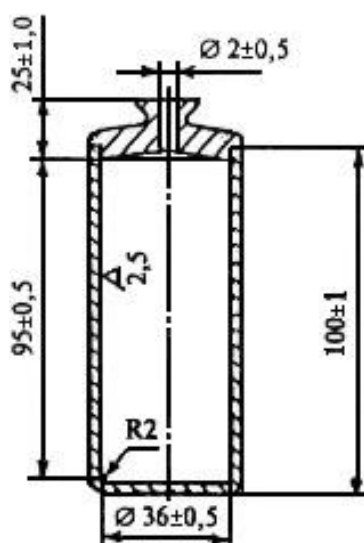


Рисунок 2.3 Пикнометр

Далее по формуле рассчитывают плотность цементного раствора:

$$\rho_{\text{ц}} = \frac{m_2 - m_1}{V} ; \quad (2.1)$$

где m_2 – масса пикнометра, заполненного цементным раствором; m_1 – масса сухого, пустого и чистого пикнометра; V – вместимость пикнометра.

Получившийся результат необходимо округлять до 0,01 г/см³.

2.4. Определение водоотделения

Водоотделение – это важное испытание для тампонажных цементов. Для его проведения необходимо иметь: 2 мерных цилиндра вместимостью 250 см³, пипетку по ГОСТ 29227 и исследуемый раствор.

После замешивания цементного теста, следует поместить его в два мерных цилиндра так, чтобы раствора в них было не менее 230 см³, и не более 250 см³ и поставить на отстойку. Цилиндры должны стоять неподвижно, без толчков и вибрации. По истечению двух часов пипеткой отбирают из цилиндров, выделившуюся воду и замеряют ее количество. Результатом этого эксперимента является среднеарифметическое значение от двух параллельных испытаний.

2.5. Определение времени загустевания

Параллельно с водоотделением проводят следующее испытание – определение времени загустевания. Этого эксперимента также необходимо свежеприготовленное цементное тесто. Его помешают в стакан вместе с лопастным узлом (рис.2.4).

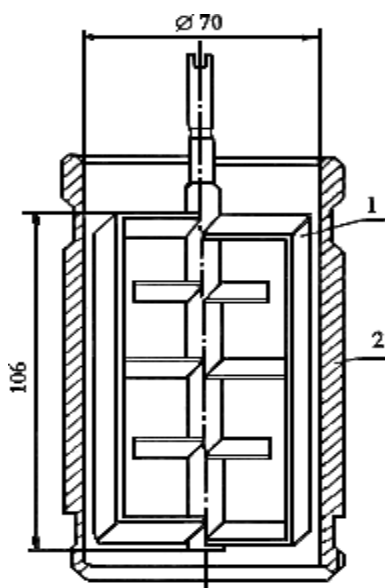


Рисунок 2.4 Схема лопастного узла консистометра: 1 – лопастное устройство; 2 – стакан.

Консистометр – это прибор для измерения консистенции различных жидких и пастообразных веществ. Режимы работы его различны: атмосферное или повышенное давление (до 103 Па), диапазон температур 25°С ÷ 200°С. Цементный раствор помещают в стакан до внутренней риски, далее устанавливают лопастное устройство, и стакан помещают в предназначенное углубление в консистометре. Временной интервал от затворения цемента до заливания его в стакан должен быть не более 10 минут. После того, как стакан установлен, на самом приборе выставляется необходимая температура и давление для данного эксперимента, и лопастное устройство начинает вращаться со скоростью не менее 150 об/мин. Временем загустевания считается время от начала затворения цемента до момента достижения на консистометре отметки 30 Вс (единицы измерения Бердона)[20].

2.6. Определение прочности

Определение прочности – это испытание занимает наибольшее количество времени, чем предыдущие эксперименты. Для определения необходимо приготовить цементный раствор и залить в формы, представленные на рисунке 2.5.

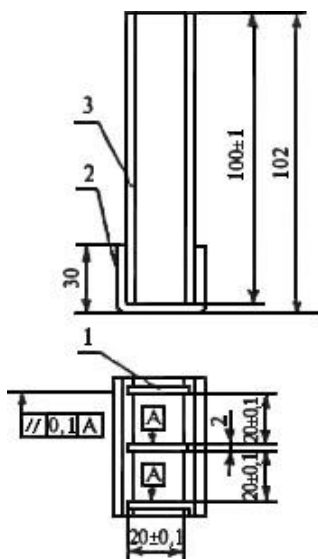
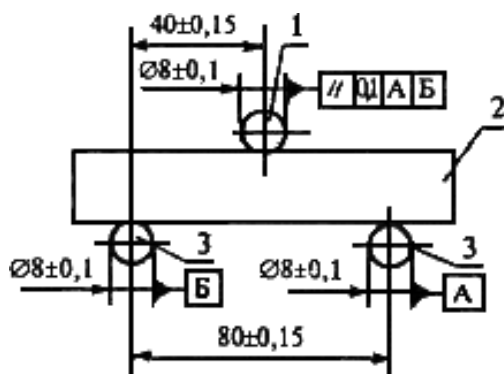


Рисунок 2.5 Разъемная форма для балок 20×20×100 мм: 1 – перегородка; 2 – дно; 3 – стенка.

Формы, заполненные цементным раствором, оставляют в сторону на час, после это срезают излишки вровень с торцом формы и помещают в воздушно-влажную камеру, там балки твердеют в течение суток. Далее балки аккуратно расформируют и отправляют в воду температурой $22\pm 1^\circ\text{C}$ для дальнейшего набора прочности. По истечению срока хранения, образцы вынимают из воды и испытывают [20].

Прочность определяют на изгиб балки и на сжатие, для каждого из этих испытаний требуется гидравлический пресс. Для определения прочности на изгиб необходимо поместить балку также как на рисунке 2.6, нагрузочный



элемент(1) должен стоять строго посередине балки.

Рисунок 2.6 Схема расположения образца при испытании: 1 – нагрузочный элемент; 2 – образец-балка; 3 – опора.

Нагрузка подается со средней скоростью нарастания 15 ± 2 Н/с, в момент излома сила, подаваемая на нагрузочный элемент фиксируется на табло. Далее прочность на изгиб рассчитывается по формуле:

$$R_{\text{изг}} = \frac{1,5 \cdot F \cdot l}{b^3}; \quad (2.2)$$

где F – разрушающая нагрузка, Н; l – расстояние между опорами, мм (3); b – сторона квадратного сечения, мм.

Испытывают 3 образца на изгиб и, рассчитав $R_{игб}$ для каждой балки, за прочность на изгиб принимают среднеарифметическое значение из трех экспериментов.

Для определения прочности на сжатие необходимо поместить балку между двумя пластинами, представленными на рисунке 2.7 для того, чтобы равномерно распределить по площади образца.

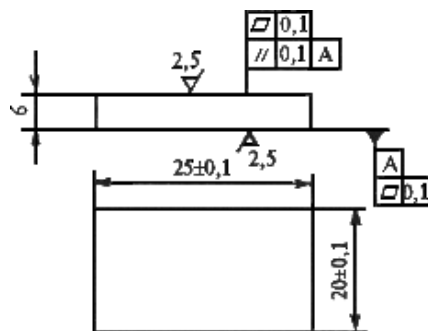


Рисунок 2.7 Пластина для испытания балок-образцов на сжатие

Полученные после испытания на изгиб половинки балок помещаются между пластинками размером 20×25 мм, и запускается гидравлический пресс. В момент раздавливания на табло фиксируется наибольшая сила, оказывающая давление на половинку балки.

Тогда прочность на сжатие можно рассчитать по формуле:

$$R_{сж} = \frac{F_{сж}}{S}; \quad (2.3)$$

где $F_{сж}$ – разрушающая нагрузка, Н; S – площадь пластины, мм².

Так испытывают 3 образца на сжатие, рассчитывают $R_{сж}$ для каждой балки, прочность на сжатие принимают как среднеарифметическое значение из трех экспериментов.

Данные методы исследования являются основополагающими методами для определения возможности использования магниального вяжущего вещества в качестве тампонажного материала.

2.7. Метод рентгенофазового анализа

Данный метод позволяет идентифицировать различные фазы в смеси.

Луч падает на измельченную порошкообразную смесь и отражается с определенной интенсивностью. Каждая интенсивность записывается на рентгенограмме. Исследование происходит на рентгеновском дифрактометре (рис 2.8).



Рисунок 2.8 Рентгеновский дифрактометр

Далее зная длину волны рентгеновского излучения, можно рассчитать межплоскостное расстояние (d) из закона Вульфа-Брэгга.

$$n \cdot \lambda = 2 \cdot d \cdot \sin\theta \quad (2.4)$$

$$d = \frac{n \cdot \lambda}{2 \cdot \sin\theta} \quad (2.5)$$

После расчета каждого межплоскостного расстояния берут эталонные таблицы и сравнивают значение d с эталонным значением выбранного вещества. Так и подбирают состав фаз, образец которого участвовал в РФА.

В данной научно-исследовательской работе РФА проводили на приборе под названием ДРОН – 3М, где применяется рентгеновская трубка БСВ – 29 с Cu_{Ka} – излучением, точность съемки – 1000,2000, скорость вращения гониометра – 4 град/мин, напряжение анод – катод 35кВ, а анодный ток 25мА.

Расчет рентгенограммы производился с помощью программы Crystallographic Search – Match, которая включает в себя базу 100 тысяч эталонных рентгенографических параметров. Обработка полученных результатов происходит по средства сравнения экспериментального спектра образца с огромным числом цифровых массивов, характеризующих спектры возможных веществ.

2.8. Дифференциальный термический анализ

Данный метод основан на нагревании или охлаждении образца с определенной скоростью. Выполняется запись временной зависимости, разницы температур исследуемого образца и эталонного образца, который не претерпевает никаких изменений в выбранном температурном интервале.

В качестве эталонного образца выбирают вещество, с близкими значениями теплоемкости и теплопроводности к исследуемому материалу, а также которое в выбранном температурном диапазоне не претерпевает никаких структурных и фазовых изменений. Таким образом, возникающая разности температур при одновременном нагреве или охлаждении двух образцов объясняется тем, что происходят эндо- или экзотермические реакции или превращения в исследуемом образце.

Дифференциально-термический анализ позволяет выяснить:

- отсутствие или наличие фазовых превращений в веществе;
- температуру начала и конца протекания любого процесса, который сопровождается изменением баланса энергии в системе;
- характер протекающего процесса во времени;

- смещение эффекта под действием внешних факторов.

Для проведения данного эксперимента использовался дифференциально-термический анализатор STA 449 F3 Jupiter фирмы «NETZSCH» (ФРГ), представляющий собой сопряженный ДСК – ТГ прибор.

Эксперимент проводился в интервале температур $20 \div 1000^{\circ}\text{C}$, и скорость нагрева составляла $10^{\circ}\text{C}/\text{мин}$. Масса загружаемой навески равна 50 мг.

4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Введение

Данная выпускная квалификационная работа относится к научно-исследовательской работе, следовательно, является множеством процессов, которые направлены на решение технических задач на основании технического предложения. Данная дипломная работа относится к группе прикладных исследований, целью которых является усовершенствование уже имеющихся процессов.

Для формирования научных теорий проводятся теоретические исследования, тыковые опыты, применяют новые методы анализа, получают новые структуры и вещества, вследствие этого происходит развитие науки и техники.

Опыты в научно-исследовательских работах позволяют выявить технико-экономические возможности определенного предприятия, дабы внести в производство новую технологию, способную сократить производственные затраты.

Основная цель данного раздела – оценить перспективность развития и планировать финансовую и коммерческую ценность конечного продукта, представленного в рамках исследовательской программы.

Данный раздел, предусматривает рассмотрение следующих задач:

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

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

4.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

Целевой рынок – это часть рынка, на котором будет продаваться данная разработка в будущем. Сегментирование – это разделение потребителей на определенные группы людей, каждая из которых будет покупать продукцию или услугу определенной части рынка.

В зависимости от направленности применения тампонажного вяжущего, нужно разделить рынок на определенные сегменты. Для тампонажных магниезиальных вяжущих сегментирование происходит по следующим критериям:

- направление использования;
- крупность компании.

Таблица 4.1 – Карта сегментирования

		Направление производства		
		Строительство	Нефте-газодобывающая промышленность	Химическая промышленность
Размер компании	Малые			
	Средние			
	Крупные			

Из рассмотрения карты сегментирования можно сделать вывод, что предприятия по производству тампонажных вяжущих на основе магниезиальных используют только крупные компании. Средние и мелкие компании конкуренции не представляют.

4.1.2. Анализ конкурентных технических решений

В процессе выполнения подробного анализа конкурирующих решений, имеющихся на рынке, было проведено сравнение технического решения и тампонажного вяжущего, изготовленного в соответствии с ГОСТ 1581-96. Результаты проведенного анализа по конкурентоспособности показаны в таблице 4.2.

Позиция конкурентов и разработки оценивается экспертно по пятибалльной шкале, где 1 – самая слабая позиция, а 5- самая сильная. Сумма всех весов критерия равна единице, и каждый вес также определяется экспертным путем.

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

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Актуальность исследования	0,1	5	4	4	0,50	0,40	0,30
1. Растекаемость	0,18	5	4	3	0,90	0,72	0,54
2. Плотность	0,10	5	5	3	0,50	0,50	0,30
3. Водоотделение	0,10	5	4	4	0,50	0,40	0,40
4. Прочность	0,12	4	3	2	0,48	0,36	0,24
5. Коррозионостойкость	0,15	5	5	3	0,75	0,75	0,45
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,12	5	4	3	0,60	0,48	0,36
2. Цена	0,13	4	4	3	0,52	0,52	0,39
Итого	1	38	33	25	4,75	4,13	2,98

Б_ф – тампонажный вяжущее, полученное при проведении исследовательской работы;

Б_{к1}, Б_{к2} – тампонажный вяжущее, полученное компанией.

Анализ осуществляется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot V_i = 0,1 \cdot 5 = 0,5, \quad (4.1)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента; V_i – вес показателя (в долях единицы); B_i – балл i -го показателя.

Коэффициент конкурентоспособности рассчитывается:

$$K_k = \frac{K_\phi}{K_{cp}} = \frac{4,75}{(4,13 + 2,98)/2} = 1,34 \quad (4.2)$$

Можно сделать вывод, что полученный коэффициент единицы, следовательно, исследуемый продукт является конкурентоспособным.

Следовательно, научная разработка является эффективной для производства.

Исходя того, что известно о конкурента, можно выделить следующее:

- Разработка конкурентных преимуществ – достоинства продукта по сравнению с другими продуктами на рынке, которые завоюют доверие среди покупателей такие как: экологичность, безопасность продукта, невысокая цена, высокий срок эксплуатации;
- Уязвимость позиции конкурентов объясняется в основном, сложностью транспортной доставки в удаленные регионы страны, а также нет гарантии о сохранении своих эксплуатационных свойств продуктов конкурентов при высокой влажности.

4.1.3. SWOT-анализ

SWOT-анализ – это комплексное изучение научно-исследовательского проекта, которые показывает сильные и слабые стороны проект, а также возможные угрозы.

На первом этапе данного анализа следует выделить сильные и слабые стороны научного исследования, а также определить угрозы и возможности для реализации проекта.

В таблице 4.3 представлены слабые и сильные стороны проекта исследования, возможности и угрозы.

Таблица 4.3 – Возможности и угрозы, слабые и сильные стороны проекта

	Сильные стороны	Слабые стороны	Возможности	Угрозы
1	Экологичность производства продукта	Отсутствие сертификации разработки	Финансирование проекта со стороны промышленных организаций	Конкуренция с устоявшимся продуктом на рынке
2	Устойчивость к соленосным пластам	Отсутствие возможности приведения исследования на месторождениях	Финансирование проекта со стороны государства	Рост продаж товара заменителя
3	Надежность	Для затворения раствора нужен бикарбонат Mg, а не вода.	Сотрудничество с зарубежными организациями	Снижение цен на нефть и газ
4	Высокая прочность	Дополнительные затраты на транспортировку к месторождению жидкости затворения	Возникновение дополнительного спроса на новый продукт	Инфляция
5	Безопасность при использовании	Наличие старого оборудования	Привлечение новых заказчиков, путем практического обоснования преимуществ данного продукта	Слабые каналы рынка
6	Безотходность производства	Узкая среда реализации продукта		

Проанализировав данную таблицу, можно составить итоговую таблицу SWOT-анализа.

Следующий этап – на основании матрицы SWOT строят интерактивные матрицы угроз и возможностей, что позволяет определить надежность, эффективность и его реализацию.

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

Сильные стороны проекта							
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5	C6
	B1	+	-	+	+	+	-
	B2	+	+	+	+	-	-
	B3	-	-	+	+	+	-
	B4	+	+	+	+	-	-
	B5	-	+	+	+	-	-

Таблица 4.5 – Интерактивная матрица проекта «Возможности проекта и слабые стороны»

Слабые стороны проекта							
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5	Сл6
	B1	-	-	+	+	+	+
	B2	-	-	-	-	+	-
	B3	-	-	-	-	-	-
	B4	-	-	-	-	-	-
	B5	-	-	-	+	-	-

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

Сильные стороны проекта							
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4	C5	C6
	У1	-	+	-	-	-	-
	У2	+	+	-	+	-	-

Продолжение таблицы 4.6

	У3	-	-	-	-	-	-
	У4	-	-	-	-	-	-
	У5	-	-	-	-	-	-

Таблица 4.7 – Интерактивная матрица проекта «Угрозы проекта, слабые стороны»

Слабые стороны проекта							
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5	Сл6
	У1	-	-	-	+	+	-
	У2	-	-	-	-	-	-
	У3	-	-	-	-	-	-
	У4	-	-	-	-	-	-
	У5	-	-	-	-	-	+

Анализ как слабых, так и сильных сторон проекта и сопоставление их с возможностями и угрозами проекта, составление итоговой матрицы SWOT-анализа с необходимыми рекомендациями.

Таблица 4.8 – SWOT-анализ

	Возможности	Угрозы
Сильные стороны	<ol style="list-style-type: none"> 1. Показать экономическую выгоду и потенциал данного проекта; 2. Продемонстрировать основные достоинства продукта по сравнению с уже используемым продуктом на рынке. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Заключение договоров на долгосрочное сотрудничество; 2. Анализ и учет недостатков продукции конкурентов и разработка добавок, которые будут превосходить свойства продукта конкурентов
Слабые стороны	<ol style="list-style-type: none"> 1. Разработка приемлемого химического состава для предания универсальности продукта; 2. Разработка собственного производства, площадок и оборудования. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Поддержка государства, выигрыш грантов; 2. Использование отечественного оборудования, сырья и материалов для производства продукта.

4.2. Планирование научно-исследовательских работ

4.2.1. Структура работ в рамках научного исследования

Для написания научно-исследовательской работы необходимо соблюдать порядок планирования:

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

Далее формируется группа, обычно, состоящая из научного руководителя (НР), студента (С), техники (Т), лаборанты (Л) и другие. Для успешной работы следует пользоваться методом линейного планирования и управления, результатов планирования является линейный график выполнения всех работ.

Последовательность этапов работ и участие в них каждого член из группы представлена в таблице 4.9.

Таблица 4.9 – Перечень работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	НР
	2	Календарное планирование выполнения ВКР	НР,И
Выбор способа решения поставленной задачи	3	Обзор научной литературы	И
	4	Выбор методов исследования	НР
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Планирование эксперимента	НР,И
	6	Подготовка образцов для эксперимента	И
	7	Проведение эксперимента	И

Продолжение таблицы 4.9

Обобщение и оценка результатов	8	Обработка полученных данных	И
	9	Оценка правильности полученных результатов	И, НР
Оформление отчета по НИР (комплекта документации по ОКР)	10	Составление пояснительной записки	И

4.2.2. Определение трудоемкости выполнения работ

Основную часть стоимости разработки образуют трудовые затраты, поэтому они являются важной частью для определения трудоемкости. Трудоемкость оценивается экспериментальным путем в человеко-днях. Для определения среднего значения трудоемкости пользуются следующей формулой:

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{\text{min}i} + 2t_{\text{max}i}}{5} \quad (4.3)$$

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

$t_{\text{min}i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, чел.-дн.;

$t_{\text{max}i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, чел.-дн.

Опираясь на трудоемкость работы, можно определить продолжительность работы в днях T_p , которое учитывает параллельное выполнение работы несколькими людьми. Это вычисление необходимо для расчета заработной платы.

$$T_{pi} = \frac{t_{\text{ож}i}}{Ч_i}, \quad (4.4)$$

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

$t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

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

Календарный коэффициент определяется по формуле:

$$k_{\text{кал.инж}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1,48 \quad (4.5)$$

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

В таблице 4.10 указаны расчеты временных показателей проведения научного исследования.

Таблица 4.10 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях T_{pi}	Длительность работ в календарных днях T_{ki}
	t_{\min} , чел-дни		t_{\max} , чел-дни		$t_{ожі}$, чел-дни			
	НР	С	НР	С	НР	С		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	3	-	4	-	3,4	-	3,4	4
2. Календарное планирование выполнения ВКР	1	4	3	4	1,8	4	2,9	4

Продолжение таблицы 4.10

3. Обзор научной литературы	-	8	-	10	-	8,8	8,8	11
4. Выбор методов исследования	-	4	-	5	-	4,4	4,4	6
5. Планирование эксперимента	3	7	4	8	3,4	7,4	5,4	7
6. Подготовка образцов для эксперимента	-	7	-	8	-	7,4	7,4	9
7. Проведение эксперимента	-	27	-	30	-	28,2	28,2	35
8. Обработка полученных данных	-	4	-	5	-	4,4	4,4	6
9. Оценка правильности полученных результатов	2	5	4	5	2,8	5	3,9	6
10. Составление пояснительной записки	-	9	-	10	-	9,4	9,4	12
Итого:	9	75	15	85	11,4	69	75,9	100

Диаграмма Ганта – горизонтальный график, на котором отражена работа над научным исследованием совместно с научным руководителем по датам, временными отрезками, которые характеризуют начало и окончание работы на данном этапе.

На основе таблицы составлен календарный план-график выполнения проекта с использованием диаграммы Ганта (таблица 4.11).

Таблица 4.11 – Диаграмма Ганта

№	Вид работ	Исп	T_{ki} , кал. дн.	Продолжительность работ													
				февр			март			апр			май				
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
1	Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	Исп1	4	█													
2	Календарное планирование выполнения ВКР	НР И	4	█													
3	Обзор научной литературы	И	11		█												
4	Выбор методов исследования	И	6		█												
5	Планирование эксперимента	НР И	7			█											
6	Подготовка образцов для эксперимента	И	9			█											
7	Проведение эксперимента	И	35				█	█	█	█							
8	Обработка полученных данных	И	6								█	█					
9	Оценка правильности полученных результатов	НР И	6									█	█				
10	Составление пояснительной записки	И	12										█	█	█		

Примечание: █ – научный руководитель, █ – инженер

4.2.3. Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета для научного исследования были учтены все виды расходов, которые связаны с его выполнением. Затраты, которые используются представлены далее:

- материальные затраты НИР;
- затраты на оборудование, использованное для исследования;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная ЗП исполнителей темы;
- страховые отчисления;

4.2.3.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования

Материальные затраты – это затраты на основные и вспомогательные материалы, сырье для достижения конечного результата (готовой продукции).

В данной таблице 4.12 представлены все затраты на материалы, которые использовались для получения испытываемых образцов.

Таблица 4.12 – Материальные затраты

Наименование статей	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Итого затраты, руб.
Каустический магnezит	кг	10	21	210
Бикарбонат магния	л	8	209	1672
Жидкое стекло	л	1	110	110
Пластификатор DSP	г	4	1,03	4,1
Перчатки резиновые, технические	пар	3	12	36
Итого:				2032,1

4.2.3.2. Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

В данном разделе рассчитываются амортизационные отчисления, т.к. оборудование для моего исследования было приобретено ранее ТПУ, необходимо учитывать то время, в которое эксплуатировалось данное оборудование мною.

Для расчета амортизации необходимы следующие вычисления:

$$\text{Норма амортизации: } N_A = \frac{1}{n}, \quad (4.6)$$

где n – срок полезного использования, лет.

Амортизация оборудования:

$$A = \frac{N_A I}{12} \cdot m, \quad (4.7)$$

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

Таблица 4.13 – Затраты на оборудование

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во ед.	использования, лет	Время использования, мес.	$N_A, \%$	Цена оборудования, руб.	Амортизация
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Верхеприводная мешалка Stegler MV-6	1	10	0,2	10	30000	5000
2	Гидравлический пресс лабораторный ПГМ-50МГ4	1	20	0,15	5	336000	21000
3	Штангенциркуль ЧИЗ ШЦ-1 28543	1	5	0,15	20	1800	450
Итого:						26450 руб.	

4.2.3.3. Основная заработная плата исполнителей темы

В этом разделе ведется расчет заработной платы инженера и научного руководителя, кроме того следует учесть расходы по заработной плате, которые определяются действующей силой оклада и трудоемкостью проекта.

Основная ЗП одного работника рассчитывается следующим образом:

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

где $Z_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата, руб.; T_p – продолжительность работ, выполняемых работником, раб.дн. (таблица 10).

Далее среднедневная ЗП рассчитывается по формуле:

У научного руководителя шестидневная рабочая неделя, в этом случае $M=10,3$ – количество месяцев без отпуска (при отпуске в 56 дней):

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} = \frac{39000 \cdot 10,3}{241} = 1666,8 \text{ руб.}, \quad (4.9)$$

где Z_m – среднемесячный оклад работника, руб.; F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дней; M – количество месяцев работы в течение года без отпуска.

Обычно у инженера пятидневный рабочий день, исходы из этого:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} = \frac{29250 \cdot 11,2}{216} = 1516,7 \text{ руб.}, \quad (4.10)$$

Оклад работника за месяц рассчитывается следующим образом:

– для научного руководителя:

$$Z_m = Z_{\text{мс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_d) \cdot k_p = 20000 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 39000 \text{ руб.}, \quad (4.11)$$

– для инженера:

$$Z_m = Z_{mc} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p = 15000 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 29250 \text{ руб.}, \quad (4.12)$$

где Z_{mc} – 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, для Томской области он равен 1,3.

В таблице 4.14 приведены сведения о рабочих и выходных днях научного руководителя и инженера.

Таблица 4.14 – Баланс рабочего времени исполнителей

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	52	104
- праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени		
- отпуск	48	24
- невыходы по болезни	10	7
Действительный годовой фонд рабочего времени	241	216

Таблица 4.15 – Расчет основной заработной платы исполнителей

Исполнители НИ	Z_{mc} , руб	$k_{пр}$	k_d	k_p	Z_m , руб	$Z_{осн}$, руб	T_p , раб.дн.	$Z_{осн}$, руб
Руководитель	20000	0,3	0,2	1,3	39000	1666,8	15,6	26002,1
Инженер	15000	0,3	0,2	1,3	29250	1516,7	75,9	115117,5
Итого:								141119,6

4.2.3.4. Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Дополнительная заработная плата рассчитывается по формуле:

– для научного руководителя:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}} = 0,14 \cdot 26002,1 = 3640,3 \text{ руб.}, \quad (4.13)$$

– для инженера:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}} = 0,14 \cdot 115117,5 = 16116,5 \text{ руб.}, \quad (4.14)$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимаем равным 0,14).

4.2.3.5. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Отчисления во внебюджетные фонды, в данном случае в пенсионный фонд, фонд ОМС и соц. страхование, рассчитываются по формуле:

– Для научного руководителя:

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}) = 0,3 \cdot (26002,1 + 3640,3) = 8892,7 \text{ руб.}, \quad (4.15)$$

– для инженера:

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}) = 0,3 \cdot (115117,5 + 16116,5) = 39370,2 \text{ руб.}, \quad (4.16)$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на перечисления во внебюджетные фонды, на 2020 год ставка составляет – 30%.

4.2.3.6. Накладные расходы

Накладные расходы включают в себя следующее: оплату услуг связи, печать и ксерокопию материалов, электроэнергию, и др. Для накладных расходов используются статьи затрат. В ниже приведенной таблице показаны данные из выше рассчитанных пунктов.

Таблица 4.16 – Группировка затрат по статьям

Статьи					
Амортизация	Сырье, материалы	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата	Отчисления на соц. нужды	Итого без накладных расходов
26450	2032,1	141119,6	19756,8	48262,9	101621,4

Значение накладных расходов рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{накл}} = k_{\text{пр}} \cdot \sum(\text{статьи 1} \div 5) = 0,16 \cdot 101621,4 = 17699,4 \text{ руб.}, \quad (4.17)$$

где $k_{\text{пр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы и принимается равной 0,16.

4.2.3.7. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

В ниже приведенной таблице 4.17 производится сравнение бюджета конкурирующих исследовательских работ.

Таблица 4.17 – расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
	Текущий проект	Исп.2	Исп.3	
1. Материальные затраты НТИ	2032,1	1050	3500	Пункт 2.3.1
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	26450	31500	45650	Пункт 2.3.2
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	141119,6	141119,6	141119,6	Пункт 2.3.3
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	19756,8	19756,8	19756,8	Пункт 2.3.4
5. Отчисления во внебюджетные фонды	48262,9	48262,9	48262,9	Пункт 2.3.5
6. Накладные расходы	17699,4	17699,4	17699,4	16 % от суммы ст. 1-5
7. Бюджет затрат НТИ	255320,8	259388,7	275988,7	Сумма ст. 1- 6

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

Интегральный показатель эффективности рассчитывается для определения эффективности данного исследования. Показатель определяется путем расчета интегральных показателей финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научно-исследовательской работы получается в ходе оценивания бюджета затрат 3-х вариантов научного исследования. В таблице 17 были приведены бюджеты на исследование, из них выбирается наибольший и принимается за показатель реализации, т.е. ставится в знаменатель, а меньшие значения соотносятся с ним.

Далее представлен расчет показателей:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{ri}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (4.18)$$

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

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

Φ_{max} – максимальная стоимость выполнения.

$\Phi_{\text{текущ.проект}} = 255320,8$ руб.; $\Phi_{\text{исп.1}} = 259388,7$ руб.; $\Phi_{\text{исп.2}} = 275988,7$ руб.(max).

$$I_{\text{финр}}^{\text{тек.пр.}} = \frac{\Phi_{\text{тек.пр.}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{255320,8}{275988,7} = 0,93$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.1}} = \frac{\Phi_{\text{исп.1}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{259388,7}{275988,7} = 0,94$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.2}} = \frac{\Phi_{\text{исп.2}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{275988,7}{275988,7} = 1$$

Можно сделать вывод исходя из расчетов: наименьший интегральный финансовый показатель у текущего проекта, следовательно этот проект считается самым эффективным, с точки зрения фин. эффективности.

В таблице 4.18 приведен расчет интегрального показателя ресурсоэффективности, он рассчитывается путем сравнения характеристик, с учетом весового коэффициента каждого из параметров.

Таблица 4.18 – Сравнительная оценка характеристик вариантов НИР

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Исп.2	Исп.3
1. Безопасность при работе с раствором	0,2	5	4	4
2. Коррозионностойкость	0,3	5	3	3
3. Механические свойства	0,35	5	4	4
4. Материалоёмкость	0,15	5	4	5
ИТОГО	1	5	3,7	3,85

Интегральный показатель рассчитывается следующим образом:

$$I_{p1} = 0,2 \cdot 5 + 0,3 \cdot 5 + 0,35 \cdot 5 + 0,15 \cdot 5 = 5;$$

$$I_{p2} = 0,2 \cdot 4 + 0,3 \cdot 3 + 0,35 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 = 3,7;$$

$$I_{p3} = 0,2 \cdot 4 + 0,3 \cdot 3 + 0,35 \cdot 4 + 0,15 \cdot 5 = 3,85;$$

Далее рассчитывается интегральный показатель эффективности по формуле:

$$I_{исп.i} = \frac{I_{p-исп.i}}{I_{финр.i}} \quad (4.19)$$

$$I_{\text{исп.1}} = \frac{5}{0,93} = 5,38;$$

$$I_{\text{исп.2}} = \frac{3,7}{0,94} = 3,94;$$

$$I_{\text{исп.3}} = \frac{3,85}{1} = 3,85;$$

В таблице 4.19 представлены все вычисления из данного раздела по эффективности каждого из исполнений, для того чтобы сравнить эффективности проекта.

Таблица 4.19 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Текущий проект	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,93	0,94	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	5	3,7	3,85
3	Интегральный показатель эффективности	5,38	3,94	3,85
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,73	0,74

Можно сделать вывод, что по сравнению с аналогичными испытаниям, наиболее эффективным является наше исследование.

Выводы по разделу

В ходе анализа конкурентных решений был выбран НИР среди других схожих исследований, как самый оптимальный;

В процессе планирования ПИР для научного руководителя и студента был разработан график реализации, он определяет количество дней на каждом этапе выполнения НИР: всего на работу потребовалось 100 дней, в которые студент работал 75 дней, а научный руководитель 9 рабочих дней. Был проведен расчет затрат на реализацию проекта, который составил 255320,8 руб.;

Результат оценки эффективности НИР показывает следующие выводы:

- значение интегрального финансового показателя НИР составляет 0,93, следовательно НИР является финансово выгодной разработкой среди аналогов;
- рассчитаны интегральные показатели ресурсоэффективности;
- значения интегрального показателя эффективности НИР равны 5,38, 3,94, 3,85. Значение 5,38 является наибольшим, что свидетельствует по самом эффективном варианте исследования.