

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

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Магнезиальные поризованные материалы

УДК 666.9:666.6

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Г8А	Ярулина Екатерина Андреевна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Митина Наталья Александровна	К.Т.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ревва Инна Борисовна	К.Т.Н.		

**ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ
ПО ООП 18.03.01 ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ**

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
УК(У)-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
УК(У)-3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
УК(У)-4	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах)
УК(У)-5	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах
УК(У)-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
УК(У)-7	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
УК(У)-8	Способен создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций
УК(У)-9	Способен проявлять предприимчивость в профессиональной деятельности, в т.ч. в рамках разработки коммерчески перспективного продукта на основе научно-технической идеи
ОПК(У)-1	Способность и готовность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности
ОПК(У)-2	Готовность использовать знания о современной физической картине мира, пространственно-временных закономерностях, строении вещества для понимания окружающего мира и явлений природы
ОПК(У)-3	Готовность использовать знания о строении вещества, природе химической связи в различных классах химических соединений для понимания свойств материалов и механизма химических процессов, протекающих в

	окружающем мире
ОПК(У)-4	Владение пониманием сущности и значения информации в развитии современного информационного общества, осознания опасности и угрозы, возникающих в этом процессе, способностью соблюдать основные требования информационной безопасности, в том числе защиты государственной тайны
ОПК(У)-5	Владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, навыками работы с компьютером как средством управления информацией
ОПК(У)-6	Владение основными методами защиты производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий
ПК(У)-1	Способность и готовность осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции
ПК(У)-2	Готовность применять аналитические и численные методы решения поставленных задач, использовать современные информационные технологии, проводить обработку информации с использованием прикладных программных средств сферы профессиональной деятельности, использовать сетевые компьютерные технологии и базы данных в своей профессиональной области, пакеты прикладных программ для расчета технологических параметров оборудования
ПК(У)-3	Готовность использовать нормативные документы по качеству, стандартизации и сертификации продуктов и изделий, элементы экономического анализа в практической деятельности
ПК(У)-4	Способность принимать конкретные технические решения при разработке технологических процессов, выбирать технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения
ПК(У)-5	Способность использовать правила техники безопасности, производственной санитарии, пожарной безопасности и нормы охраны труда, измерять и оценивать параметры производственного микроклимата, уровня запыленности и загазованности, шума, и вибрации, освещенности рабочих мест
ПК(У)-6	Способность налаживать, настраивать и осуществлять проверку оборудования и программных средств
ПК(У)-7	Способность проверять техническое состояние,

	организовывать профилактические осмотры и текущий ремонт оборудования, готовить оборудование к ремонту и принимать оборудование из ремонта
ПК(У)-8	Готовность к освоению и эксплуатации вновь вводимого оборудования
ПК(У)-9	Способность анализировать техническую документацию, подбирать оборудование, готовить заявки на приобретение и ремонт оборудования
ПК(У)-10	Способность проводить анализ сырья, материалов и готовой продукции, осуществлять оценку результатов анализа
ПК(У)-11	Способность выявлять и устранять отклонения от режимов работы технологического оборудования и параметров технологического процесса
ДПК(У)-1	Способность проводить стандартные испытания материалов и изделий, проводить физические и химические эксперименты, проводить обработку и анализ результатов

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

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) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Бакалаврская работа

Студенту:

Группа	ФИО
4Г8А	Ярулиной Екатерине Андреевне

Тема работы:

Магнезиальные поризованные материалы	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:

--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Данные литературного обзора
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Исследование по получению пеномагнетита
Перечень графического материала	Презентация
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Литературный обзор; Методы исследований; Экспериментальный анализ	Митина Н.А
Финансовый менеджмент	Кашук И.В.

Социальная ответственность	Черемискина М.С.
----------------------------	------------------

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

Задание выдал руководитель:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Г8А	Ярулина Екатерина Андреевна		

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
 Уровень образования Бакалавриат
 Отделение школы (НОЦ) НОЦ Кижнера Н.М.
 Период выполнения (осенний / весенний семестр 2021 /2022 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:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Митина Н.А.	К.Т.Н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ревва И.Б.	К.Т.Н.		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 88 с., 6 рис., 23 табл., 37 источников.

Ключевые слова: каустический магнезит; раствор бикарбоната магния; комплексный затворитель, пеномагнезит.

Объектом исследования является пеномагнезит на основе каустического магнезита и комплексного затворителя в качестве раствора бикарбоната магния с перекисью водорода.

Цель работы – исследование состава и определение основных свойств пеномагнезита.

В процессе исследования проводились: изготовление образцов пеномагнезита, описание пористой структуры, определение кажущей плотности и испытание прочности при сжатии, измерение теплопроводности, проведение рентгенофазового и термического анализов, проведение электронной микроскопии и оптические исследования взаимодействия КМ+БКМ+ПВ.

В результате исследования: установлено влияние водной среды на пеномагнезит.

Степень внедрения: лабораторные испытания.

Область применения: строительство.

Экономическая эффективность/значимость работы: в результате проведения анализа экономической эффективности выявлено, что данное исследование по сравнению с аналогами более ресурсоэффективно.

В будущем планируется: объяснение ускоренного образования кристаллов в водной среде с различными доказательствами и обеспечение технологичности смеси.

Определения, обозначения и сокращения

В данной выпускной квалификационной работе применены следующие термины со следующими сокращениями:

КМ – порошок каустического магнезита;

БКМ – раствор бикарбоната магния;

ПВ – перекись водорода;

РФА – рентгенофазовый анализ, метод качественного и количественного анализа, основанный на отражении рентгеновских лучей от атомов вещества и на интерференции этих лучей;

ЧС – чрезвычайная ситуация.

Оглавление

Введение.....	13
1. Обзор литературы	14
1.1 Магнезиальное вяжущее. Получение, сырье, свойства	14
1.2 Изделия и материалы на основе магнезиального вяжущего. Виды, получение и применение	15
1.2.1 Гидратация магнезиального оксихлоридного цемента.....	15
1.2.2 Гидратация магнезиального оксисульфатного цемента	17
1.2.3 Водостойкие магнезиальные композиции.....	18
1.2.4 Карбонизация магнезиального цемента	18
1.2.5 Затворение раствором бикарбоната магния	19
1.2.6 Твердение магнезиального гидрокарбонатного цемента в воде.....	20
1.3 Особенности получения магнезиальных поризованных материалов.....	22
1.3.1 Влияние метода пористости на формирование структуры магнезиальных композиций	22
1.3.2 Получение поризованных магнезиальных материалов	26
1.4 Предпосылки исследований.....	33
2. Материалы и методы исследований	35
2.1 Материалы	35
2.1.1 Каустический магнезит	35
2.1.2 Раствор бикарбоната магния.....	35
2.1.3 Перекись водорода.....	36
2.2 Методы исследований	36
2.2.1 Определение плотности пеномагнезита	37
2.2.2 Определение предела прочности при сжатии.....	37
2.2.3 Определение теплопроводности.....	37
2.2.4 Рентгенофазовый анализ	38
2.2.5 Термический анализ.....	39
2.2.6 Электронная микроскопия	40
2.2.7 Оптическая микроскопия	40
3. Экспериментальная часть	41

3.1	Определение основных свойств	42
3.2	Рентгенофазовый анализ	44
3.3	Термический анализ.....	44
3.4	Электронная микроскопия	46
3.5	Оптическая микроскопия	47
4.	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение ..	51
	Введение.....	51
4.1	Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	51
4.1.1	Анализ конкурентных технических решений.....	52
4.1.2	SWOT-анализ.....	54
4.2	Планирование научно-исследовательских работ	55
4.2.1	Структура работ в рамках научного исследования	55
4.2.2	Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения.....	56
4.2.3	Разработка графика проведения научного исследования.....	56
4.3	Бюджет научно-технического исследования	59
4.3.1	Расчет материальных затрат научно-технического исследования	59
4.3.2	Расчет амортизации специального оборудования	60
4.3.3	Основная заработная плата исполнителей темы	61
4.3.4	Отчисление во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	63
4.3.5	Накладные расходы	63
4.4	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	64
5.	Социальная ответственность	71
	Введение.....	71
5.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при разработке проектного решения.....	72
5.2	Производственная безопасность	73
5.3	Экологическая безопасность при разработке проектного решения	77
5.4	Безопасность в чрезвычайных ситуациях при разработке проектного решения.....	78

Заключение	82
Список публикаций студента	84
Список используемых источников.....	85

Введение

Пеномагнезит представляет собой пенобетон на магнезиальном вяжущем, сырье, которое в России практически не ограничено. Для производства пеномагнезита быть может использован не только каустический магнезит обычного обжига, но и отходы от обжига сырого магнезита на так именуемый металлургический порошок.

Целью данной работы является исследование пеномагнезита в разных средах твердения.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Получение образцов пеномагнезита на основе каустического магнезита и комплексного затворителя водного раствора бикарбоната магния с перекисью водорода в качестве порообразователя.

2. Осуществление твердения образцов в водной среде, воздушной и воздушно-влажной средах;

3. Определение прочностных свойств образцов;

4. Испытание теплопроводности образцов;

5. Рентгенофазовый анализ;

6. Термический анализ;

7. Электронная микроскопия;

8. Оптические исследования.

Объект исследования – пеномагнезит.

Предмет исследования – получение пеномагнезита.

1. Обзор литературы

1.1 Магнезиальное вяжущее. Получение, сырье, свойства

Магнезиальные вяжущие вещества – воздушные вяжущие вещества на основе оксида магния.

Наиболее известны магнезиальные вяжущие вещества, полученные путем затворения тонкомолотого порошка каустического магнезита водными растворами хлорида или сульфата магния [1].

Применяются в строительстве для изготовления конструкционных, огнеупорных, теплоизоляционных, декоративных материалов и изделий.

В отличие от широко используемого портландцемента производство магнезиальных вяжущих менее энергозатратно. Процесс обжига сырьевой смеси для изготовления портландцемента осуществляется при температуре до 1450 °С и сопровождается значительными ресурсными расходами. Мировое производство портландцемента составляет более 4 миллиардов тонн в год и обуславливает выделение 5-10 % глобальных антропогенных выбросов углекислого газа [1]. Одним из вариантов снижения выбросов является использование альтернативных, более экологичных видов цемента, к которым относятся магнезиальные вяжущие вещества. Обжиг каустического магнезита происходит при меньших температурах (около 700-800 °С), что позволяет получать цементы, не уступающие по прочностным свойствам.

Кроме того, магнезиальные вяжущие вещества обладают следующими достоинствами [2]:

- быстрое схватывание,
- безусадочность,
- высокая износостойкость,
- термостойкость и низкая теплопроводность,
- высокая адгезия.

Известны способы получения сырья для производства магнезиальных вяжущих из промышленных отходов [3-6], такие как:

- получение оксида магния из отходов талькомагнезитовых и серпентинитовых руд;
- получение карбоната магния из отходов содового производства;
- получение каустического магнезита в качестве побочного продукта производства огнеупоров.

В настоящее время большое количество магниевой продукции производится из гидроминерального сырья, осаждением солей магния из морской воды [7, 8].

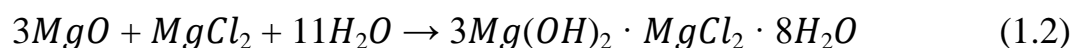
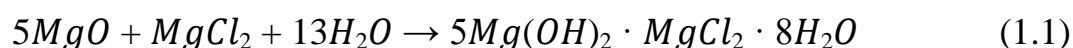
Главным недостатком магнезиальных вяжущих является их низкая водостойкость, вследствие образования в процессе твердения водорастворимых гидрооксихлоридов и гидрооксисульфатов магния. В связи с этим, применение материалов на основе магнезиальных вяжущих ограничено в гражданском и промышленном строительстве.

1.2 Изделия и материалы на основе магнезиального вяжущего. Виды, получение и применение

1.2.1 Гидратация магнезиального оксихлоридного цемента

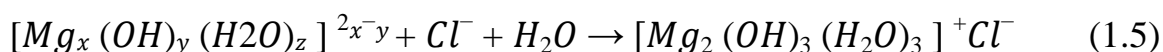
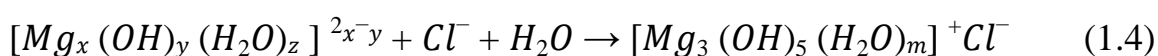
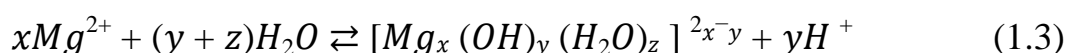
Основными фазами в магнезиальном оксихлоридном цементе при нормальных условиях твердения являются MgO, брусит Mg(OH)₂ и гидрооксихлориды магния 3Mg(OH)₂·MgCl₂·8H₂O, 5Mg(OH)₂·MgCl₂·8H₂O.

Теоретические реакции взаимодействия магнезиального вяжущего с раствором хлорида магния [9-11]:

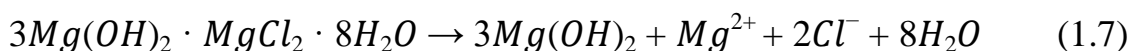
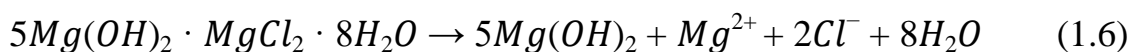


Игольчатые кристаллы $3Mg(OH)_2 \cdot MgCl_2 \cdot 8H_2O$ и $5Mg(OH)_2 \cdot MgCl_2 \cdot 8H_2O$ прорастают, соединяясь и переплетаясь друг с другом, и образуют прочную плотную структуру.

Сам процесс гидратации чрезвычайно сложен. Ученые утверждают [9], что синтез гидроксихлоридов магния идет через образование комплексных ионов $[Mg_x(OH)_y(H_2O)_z]^{2x-y}$. Эти комплексные ионы взаимодействуют с ионами Cl^- и молекулами H_2O , образуя гель, который далее кристаллизуется в гидроксихлориды магния:

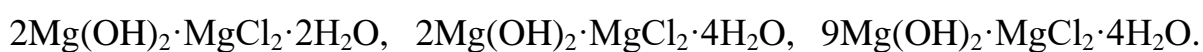


Гидрооксихлориды магния, которые определяют прочность магнезиального оксихлоридного цемента, также являются причиной его низкой водостойкости. Тригидроксихлорид и пентагидроксихлорид магния легко разрушаются при воздействии воды, образуя гидроксид магния $Mg(OH)_2$ [9]:



Формирование фаз и их соотношение в магнезиальном оксихлоридном цементе зависит от активности магнезиального вяжущего, молярных отношений $MgO/MgCl_2$ и $H_2O/MgCl_2$, добавок и условий твердения. Последние исследования [11,13] показывают, что для получения прочного цемента и содержания в фазовом составе преимущественно $5Mg(OH)_2 \cdot MgCl_2 \cdot 8H_2O$ необходимы высокие молярные отношения – около 11-17 для $MgO/MgCl_2$ и 12-18 для $H_2O/MgCl_2$.

При температурах выше $100^\circ C$ стабильны другие продукты гидратации [9,10]:

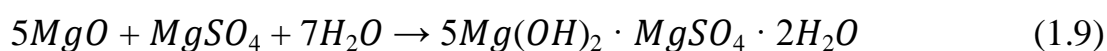
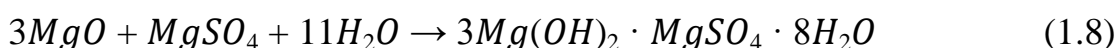


Также из-за способности магнезиальных цементов поглощать из окружающей атмосферы CO_2 могут образоваться карбонатные соединения, например, хлорартинит $Mg_2(CO_3)Cl(OH) \cdot 3H_2O$. Наиболее часто встречающиеся фазы в

магнезиальном оксихлоридном цементе при разных температурах твердения [10].

1.2.2 Гидратация магнезиального оксисульфатного цемента

При взаимодействии магнезиального вяжущего с раствором сульфата магния при комнатной температуре образуются брусит $Mg(OH)_2$ и гидрооксисульфаты магния $3Mg(OH)_2 \cdot MgSO_4 \cdot 8H_2O$ и $5Mg(OH)_2 \cdot MgSO_4 \cdot 2H_2O$ [8, 14-16]:



Помимо вышеуказанных фаз в зависимости от условий возможно образование других гидрооксисульфатов магния [8]: $Mg(OH)_2 \cdot MgSO_4 \cdot 5H_2O$, $Mg(OH)_2 \cdot 2MgSO_4 \cdot 3H_2O$, $5Mg(OH)_2 \cdot MgSO_4 \cdot 7H_2O$.

Механизм гидратации магнезиального оксисульфатного цемента менее изучен. Исследователи [17] предположили, что синтез гидрооксисульфатов магния идет также через растворение, адсорбцию и ионный обмен с образованием промежуточных комплексных ионов $[Mg(OH)(H_2O)_x]^+$, которые затем реагируют с OH^- и SO_4^{2-} .

Фаза $3Mg(OH)_2 \cdot MgSO_4 \cdot 8H_2O$, наряду с бруситом $Mg(OH)_2$, является основным продуктом гидратации в магнезиальном оксисульфатном цементе при температурах ниже $50^\circ C$ [15]. Однако пластинчатое строение кристаллов фазы $3Mg(OH)_2 \cdot MgSO_4 \cdot 8H_2O$ обуславливает более низкую прочность магнезиального оксисульфатного цемента по сравнению с оксихлоридным. Более предпочтительной в этом плане является фаза $5Mg(OH)_2 \cdot MgSO_4 \cdot xH_2O$, которая имеет игольчатое строение кристаллов и образуется преимущественно при гидротермальном твердении цемента при температурах $50-120^\circ C$ [8].

Также на формирование фазы $5Mg(OH)_2 \cdot MgSO_4 \cdot xH_2O$ существенно влияют молярные отношения $MgO/MgSO_4$ и $H_2O/MgSO_4$ в смеси. Для получения прочного изделия необходимо высокое молярное отношение $MgO/MgSO_4$ (выше 5, около 10-12) [14,16], что приводит к большому

количеству непрореагировавшего MgO в составе цемента. Несмотря на то, что гидрооксисульфаты магния считаются более стабильными в воде, чем 20 гидрооксихлориды магния, магнезиальный оксисульфатный цемент также обладает низкой водостойкостью из-за высокого содержания остаточного MgO. В дальних сроках твердения гидратация MgO с образованием Mg(OH)₂, которая сопровождается неравномерным изменением объема, может привести к появлению трещин и разрушению изделия.

1.2.3 Водостойкие магнезиальные композиции

Главным ограничением внедрения магнезиальных вяжущих является их низкая водостойкость. Во влажных условиях фазы магнезиального оксихлоридного и оксисульфатного цемента распадаются с образованием Mg(OH)₂ и растворимых хлоридов либо сульфатов магния [8], что приводит к значительной потере прочности. Растворимость основных гидрооксихлоридов и гидрооксисульфатов магния при 25 °С (на 100 г воды) [18]:

- 3Mg(OH)₂·MgCl₂·8H₂O – 80,2 г,
- 5Mg(OH)₂·MgCl₂·8H₂O – 58,1 г,
- 3Mg(OH)₂·MgSO₄·8H₂O – 42,2 г.

При нахождении в воде в течение 28 суток образцов из магнезиальных оксихлоридных и оксисульфатных цементов их прочность на сжатие снижается на 80-90 % [9, 18].

За последние десятилетия было предложено множество способов получения водостойких магнезиальных композиций. Большинство из них предполагает использование различных добавок, которые направлены на защиту от воды продуктов гидратации и связывание непрореагировавшего MgO.

1.2.4 Карбонизация магнезиального цемента

В последние годы активно обсуждается карбонизация магнезиального цемента [10, 21-25], как способ улучшения свойств материала и снижения выбросов CO_2 .

В работах [21-22] карбонизацию образцов и изделий из магнезиального цемента, после предварительного твердения в воздухе, проводят в камере при 20 % концентрации CO_2 в среде, высокой относительной влажности (70-90 %) и невысоких температурах 20-30 °С.

При карбонизации магнезиального цемента во время твердения идет образование гидрокарбонатных соединений магния [24]: несквегонит $\text{MgCO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, дипингит $4\text{MgCO}_3 \cdot \text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, гидромагнезит $4\text{MgCO}_3 \cdot \text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, артинит $\text{MgCO}_3 \cdot \text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$. Получаемые аморфные и кристаллические фазы гидрокарбонатов магния заполняют поры в магнезиальном цементе, уплотняя и упрочняя структуру, и затрудняют проникновение воды в объем. Повышение водостойкости магнезиального цемента при этом небольшое – до 0,4-0,5, но значительно увеличиваются прочностные свойства. Совместное использование карбонизации и таких добавок, как зола-унос, порошок кварцевого стекла или измельченные доменные шлаки [22, 23], позволяет получить прочные и водостойкие магнезиальные 25 композиции. Однако данная технология рассчитана только на получение сборно-блочных изделий, т.к. требует предварительного твердения и карбонизации в камерах в местах производства.

1.2.5 Затворение раствором бикарбоната магния

В приведенных выше работах замечается общий недостаток применения добавок – повышение водостойкости идет с понижением прочности по сравнению с магнезиальным цементом без модификаторов. Карбонизация магнезиального цемента усложняет технологию и повышает стоимость изделий. Также в данных способах связывается и защищается от влаги лишь часть водорастворимых соединений магнезиального оксихлоридного и

оксисульфатного цемента, что ограничивает срок службы материалов во влажных условиях. Длительное воздействие влаги на изделия таких составов приведет к растворению незащищенных фаз и разрушению изделия.

Учеными ТПУ [6] был предложен новый метод получения водостойких магнезиальных композиций – замена обычных жидкостей затворения, растворов хлорида магния $MgCl_2$ и сульфата магния $MgSO_4$, на водный раствор бикарбоната магния $Mg(HCO_3)_2$. Затворение раствором бикарбоната магния позволяет исключить образование растворимых соединений и получить нерастворимые прочные кристаллические фазы гидратных соединений магния. В итоге был получен гидравлический гидрокарбонатный магнезиальный цемент, который способен твердеть, как на воздухе, так и в воде [26].

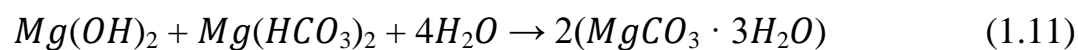
Предыдущее исследование [26] показало, что образцы полученные затворением порошка каустического магнезита раствором бикарбоната магния имеют коэффициент гидратационного твердения равный 1,2, что свидетельствует о гидравлических свойствах магнезиального цемента данного состава.

1.2.6 Твердение магнезиального гидрокарбонатного цемента в воде

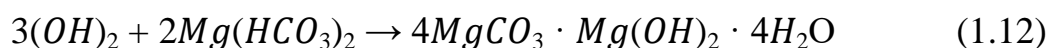
При затворении водным раствором бикарбоната магния $Mg(HCO_3)_2$ порошка каустического магнезита образуется цементная система, способная набирать прочность в воде и во влажных условиях. Выявлено [26], что прочность образцов магнезиального гидрокарбонатного цемента, твердевших в воде, выше, чем при твердении на воздухе. Это происходит из-за того, что синтез основных фаз цемента, гидратированных карбонатных фаз, протекает через гидратацию MgO и образование брусита $Mg(OH)_2$ [6, 26]:



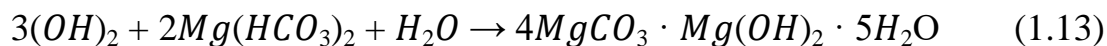
Теоретические реакции образования гидрокарбонатов и гидратгидрокарбонатов магния при взаимодействии брусита $Mg(OH)_2$ с раствором бикарбоната магния:



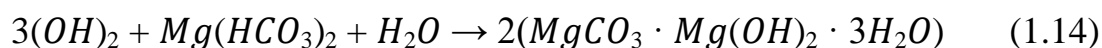
несквегонит



гидромагнезит



дипингит

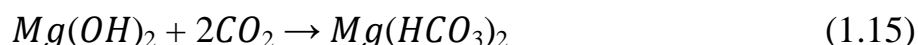


артинит

В сухих условиях твердения конверсия MgO в Mg(OH)₂ протекает медленно, следовательно, ниже интенсивность образования гидрокарбонатов и гидратгидрокарбонатов магния. При твердении на воздухе количество продуктов гидратации магниезального гидрокарбонатного цемента, определяющих его прочность, будет меньше, чем при твердении в воде.

Потери массы в интервале температур 380 - 410 °С связаны с разложением гидроксогруппы в составе гидратгидрокарбонатов магния. В воздушных условиях потери массы при разложении гидроксогруппы не изменяются в течение 3-28 суток твердения. Это показывает то, что образование Mg(OH)₂ в воздушных условиях ограничено и практически прекращается при расходовании затворителя. В водных условиях твердения образование продуктов гидратации магниезального гидрокарбонатного цемента идет интенсивнее из-за постоянного присутствия и участия водной среды в реакциях.

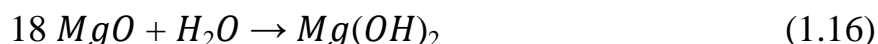
При взаимодействии гидроксида магния и бикарбоната магния по реакциям 1.11-1.14 возможно выделение CO₂ [6], который способствует образованию вторичного бикарбоната магния:



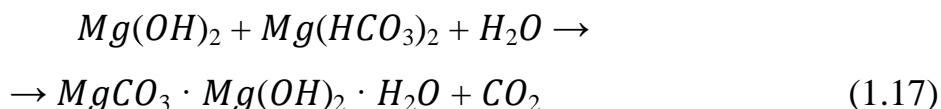
Вторичный бикарбонат магния вновь взаимодействует с гидроксидом магния с образованием новых порций продуктов гидратации магниезального цемента.

Замена традиционных затворителей на раствор гидрокарбоната магния позволяет исключить образование растворимых соединений в цементном камне, что ведет к повышению водостойкости изделий. Такой цементный камень может твердеть как в воздушно-влажной, так и в водной среде с предварительным твердением на воздухе в течение суток.

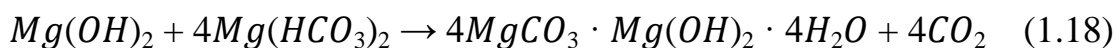
При взаимодействии каустического магнезита с затворителем в виде водного раствора бикарбоната магния идет сначала гидратация оксида магния:



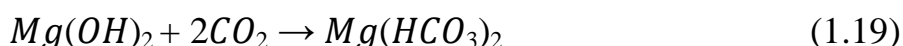
Гидроксид магния реагирует далее с бикарбонатом магния с образованием нерастворимых соединений гидрат гидрокарбонатов магния:



Например, реакция образования гидромагнезита [21]:



Параллельно идет образование вторичного бикарбоната магния при взаимодействии гидроксида магния и диоксида углерода, которое также способствует формированию нерастворимой фазы гидрат гидрокарбонатов магния:



В итоге очередного и повторяющегося протекания описанных реакций образуются две главные кристаллические фазы: гидроксид магния и гидрат гидрокарбонаты магния [14].

1.3 Особенности получения магнезиальных поризованных материалов

1.3.1 Влияние метода пористости на формирование структуры магнезиальных композиций

Ячеистая структура магнезиальных материалов формируется путем набухания с применением пены и формования агентов.

Исследования пористых магнизиальных композиций с применением пенообразователя «Унипор» (табл. 1, рис. 1) показали, что повышенная пористость достигается силикатными техногенными наполнителями (отходы обогащения скарново-магнетитовых руд, металлургические шлаки). Состав наполнителей для вспененных композиций плотностью не более 500 кг/м^3 должно быть ограничено 30% [9].

Таблица 1.1 - Свойства пористых магнизиальных композитов

Порообразователь	D массового расхода, мм	ρ композита, кг/м^3	Rсж, МПа
Никто	250	1500	22,5
Пенообразователь	230	580	4.0
Пероксид водорода	240	650	4.6
Зола микросфера	270	1350	14,7
Гранулы пенополистирола	150	470	2.0

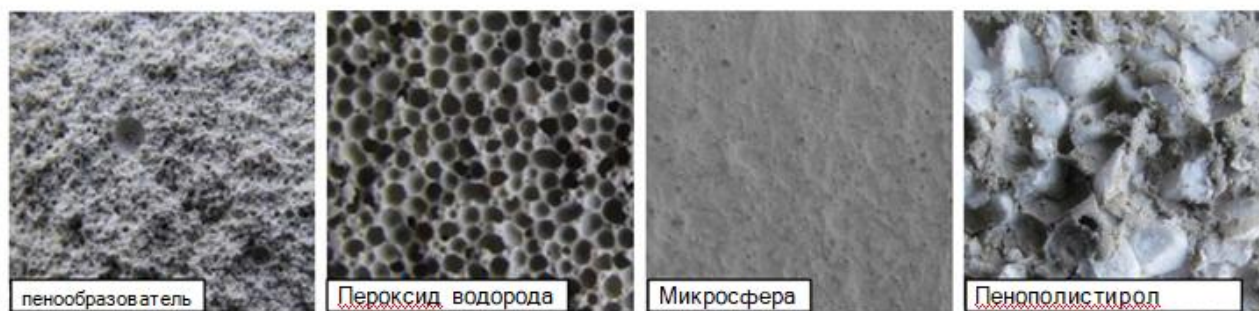


Рисунок 1.1 - Влияние порообразователя на структуру композитов

Для порообразования способом газификации применяют вещества, обеспечивающие разделение газовой фазы при взаимодействии с CaCO_3 используются: $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, AlCl_3 , FeCl_3 , ZnCl_2 , MgCl_2 .

Большой размер газа в магнизиальных композициях образуется при введении пероксида водорода H_2O_2 в пределах 0,5–5,0%. Перекись

водорода обеспечивает образование клеток увеличенных размеров (табл. 1.1, рис. 1.1) [17].

На рисунке можно посмотреть, воздействие пористых частиц, которые были введены в магнезиальные композиции для формирования зернистой структуры. Зольная микросфера в количестве 2–20% снижает плотность композиции на 5–15%, образует тонкодисперсную структуру.

Сравнительный анализ структур, сформированных разными способами, свидетельствует о высокой пористости композиций с использованием пенообразователя - гранул пенополистирола [13]. Показана целесообразность получения пористых композиций на основе смешанных магнезиальных вяжущих с добавкой отходов обогащения скарных магнетитовых руд (до 30%).

Исследовано влияние добавки жидкой теплоизоляции на свойства композиций (табл. 1.2). Добавка повышает стабильность пены: увеличивается время синерезиса. При введении 5–10% добавки прочность магнезиальных материалов повышается в 1,2–1,6 раза, а плотность композиций снижается на 11–27%. Добавка способствует снижению коэффициента теплопроводности с 0,07 до 0,05 Вт/(м·°С), снижению водопоглощения ячеистых композиций на 12–17%. Выявлено, что целесообразно загружать добавку до вспенивания сырьевой суспензии.

Смешанные вяжущие, которые содержат 30–70% наполнителя, не уступают прочностным показателям каустического магнезита, отличаясь замедленным ранним твердением. Пенообразователи замедляют твердение магнезиальных вяжущих и снижают прочность в 1,5–3,0 раза [22]. Повышенная чувствительность смешанных вяжущих к присутствию пенообразователей обусловлена снижением активности MgO.

Таблица 1.2 - Влияние добавки жидкой теплоизоляции на свойства
магнезиальных композиций

Добавка, %	Синерез пены, мин	ρ , кг/м ³	Rсж, МПа	
			3	28
Плотная структура				
0	-	1950	28	47
5	-	1740	47	56
10	-	1620	32	48
15	-	1430	25	32
Ячеистая структура				
0	65	570	2,5	1,2
5	78	495	3,8	2,5
10	95	420	2,7	3,8
15	105	380	1,6	2,7

Для снижения негативного действия пенообразователя на твердение магнелиальных композиций используют полный технологический прием, включающий активацию вяжущего и улучшение производства пены. Для роста гидратационной возможности составляющие смесового вяжущего раздельно и вместе подвергали механоактивации [18].

Активация вяжущих интенсифицирует структурообразование и уменьшает время твердения композиций до приобретения структурной прочности на 30–35%. При сопоставлении структуры и параметров композиций разных препаратов. Способ обеспечивающий первоначальный контакт - связывающее с высококонцентрированным веществом $MgCl_2$ является предпочтительным. Это инициирует гидратацию MgO_2 , перед пенообразователем [19].

Магнезиальные вяжущие обеспечивают возможность получения пенобетона низкой плотности, магнелиальный пенобетон характеризуется прочностью, которая в 1,5-1,7 раза превышает прочность

пенопортландцемента (плотность пенобетона 500 кг/м^3). Высокая прочность магниального ячеистого бетона обеспечивается кристаллами гидроксихлорида магния, образующими надежную перегородку между ячейками [15].

Составы характеризуются равномерной пористостью с размером ячеек не более 1 мм.

Кристаллическая основа материала межпоровой перегородки, состоящая в основном из волокон $5\text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$, обеспечивает высокую прочность ячеистым композициям рисунок 1.2.

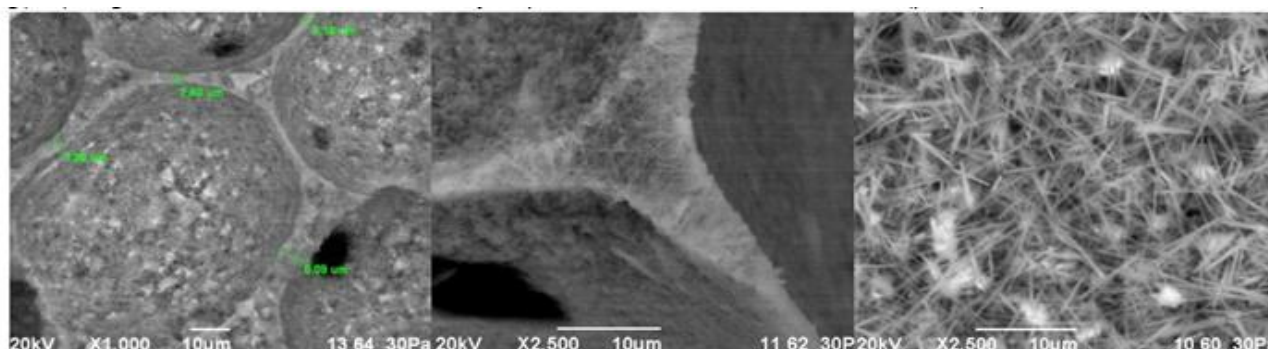


Рисунок 1.2 - Микроструктура магниальных композитов

Оптимизация состава способствует повышению теплозащитных свойств магниальной композиции. Коэффициент теплопроводности композиций снижается с 0,07 до 0,06 Вт/(м·°С).

1.3.2 Получение поризованных магниальных материалов

Решающая роль в прочности пеномагнезита принадлежит вяжущему - каустическому магнезиту.

Свойства каустического магнезита зависят от температуры и продолжительности его обжига, дисперсности частиц и химического состава, Однако количественное содержание окиси магния имеет существенно наименьшее значение, чем это принято считать. Даже три таковых огромных колебания содержания окиси магния как 80% и 95 - 96% прочность цемента в

смесях с песком 1:3 остается без изменения. Плохой обжиг либо недостаточная тонкость помола существенно понижают вяжущие характеристики каустического магнезита. Степень обжига контролируется удельным весом и потерей при прокаливании, тонкость помола - набором стандартных сит [15-16, 28].

Для каустического магнезита нормального обжига удельный вес колеблется от 3,2 до 3,4; потеря при прокаливании—от 4 до 8%.

Удельный вес и потери при прокаливании каустического магнезита могут изменяться в зависимости от минералогического состава природного магнезита. Это следует иметь в виду при определении свойств каустического магнезита неизвестного происхождения.

Временное сопротивление сжатию через 28 дней каустического магнезита обычного обжига в составах 1:3 (1 часть вяжущего при концентрации хлормagnesия и 3 части кварцевого песка) колеблется от 600 до 1000 кг/см², в среднем 800 кг/см².

Труднее обстоит вопрос с качественной оценкой кальцинированного каустического магнезита, представляющего из себя отходы от обжига магнезита на металлургический порошок во вращающихся печах. Эти отходы в виде пыли накапливаются в пылевых камерах вращающихся печей и в мультициклонах, которые улавливают пыль топочных газов печей.

Пластичность пеномассы и время схватывания - главные условия для обеспечения обычных свойств и однородной структуры пеномагнезита; в силу этого кальцинированный каустический магнезит нужно подвергать помолу. Дисперсность пыли колеблется в значительных единицах, остаток на сите 900 отв/см² - от 1 до 40%, проход через сито 4900 отв/см² - от 20 до 80%. Но и в том случае, когда дисперсность пыли укладывается в указанные выше для каустического магнезита нормального обжига нормы, размол пыли значительно повышает вяжущие свойства ее и сокращает сроки схватывания [11, 28].

Опыт введения цемянки в штукатурные растворы, по данным лаборатории отделочных работ показал, что прочность растворов с кварцевым песком

состава 1:3 остается без изменений при замене каустического магнезита на 50% цемянкой. В работе с пеномагнезитом применялась цемянка активностью, по количеству поглощенной окиси кальция 29 мг.

Имеется вероятность место взаимодействие между кремнекислой цемянки и продуктами твердения магнезиального цемента, в результате чего прочность магнезиального цемента остается без изменений, даже при таком большом разведении вяжущего, как указано выше.

Введение тонкомолотых инертных добавок позволит значительно сократить расход каустического магнезита не только в производстве пеномагнезита, но и других видах строительных материалов основанных на магнезиальном цементе.

Все это говорит о целесообразности применения для производства пеномагнезита каустического доломита. Производство пеномагнезита каустического доломита - можно рассматривать, как смешанное вяжущее, состоящее из активной части окиси магнезия (около 20%) и инертной добавки в виде углекислого кальция (около 80%). Месторождения доломита весьма распространены, залежи его отличаются большой мощностью.

Получение пенодоломита на каустическом доломите, полученном от обжига доломита, дали удовлетворительные результаты. Пенодоломит по прочности приближался к пеномагнезиту с содержанием в вяжущем 25% каустического магнезита. Временное сопротивление сжатию пенодоломита с объемным весом 400 - 500 кг/м³ на растворе сернокислого магнезия колебалось от 10 до 15 кг/см² на 28 дней. В отношении остальных показателей пенодоломит не отличался от пеномагнезита. При получении пенодоломита более высокого объемного веса прочность его будет соответственно выше.

Перед применением каустического доломита следует опираться на следующие требования к нему.

Время схватывания каустического доломита должно быть незначительным, начало схватывания не позже, чем один час [16].

Содержание окиси магния в каустическом доломите должно быть не менее 18%, свободной окиси кальция - не выше 2,5%, потеря при прокаливании—от 30 до 35%.

Вяжущие свойства каустического доломита могут быть резко повышены добавкой незначительных количеств каустического магнезита - всего в размерах 5% по весу доломита.

В качестве затворителя в производстве пеномагнезита можно применять растворы хлористого или сернокислого магния.

В определении качества плавленного хлористого магния следует руководствоваться ОСТом 563. При применении искусственного карналита, имеющего состав: $MgCl_2$ - 32,4%, KCl - 19,7% , $NaCl$ - 4,5%, H_2O - 43,4%, нужно учитывать, что соли натрия и калия понижают прочность магнезиального цемента и повышают его гигроскопичность. Для отделения KCl и $NaCl$ при получении раствора хлористого магния из искусственного карналита растворение последнего надо проводить в два приема: вначале получать раствор высокой плотности, затем добавляя воду, раствор рабочей концентрации. Технический сернокислый магний содержит от 88 до 91% $MgSO_4 \cdot 7P_2O$ [16, 28].

Исходными материалами для получения клееканифольной эмульсии служит канифоль и животный клей. При качественной оценке клея и канифоли надо руководствоваться соответствующими стандартами на мездровый и костяной клей.

Производство пенобетона на магнезиальном цементе схоже на производство пенобетона на портландцементе.

Клееканифольную эмульсию готовят из клеевого раствора и канифольного мыла, с последующим их смешением. Хорошего качества эмульсия получается при следующей дозировке материалов и следующем методе ее приготовления. Заливка клея водой производится по весовому соотношению 1:1, замачивание - сутки. Клееканифольное мыло готовится при расходе на 1 г канифоли 1 см³ раствора, $NaOH$, плотностью 20° Боме,

кипячением смеси до полного ошелачивания канифоли и получения прозрачной вязкой массы. По охлаждении клеевого раствора до 30°C последний вливается в раствор канифольного мыла, охлажденного до 60°C, и тщательно перемешивается [17, 19, 28].

Операция приготовления клееканифольной эмульсии наиболее сложная и наиболее ответственная в производстве пеномагнезита, так как качеством пены определяется структура пеномагнезита. При соблюдении тех требований, какие предъявляются к исходным материалам; для клееканифольной эмульсии, - качество пены получается безупречным. Его можно установить при некотором опыте по внешнему виду (пробой на флажок) и методом цилиндра. Последний метод следует применять в сомнительных случаях, а также при применении концентрированной эмульсии продолжительных сроков хранения.

Перед применением концентрированная эмульсия разводится в воде при соотношении 1:2. В пеномагнезите эмульсии в пересчете на сухое вещество содержится всего около 0,07%, т. е. в таких размерах, которые не оказывают отрицательного влияния на магнезиальный цемент, а наоборот уменьшают несколько его гигроскопичность и повышают водостойкость.

Приготовление цементного раствора и пеномассы осуществляется в пенобетоньерках серийного выпуска, допускающих механизацию процесса получения пеномассы. Качество пеномагнезита и его структура зависят от дозировки материалов, а также от времени обработки пеномассы в пенобетоньерках [14-16].

Пеномасса хорошего качества характеризуется равномерной окраской и однородным строением при полном отсутствии отдельных скоплений пузырьков воздуха. Размер ячеек пеномагнезита уменьшается с повышением интенсивности взбивания пены и длительности этой операции.

Повышение интенсивности перемешивания пены с цементным раствором увеличивает размер ячеек. При одних и тех же условиях производства и при одной и той же дозировке исходных материалов пеномагнезит на растворе

сернокислого магния получается с более крупными ячейками, чем на растворе хлористого магния.

Высота заливки пеномассы на магнезиальном вяжущем может быть выше, чем пеномассы на портландцементе. Пеномагнезит, залитый на высоту в 0,5 м, как показали измерения, дает осадку в 5 мм, т. е. около 1%.

Пенобетон на магнезиальном цементе быстрее схватывается, и нарастание прочности в нем происходит более интенсивно, чем у пенобетона на портландцементе.

Вопрос об ускорении процесса твердения пеномагнезита, непосредственно связанный с экономикой его производства, был подвергнут специальному изучению.

Как общее явление, прочность пеномагнезита при нормальных условиях твердения продолжает расти значительное время; установлено, что нарастание временного сопротивления сжатию продолжается до года. Прочность пеномагнезита на растворах хлористого магния выше при более интенсивном росте ее на ближайшие сроки твердения, чем на растворе сернокислого магния.

Схватывание магнезиального цемента и его твердение могут быть значительно увеличены при воздействии на него повышенных температур.

Время схватывания зависит от количества взятого для затворения каустического магнезита раствора соли. Чем выше пластичность раствора (т. е. чем больше взято для растворения соли), тем медленнее схватывание. Соотношение между каустическим магнезитом и раствором соли, взятыми для затворения, определяет прочность цемента и растворов на нем. В производстве некоторых видов материалов на магнезиальном цементе, в частности в производстве пеномагнезита, получаемого из пластических растворов, расход затворителя больше, чем это нужно для образования цемента максимальной прочности.

Для ускорения твердения пеномагнезита более эффективным является метод, заключающийся в подогреве раствора соли до 55 - 65° С.

Эффективность заключается не только в ускорении твердения, но и в повышенной прочности пеномагнезита на длительные сроки испытания. При указанном методе, который может быть назван методом горячего замеса, повышается гомогенность пеномассы и ее пластичность, прямым следствием чего возможно некоторое снижение раствора соли. При горячем замесе процесс твердения ускоряется; одновременно за счет большого количества тепла, выделяющегося при твердении магнезиального цемента, повышается теплопроводность материала [22, 28].

Метод горячего замеса прост, благодаря этому его можно осуществлять в условиях строительной площадки на месте производства и применения пеномагнезита.

Вопрос об использовании пеномагнезита следует рассматривать в той же плоскости, как и пенобетона на портландцементе. Пеномагнезит можно применять для утепления стен в один кирпич и заполнения каркасных стен. Кладку пеномагнезитных блоков и оштукатуривание стен можно производить на растворе с применением в качестве вяжущего магнезиального цемента.

Штукатурные растворы на магнезиальном цементе с асбестом, древесной мукой или тонкими древесными опилками могут служить промежуточным слоем между пеномагнезитом и облицовочным раствором.

Примерные составы, на которые можно ориентироваться в опытах с штукатурками по пеномагнезиту, следующие [27]:

- а) магнезит : цемянка : кварцевый песок (1:1:6) на растворе хлористого магния;
- б) магнезит: на растворе сернокислого магния той же плотности;
- в) более тощих составов с подобранным до минимальной пустотности кварцевым песком;
- г) такие же составы с добавлением асбеста и древесных опилок.

Пеномагнезит возможно применять для утепления кровельных покрытий. При деревянной оснастке кровель пеномагнезит можно укладывать непосредственно по рабочему настилу [29]. Как и пенобетон на

портландцементе, пеномагнезит можно применять по монолитному способу, заключающемуся в изготовлении пеномассы на месте производства работ и заливке ее в конструкцию перекрытия или покрытия [27].

При надлежащей гидроизоляции, условия, обязательного и для пенобетона на портландцементе, пеномагнезит может найти применение для тепловой изоляции трубопроводов. Пеномагнезит в данном случае может быть использован в виде заранее изготовленных скорлуп или сегментов, а также по монолитному методу.

Более высокая огнестойкость пеномагнезита по сравнению с пенобетоном на портландцементе позволяет поставить вопрос о применении его для горячей изоляции поверхностей с температурой до 250 - 300° С.

1.4 Предпосылки исследований

По результатам литературного обзора классический пеномагнезит производят на хлоридном или сульфатном затворителе, но они не водостойкие, что ограничивает его использование. Поэтому встала проблема подбора состава, теплоизоляционного материала повышенной водостойкости. Предполагается использовать в виде затворителя раствор бикарбонат магния, так как по предыдущим исследованиям, он дает нерастворимые фазы.

Также для производства магниезиального вяжущего вещества нужно затратить меньшее количество энергии, так как его обжиг происходит при меньших температурах. При всех плюсах и доступности сырья магниезиальные цементы не нашли широкого распространения за счёт своей низкой водостойкости. Эту проблему решает применение иной жидкости затворения магниезиальных цементов – раствора бикарбоната магния.

Целью данной работы является исследование состава и определение основных свойств пеномагнезита.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Получение образцов пеномагнезита на основе каустического магnezита и комплексного затворителя водного раствора бикарбоната магния с перекисью водорода в качестве порообразователя.

2. Осуществление твердения образцов в водной среде, воздушной и воздушно-влажной средах;

3. Определение прочностных свойств образцов;

5. Испытание теплопроводности образцов;

6. Рентгенофазовый анализ;

7. Термический анализ;

8. Электронная микроскопия;

9. Оптические исследования.

2. Материалы и методы исследований

2.1 Материалы

Для получения пеномагнезита были использованы каустический магниальный порошок марки ПМК-75, водный раствор бикарбоната магния в качестве затворителя и пенообразователь перекись водорода 37%.

2.1.1 Каустический магнезит

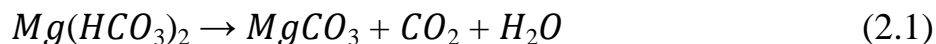
Химический состав каустического магниального порошка марки ПМК-75 Савинского месторождения представлен в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Химический состав каустического магнезита

Содержание оксидов, мас. %							
MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Fe ₂ O ₃	MnO	Δm _{пр}	Σ
75,64	3,18	-	4,24	-	-	16,94	100

2.1.2 Раствор бикарбоната магния

Гидрокарбонат магния Mg(HCO₃)₂ (традиционное название - бикарбонат магния) – неорганическое соединение, магниевая соль уксусной кислоты. Существует только в водных растворах, т.к. легко разлагается:



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

Концентрация иона HCO₃⁻ в растворе БКМ – 13 г/л.

2.1.3 Перекись водорода

Перекись водорода или пероксид водорода, H_2O_2 — это простейший представитель пероксидов. Бесцветная жидкость с «металлическим» вкусом. Пероксид водорода неограниченно растворима в воде, спирте и эфире. Концентрированные водные растворы перекиси водорода взрывоопасны. Пероксид водорода является хорошим растворителем. Из воды выделяется в виде неустойчивого кристаллогидрата $H_2O_2 \cdot 2H_2O$. Разлагается на кислород и воду при нагревании, под действием ультрафиолетового излучения, также в присутствии ионов переходных металлов и серебра:



Перекись водорода обладает сильными окислительными, также восстановительными качествами. Он окисляет нитриты в нитраты, выделяет йод из иодидов металлов, расщепляет ненасыщенные соединения по месту двойных связей. При действии сильных окислителей H_2O_2 проявляет восстановительные свойства, выделяя свободный кислород.

2.2 Методы исследований

В ходе работы был использован комплекс физико-химических методов исследования.

Последовательность исследований:

- методика изготовления образцов магниезиального цементного камня,
- определение кажущей плотности пеномагнезита,
- определение предела прочности при сжатии,
- определение теплопроводности,
- рентгенофазовый анализ,
- термический анализ,
- электронная микроскопия
- оптическая микроскопия.

2.2.1 Определение плотности пеномагнезита

Кажущаяся плотность – это отношение массы материала к его общему объему. Поэтому при известной массе тела определение кажущейся плотности сводится к измерению его объема, включая объем всех его пор.

Образцы взвешивают и измеряют длину, ширину и высоту штангенциркулем.

Кажущую плотность высчитываем по формуле:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (2.3)$$

2.2.2 Определение предела прочности при сжатии

Для определения предела прочности при сжатии используют приготовленные образцы после твердения в различных средах.

По истечении контрольного срока в среде твердения измеряют линейные размеры образцов и испытывают на прессе для определения прочности на сжатие по поверхности, перпендикулярной направлению твердения.

Предел прочности на сжатие рассчитывается по формуле:

$$R_{сж} = \frac{P_{ман} \cdot K \cdot 9,807}{S \cdot 100} \quad (2.4)$$

где $R_{сж}$ – предел прочности на сжатие, МПа; $P_{ман}$ – показатель манометра, мВ; $K = 38,2$ кгс/мВ – коэффициент манометра; S – площадь образца, см²; $9,807/100$ – коэффициенты для пересчета предела прочности из кгс/см² в МПа.

2.2.3 Определение теплопроводности

Для исследования теплопроводности пеномагнезита, были изготовлены образцы размером 10x10x1. После схватывания образцы расформовывают и оставляют для твердения на 14 суток для набора марочной прочности в воздушной, водной средах. После твердения образцы сушат при температуре,

не превышающей 70 °С для сохранения существующих кристаллических фаз и отправляют для измерения теплопроводности.

Использовался прибор типа ИТП-МГ4«100» предназначен для измерения теплопроводности и определения теплового сопротивления строительных материалов, а также материалов, предназначенных для тепловой изоляции промышленного оборудования и трубопроводов, при стационарном тепловом режиме по ГОСТ 7076-99.

Условия эксплуатации прибора ИТП-МГ4«100»:

- стационарный тепловой режим;
- температура окружающего воздуха от 15 °С до 25 °С;
- относительная влажность воздуха от 30 % до 80 %;

2.2.4 Рентгенофазовый анализ

Рентгенофазовый анализ является методом качественного и количественного анализа вещества, основанный на явлении интерференции рентгеновских лучей. При облучении вещества рентгеновским лучом, проходящим различное расстояние внутри кристалла, наблюдается интерференционная картина с пиком, характерным для конкретного вещества.

Рефрактометр представляет собой прецизионное оборудование с высокой точностью регистрации сигналов. Конструктивно состоит из источника рентгеновского излучения – рентгеновской трубки, бюретки с исследуемым образцом и датчика, регистрирующего интерференционную картину. Источник излучения способен двигаться по окружности вокруг бюретки, тем самым изменяя угол падения лучей на образец. Результат такого движения – рентгенограмма, на которой на фоне горизонтальной базовой линии (отсутствие интерференции) наблюдаются интерференционные пики определённой интенсивности при определённых углах падения рентгеновских лучей, индивидуальные для каждого вещества.

Для определения состава смеси рентгенограмма расшифровывается. Для этого все пики нумеруются, у каждой вершины определяется интенсивность (ордината) и двойной угол (абсцисса). Относительно самого высокого пика определяется относительная интенсивность в процентах, по формуле 2.3 рассчитывается межплоскостное расстояние, где d – межплоскостное расстояние, нм; n – порядок отражения; λ – длина волны, нм; θ – угол скольжения.

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

Дальнейшая расшифровка рентгенограмм заключается в соотнесении полученных значений относительной интенсивности и межплоскостного расстояния полученных пиков со справочными значениями. При нахождении у некоторого вещества трёх и более совпадений можно справедливо утверждать, что оно в исследуемой смеси содержится.

2.2.5 Термический анализ

Термический анализ подразделяется на следующие методы:

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

Дифференциально-термический анализ основан на сопоставлении термических свойств исследуемого вещества и термически инертного вещества, которое принимается в качестве эталонного.

Дифференциально-сканирующая калориметрия позволяет фиксировать тепловой поток, отражающий происходящие в веществе физико-химические процессы при нагревании.

При исследовании образцов ДСК и ДТА показывают характерные эндотермические эффекты, которые возникают в результате дегидратации и разрушения кристаллической структуры, также экзотермические эффекты, обусловленные образованием новых фаз при более высоких температурах.

Термогравиметрия – метод термического анализа, основанный на регистрации изменения массы образца от температуры. Получаемая зависимость позволяет делать выводы о термической стабильности и составе образца. Этот способ может быть эффективно использован в том случае, когда образец при нагревании выделяет летучие вещества в результате различных химических, физических и физико-химических процессов.

Для проведения термического анализа в работе использовался дифференциально-термический анализатор STA 449 F3 Jupiter фирмы «NETZSCH», представляющий собой сопряженный ДСК-ТГ прибор. Термоанализ проводили до 1000 °С.

2.2.6 Электронная микроскопия

Принцип работы электронного микроскопа заключается в испускании пучка электронов и получении изображения, при отражении их от поверхности исследуемого материала. Анализ структуры исследуемых объектов проводился с помощью настольного растрового электронного микроскопа JSM-6000.

2.2.7 Оптическая микроскопия

Оптический микроскоп или световой микроскоп - это тип микроскопа, который использует видимый свет и систему линз для увеличения изображений небольших объектов.

Простой микроскоп использует объектив или набор линз для увеличения объекта только с помощью углового увеличения, что дает вертикальное увеличенное виртуальное изображение.

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

Студенту:

Группа	ФИО
4Г8А	Ярулина Екатерина Андреевна

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

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>	Норма амортизационных отчислений на специальное оборудование
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Отчисления во внебюджетные фонды 30 %

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала инженерных решений (ИР)</i>	Расчет конкурентоспособности SWOT-анализ
2. <i>Формирование плана и графика разработки и внедрения ИР</i>	Структура работ. Определение трудоемкости. Разработка графика проведения исследования
3. <i>Составление бюджета инженерного проекта (ИП)</i>	Расчет бюджетной стоимости НИ
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. Диаграмма Ганта
4. Оценка перспективности нового продукта
5. График разработки и внедрения ИР
6. Основные показатели эффективности ИП

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Кашук Ирина Вадимовна	к.т.н доцент		28.02.22

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Г8А	Ярулина Екатерина Андреевна		28.02.22

4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Введение

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

Данный раздел, предусматривает рассмотрение следующих задач:

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

Данная работа представляет собой разработку технологии получения пеномагнетита. Цель данного раздела – оценить целесообразность данного проекта. В рамках этой цели поставлены следующие задачи: оценить коммерческий потенциал разработки, произвести планирование научно-исследовательских работ.

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

Для оценки коммерческого потенциала разработки, прежде всего, необходимо понять будет ли она конкурентоспособна среди аналогов. Для

анализа конкурентоспособности необходимо определить целевые области рынка и выделить сегменты на этом рынке для сравнения проекта с аналогом в соответствующих условиях.

Целевой рынок – это часть рынка, предназначенная для сбыта продукции. Определённая группа потребителей, заинтересованная в приобретении данного продукта, называется сегментом. Сегментирование рынка (т.е. разделение его на разные группы потребителей) может происходить по различным критериям, зависящим от специфики предприятия и поставленных целей сегментирования. В данном случае эти критерии – размер потребителя и род его деятельности. Сегментирование рынка представлено в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Карта сегментирования

Размер компании	Род деятельности	
	Строительство	Розничная продажа
Малый		
Средний		
Большой		

Из рассмотрения карты сегментирования следует, что потенциальными потребителями могут быть строительные компании любых размеров и частные покупатели или магазины розничной продажи строительных материалов малого и среднего размера. Конкурентный анализ и выход на рынок будет планироваться для работы и сотрудничества с компаниями-потребителями среднего размера, однако возможно расширение производства до крупнотоннажного.

4.1.1 Анализ конкурентных технических решений

В ходе исследования была рассмотрена конкурирующая разработка газобетон и пенобетон.

Детальный анализ необходим, т.к. каждая разработка имеет свои достоинства и недостатки. В таблице 4.2 показано сравнение разработок-

конкурентов и разработки данного НИ с точки зрения технических и экономических критериев оценки эффективности.

Таблица 4.2 – Сравнение конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Плотность	0,2	5	3	4	1	0,6	0,8
2. Прочность	0,2	3	4	5	0,6	0,8	1
3. Теплопроводность	0,1	5	3	4	0,5	0,3	0,4
4. Водопоглощение	0,1	5	4	3	0,5	0,4	0,3
5. Надежность	0,1	5	3	4	0,5	0,3	0,4
6. Простота изготовления	0,1	3	4	4	0,3	0,4	0,4
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Цена	0,1	3	4	4	0,3	0,4	0,4
2. Предполагаемый срок эксплуатации	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4
Итого	1,0	34	29	32	4,2	3,6	4,1

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

$$K = \sum B_i \cdot B_i, \quad (4.1)$$

где K – конкурентоспособность проекта; B_i – вес показателя (в долях единицы); B_i – балл показателя.

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

4.1.2 SWOT-анализ

SWOT-анализ – это комплексный анализ научного исследования, позволяющий выделить сильные и слабые стороны проекта, а также определить возможности и угрозы реализации.

Результаты SWOT-анализа приведены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – SWOT-анализ

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Экономичность и энергоэффективность технологии С2. Экологичность технологии С3. Наличие финансирования С4. Использование отходов производств в качестве сырья	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Невысокое качество сырья
Возможности: В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ В2. Повышение стоимости конкурентных разработок	СиВ 1. Разработка новой технологии с лучшими показателями	СЛиВ 1. Сотрудничество с поставщиками сырья 2. Развитие сырьевой базы
Угрозы: У1. Отсутствие спроса на новые технологии у производства У2. Развитая конкуренция технологий производства	СиУ 1. Создание спроса на новые технологии в производстве 2. Продвижение методики по получению пеномагнезита 3. Сертификация продукции	СЛиУ 1. Развитие сырьевой базы 2.Создание спроса на новые технологии в производства, стимулирование инвесторов 3.Доработка методики по ее конкурентным преимуществам 4.Сертификация продукции

В результате SWOT-анализа показано, что на преимущества разрабатываемой технологии преобладают над ее недостатками. Данные недостатки, которые на данный момент на практике не устранены, но в теории

уже есть возможности для их устранения. Результаты анализа учтены в дальнейшей научно-исследовательской разработке.

4.2 Планирование научно-исследовательских работ

4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Для выполнения исследования сформирована научная группа, состоящая из руководителя и инженера.

Структура и содержание работ по этапам, а также определение исполнителей приведена в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

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

4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения

Стоимость научного исследования в основном определяется трудовыми затратами каждого из участников.

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости рассчитывается с помощью формулы [28]:

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{\text{mini}} + 2t_{\text{max}i}}{5} \quad (4.2)$$

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

t_{mini} – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, человеко-дни;

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

Расчет продолжительности работ в рабочих днях производится по формуле:

$$T_{\text{pi}} = \frac{t_{\text{ож}i}}{\text{Ч}_i} \quad (4.3)$$

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

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

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

4.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

График проведения научного исследования составляется в виде диаграммы Ганта, который представляет собой горизонтальный ленточный график работ, описывающихся датами начала и конца их выполнения.

Для составления графика необходимо определить длительность работ в рабочих днях T_{ki} и перевести полученные значения в календарные дни T_{pi} :

$$T_{ki.инж} = T_{pi} \cdot k_{кал} \quad (4.4)$$

где $k_{кал}$ – коэффициент календарности. Расчет коэффициента календарности:

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}} = \frac{365}{365 - 52 - 14} = 1,22 \quad (4.5)$$

где $T_{кал}$, $T_{вых}$, $T_{пр}$ – количество календарных, выходных и праздничных дней в году соответственно.

Все полученные значения приведены в таблице 4.5.

Таблица 4.5 - 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		$t_{ожг}$, чел-дни			
	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	2	-	4	-	2,8	-	2,8	4
2. Календарное планирование выполнения НИР	1	3	3	4	1,8	3,4	2,6	4
3. Обзор научной литературы	-	6	-	10	-	7,6	7,6	11
4. Выбор методов исследования	-	3	-	5	-	3,8	3,8	6
5. Планирование эксперимента	2	6	4	8	2,8	6,8	4,8	7

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



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

На основе таблицы 4.5 построим календарный график-план (Таблица 4.6.)

Таблица 4.6 – Календарный график-план проведения НИОКР

№	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	Исп1 Исп2	4	■												
3	Обзор научной литературы	Исп2	11		■											
4	Выбор методов исследования	Исп2	6			■										
5	Планирование эксперимента	Исп1 Исп2	7			■										
6	Подготовка образцов для эксперимента	Исп2	9				■									

№	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
7	Проведение эксперимента	Исп2	25												
8	Обработка полученных данных	Исп2	18												
9	Оценка правильности полученных результатов	Исп1	5												
		Исп2													
10	Составление пояснительной записки	Исп2	13												

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

4.3 Бюджет научно-технического исследования

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

- материальные затраты научно-исследовательской работы (НТИ);
- затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы.

4.3.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования

Материальные затраты — это затраты организации на приобретение сырья и материалов для создания готовой продукции.

Расчет материальных затрат приведен в таблице 4.7.

Таблица 4.7 – Материальные затраты

Наименование статей	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Итого затраты, руб.
Каустический магнезит	кг	100	20	2000
Раствор бикарбоната магния	л	100	209	20900
Перекись водорода	л	1	193	193
Перчатки резиновые, технические	пар	1	12	12
Итого:				23105

4.3.2 Расчет амортизации специального оборудования

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

Амортизационные отчисления принимаем за время проведения экспериментов – один месяц.

Таблица 4.8 – Расчет затрат на приобретение спецоборудования

№ 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	Весы лабораторные М-ER 122	1	15	0,1	7	11000	6,42
2	Пресс гидравлический лабораторный	1	20	0,2	5	336000	280,00

	ПГМ-50МГ4						
3	Штангенциркуль ЧИЗ ШЦ-1 28543	1	5	0,1	20	1800	3,00
4	Лабораторный сушильный шкаф DION SIBLAB 350	1	10	0,1	10	78000	65,00
Итого:		354,42 руб.					

4.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы

В исследованиях принимали участие инженер (студент) и руководитель проекта.

Зарботная плата работников складывается из основной Зосн и дополнительной частей Здоп.

Основная заработная плата находится по формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p \quad (4.6)$$

где $Z_{дн}$ – среднедневная заработная плата, руб; T_p – продолжительность работ, раб. дн.

Среднедневная заработная плата:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} \quad (4.7)$$

где Z_m – месячный должностной оклад, руб; M – количество месяцев работы без отпуска в течение года; F_d – действительный годовой фонд, раб. дн.

Месячный должностной оклад:

$$Z_m = Z_{тс} \cdot (1 + k_{тп} + k_d) k_p \quad (4.8)$$

где $Z_{тс}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.; $k_{тп}$ – премиальный коэффициент; k_d – коэффициент доплат и надбавок; k_p – районный коэффициент.

Действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала определяется исходя из баланса рабочего времени (Таблица 4.9).

Таблица 4.9 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней:		
– выходные дни,	44	48
– праздничные дни.	14	14
Потери рабочего времени:		
– отпуск,	56	28
– невыходы по болезни.	0	0
Действительный годовой фонд рабочего времени	251	275

Расчет основной заработной платы приведен в таблице 4.10. Заработная плата по тарифной ставке инженера – 26300 руб./мес., руководителя – 33664 руб./мес.

Таблица 4.10 – Расчет основной заработной платы

Исполнитель	Зтс, руб.	кпр	кр	Зм, руб	Здн, руб	Тр, раб. дн.	Зосн, руб.
Руководитель	33664	0,3	1,3	46388,99	1922,09	10,2	19605,32
Инженер	26300			36241,40	1476,01	69	101844,69
Итого:							121450,01

Дополнительная заработная плата определяется по формуле:

– для руководителя:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} = 0,12 \cdot 19605,32 = 2352,64 \text{ руб.} \quad (4.9)$$

– для инженера:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} = 0,12 \cdot 101844,69 = 12221,36 \text{ руб.} \quad (4.10)$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимаем равным 0,12).

4.3.4 Отчисление во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Отчисления во внебюджетные фонды определяется по формуле:

– для руководителя:

$$Z_{внеб} = k_{внеб}(Z_{осн} + Z_{доп}) = 0,3 \cdot (19605,32 + 2352,64) = 6587,4 \text{ руб. (4.11)}$$

– для инженера:

$$Z_{внеб} = k_{внеб}(Z_{осн} + Z_{доп}) = 0,3 \cdot (101844,69 + 12221,36) = 34219,82 \text{ руб. (4.12)}$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд ОМС и социальное страхование). Общая ставка взносов составляет в 2020 году – 30% (ст. 425, 426 НК РФ).

4.3.5 Накладные расходы

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

Таблица 4.11 – Группировка затрат по статьям

Статьи					
1	2	3	4	5	6
Амортизация	Сырье, материалы	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Итого без накладных расходов
354,42	23105	121450,01	14574	40807,22	200290,65

Величина накладных расходов определяется по формуле (4.13):

$$Z_{накл} = (\text{сумма статей } 1 \div 5) \cdot k_{нр}, \quad (4.13)$$

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

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составляется калькуляция плановой себестоимости НИ «Магнезиальные

поризованные материалы» по форме, приведенной в таблице 4.12. В таблице также представлено определение бюджета затрат двух конкурирующих научно-исследовательских проектов.

Таблица 4.12 – Группировка затрат по статьям

№	Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
		Текущий Проект	Исп.2	Исп.3	
1	Материальные затраты НИР	23105	32870	25540	Пункт 4.3.1
2	Затраты на специальное оборудование	354,42	67341	43453	Пункт 4.3.2
3	Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	121450,01	212673	243520	Пункт 4.3.3
4	Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	14574	25521	29223	Пункт 4.3.3
5	Отчисления во внебюджетные фонды	40807,22	71459	81823	Пункт 4.3.4
6	Накладные расходы	8011,63	16395	16942	Пункт 4.3.5
Бюджет затрат НИР		200302,28	426259	440501	Сумма ст. 1- 6

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

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

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получен в процессе оценки бюджета затрат трех вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный

показатель реализации технической задачи принят за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

В качестве аналогов данной НИР рассмотрены:

- 1) Газобетон;
- 2) Пенобетон.

Интегральный финансовый показатель разработки рассчитывается как:

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

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

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

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения.

Фтекущ.проект = 200302,28 руб, Фисп.1 = 426259 руб, Фисп.2 = 440501 руб.

$$I_{\text{финр}}^{\text{тек.пр.}} = \frac{\Phi_{\text{тек.пр.}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{200302,28}{440501} = 0,45$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп 2}} = \frac{\Phi_{\text{исп 2}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{426259}{440501} = 0,97$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп 3}} = \frac{\Phi_{\text{исп 3}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{440501}{440501} = 1$$

В результате расчета консолидированных финансовых показателей по трем вариантам разработки вариант 1 (текущий проект) с меньшим перевесом признан считается более приемлемым с точки зрения финансовой эффективности.

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов выполнения НИР (I_{pi}) определен путем сравнительной оценки их характеристик, распределенных с учетом весового коэффициента каждого параметра (таблица 4.13).

Таблица 4.13 – Сравнительная оценка характеристик вариантов НИР

Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Исп.2	Исп.3

Критерии				
1. Стоимость	0,15	5	5	5
2. Технологичность	0,10	4	4	3
3. Энергосбережение	0,15	5	4	4
4. Прочность	0,20	4	3	3
5. Материалоёмкость	0,15	5	5	5
6.Водостойкость	0,25	5	3	3
ИТОГО	1	4,7	3,85	3,75

Расчет интегрального показателя для разрабатываемого проекта:

$$I_{p1} = 5 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,10 + 5 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,20 + 5 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,25 = 4,7$$

$$I_{p2} = 5 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,10 + 4 \cdot 0,15 + 3 \cdot 0,20 + 5 \cdot 0,15 + 3 \cdot 0,25 = 3,85$$

$$I_{p3} = 5 \cdot 0,15 + 3 \cdot 0,10 + 4 \cdot 0,15 + 3 \cdot 0,20 + 5 \cdot 0,15 + 3 \cdot 0,25 = 3,75$$

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

$$I_{\text{исп.}i} = \frac{I_{\text{р-исп.}i}}{I_{\text{исп.}i}^{\text{финр}}} \quad (4.15)$$

$$I_{\text{исп.}1} = \frac{4,7}{0,45} = 10,45, \quad I_{\text{исп.}2} = \frac{3,85}{0,97} = 3,97, \quad I_{\text{исп.}3} = \frac{3,75}{1} = 3,75$$

Далее интегральные показатели эффективности каждого варианта НИР сравнивались с интегральными показателями эффективности других вариантов с целью определения сравнительной эффективности проекта (таблица 4.14).

Таблица 4.14 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Текущий проект	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,45	0,97	1
2	Интегральный показатель	4,7	3,85	3,75

	ресурсоэффективности разработки			
3	Интегральный показатель эффективности	10,45	3,97	3,75
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,76	0,72

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

Выводы по разделу

В результате выполнения целей раздела можно сделать следующие выводы:

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

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

3. Для оценки затрат на реализацию проекта разработан проектный бюджет, который составляет 200302,28 руб;

4. Результат оценки эффективности ИР показывает следующие выводы:

1) значение интегрального финансового показателя ИР составляет 0,45, что является показателем того, что ИР является финансово выгодной по сравнению с аналогами;

2) значение интегрального показателя ресурсоэффективности ИР составляет 4,7, по сравнению с 3,85 и 3,75;

3) значение интегрального показателя эффективности ИР составляет 10,45, по сравнению с 3,97 и 3,75, и является наиболее высоким, что означает, что техническое решение, рассматриваемое в ИР, является наиболее эффективным вариантом исполнения.

Список публикаций студента

1. Ярулина Е.А. и др. Исследование кристаллизации гидрокарбонатов магния // Химия и химическая технология в XXI веке: сборник XXII Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых, Издательство ТПУ, г. Томск, 17-20 мая 2021 г.— Томск, 2021.— С. 386.