

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

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
<b>Активация процессов гидратации и твердения нефелинового шлама</b>

УДК 66.097.6:666.924.5.015.427/.7

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Г51	Заика Александр Александрович		

Руководитель ВКР

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

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ТГАСУ	Лотов Василий Агафонович	д.т.н., профессор		

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Креницына Зоя Витальевна	к.т.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД ШБИП	Скачкова Лариса Александровна	к.т.н., доцент		

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель НОЦ Н.М. Кижнера	Краснокутская Елена Александровна	д.х.н.		

Томск – 2019 г.

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения
<i><b>Профессиональные компетенции</b></i>	
P1	Применять базовые и специальные, математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания в профессиональной деятельности
P2	Применять знания в области современных химических технологий для решения производственных задач
P3	Ставить и решать задачи производственного анализа, связанные с созданием и переработкой материалов с использованием моделирования объектов и процессов химической технологии
P4	Разрабатывать новые технологические процессы, проектировать и использовать новое оборудование химической технологии, проектировать объекты химической технологии в контексте предприятия, общества и окружающей среды
P5	Проводить теоретические и экспериментальные исследования в области современных химических технологий
P6	Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современное высокотехнологичное оборудование, обеспечивать его высокую эффективность, выводить на рынок новые материалы, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на химико-технологическом производстве, выполнять требования по защите окружающей среды
<i><b>Универсальные компетенции</b></i>	
P7	Демонстрировать знания социальных, этических и культурных аспектов профессиональной деятельности
P8	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности
P9	Активно владеть иностранным языком на уровне, позволяющем разрабатывать документацию, презентовать результаты профессиональной деятельности
P10	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, демонстрировать лидерство в инженерной деятельности и инженерном предпринимательстве, ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации

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

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

**УТВЕРЖДАЮ:**  
 Руководитель ООП

\_\_\_\_\_  
 (Подпись)    (Дата)    (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

бакалаврской работы
---------------------

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

Студенту:

Группа	ФИО
4Г51	Заика Александр Александрович

Тема работы:

Активация процессов гидратации и твердения нефелинового шлама	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>	Объектом исследования является нефелиновый шлам Ачинского глиноземного комбината. На его основе необходимо получить вяжущее вещество, которое можно использовать при изготовлении различных строительных изделий с минимальными энергетическими затратами.
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	1 Информационно – поисковый анализ 2 Цели и задачи исследования 3 Теоретический анализ 4 Экспериментальный анализ 5 Финансовый менеджмент 6 Социальная ответственность
<b>Перечень графического материала</b>	Графическое представление полученных результатов.

**Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы***(с указанием разделов)*

<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Креницына Зоя Витальевна
Социальная ответственность	Скачкова Лариса Александровна

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

**Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент	Митина Наталья Александровна	к.т.н., доцент		
Профессор ТГАСУ	Лотов Василий Агафонович	д.т.н., профессор		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
4Г51	Заика Александр Александрович		

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

Инженерная школа новых производственных технологий  
 Направление подготовки 18.03.01 «Химическая технология»  
 Уровень образования бакалавриат  
 Отделение школы (НОЦ) Н.М.Кижнера  
 Период выполнения: весенний семестр 2018 /2019 учебного года

Форма представления работы:

бакалаврская работа
---------------------

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

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

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)

**СОСТАВИЛ:**

**Руководитель ВКР**

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

**СОГЛАСОВАНО:**

**Руководитель ООП**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ревва Инна Борисовна	К.Т.Н., доцент		

## **СПИСОК ПРИНЯТЫХ СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ**

НГ – нормальная густота

## РЕФЕРАТ

Работа изложена на 85 листах, содержит 21 таблиц, 13 рисунках. Список используемой литературы включает 40 источников.

**Ключевые слова:** нефелиновый шлам, трилон-Б, каустический магnezит, твердение, активация, прочность.

**Объектом исследования является** нефелиновый шлам Ачинского глиноземного комбината.

**Цель работы** – заключается в исследовании процессов гидратации и твердения нефелинового шлама, и подбор способа их интенсификации.

**В процессе исследования проводились:** исследования процессов гидратации и твердения вяжущего на основе нефелинового шлама.

**В результате исследования:** был разработан состав шламого вяжущего, где нефелиновый шлам выступает в качестве основного компонента.

**Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики:** удельная поверхность, предел прочности при сжатии, нормальная густота.

**Степень внедрения:** лабораторные испытания.

**Область применения:** строительные материалы и изделия.

**В будущем планируется:** провести сравнительные эксперименты по улучшению технических характеристик вяжущего.

Содержание	
Введение.....	10
1 Литературный обзор .....	14
1.1 Общие сведения о нефелиновом шламе .....	14
1.1.1 Происхождение нефелинового шлама .....	15
1.1.2 Состав и свойства нефелинового шлама .....	17
1.2 Использование нефелинового шлама .....	18
1.2.1 Нефелиновый цемент.....	19
1.2.2 Нефелиновый портландцемент.....	20
2 Методы исследования и характеристика материалов .....	23
2.1 Характеристика исходных материалов.....	23
2.1.1 Нефелиновый шлам .....	23
2.1.2 Трилон Б.....	25
2.1.3 Каустический магнезит.....	26
2.2 Методы и методики исследования .....	26
2.2.1 Определение дисперсности.....	27
2.2.2 Рентгенофазовый анализ нефелинового шлама.....	30
2.2.3 Термические методы исследования нефелинового шлама.....	32
2.2.4 Определение водотвердого отношения образцов.....	35
2.2.5 Приготовление образцов .....	37
2.2.6 Определение прочности образцов при сжатии .....	37
3 Экспериментальная часть.....	40
3.1 Образцы составов нефелинового шлама и других компонентов.....	40
4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	45
Введение.....	45
4.1 Потенциальные потребители результатов исследования .....	45
4.2 SWOT анализ .....	47
4.3. Планирование научно-исследовательских работ.....	50
4.3.1. Структура работ в рамках научного исследования .....	50
4.3.2. Определенение трудоемкости выполнения работ .....	51
4.3.3. Разработка графика проведения научного исследовани .....	52
4.4. Бюджет научно-технического исследования .....	58

4.4.1 Расчет материальных затрат НТИ .....	58
4.4.2. Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ .....	59
4.4.3 Основная заработная плата исполнителей темы.....	61
4.4.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления) .....	62
4.4.5 Накладные расходы.....	63
4.4.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта ...	63
4.5 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	64
5. Социальная ответственность .....	66
5.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	68
5.1.1. Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства .....	68
5.1.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны .....	69
5.2. Анализ вредных и опасных производственных факторов .....	70
5.2.1. Микроклимат .....	72
5.2.2. Освещенность .....	73
5.2.3. Шум .....	73
5.2.4. Вибрация .....	74
5.2.5. Электробезопасность .....	75
5.2.6. Статическое электричество .....	75
5.2.7. Средства индивидуальной и коллективной защиты.....	76
5.3. Экологическая безопасность.....	77
5.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	77
Заключение .....	81
Список литературы: .....	82

## Введение

В мире существует большое количество технологических производств. После производства каждого целевого продукта существует несколько видов отходов: используемые, неиспользуемые, безвозвратные отходы и побочные продукты. [1] Государство, как и сами производители, должно заниматься разработкой и развитием ресурсоэффективных технологий, а наука должна подстраиваться под актуальность сегодняшнего времени. В течении 20 века активно изучали возможность использования техногенных отходов и были сделаны успешные шаги: использование доменных шлаков в композиционных материалах в качестве наполнителя, золы ГРЭС в качестве минеральной добавки при изготовлении бетонных и железобетонных изделий.[2]

Ачинский глиноземный комбинат один из крупных производителей глинозёма в России. Основным сырьём для производства глинозема является нефелин, алюмосиликат калия и натрия, а побочным техногенным продуктом – нефелиновый шлам. Большую часть нефелинового шлама, как второстепенный отход, складировуют на шламовом поле или отправляют для намыва дамб. Именно поэтому в г.Ачинске на территории Ачинского глиноземного комбината стоит острый вопрос о дальнейшей утилизации шлама с шламовых полей. На шламовых полях по оценкам свалено около 120 млн. тонн нефелиновых шламов, которые образуют горы колоссальных размеров, за год объем шлама на горах увеличивается на 4 млн. тонн.

Сегодня использование нефелинового шлама происходит в качестве второстепенного компонента. После тепловой обработки возможно использование нефелинового шлама для производства керамического кирпича, огнеупоров, композиционных материалов, портландцемента и т.п. Но происходит это после тепловой обработки, в основном высокотермической, что является энергозатратно. Если говорить о менее затратных способах использования нефелинового шлама то это заполнение пустот в шахтных и горных выработках и укрепление грунтов и создание монолитного основания дороги, он лучше цементобетона, обладает

способностью омоноличиваться и твердеть. [7]

Несмотря на применение нефелинового шлама в различных сферах, от производства вяжущих веществ до грунтования дорог [8], всё еще стоит вопрос об утилизации отвалов нефелинового шлама с шламовых полей Ачинского глиноземного комбината.

Нефелиновый шлам по химическому составу находится между доменным шламом и портландцементным клинкером, а его химический состав зависит от технологических условий производства и находится в пределах: 31,0% SiO<sub>2</sub>; 5,0% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 5,5% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 58,0% CaO; 2,2% MgO; 3,0% R<sub>2</sub>O; п. п. п. 5,5%. Кроме растворимых щелочей около 0,5% в виде карбоната, гидроксида и алюмината натрия, нефелиновый шлам не имеет водорастворимых соединений. Так же отсутствие органических соединений, дает возможность использовать нефелиновый шлам в качестве основного продукта для приготовления растворов и бетонов в составе вяжущего вещества. [5]

Химический состав нефелинового шлама дает устойчивость к возможным агрессивным средам: слабым растворам щелочей, минерализованным водам и растворам некоторых солей.

Нефелиновый шлам может использоваться для производства нового вида вяжущего материала, как и всё сырье богатое белитом, обладающее вяжущими свойствами. Для быстрого образования твердого искусственного камня нужно активировать нефелиновый шлам, который в обычных условиях медленно активный. В качестве добавок к нефелиновому шламу можно использовать трилон-Б и прокаленный магнезит, они резко повышают гидравлическую активность и прочность экспериментальных образцов.

Калашников А.Ю. утверждает что сам нефелиновый шлам практически не обладает свойствами вяжущих веществ.

Выщелачивание глинозема происходят в автоклавах, в дальнейшем через гидрошламоудалитель нефелиновый шлам, имеющий высокую дисперсность, поступает в разгрузочный склад. При этом частично гидратирующиеся продукты покрывают тонкой пленкой зерно, что мешает

интенсивному проникновению воды к ядру зерна. Наравне с этим образуются неактивные соединения гидрогранатов, в результате выщелачивания.

Эффективным способом разрушения гидрационной пленки является механический тонкий помол и сушка нефелинового шлама, после этих процессов нефелиновый шлам приближается по своим свойствам к вяжущим на основе цемента.

При атмосферных условиях твердение нефелинового шлама не происходит без активаторов и не приводит к образованию прочного искусственного камня в короткие сроки. Но когда отсутствует ограничение времени и нет большой надобности в прочности искусственного камня, процесс твердения практически реализуем.

Данная работа посвящена исследованию и активации процессов гидратации нефелинового шлама. Актуальность заключается в использовании нефелинового шлама как основного компонента, без добавления цемента и извести. Образцы будут твердеть в воздушно-влажной среде, без применения автоклавирования.

Научная новизна данной работы:

1. Установлено что нефелиновый шлам при добавлении к нему трилона-Б и каустического магнезита способен к гидравлическому твердению.
2. Проведенные анализы образцов подтверждает образование низкоосновных гидросиликатов кальция в ходе реакции белитового компонента нефелинового шлама с трилоном-Б и каустическим магнезитом.
3. Установлено, что при взаимодействии белитового компонента с трилоном-Б и прокаленным магнезитом происходит связывание свободных ионов натрия в гиролитоподобное соединение  $\text{Na}_2\text{Ca}[\text{Si}_4\text{O}_{10}] \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ .

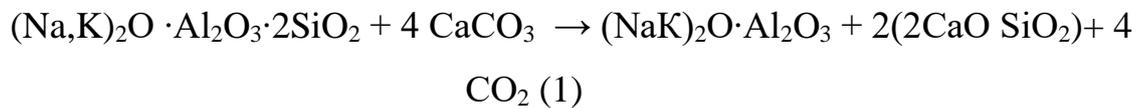
Практическая ценность работы:

1. Разработан состав вяжущего, где нефелиновый шлак является основным компонентом. Материалы, изготовленные на основе данного вяжущего имеют высокие прочностные характеристики.
2. На основе данного шламо-щелочного вяжущего, варьируя вид заполнителя, возможно производство как конструкционных, так и теплоизоляционных материалов.
3. Данная технология позволит утилизировать большие объемы шлама, а также экономить природные ресурсы, снизить расход технологического топлива, улучшить экологическую обстановку в регионе.

# 1 Литературный обзор

## 1.1 Общие сведения о нефелиновом шламе

Нефелиновый шлам является продуктом выщелачивания нефелиноизвестковых спеков, образовавшихся по реакции:



Шихту составляют из двух компонентов – нефелина и известняка, при условии что щелочи достаточно для связывания глинозема в алюминаты натрия и калия. Если же щелочей недостаточно в шихте для образования и получения в требуемых соотношений целевых продуктов, то вводят оборотный содопоташный раствор.

Мольные соотношения компонентов в шихте, для правильного получения спеков:



В процессе спекообразования кремнезем связывается в нерастворимое в воде соединение – двухкальциевый силикат, а другие компоненты руды – натрий, калий, алюминий и железо образуют растворимые в воде соединения – условно  $\text{NaAlO}_2$ ,  $\text{KAlO}_2$  и  $\text{NaFeO}_2$ . Теоретически нефелиновый шлам должен состоять только из двухкальцевого силиката, но на практике состав нефелинового шлама не превышает 90%, а иногда и 80%, двухкальцевого силиката.

При спекании шихты двухкальциевый силикат не формируется в виде чистого  $\text{Ca}_2\text{SiO}_4(2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2)$ , а в виде фазы белита - твердого раствора переменного состава со структурой  $\beta - \text{C}_2\text{S}$  (иногда и  $\alpha - \text{C}_2\text{S}$ ), в кристаллической решетке которого размещено значительное количество второстепенных и примесных компонентов –  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и др. [6]

Второстепенные компоненты образуются в связи с наличием примесей в шихте, побочных реакций и в связи с неполным выходом продуктов целевой реакции. Так оксид железа (примесь в нефелине) превращается в феррит

натрия, а затем вследствие гидролиза в гидроксид железа, так же за счет взаимодействия феррита натрия и гидроксида кальция получается гидроферрит кальция. В связи с неполным выщелачиванием или плохой отмывки шлама остаются алюминаты щелочей.

Можно сделать вывод что нефелиновый шлам содержит в себе как водорастворимые соединения, так и не растворимые в воде. Водорастворимые соединения представлены достаточно узким списком – алюминаты щелочей, при сушке эти соединения могут кристаллизоваться в виде моноалюмината или гидроалюмината. Водонерастворимые соединения – гидроксид железа, феррит натрия, феррит кальция, гидроферрит кальция, двухкальциевый силикат и др. [3]

### 1.1.1 Происхождение нефелинового шлама

Как уже было сказано нефелиновый шлам это побочный продукт выщелачивания нефелина. Нефелин получается как отход при добыче апатитовой руды. Кристаллическая структура нефелина принадлежит к типу тримидита – каркас образуют искаженные 6-членные кольца из тетраэдров  $\text{SiO}_4$  и  $\text{Al}_4\text{O}$ , связанных между собой вершинами, а в пустотах каркаса находятся ионы щелочных металлов. [4]

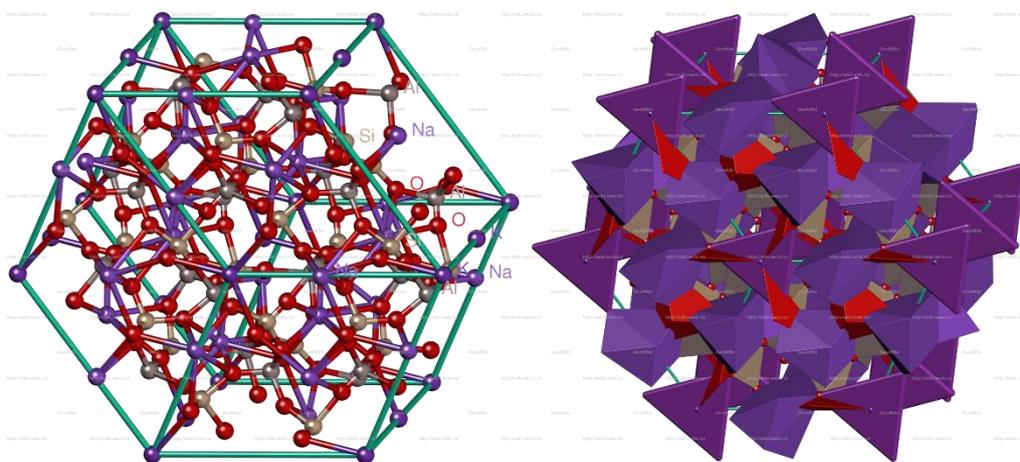


Рис. 1.1.1. Кристаллическая структура [нефелина](#) –  $\text{Na}_3\text{KAl}_4\text{Si}_4\text{O}_{16}$ . [9]

В 1929 г. началась крупная добыча апатитовой руды на Хибинском

месторождении. На Хибинском месторождении существует 3 вида апатита – пятнистой, полосчатой и брекчиевидной (очковой).

Таблица 1.1.1. Содержание апатита и нефелина в различных видах апатитовой руды [10]

Разновидность апатита	Апатит,%	Нефелин,%	Другие минералы,%
Пятнистый	70-75	15-20	5-15
Полосчатый	49-60	25-35	20-25
Брекчиевидный(очковый)	45-60		

Как видно из таблицы 1.1.1. нефелин занимает второе место по содержанию в апатито-нефелиновых рудах после апатита. Перед использованием руды её обогащают, в процессе обогащения такой руды получается целевой продукт – апатитовый концентрат и хвосты – отходы от обогащения руды. По данным А.В. Шебловкинского хвосты имеют следующий минералогический состав: нефелин 65-75%, роговая обманка 5-6%, апатит 6-10%, слюда 1-3%, титаномагнетит 2%, эгирин 5-7%, магнетит 0,5-1%. В дальнейшем из хвостов путем флотации получают тонкий порошок очищенный от фосфорного ангидрида и частично от железосодержащих минералов – нефелиновый концентрат.

В 1932г. А.Е.Ферсман наметил 23 технологических процесса, в которых можно использовать нефелиновый шлам. В 1931г. В.И.Владавец предложил использовать нефелин для получения оксида алюминия. В 1931 году так же были проведены первые опыты по возможному использованию нефелинового шлама для производства вяжущих веществ. П.И. Боженков в середине 1931 г. начал систематическое изучение шлама, а в 1932-1934 году было предложена технология производства нового вяжущего вещества – нефелинового цемента.



широкой сфере силикатной промышленности: в составе сырьевых смесей (при снижении основности шихты до 1 и ниже) для производства стекла, в составе портландцементных сырьевых смесей в качестве «кислого» компонента (при повышении основности до 3). Обусловлено это кальциево-кремнеземистым составом. [5]

Отсутствие водорастворимых соединений, кроме небольшого количества (~0,5%) растворимых щелочей, в основном в виде карбоната, гидроксида и алюмината натрия, дает возможность использовать нефелиновый шлак для приготовления бетонных растворов, как в составе вяжущего вещества, так и в качестве заполнителя.

Таблица 1.1.2. Состав портландцементного клинкера, доменного шлака и нефелинового шлама [11] [6] [2]

	Портландцементный клинкер	Доменный шлак	Нефелиновый шлак
CaO	63-67	35-45	50-58
SiO <sub>2</sub>	21-24	35-45	24-31
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4-7	8-7,5	2-5
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2-4	0,2-1	2-5.5

## 1.2 Использование нефелинового шлама

Одним из способов повышения рентабельности производства является полное использование как сырьевых компонентов так и отходов производства. Разработка и внедрение безотходных технологий с максимальной переработкой второстепенных продуктов производства внедряется повсеместно.

Начиная с 1931 г. В.А.Кинд и П.И.Боженев начали изучение свойств нефелинового шлама, и возможности использования его для производства вяжущих веществ. В первую очередь было установлено что нефелиновый шлак по химическому составу близок к портландцементу (CaO – 52-55 %, SiO<sub>2</sub>

- 24-30%) и состоит в основном из двухкальциевого силиката ( $75 - 85\% \beta - C_2S$ ). В небольших количествах присутствуют алюмосиликаты натрия и кальция, ферриты кальция, углекислый кальций, водные оксиды железа и другие компоненты. Химико-минералогический состав позволил утверждать об использовании нефелинового шлама в качестве сырья для производства портландцемента. В трудах П.И. Боженова было выдвинуто утверждение об изменении технологического процесса при производстве оксида алюминия, для эффективной переработки нефелинового шлама в портландцемент. [6]

Систематическое исследование нефелинового шлама показало возможность его применения как сырья для производства портландцемента, силикатного кирпича, волластонита и нового вяжущего «нефелинового цемента». Было доказано, что нефелиновый шлам так же и является цементом автоклавного твердения. Были выявлены другие свойства применения такого отхода производства, например тампонирование высокотемпературных скважин, производство литейных форм и др. [7]

### **1.2.1 Нефелиновый цемент**

Процессы твердения нефелинового шлама имеют специфический характер. Специально приготовленные образцы могут иметь характеристики не хуже чем у обычного портландцемента, но различными опытами было доказано что чистый нефелиновый шлам обладает меньшей активностью чем обычный портландцемент. При нормальном твердении предел прочности лежит в пределах  $5 - 120 \text{ кг/см}^2$ , а при автоклавном  $250 - 350 \text{ кг/см}^2$ .

Для того чтобы предпринимать меры по улучшению показательных свойств, нужно было выяснить причины колебания активности и как их устранить. Изучение велось по трем направлениям:

- влияние различных добавок-активизаторов;
- влияние условий твердения;
- технология производства нового вяжущего вещества -

нефелинового цемента.

Технология производства нового вяжущего вещества из нефелинового шлама – нефелинового цемента, преуспело. С помощью добавления извести, портландцемента, гипса удалось повысить сравнительно небольшую активность, гидрофобность, и прочность нефелинового шлама. При автоклавной обработки при 8 атм удалось получить материалы высокого качества. Использование возможно для изделий методом гидротермальной обработки. Повышение прочности нефелинового цемента при запарке объясняется большой глубиной гидратации двухкальциевого силиката. При повышении давления до 15-25 атм. можно получить более высокопрочные изделия из нефелинового цемента и сократить время запарки.

Нефелиновый цемент является продуктом совместного помола предварительно измельченных: нефелинового шлама – 80 - 85%, извести или другого активизатора, например портландцемента – 15 – 20% и гипса – 4 – 7%. Нефелиновый шлам должен начинать схватывание не раньше 45 минут, а конец – не позднее 6 часов после затворения. Степень помола должна достигать менее 1% на сите №02 и не более 10% на сите №008. Существуют следующие марки – М100, М150, М200 и М250. [12]

### **1.2.2 Нефелиновый портландцемент**

Уникальный химический и минералогический состав позволяет использовать нефелиновый шлам как сырьевой компонента и минеральную добавку в производстве портландцемента и смешанных цементов.

Для получения типичного портландцемента из нефелинового шлама составляют сырьевую шихту в пропорциях: 41% нефелинового шлама, 53% известняка, 4,5% боксита и 1,5% пиритных огарков. При введении таких минерализаторов как  $\text{CaF}_2$  и  $\text{CaSO}_3$  в составе шихты могут быть введены два компонента в равных пропорциях: нефелиновый шлам и известняк.

Сырьевую смесь при использовании нефелинового шлама получают мокрым измельчением компонентов, с последующих корректирование

химического состава. Смесь в сырьевом бассейне должна всегда перемещиваться, чтобы не допустить осадка твердой фазы.

Применение нефелинового шлама в качестве основного компонента имеет большой ряд преимуществ:

- Существенное уменьшение удельного расхода тепла при клинкерообразовании, из-за уменьшения тепловых затрат на карбонизацию и снижение влажности шлама на 7-8%;
- повышение производительности вращающихся печей, вследствие увеличения выхода из 1 т сырьевой смеси. Если для обычной портландцементной сырьевой смеси расход ее на 1 т клинкера — 1,55—1,60, а выход клинкера — 0,62—0,64 т, то для сырьевой смеси на основе нефелинового шлама, расход на 1 т продукта — 1,25—1,30 т, а выход клинкера из 1 т смеси — 0,75—0,80 т. Производительность печей повышается на 22-28%.

Существуют так же сложности при производстве нефелинового портландцемента:

- склонность к снижению текчести, из-за гидратации содержащемся в нём двухкальциевого силиката;
- повышенная осаждаемость сырьевых цементных шламов, вследствие большой плотности нефелинового шлама (3,0 - 3,1 г/см<sup>3</sup>).

Если же нефелиновый шлам использовать как минеральную добавку в цементе, то содержание в нём щелочей не должно превышать 2,5%, с учетом водорастворимых соединений не более 0,5%. Стоит отметить что введение большого процентного содержания нефелинового шлама 50-70% снижает марочную прочность на 20-50%, но замена до 15% клинкера не снижает существенно его прочность.

Усилиями специалистов Ачинского глиноземного комбината и ведущих научных учреждений страны была освоена уникальная технология производства цемента на основе нефелинового шлама. Нефелиновый шлам

применяется в качестве сырьевого компонента и как добавка при помоле цемента.

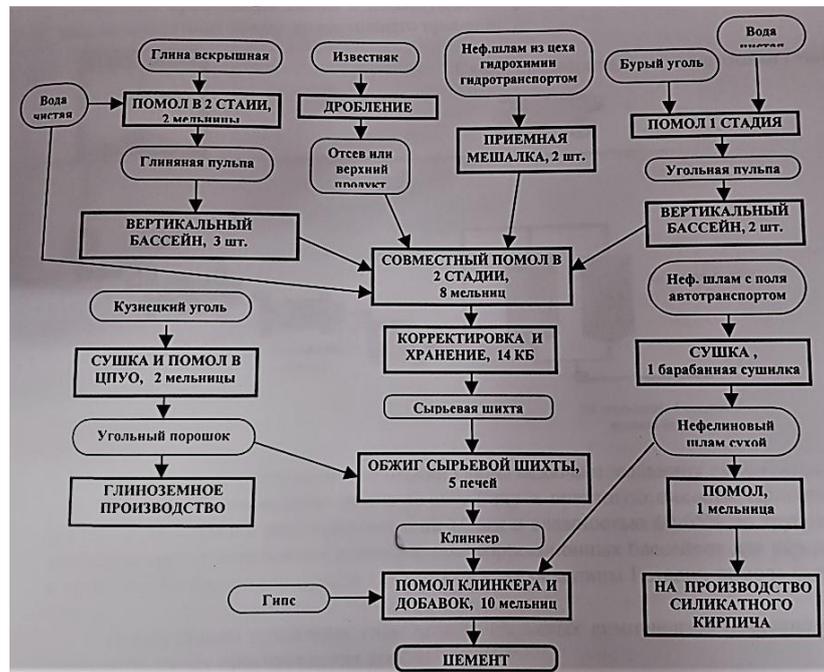


Рис. 1.2.2. Принципиальная технологическая схема производства цемента[13]

Бетоны на смешанных нефелиновых цементах в возрасте 180 суток достигают прочности бетонов на портландцементе, а иногда и превышают её. При этом они отличаются более высоким соотношением между прочностями на растяжение и сжатие. Смешанные нефелиновые бетоны низкотермичны, и применяются для массивных бетонных конструкций. При 50%-ном содержании шлама тепловой эффект снижается на 20-30% в возрасте 1-7 суток.[13]

## **2 Методы исследования и характеристика материалов**

Для решения поставленных задач, включая комплексное исследование различных по природе и свойствам сырьевых материалов и свойств получаемых материалов, требует привлечения широкого спектра физико – химических методов анализа. В работе применяются общепринятые методы и методики проведения лабораторных испытаний силикатных материалов.

### **2.1 Характеристика исходных материалов**

#### **2.1.1 Нефелиновый шлам**

В ходе исследования основным компонентом являлся нефелиновый шлам с Ачинского глиноземного комбината. На 2000 год Ачинский глиноземный комбинат выделял 5,5 – 6,5 млн. тонн нефелинового шлама, вследствие такого большого производства отходов сформировались Ачинские шламовые поля.

По внешнему виду нефелиновый шлам выглядит как песок мелкой фракции, имеет буро-коричневый оттенок. При долгом слеживании омоноличивается и покрывается белым «налетом».

Размер частиц от 0,05 мм до 2,5 мм, по ГОСТ 8736-2014 «Песок для строительства» можно охарактеризовать нефелиновый шлам как «очень мелкий», «мелкий» и «средний». Вследствие этого нефелиновый шлам имеет перспективное использование в качестве заполнителя в бетонах и теплоизоляционных материалах.

Чистый нефелиновый шлам состоит на 70-80% из двухкальциевого силиката в  $\beta$  и  $\alpha$  модификациях. В качестве примесей присутствуют силикаты, гидроалюминаты, карбонаты и др. В таблице № представлен химический состав нефелинового шлама.

Таблица 2.1.1. – Химический состав нефелинового шлама

Нефелиновый шлам	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	Другие	Σ
Пересчет на прокал. в-во	30,30	4,23	1,96	55,05	1,44	2,27	0,93	4,17	100

На рисунке 2.1.1.1. представлена дифференциальная кривая нагрева нефелинового шлама до 700°С.

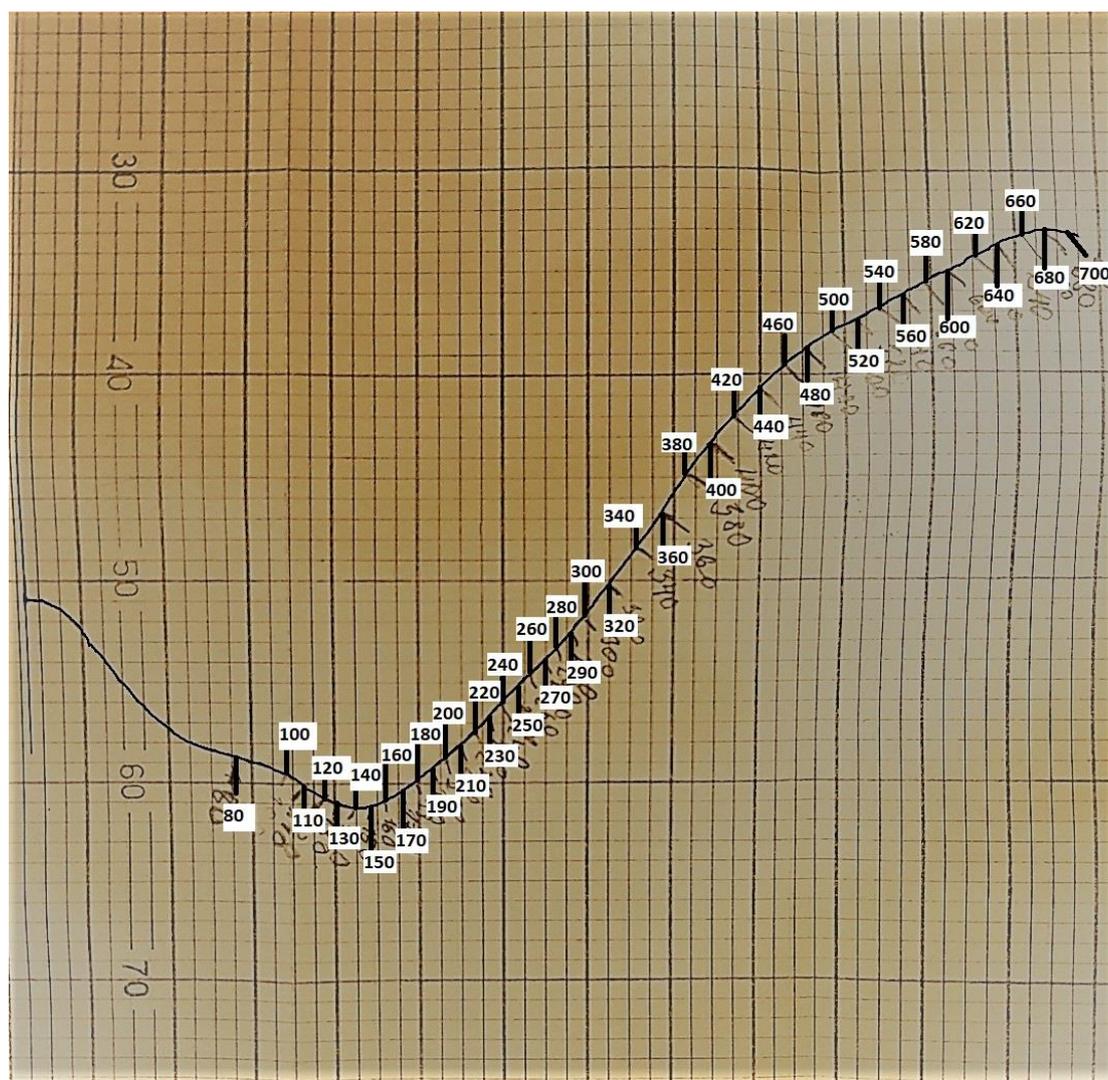
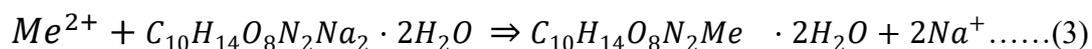


Рис. 2.1.1.1. Дифференциальная кривая нагрева нефелинового шлама до 700°С.

При 110-120°С происходит удаление адсорбционной влаги это эндотермический эффект, поэтому кривая резко идет вниз относительно нулевой точки. От 115 начинается экзотермическое превращение тридимита из α<sub>1</sub> в β<sub>1</sub> поэтому линия становится более полой, выше 140 накладывается



Используется в аналитической химии для комплексометрического анализа из-за своего свойства образовывать прочные растворимые в воде соединения со многими металлами:



### 2.1.3 Каустический магнезит

Каустическим магнезитом называют порошок, состоящий из оксида магния и получаемый тонким помолом прокаленного магнезита при 700-800 °С.

Сырьем для получения каустического магнезита служит горная порода – магнезит, состоящая преимущественно из углекислой соли магния ( $MgCO_3$ ) в кристаллическом или аморфном состоянии. При обжиге  $MgCO_3 = MgO + CO_2$ , разложение начинается при 400°С но протекает достаточно полно при 600-650°С (целевым продуктом обжига является MgO).

Обжиг происходит в шахтных печах с выносными топками или во вращающихся печах. Нормально обожжённый каустический магнезит имеет плотность 3,1-3,4 г/см<sup>3</sup>, если его пережечь, то образуется периклаз с плотностью 3,7 г/см<sup>3</sup>, неактивный элемент, который повышает его плотность выше 3,4 г/см<sup>3</sup>, при недожоге плотность ниже 3,1 г/см<sup>3</sup>.

Помол осуществляется после обжига в мельницах, до остатка на сите №02 не более 5% и не более 25% на сите №008.

Затворять магнезит следует разбавленным раствором хлористых или серных солей магния, в этом случае повышается скорость взаимодействия оксида с водой. При затворении же обычной водой, активность каустического магнезита мала, твердеет медленно и не набирает большой прочности. [14]

## 2.2 Методы и методики исследования

### 2.2.1 Определение дисперсности

Во многих отраслях промышленности в процессе производства большого количества твердых материалов требуется переработка в тонкодисперсный порошок. Для повышения скорости химической реакции в ряде случаев необходимо повышать удельную поверхность. При этом наряду с совершенствованием и улучшением существующих производственных процессов возникает возможность получения качественно новых свойств, которые невозможны без тонкого измельчения.

В цементном производстве огромное значение имеет дисперсность, или по другому тонкость помола. Но стоит отметить что более крупная дисперсность обеспечивает хорошие показатели в цементной промышленности, до определенного значения. Дальнейшее ухудшение связано с увеличением водопотребности.

М.Венюа предложил определенные правила относительно тонкости помола цемента:

- Чем тоньше размолот цемент, тем короче сроки схватывания и трещинообразования;
- Чем больше мелких фракций в цементе (при одинаковом В/Ц), тем меньше растекаемость;
- С увеличением тонкости помола цемента уменьшается водоотделение;
- С увеличением размера цементных зерен увеличивается капиллярная адсорбция;
- Усадка образцов всех возрастов возрастает пропорционально росту удельной поверхности;
- Грубо измельченные цементы наиболее морозоустойчивы.

[15]

Для определения тонкости помола и дисперсности можно использовать два основных метода:

- Просеивание через сито с квадратной сеткой №008 (ГОСТ 3584), где тонкость помола определяется по остатку на сите в процентах к первоначальной массе пробы;
- Определение удельной поверхности методом воздухопроницаемости.

Второй метод хоть и сложнее, но более предпочтительней, так как дает точное значение о поверхности зерен цемента  $\text{см}^2/\text{г}$  и не зависит от гранулометрического состава. Первый же метод только указывает на содержание мелких фракций, но не дает большого значения о дисперсности, разве что большую границу возможной удельной поверхности. [16]

Для определения  $S_{\text{уд}}$  используется прибор Товарова, в котором постоянство расхода воздуха, просасываемого через слой порошка, поддерживается при помощи склянки Мариотта (делительной воронки), из которой вода через наконечник с краном сливается в мерный стаканчик. Перепад давления воздуха в слое измеряется при помощи одноколейного манометра с резервуаром, в который заливается подкрашенная вода. При стационарном режиме течения воздуха через слой порошка уровень жидкости в трубке манометра должен оставаться постоянным. Склянка Мариотта соединена резиновой трубкой со штуцером измерительной кюветы. Температура воздуха измеряется термометром. Кювета представляет собой металлическую гильзу с поперечным сечением  $4,91 \text{ см}^2$ , разделенную опорной решеткой на нижнюю и верхнюю камеры. Над решеткой располагается слой испытуемого порошка, который уплотняется плунжером с центральным каналом и отверстиями в нижней части. Высота слоя контролируется и измеряется по шкале на поверхности гильзы при помощи нониуса, укрепленного на плунжере.

Перед проведением определения заполняют сосуд Мариотта водой и закрывают резиновой пробкой. Проверяют герметичность прибора. Если все соединения герметичны, то при открытии крана из сосуда вытечет небольшой объем воды, равный объему воздуха в системе.

Вырезают из неплотной фильтровальной бумаги кружки диаметром 25 мм, один кружок кладут на перфорированное дно (решетку). Величину навески порошка определяют по формуле:

$$G = \rho_{и} \cdot V (1 - \Pi), \text{ г} \quad (4)$$

или

$$G \approx 3,33 \cdot \rho_{и}, \text{ г} \quad (5)$$

где  $\rho_{и}$  – истинная плотность, г/см<sup>3</sup>;

$V$  – объем слоя материала в гильзе, см<sup>3</sup>;

$\Pi$  – пористость слоя в долях единицы;  $\Pi = 0,48 - 0,52$

Пробу исследуемого порошка предварительно высушивают при температуре 105–110°C, разрушают комочки и берут навеску на технических весах с точностью до 0,01 г. Ориентировочно, масса навески составляет 10–13 г. Навеску помещают в гильзу, накрывают вторым кружком фильтровальной бумаги, вставляют плунжер в гильзу и уплотняют слой нажатием руки так, чтобы высота слоя порошка в гильзе была равной 1,5–1,8 см. Высоту уплотненного слоя измеряют с точностью до 0,1 мм и записывают. Затем штуцер гильзы присоединяют к резиновой трубке измерительной части установки.

Открывают кран сосуда с водой и первые 10–15 мл воды не учитывают. После того, как течение воды установится, включают секундомер и определяют время набора определенного объема воды в мерном стакане.

Величину удельной поверхности определяют по формуле:

$$Sm = \frac{14}{\rho_{и}} \cdot \sqrt{\frac{1}{\mu_{в}}} \cdot \sqrt{\frac{\Pi^2 \cdot F \cdot \Delta P}{\left(\frac{V_{ж}}{\tau}\right) \cdot (1 - \Pi)^2 \cdot h}} \quad (6)$$

где  $\rho_{и}$  – истинная плотность, г/см<sup>3</sup>;

$\Pi$  – пористость слоя в долях единицы;

$\Pi = 1 - K_{т}$ ;

$$K_{т} = \rho_{\text{слоя}} / \rho_{и} \quad (7)$$

$$\rho_{\text{слоя}} = \frac{G}{h \cdot F}, \text{ см}^2 / \text{г} \quad (8)$$

$\Delta P$  – гидравлическое сопротивление слоя, см. вод. ст.;

$V_{\text{ж}}$  – объем жидкости, набираемой в мерный стакан, см<sup>3</sup> (мл);

$\tilde{t}$  – время фильтрации воздуха, равное времени истечения воды, с

$F$  – площадь поперечного сечения слоя материала в гильзе, см<sup>3</sup>,

$F = 4,91 \text{ см}^2$ ;

$\mu_{\text{в}}$  – вязкость воздуха, пуаз. [17]

### 2.2.2 Рентгенофазовый анализ нефелинового шлама

Под рентгеновскими методами анализа следует понимать совокупность различных методов исследования, в которых используется рентгеновское излучение – поперечные электромагнитные колебания с длиной волны  $10^{-2}$  -  $10^2 \text{ \AA}$ .

Рентгенофазовый анализ является универсальным и наиболее совершенным методом исследования различных по природе материалов, позволяющий определить не только качественный и количественный состав, но и определить строение кристаллической решетки индивидуальных минералов и соединений. Кристаллы каждого химического соединения дают сугубо индивидуальную рентгенограмму с характерными значениями межплоскостных расстояний и определенной интенсивностью соответствующих отражений.

Съемка рентгенограмм производится с помощью дифрактометра – прибора, регистрирующего дифракционную картинку с помощью счетчиков рентгеновских квантов лучей. На рис 2.2.2. представлена схема дифрактометрической съемки плоского образца

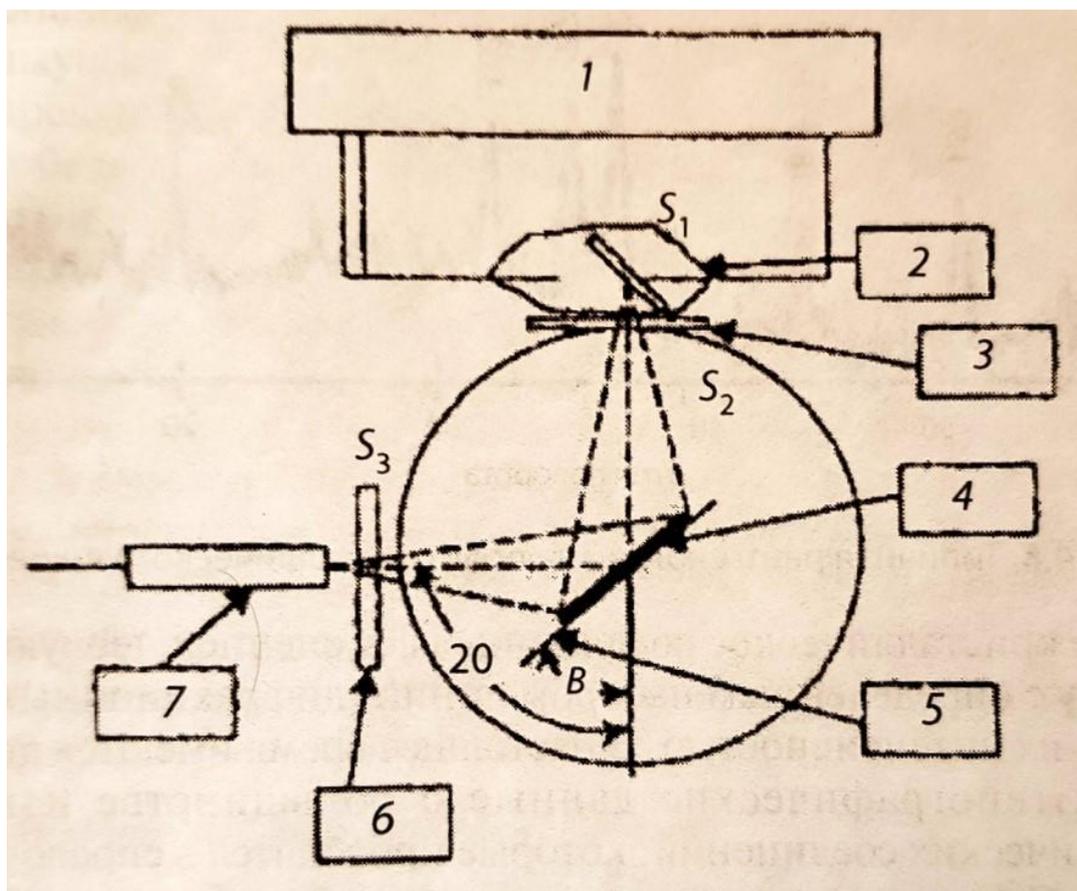


Рис. 2.2.2. Схема дифрактометрической съемки плоского образца  
 1 – генератор рентгеновских лучей; 2 – рентгеновская трубка; 3 –  
 диафрагма первичного рентгеновских лучей; 4 – исследуемый образец; 5 –  
 диафрагма дифрагированного рентгеновского луча; 6 – счетчик  
 рентгеновских квантов; 7 – самописец.

Принцип работы дифрактометра заключается в следующем. Расходящийся пучок рентгеновских лучей, пройдя ограничительные щели  $S_1$  и  $S_2$ , дифрагирует от плоскости образца 4 и фокусируется на входной щели  $S_3$  счетчика рентгеновских квантов. Фокус рентгеновской трубки 2, плоскость образца 4 и входная щель счетчика 6 находится на одной окружности радиуса  $R$ , расположенной в горизонтальной плоскости. Показания счетчика регистрируются на диаграммной ленте самописца 7, которая движется синхронно с вращением счетчика 6.

Как уже говорилось существует качественный и количественный методы рентгеннофазового анализа.

С помощью первого метода определяют природу кристаллической

фазы в исследуемом веществе. Анализ основан на том что каждый кристалл химического соединения дают сугубо индивидуальную рентгенограмму с характерными значениями межплоскостных расстояний и определенной интенсивностью соответствующих отражений.

Количественный анализ, перед которым стоит задача определить количественное содержание отдельных фаз в многофазовых поликристаллических материалах, основан на зависимости интенсивности определяемых дифракционных максимумов. Чем больше содержание той или иной фазы тем больше отражение её интенсивности.

Перед тем чтобы начать рентгенофазовый анализ, исследуемый материал нужно подготовить. Следует полностью высушить образец, затем измельчить в агатовой ступке агатовым пестиком до свободного прохождения через сито №0063.

Перед проведением опыта полученный порошкообразный материал запрессовывают в специальную кювету и помещают в держатель рентгеновского дифрактометра.

Полученную дифракционную картину расшифровывают по справочным данным. [16]

### **2.2.3 Термические методы исследования нефелинового шлама**

Одни из наиболее распространенных и доступных методов анализа – термические методы. Под термическими методами следует понимать как нагревание так и охлаждение исследуемого вещества. Вследствие того или иного вида термического нагревания в исследуемом веществе происходят изменения их свойств. Существует очень много видов таких анализов, но в данной работе применялся дифференциально-термический.

Дифференциально термический анализ очень часто используется при исследовании силикатных материалов, так как те в свою очередь всегда

подвергаются попеременному нагреванию и охлаждению. ДТА (дифференциально-термический анализ) позволяет исследовать изменения в поликристаллическом веществе как фазовые превращения так и химические реакции, по термическим эффектам, протекающим с физико-химическими изменениями.

Метод основан на сравнении термических свойств исследуемого образца и термически инертным веществом, принятым в качестве эталона. Регистрируемым параметром служит разность температур между этими веществами, измеряемая в процессе нагревания или охлаждения с постоянной скоростью.

Как говорилось ранее, при проведении ДТА возникают различные тепловые эффекты. Они регистрируются на диаграмме в виде кривых, диаграмма имеет две оси координат: ось абсцисс – температура окружающей среды ( $T$ , °C), ось ординат – разность температур между образцом исследуемого вещества и термическим эталоном ( $\Delta T = T_{\text{обр}} - T_{\text{эт}}$ ). Зарегистрированная кривая называется кривой дифференциально-термического анализа, рис №.

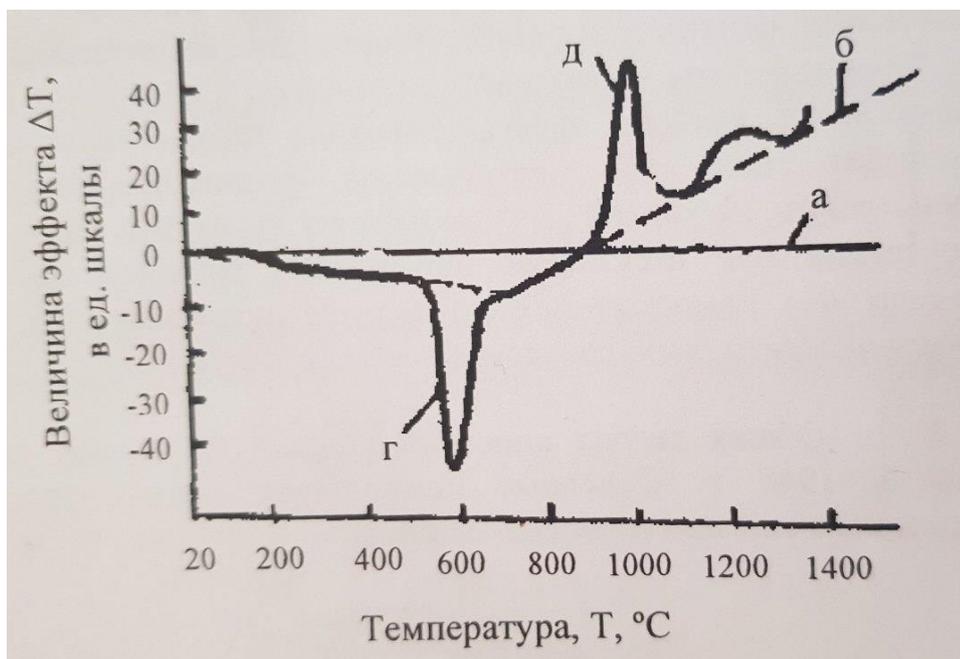


Рис2.2.3.2. Дифференциальная кривая нагревания каолинита  
а – нулевая линия; б – базовая линия; г – эндотермический эффект; д –

экзотермический эффект.

Исследуемое вещество может не испытывать никаких термических превращений тогда на кривой дифференциального термического анализа это будет регистрироваться как прямая, то есть разность температур между образцом исследуемого вещества и образцом эталона. При отличии от эталона какими-либо теплофизическими свойствами на диаграмме возникает отклонение от прямой в виде кривой, вверх или вниз. Отклонения связаны с физико-химическими превращениями. Если превращение носит эндотермический эффект то происходит поглощение тепла и на кривой это регистрируется как отклонение вниз, при экзотермическом эффекте происходит выделение тепла и отклонение от кривой вверх.

Перед началом исследования следует подготовить образец исследуемого вещества и образец инертно термического вещества, эталона.

Среднюю пробу образца исследуемого вещества следует истереть в агатовой ступке агатовым пестиком до свободного прохождения через сито №0043. Рассчитать скорость нагрева. Затем поместить исследуемое вещество в тигель, чтобы спай термопары находился в середине слоя исследуемого вещества. Выровнять высоту слоя эталона над спаем термопары так, чтобы она была равной высоте слоя исследуемого вещества. Стоит отметить что следует использовать одинаковые тигли и по форме и по веществу, из которого они сделаны. Поместить оба тигля в контейнер аппарата над спаем дифференциальной термопары. Регулировать температуру в электропечи следует по показаниям термопары, которая установлена в тигле с эталоном.

После проведения всех подготовительных работ, начинается подготовка самой установки. Первым шагом следует включить установку, поворачивая лимб регулировочного трансформатора. По показаниям амперметра довести токовую нагрузку на спираль нагревателя электропечи до 14 А одновременно включая секундомер. В ходе анализа фиксируют температуру нагрева эталона по показаниям милливольтметра простой термопары и переводят в значения температур (°C) с помощью

соответствующих таблиц. Через каждые 10°С снимают показания зеркального гальванометра, подключённого к дифференциальной термопаре, и секундомера. При помощи контрольного самопишущего потенциометра значения температуры отмечаются на вырисовываемой кривой. Если экспериментальной скорости нагрева недостаточно, повышают токовую нагрузку на спираль нагревателя на 1-2 А.

Достигнув максимальной температуры нагрева, следует для начала снять нагрузку на нагревателе, а только потом выключать установку и гальванометр дифференциальной термопары. [16][18]

#### **2.2.4 Определение водотвердого отношения образцов**

Водотвердое отношение один из важнейших технологических факторов, который влияет на твердение дисперсной системы. Изначально система представляет вид –твердое-газ, при добавлении малого количества воды система имеет вид твердое – газ – вода, если воды слишком много то система принимает вид твердое-вода.

Если воды слишком мало. то дисперсные частицы плохо смачиваются, и не происходит дальнейшая реакция роста кристаллов следствии этого не образуются в один цельный искусственный камень, они срачиваются друг с другом, образуя комки. Если воды слишком много то раствор становится слишком жидким, увеличивается расстояние между растущими кристаллами, из-за этого они не могут нормально сформировать цельный искусственный камень, либо этот искусственный камень просто не сможет набрать возможную прочность, так как при твердении было слишком большое расстояние между кристаллами.

Так же от содержания воды зависит удобоукладываемость. Но так же как и в прошлом случае малое количество воды сделает раствор менее подвижным, и он не сможет попасть во все доступные места, при большом количестве воды раствор становится очень удобоукладываемым и он сможет

попасть во все нужные места, но потеряет в прочности.

Так же водотвердое отношение дает зависимость к усадке и расширению искусственного камня. Так усадка цементного теста через 10-12 часов после затворения составляет 30-40%.

По другому говоря водотвердое отношение это нормальная густота (НГ).

Для определения НГ используют прибор Вика с пестиком диаметром 10 мм. На технических весах взвешивают 400 грамм дисперсной смеси, затем в стаканчике, предварительно смоченным водой, отвешивают воду для затворения. В первый раз для определения берут воду в количестве 24-25% от массы дисперсной смеси. Затем навеску дисперсной смеси всыпают в металлическую чашу, заранее смоченной водой, чтобы вода предназначавшаяся для затворения не расходовалась на смачивание чаши, и в центре делают небольшое углубление с помощью лопатки. В углубление, в центре всыпанной дисперсной смеси, вливают воду за один прием и засыпают всё той же дисперсной системой. Через 30 секунд, после засыпания в углубления дисперсной системы, начинают осторожно перемешивать смоченной лопаткой всю смесь, затем энергично растирают её по чашки во взаимно перпендикулярных направлениях. Во время перемешивания, второй свободной рукой, чашу поворачивают на пол оборота. Перемешивание и истирание следует проводить в течение 5 минут с момента залива воды.

Сразу после перемешивания полученную смесь, в один прием, помещают в кольцо, на стеклянной пластинке, и встряхивают 5-6 раз чтобы удалить увлеченный воздух. После этого смоченным ножом снимают излишки и помещают кольцо на станину прибора Вика, под пестик. Пестик приводят в соприкосновение с поверхностью теста и закрепляют стержень зажимным болтом. , затем быстро откручивают зажимной болт для погружения в пестик, через 30 секунд после погружения пестика смотрят на сколько он погрузился. НГ будет если стержень не дойдет до соприкосновения со стеклянной пластинкой не более 7 мм и не менее 5 мм. Если стержень опустится так что

до пластинки будет менее 5 мм, следует уменьшить количество воды, если больше 7 мм то увеличить. [17]

### **2.2.5 Приготовление образцов**

Для изучения свойства полученных материалов нужно подготовить образцы. По образцам можно сделать основные выводы о физико-химических свойствах материалов: прочность на сжатие, прочность на растяжение, водопоглощение и т.п.

Для приготовления образцов нужно взять навеску 400 г смеси компонентов, высыпать в чашу. Приготовить нужное количество воды для НГ в предварительно смоченной таре. В всыпанной в чашу смеси сделать углубление в центре, залить воды и засыпать лопаткой. Через 30 секунд после засыпания начинать активно перешивать в перпендикулярных направлениях, поворачивая чашу на пол оборота второй рукой. Перешивать следует в течение 5 минут после начала затворения.

После перемешивания за один прием поместить готовое тесто в силиконовую форму размером 2мм × 2мм × 2мм, предварительно смазанную тонким слоем машинного масла. Предварительно смоченным ножом выровнять поверхность и поместить на встряхивательный стол, для уплотнения цементного теста и удаления пустот, на один рабочий цикл из 60 ударов. Через 1 сутки вынуть готовые образцы из формы и поместить в воздушно-влажный шкаф. [19]

### **2.2.6 Определение прочности образцов при сжатии**

Для определения прочности допускается использовать образцы с ребром не менее 20 мм. Параллельные плоскости образца не должны иметь отклонение больше чем на 0,5%, а угол между смежными плоскостями должен составлять 90%, возможно отклонение но не более 0,5.

Плоскости на которые оказывается давление измеряют

штангенциркулем с точностью 0,1 мм и рассчитывают площадь поперечного сечения образца  $S, \text{см}^2$  с точностью 0,1  $\text{см}^2$ , как среднеарифметическое площадей верхней и нижней опорных плоскостей по формуле:

$$S=0,5(a-b) \cdot 0,5(b+\gamma) \dots \dots \dots 9)$$

Где, а, б, в и г – длины диагонально противоположных ребер, мм;

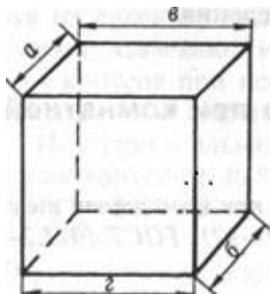


Рисунок 2.2.6.1. – Образец для испытания предела прочности при сжатии

Для испытания прочности используют пресс с скоростью 0,2 до 2 МПа/с и обеспечивающий плотное соприкосновение плоскости образца с плитами прессы. Рекомендуется размещать между образцом и плитой прессы картонную прокладку с шероховатостью Rz не более 20 мкм и твердость ниже HRC 45.

Предел прочности при сжатии вычисляется по формуле:

$$\sigma_{сж} = \frac{P_1}{A} \dots \dots \dots (10)$$

Где  $\sigma_{сж}$  – предел прочности при сжатии, Мпа;

$P_1$  – разрушающая нагрузка, МН;

A – расчетная площадь сечения образца,  $\text{м}^2$ .

Полученные результаты округляют до целых чисел, за окончательный результат принимают среднеарифметический результат трех образцов, а точность определения прочности на сжатие по этой методике составляет  $\pm 10\%$ .

После разрушения стоит нужно обратить внимание на разрушившийся образец. Если он без дефектов, то есть не имеет пустот, трещиноватостей и т.п., то схематично он будет выглядеть как на рис.2.2.6.2.

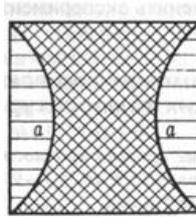


Рисунок 2.2.6.2.– Правильно разрушившийся образец (а–а – осыпавшаяся часть)

Если предварительно образец был отшлифован на алмазном инструменте, то прочность относительно не отшлифованных образцов будет составлять около 30%. [17]

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

Студенту:

Группа	ФИО
4Г51	Заика Александр Александрович

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

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

Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Рассчитана стоимость исходного сырья, материалов, спецоборудования, комплектующих изделий и покупных полуфабрикатов.
Нормы и нормативы расходования ресурсов	Расчетные величины материалов, сырья и оборудования научно-технического проекта
Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Премиальный коэффициент, районный коэффициент, коэффициент доплат и надбавок, заработная плата по тарифной ставке.

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	Доступность исходного сырья, экологичность, теплоизоляционные свойства, прочность, энергоэффективность.
Планирование и формирование бюджета научных исследований	Расчет основной заработной платы, баланс рабочего времени, общая стоимость оборудования и материалов, отчисления во внебюджетные фонды
Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

**Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):**

Сегментирование рынка  
Матрица SWOT  
График проведения и бюджет НТИ  
Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ

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

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Креницына З.В.	к.т.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Г51	Заика Александр Александрович		

## **4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

### **Введение**

Производство строительных материалов на основе техногенных отходов является перспективным направлением в промышленности строительных материалов. Данное направление затрагивает аспект ресурсоэффективности, так как способствует утилизации отходов крупных производств и охране окружающей среды. Несмотря на то, что отечественная промышленность достаточно активно развивается в этом сегменте, тем не менее, конкуренция пока еще не столь высока, и новый бизнес имеет все шансы на успех.

#### **4.1 Потенциальные потребители результатов исследования**

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

Российские производители выпускают преимущественно энерго-ресурсозатратные материалы – керамический кирпич и силикатный кирпич, газобетон.

Аналитики отмечают, что запасы природных ресурсов, в частности глины истощаются, а площади, занимаемые техногенными отходами, планомерно растут. Таким образом, необходима альтернативная технология производства строительных материалов с использованием техногенных отходов. В настоящее время, на рынке строительных материалов наблюдается дефицит продукции, содержащей в своем составе преимущественно техногенные отходы.

Продукцию данного типа выпускают как крупные, так и мелкие предприятия. Степень успешности оценивается как высокая, так как

деятельность фирмы будет отвечать экономическим, социально-политическим потребностям населения г.Томск.

Реализация проекта:

- приобрести специальное оборудование;
- создать дополнительные рабочие места;
- обеспечить собственное стабильное социально-экономическое развитие;
- увеличить объем перечисляемых налогов в бюджет и внебюджетные фонды;

Акцент делается на проведение рекламной компании и качественным послепродажным обслуживанием. В рекламе рассматривается наличие уникальных свойств товара, прививается чувство надежности к новому продукту.

Политика предприятия заключается в освоении новой технологии, специализации и совершенствовании производимой продукции, быстром реагировании на изменения запросов рынка, систематическом повышении квалификации персонала, широких связях с общественностью.

Доля ООО «Композит-строй» будет составлять 14% в областном выпуске. Каналы сбыта: планируется продажа товара через крупных оптовых посредников, а также оптовая и розничная продажа со склада.

Целевой рынок данной продукции – государственные и частные строительные компании, физические лица, занимающиеся индивидуальным строительством.

		Вид строительного материала		
		Силикатный кирпич	Керамический кирпич	Газобетон
Заказчик	Крупные строительные компании			
	Коттеджное строительство			
	Индивидуальное строительство			

Рисунок 4.1. Карта сегментирования рынка строительных материалов.



## 4.2 SWOT анализ

SWOT – (Strengths – сильные стороны, Weaknesses – слабые стороны, Opportunities – возможности и Threats – угрозы) – это комплексный анализ научно- исследовательского проекта. SWOT- анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Результаты первого этапа SWOT-анализа представлены в табл. 4.2

Таблица 4.1 - Первый этап SWOT-анализа

	Сильные стороны	Слабые стороны
научно-исследовательского проекта:	С1: Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями	научно-исследовательского проекта: Сл1: Не все образцы прошли испытания Сл2: Невысокое качество сырья

	С2:Наличие финансирования С3:Низкоэнергоемкое производство	Сл3:
Возможности: В1:Повышение стоимости конкурентных разработок		
Угрозы: У1: отсутствие спроса на новые технологии производства У2:Развитая конкуренция технологий производства У3:Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования		

Таблица 4.2 - Итоговая матрица SWOT-анализа

	Сильные стороны научно- исследовательского проекта: С1:Более низкая стоимость производства	Слабые стороны научно- исследовательского проекта: Сл1:Не все образцы прошли испытания
--	---	---

	<p>по сравнению с другими технологиями</p> <p>С2:Наличие финансирования</p> <p>С3:Низкоэнергоемкое производство</p>	<p>Сл2:Невысокое качество сырья</p> <p>Сл3:</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1:Повышение стоимости конкурентных разработок</p> <p>В2: Появление дополнительного спроса на новый продукт</p> <p>В3: Повышение стоимости конкурентных разработок</p>	<p>Разработка высокопрочного цемента из невысокого качества сырья</p>	<p>Цемент высокого качества</p>
<p>Угрозы:</p> <p>У1: отсутствие спроса на новые технологии производства</p> <p>У2:Развитая конкуренция технологий производства</p> <p>У3:Несвоевременное финансовое</p>	<p>Развитие в дальнейшем данной технологии способна усилить противодействие конкуренции</p>	<p>При развитии конкуренции есть риски потери занятой ниши рынка. При добавлении к этому несвоевременного финансового обеспечения угроза потери рынка значительно возрастает</p>

обеспечение научного исследования		
-----------------------------------	--	--

### 4.3. Планирование научно-исследовательских работ

#### 4.3.1. Структура работ в рамках научного исследования

В ходе научной работы образуется рабочая группа, в состав которой могут входить научные сотрудники и преподаватели, инженеры, техники и лаборанты. Для каждого работника имеется своя должность и у каждого запланирована своя работа. Распределения работников по виду работы, соответствует свой порядок этапа работы приведен в табл.

Таблица 4.3 – Порядок этапов работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель, инженер
Выбор направления исследований	2	Выбор направления исследований	Руководитель, инженер
	3	Подбор и изучение материалов по теме	Руководитель, инженер
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, инженер
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Инженер
	6	Проведение экспериментов	Инженер
	7	Сопоставление результатов экспериментов с	Руководитель, инженер

		теоретическими исследованиями	
Обобщение и оценка результатов	8	Оценка полученных результатов	Руководитель, инженер
	9	Определение целесообразности проведения ВКР	Руководитель инженер
Проведение ВКР			
Изготовление и испытание опытного образца	11	Получение опытных образцов	Инженер, руководитель
	12	Лабораторные испытания опытных образцов	Инженер, руководитель
Оформление комплекта документации по ВКР	13	Составление пояснительной записки	Инженер

#### 4.3.2. Определение трудоемкости выполнения работ

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

$$t_{ожі} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5}$$

где  $t_{ожі}$  – наиболее вероятное время в течение, которого должна быть выполнена работа, чел.-дни;

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

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

Продолжительность любой работы в рабочих днях  $T_p$ , определяется из ожидаемой трудоемкости работ, так же учитывается параллельность выполнения работ некоторыми исполнителями. Формула ее:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}$$

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

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

#### 4.3.3. Разработка графика проведения научного исследовани

При выполнении дипломных работ студенты в основном становятся участниками сравнительно небольших по объему научных тем. Исходя из этого можно сделать вывод что более удобным будет построение ленточного графика в форме диаграммы Ганта. Для перевода длительности каждого этапа из рабочих в календарные дни, необходимо воспользоваться формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}$$

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

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

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

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}},$$

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

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

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

В 2019 году 365 календарных дней, из них выходных и праздничных дней 66. Тогда коэффициент календарности равен:

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 66} = 1,22$$

Таблица 4.4 - Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ						Исполнители	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	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2					
Составление технического задания	0,2	0,2	1	1	0,5	0,5	Р	0,1	0,1	0,1	0,1
	0,2	0,2	1	1	0,5	0,5	И	0,1	0,1	0,1	0,1
Выбор направления исследований	0,5	0,5	2	2	1	1	Р	0,5	0,5	0,6	0,6
	0,5	0,5	2	2	1	1	И	0,5	0,5	0,6	0,6
Подбор и изучение материалов	5	5	10	10	7	7	Р	3,5	3,5	4,2	4,2
	5	5	10	10	7	7	И	3,5	3,5	4,2	4,2
Календарное планирование работ по теме	1	1	2	2	1,4	1,4	Р	0,7	0,7	0,8	0,8
	1	1	2	2	1,4	1,4	И	0,7	0,7	0,8	0,8
Проведение теоретических расчетов и обоснований	3	3	5	5	3,8	3,8	И	1,9	1,9	2,3	2,3
Проведение экспериментов	5	5	8	8	6,2	6,2	И	3,1	3,1	3,7	3,7
Сопоставление результатов с теоретическими исследованиями	2	2	3	3	2,4	2,4	Р	1,2	1,2	1,4	1,4
	3	3	5	5	3,8	3,8	И	1,9	1,9	2,3	2,3
Оценка полученных результатов	3	3	4	4	3,4	3,4	Р	1,7	1,7	2	2
	5	5	6	6	5,4	5,4	И	2,7	2,7	3,2	3,2
	3	3	4	4	3,4	3,4	Р	1,7	1,7	2	2

Приготовление опытных образцов	14	14	28	28	19,6	19,6	И	9,8	9,8	12	12
Название работы	Трудоёмкость работ						Исполнители	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		Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2
Испытания опытных образцов	3	3	4	4	3,4	3,4	Р	1,7	1,7	2	2
	5	5	7	7	5,8	5,8	И	2,9	2,9	3,5	3,5
Составление пояснительной записки	13	13	16	16	14,2	14,2	И	14	14	17	17

Р – руководитель

И – инженер

На основе таблицы 4.4 был построен календарный план-график в виде диаграммы Ганта.

Таблица 4.5 - Календарный план-график проведения НИОКР по теме

Вид работы	Исполнители	T <sub>кi</sub> кал. дн	Продолжительность выполнения работ												
			Февраль		Март			Апрель			Май				
			2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
Составление технического задания	Руководитель, инженер	0,1	■												
Выбор направления исследований	Руководитель, инженер	0,6	▨	■											
Подбор и изучение материалов	Руководитель, инженер	4,2		▨	■										
Календарное планирование работ	Руководитель, инженер	0 8			■	▨									
Проведение теоретических расчетов и обоснований	Инженер	2,3				■									
Проведение экспериментов	Инженер	3,7				■	■								
Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Руководитель, инженер	1,4 2,3						▨	■						
Оценка полученных результатов	Руководитель, инженер	2,0 3,2							▨	■					
Получение опытного образца	Руководитель, инженер	2 12								▨	■	■			
Испытания опытного образца	Руководитель, инженер	2 3,5										▨	■		

Вид работы	Исполнители	$T_{ki}$ кал. дн	Продолжительность выполнения работ													
			Февраль		Март			Апрель			Май					
			2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3			
Составление пояснительной записки	Инженер	17														

 - Руководитель

 - Инженер

#### 4.4. Бюджет научно-технического исследования

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты 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);
- затраты научные и производственные командировки;
- контрагентные расходы;
- накладные расходы.

##### 4.4.1 Расчет материальных затрат НТИ

Формула расчет материального затрата:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхи}$$

где  $m$  – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{расхи}$  – количество материальных ресурсов  $i$ -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м<sup>2</sup> и т.д.);

$C_i$  – цена приобретения единицы  $i$ -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м<sup>2</sup> и т.д.);

$k_T$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Транспортные расходы варьируется от 15 до 25 процентов от стоимости материалов. Результаты расчета затрат на сырье в процессе проведения НИР представлены в таблице 4.6

Таблица 4.6 – Затраты на материалы

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, ( $Z_M$ ), руб
Нефелиновый шлам	кг	2,06	0,5	1,03
Трилон-Б	кг	0,1	280	28
Магнезит	кг	0,24	15	3,6
Итого				32,63

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

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

$$A = \frac{C_n \cdot H_a \cdot n}{100 \cdot k}$$

где  $C_n$  – подначальная стоимость оборудования;

$H_a$  – норма амортизации, %;

$n$  – число проработанных месяцев;

$k$  – количество месяцев в году.

Число проработанных месяцев  $n$  берем из расчета того, что на НТИ инженером было затрачено 1248 ч = 1,73 месяца.

Таблица 4.7- Расчет амортизации оборудования

Наименование оборудования	$C_n$ , руб	$H_a$ , %	$A$ , руб
Весы аналитические Веста В153	15000	10	216
Пресс гидравлический	15000	8	173
РФА- установка ДРОН-3М	180000	12	3114
Шаровая мельница	70000	12	1211
Итого:			4714

Затраты на электроэнергию учитываются только на технологические цели, так как затраты на освещение и другие цели связаны с общеустановленными расходами.

Затраты на электроэнергию рассчитываются по формуле:

$$Z_э = N \cdot T \cdot C$$

где  $N$  - потребляемая мощность установки, кВт;

$T$  - время работы оборудования, ч;

$C$  - стоимость 1кВт·час электроэнергии (3,09 руб.).

Таблица 4.8. – Расчет затрат на электроэнергию

Наименование оборудования	$N$ , кВт/ч	$T$ , ч	Затраты, руб.
Весы аналитические Веста В153	0,4	24	29,7
Пресс гидравлический	3,5	24	259,6
РФА- установка ДРОН-3М	1,5	6	27,81
Шаровая мельница	3	168	1557,36
Установка ДТА	1	6	18,54

Итого:	1893,01
--------	---------

#### 4.4.3 Основная заработная плата исполнителей темы

Включается основная и дополнительная заработная плата. Туда входят так же премия, которая выплачивается ежемесячно из фонда заработной платы в размере от двадцати до тридцати процентов от тарифа или оклада:

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп},$$

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

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

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

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p$$

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}$$

В таблице 4.9 приведен баланс рабочего времени каждого работника НТИ.

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:	2	2
Действительный годовой фонд рабочего времени	249	279

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{tc} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p,$$

где  $Z_{tc}$  – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{пр}$  – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от  $Z_{tc}$ );

$k_d$  – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5 (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15-20 % от  $Z_{tc}$ );

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

Таблица 4.10 - Расчет основной заработной платы

Категория	$Z_{tc}$ , руб	$K_d$	$k_p$	$Z_m$ , руб	$Z_{дн}$ , руб.	$T_p$ , раб. дн	$Z_{осн}$ , руб.
Руководитель							
ПППС4	47104	0,3	1,3	97976	4407	12,3	54206
Инженер							
ППС1	26300	0,3	1,3	54704	2039	56,9	116019

Общая заработная исполнителей работы представлена в таблице 4.11

Таблица 4.11 - Общая заработная плата исполнителей

Исполнитель	$Z_{осн}$ , руб.	$Z_{доп}$ , руб.	$Z_{эп}$ , руб
Руководитель	54206	16262	70468
Инженер	116019	34806	150825

#### 4.4.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений (медицинское страхование, пенсионный фонд) определяется по формуле:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп})$$

где  $k_{внеб}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 4.12.

Таблица 4.12 - Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель	54206	16262
Инженер	116019	34806
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271	
Итого:	59970,4	

#### 4.4.5 Накладные расходы

Величина накладных расходов определяется по следующей формуле:

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

Величину коэффициента накладных расходов  $k_{\text{нр}}$  допускается взять в размере 16%. Таким образом, накладные расходы на данные НТИ составляют 45761,6 руб.

#### 4.4.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведен в таблице 4.13.

Таблица 4.13 - Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.		Примечание
	Исп.1	Исп.2	
1. Материальные затраты НТИ	32,63		табл. 4.7

2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	4714		табл. 4.8
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	54206	16262	табл. 4.11
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	116019	34806	табл. 4.12
5. Отчисления во внебюджетные фонды	59970,4		табл. 4.13
6. Накладные расходы	45761,6		16 % от суммы ст. 1-5
7. Бюджет затрат НТИ	331771,6		Сумма ст. 1- 6

Как видно из таблицы 4.13 основные затраты НТИ приходятся на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ.

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

Интегральный финансовый показатель разработки рассчитывается как:

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

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

$\Phi_{ri}$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;

$\Phi_{\text{max}}$  – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта.

Интегральный показатель ресурсоэффективности рассчитывается как:

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

где  $I_{pi}$  – интегральный показатель ресурсоэффективности для  $i$ -го варианта исполнения разработки.

Таблица 4.14 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,10	3	3	3
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,25	5	5	5
3. Надежность	0,15	5	4	5
4. Воспроизводимость	0,25	5	5	5
6. Материалоемкость	0,25	5	3	3
Итого	1	4,6	4,0	4,2

Вывод: сравнив значения интегральных показателей эффективности, сделали вывод, что более продуктивной версией решения, поставленной в бакалаврской работе технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности, является исполнение 1.