

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



Институт физики высоких технологий  
 Направление подготовки 18.04.01 «Химическая технология»  
 Кафедра технологии силикатов и наноматериалов

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

|  |
|--|
| Тема работы  |
| УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССАМИ ФОРМОВАНИЯ ГЛИНОСОДЕРЖАЩИХ<br>КОМПОЗИЦИИ |

УДК 666.71.027.3:553.611

**Студент**

| Группа | ФИО             | Подпись                | Дата       |
|--------|-----------------|------------------------|------------|
| 4ГМ4Б  | Джиеналыев Т.Д. | <i>Т.Д. Джиеналыев</i> | 27.06.2016 |

**Руководитель**

| Должность          | ФИО           | Ученая степень,<br>звание | Подпись              | Дата      |
|--------------------|---------------|---------------------------|----------------------|-----------|
| Доцент кафедры ТСН | Абакумов А.Е. | К.Т.Н.                    | <i>А.Е. Абакумов</i> | 3.08.2016 |

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

| Должность                     | ФИО          | Ученая степень,<br>звание | Подпись             | Дата       |
|-------------------------------|--------------|---------------------------|---------------------|------------|
| Ассистент кафедры менеджмента | Грахова Е.А. |                           | <i>Е.А. Грахова</i> | 13.05.2016 |

По разделу «Социальная ответственность»

| Должность             | ФИО           | Ученая степень,<br>звание | Подпись              | Дата       |
|-----------------------|---------------|---------------------------|----------------------|------------|
| Профессор кафедры ЭБЖ | Федорчук Ю.М. | д.т.н.                    | <i>Ю.М. Федорчук</i> | 02.05.16г. |

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

| Зав. кафедрой         | ФИО               | Ученая степень,<br>звание | Подпись                 | Дата      |
|-----------------------|-------------------|---------------------------|-------------------------|-----------|
| Профессор кафедры ТСН | Погребенков В. М. | д.т.н.                    | <i>В.М. Погребенков</i> | 08.06.16. |

Томск – 2016 г.

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

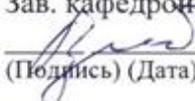
### 18.04.01 - ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

| Код результата                             | Результат обучения (выпускник должен быть готов)   |
|--|--|
| <i><b>Профессиональные компетенции</b></i> |  |
| P1   | Применять <i>глубокие</i> естественно-научные, математические и инженерные <i>знания</i> для создания <i>новых</i> материалов  |
| P2   | Применять <i>глубокие знания</i> в области современных технологий химического производства для решения <i>междисциплинарных</i> инженерных задач   |
| P3   | Ставить и решать <i>инновационные</i> задачи <i>инженерного анализа</i> , связанные с созданием материалов и изделий, с использованием системного анализа и моделирования объектов и процессов химической технологии   |
| P4   | Разрабатывать химико-технологические процессы, <i>проектировать</i> и использовать <i>новое</i> оборудование для создания материалов, конкурентоспособных на <i>мировом</i> рынке  |
| P5   | Проводить теоретические и экспериментальные <i>исследования</i> в области создания <i>новых</i> материалов, современных химических технологий, нанотехнологий  |
| P6   | Внедрять, <i>эксплуатировать</i> современные высокотехнологичные линии автоматизированного производства, обеспечивать их <i>высокую эффективность</i> , соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на химическом производстве, выполнять требования по защите окружающей среды |
| <i><b>Универсальные компетенции</b></i>    |  |
| P7   | Использовать <i>глубокие знания</i> по <i>проектному менеджменту</i> для ведения <i>инновационной</i> инженерной деятельности с учетом юридических аспектов защиты интеллектуальной собственности  |
| P8   | <i>Активно</i> владеть <i>иностранным языком</i> на уровне, позволяющем работать в иноязычной среде, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной инженерной деятельности  |
| P9   | Эффективно работать индивидуально, в качестве <i>члена и руководителя группы</i> , состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность <i>следовать корпоративной культуре</i> организации                   |
| P10  | Демонстрировать <i>глубокие знания</i> <i>социальных, этических и культурных аспектов</i> инновационной инженерной деятельности, компетентность в вопросах <i>устойчивого развития</i>   |
| P11  | <i>Самостоятельно учиться</i> и непрерывно <i>повышать квалификацию</i> в течение всего периода профессиональной деятельности  |

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



Институт физики высоких технологий  
 Направление подготовки 18.04.01 «Химическая технология»  
 Кафедра технологии силикатов и наноматериалов

УТВЕРЖДАЮ:  
 Зав. кафедрой ТСН  
 Погребенков В.М.  
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

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

В форме:

|                          |
|--------------------------|
| Магистерской диссертации |
|--------------------------|

Студенту:

| Группа | ФИО                             |
|--------|---------------------------------|
| 4ГМ4Б  | Джиеналыев Толеби Даулеталыевич |

Тема работы:

|   |                      |
|---|----------------------|
| Управление процессами формования глиносодержащих композиций |                      |
| Утверждена приказом директора (дата, номер)                 | 3357/с от 06.05.2016 |

|  |            |
|--|------------|
| Срок сдачи студентом выполненной работы: | 07.06.2015 |
|--|------------|

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

|   |  |
|---|--|
| <b>Исходные данные к работе</b>   | Объект исследования — технологические процессы, реализованные на кирпичных предприятиях Новосибирской области – ЗАО «ЧЗСМ» и ЗАО «Кирпичный завод Маслянино».        |
| <b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b> | 1. Исследования свойств глинистого сырья;<br>2. Оптимизация параметров формования;<br>3. Исследование влияния суперпластификаторов на технологические свойства глин. |
| <b>Перечень графического материала</b>  | Демонстрационный материал (презентация в MS PowerPoint);   |

| Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы      |  |
|---|--|
| Раздел  | Консультант                                |
| Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение | Ассистент кафедры менеджмента Грахова Е.А. |
| Социальная ответственность                                      | Профессор кафедры ЭБЖ Федорчук Ю.М.        |

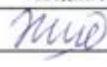
|   |
|---|
| <b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b> |
| Раздел 1.3. Классификация форм воды в глинах  |
| Раздел 1.4. Поведение пластичных глин при формовании                                    |

|   |            |
|---|------------|
| <b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b> | 01.02.2016 |
|---|------------|

**Задание выдал руководитель:**

| Должность          | ФИО           | Ученая степень, звание | Подпись   | Дата     |
|--------------------|---------------|------------------------|---|----------|
| Доцент кафедры ТСН | Абакумов А.Е. | К.Т.Н.                 |  | 22.02.16 |

**Задание принял к исполнению студент:**

| Группа | ФИО             | Подпись   | Дата     |
|--------|-----------------|---|----------|
| 4ГМ4Б  | Джиеналыев Т.Д. |  | 22.02.16 |

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

Студенту:

|        |                                 |
|--------|---------------------------------|
| Группа | ФИО                             |
| 4ГМ4Б  | Джиеналыев Толеби Даулеталыевич |

|                     |              |                           |                                       |
|---------------------|--------------|---------------------------|---------------------------------------|
| Институт            | ИФВТ         | Кафедра                   | Технология силикатов и наноматериалов |
| Уровень образования | Магистратура | Направление/специальность | Химическая технология                 |

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

|   |  |
|---|--|
| 1. Стоимость ресурсов научного НИ: материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих | При проведении исследования используется база лабораторий ТПУ кафедры ТСН; в исследовании задействованы 2 человека: студент-исполнитель и научный руководитель.            |
| 2. Нормы и нормативы расходования ресурсов  | В соответствии с ГОСТ 14.322-83 «Нормирование расхода материалов», ГОСТ Р 51541-99 «Энергосбережение. Энергетическая эффективность» и система окладов оплаты труда ППС ТПУ |
| 3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования                   | Отчисления по страховым взносам – 30% от ФОТ   |

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

|  |  |
|--|--|
| 1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НИ   | 1.1. Потенциальные потребители результатов исследования<br>1.2. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения<br>1.3. SWOT-анализ<br>1.4. Оценка готовности проекта к коммерциализации<br>1.5. Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования |
| 2. Планирование процесса управления НИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок | 2.1. Планирование выполнения работ по НИ<br>2.2. Организационная структура НИ<br>2.3. Формирования бюджета исследования<br>2.4. Распределения ответственности  |
| 3. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности  | Оценка социальной и сравнительной эффективности исследования   |

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

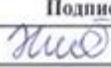
|   |
|---|
| 1. Сегментирование рынка                            |
| 2. Оценка конкурентоспособности технических решений |
| 3. Матрица SWOT                                     |
| 4. График проведения и бюджет НИ                    |

|  |            |
|--|------------|
| Дата выдачи задания для раздела по линейному графику | 01.02.2016 |
|--|------------|

**Задание выдал консультант:**

|                               |             |                        |   |           |
|-------------------------------|-------------|------------------------|---|-----------|
| Должность                     | ФИО         | Ученая степень, звание | Подпись   | Дата      |
| Ассистент кафедры Менеджмента | Грахова Е.А |                        |  | 9.02.2016 |

**Задание принял к исполнению студент:**

|        |                                 |   |          |
|--------|---------------------------------|---|----------|
| Группа | ФИО                             | Подпись   | Дата     |
| 4ГМ4Б  | Джиеналыев Толеби Даулеталыевич |  | 09.02.16 |

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

|        |                                 |
|--------|---------------------------------|
| Группа | ФИО                             |
| 4ГМ4Б  | Джиеналыев Толеби Даулеталыевич |

|                     |              |                           |                                       |
|---------------------|--------------|---------------------------|---------------------------------------|
| Институт            | ИФВТ         | Кафедра                   | Технология силикатов и наноматериалов |
| Уровень образования | Магистратура | Направление/специальность | Химическая технология                 |

**Тема дипломной работы: Управление процессами формования глиносодержащих композиций.**

### **Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:**

*Целью данной работы является разработкой оптимальных условий формования керамического кирпича.*  
*Описание рабочего места на предмет возникновения:*  
*вредных проявлений факторов производственной среды*  
*(для обслуживающего персонала необходимо обеспечить оптимальные, в крайнем случае, допустимые значения метеоусловий на рабочем месте, исключить контакт с вредными, токсичными веществами, обеспечить комфортную освещенность рабочего места, уменьшить до допустимых пределов шум от мельниц и экструдера, вентиляции;*  
*опасных проявлений факторов производственной среды*  
*(в связи с присутствием электричества для питания электрических оборудования и освещенности лаборатории, наличии горючих и взрывоопасных газов необходимо предусмотреть, если есть, то перечислить средства коллективной и индивидуальной защиты от электро-, пожаро- и взрывоопасности);*  
*необходимо предусмотреть мероприятия по предотвращению негативного воздействия на окружающую природную среду используемых энергетических проявлений и образующихся отходов: бракованные образцы, пылевидных частиц, «черновые» листы бумаги, отработанные картриджи, принтеры и др. оргтехника;*  
*- необходимо обеспечить устойчивую работу вашего производственного участка при возникновении чрезвычайных ситуаций, характерных для Сибири – сильные морозы, пурга, человеческий фактор, диверсия (рассмотреть минимум 2 ЧС – 1 природную, 1 техногенную).*

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

*Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:*  
*а) приводится перечень всех используемых в работе реагентов, их агрегатное состояние, класс опасности (токсичности), механизм воздействия их на организм человека, единицы измерения количества (концентрации); приводится перечень средств коллективной и индивидуальной защиты персонала, а также защиты окружающей среды;*  
*б) приводятся данные по оптимальным и допустимым значениям микроклимата на рабочем месте, перечисляются методы обеспечения этих значений; приводится 1 из расчетов (расчет освещенности на рабочем месте, расчет потребного воздухообмена на рабочем месте, расчет необходимого времени эвакуации рабочего персонала);*  
*в) приводятся данные по реальным значениям шума на рабочем месте, разрабатываются или, если уже есть, перечисляются мероприятия по защите персонала от шума, при этом приводятся значения ПДУ, средства коллективной защиты, СИЗ;*

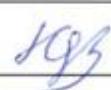
*Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды в следующей последовательности*  
*а) приводятся данные по значениям напряжения используемого оборудования, классификация помещения по электробезопасности, допустимые безопасные для человека значения напряжения, тока и заземления (в т.ч. статическое электричество, молниезащита - источники, средства защиты); перечисляются СКЗ и СИЗ;*  
*б) приводится классификация пожароопасности помещений, указывается класс пожароопасности вашего помещения, перечисляются средства пожаробнаружения и принцип их работы, средства пожаротушения, принцип работы, назначение (какие пожары можно тушить, какие – нет), маркировка;*  
*пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия).*

*Охрана окружающей среды:*  
*организация безотходного производства (приводится перечень отходов при эксплуатации установки, перечисляются методы улавливания, переработки, хранения и утилизации, образовавшихся на вашем производстве промышленных отходов).*

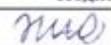
|  |
|--|
| <p><i>Защита в чрезвычайных ситуациях:</i><br/> <i>Приводятся возможные для Сибири ЧС; Возможные ЧС: морозы, диверсия</i><br/> <i>разрабатываются превентивные меры по предупреждению ЧС;</i><br/> <i>разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС;</i><br/> <i>разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий</i></p> |
| <p><i>Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</i><br/> <i>специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства</i><br/> <i>(приводится перечень ГОСТов, СНиПов и др. законодательных документов, использованных в своей работе);</i></p>  |
| <p><b>Перечень графического материала:</b><br/> 1) Пути эвакуации<br/> 2) План размещения светильников на потолке рабочего помещения</p>   |

|  |            |
|--|------------|
| Дата выдачи задания для раздела по линейному графику | 01.02.2016 |
|--|------------|

**Задание выдал консультант:**

| Должность             | ФИО           | Ученая степень, звание | Подпись   | Дата       |
|-----------------------|---------------|------------------------|---|------------|
| Профессор кафедры ЭБЖ | Федорчук Ю.М. | д.т.н.                 |  | 10.02.16г. |

**Задание принял к исполнению студент:**

| Группа | ФИО             | Подпись   | Дата     |
|--------|-----------------|---|----------|
| 4ГМ4Б  | Джиеналыев Т.Д. |  | 10.02.16 |

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



Институт физики высоких технологий  
 Направление подготовки 18.04.01 «Химическая технология»  
 Кафедра технологии силикатов и наноматериалов  
 Уровень образования – магистр  
 Период выполнения – осенний/весенний семестр 2015/2016 учебного года

Форма представления работы:

магистерская диссертация

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

|  |               |
|--|---------------|
| Срок сдачи студентом выполненной работы: | 07.06.2016 г. |
|--|---------------|

| Дата контроля | Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)           | Максимальный балл раздела (модуля) |
|---------------|---|------------------------------------|
| 20.05.2016 г. | Основная часть  | 60                                 |
| 25.05.2016 г. | Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение | 15                                 |
| 30.05.2016 г. | Социальная ответственность                                      | 10                                 |
| 05.06.2016 г. | Обязательное приложение на иностранном языке                    | 15                                 |

Составил преподаватель:

| Должность          | ФИО           | Учёная степень | Подпись | Дата       |
|--------------------|---------------|----------------|---------|------------|
| Доцент кафедры ТСН | Абакумов А.Е. | к.т.н.         |         | 22.02.2016 |

**СОГЛАСОВАНО:**

| Зав. Кафедрой         | ФИО               | Учёная степень | Подпись | Дата      |
|-----------------------|-------------------|----------------|---------|-----------|
| Профессор кафедры ТСН | Погребенков В. М. | д.т.н.         |         | 22.02.16. |

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 110 страниц, 22 рисунков, 32 таблиц, 52 источников, 1 приложение.

Ключевые слова: глина, керамический кирпич, пластическое формование, формовочная влажность, суперпластификатор.

Объектом исследования являются технологические процессы, реализованные в участке формования на кирпичных предприятиях Новосибирской области – ЗАО «ЧЗСМ» и ЗАО «Кирпичный завод Маслянино».

**Цель работы:** Оптимизация процесса формования на данных предприятиях с целью получения марочного кирпича.

Для достижения цели необходимо решить следующие задачи:

- исследование свойств глинистого сырья;
- оптимизация параметров формования;
- исследования влияния суперпластификатора на технологические свойства данных глин.

Исследованы свойства сырья используемых на вышеуказанных предприятиях. Установлено влияния формовочной влажности на прочность сырца. Предприятиям было сделано рекомендации о формовании при пониженной влажности. В результате прочность готового изделия достигло М150. Также установлено влияние суперпластификатора на свойства глины Черепановского месторождения. Предложено методика оценки эффективности использования суперпластификатора по изменению наименьшей капиллярной влажности и числа пластичности.

Основные результаты исследования обсуждались на международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых «Химия и химическая технология» (г. Томск, 2016), на научном симпозиуме студентов и молодых ученых имени академика М.А. Усова «Проблемы геологии и освоения недр» (ТПУ, 2016).

## НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

1. ГОСТ 21216-2014. Сырье глинистое. Методы испытаний
2. ГОСТ 9169-75. Сырье глинистое для керамической промышленности. Классификация
3. РСН 51-84. Инженерные изыскания для строительства. Производство лабораторных исследований физико-механических свойств грунтов. Приложение 7
4. ГОСТ 12.0.003-74. «Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»
5. ГОСТ 12.1.005-88. «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны»
6. СанПиН 2.2.4.548-96. «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений»
7. ГОСТ 124021-75. «Системы вентиляции. Общие требования»
8. ГН 2.2.5.1313-03. «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны»
9. ГОСТ 12.1.003-88. «Шум. Общие требования безопасности»
10. СНиП 23.05-95 «Естественное и искусственное освещение»
11. ГОСТ Р 12.1.019-2009. «Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты»
12. Постановление Правительства РФ от 25.04.2012 N 390 (ред. от 17.02.2014) «О противопожарном режиме» (вместе с "Правилами противопожарного режима в Российской Федерации")
13. ГОСТ Р 51057-2001 «Техника пожарная. Огнетушители переносные. Общие технические требования»
14. Федеральный закон от 21.12.1994 N 68-ФЗ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера»

## ОГЛАВЛЕНИЕ

|  |     |
|--|-----|
| ВВЕДЕНИЕ .....   | 12  |
| 1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР .....   | 13  |
| 1.1 Характеристика глинистого сырья .....  | 13  |
| 1.2 Технологические свойства глин .....  | 21  |
| 1.3 Классификация форм воды в глинах .....   | 31  |
| 1.4 Поведение пластичных глин при формовании .....                                   | 36  |
| 2 ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ .....   | 49  |
| 2.1 Объект исследования .....  | 49  |
| 2.2 Методы исследования .....  | 50  |
| 3 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ .....  | 57  |
| 3.1 Анализ сырьевых материалов .....   | 57  |
| 3.2 Оптимизация формовочной влажности .....  | 60  |
| 3.3 Влияние суперпластификаторов на технологические свойства глин .....              | 62  |
| 4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И<br>РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ .....           | 65  |
| 4.1 Предпроектный анализ .....   | 65  |
| 4.2 Инициация проекта .....  | 72  |
| 4.3 Планирование управления научно-техническим исследованием .....                   | 74  |
| 4.4 Определение социальной и сравнительной эффективности исследования ..             | 84  |
| 5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ .....   | 86  |
| 5.1 Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной<br>среды ..... | 86  |
| 5.2 Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной<br>среды ..... | 95  |
| 5.3 Охрана окружающей среды .....  | 100 |
| 5.4 Защита в чрезвычайных случаях .....  | 101 |
| 5.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....                | 102 |
| ВЫВОДЫ .....   | 103 |
| СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СТУДЕНТА .....   | 105 |
| СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....   | 106 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ А .....   | 110 |

## **ВВЕДЕНИЕ**

Глина является основным сырьем в производстве керамических изделий. Состояние отечественной базы керамического сырья характеризуется истощением запасов качественных глин, что обуславливает вынужденное применение низкокачественных глин и суглинков при производстве стеновых керамических материалов. Глинистое сырье юго-востока Новосибирской области характеризуется как тощие глины и суглинки. Главной проблемой кирпичных заводов, работающих на базе местного сырья является низкая марочность выпускаемой продукции. Поэтому целью исследований, выполняемых на кафедре ТСН, является разработка технологических решений, способствующих повышению качества керамических стеновых изделий из низкокачественного местного сырья.

Получение керамических изделий высокого качества на основе наиболее широко распространенного метода – пластического формования, требует оптимизации параметров формования и направленного регулирования свойств глинистого сырья за счет применения эффективных корректирующих добавок с целью придания массе необходимой формуемости при изготовлении изделия и механической прочности, достаточной для дальнейших операций с отформованным изделием.

На стадии формования закладывается важнейшие свойства, обеспечивающие прочность керамического изделия. По результатам изучения процесса формования и явлений, происходящих при формовании, можно обеспечить высокую прочность сырца, следовательно, высокую прочность готовых изделий. При использовании пластифицирующих добавок важно знать природу действия этих добавок на технологические свойства глин. Следует отметить, что до сих пор нет объективной методики оценки эффективности пластификаторов.

# 1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

## 1.1 Характеристика глинистого сырья

Глинистые породы – тонкодисперсные осадочные горные породы, состоящие в основном из гидроалюмосиликатных минералов и способные при замачивании водой образовывать легко деформируемую пластичную массу, которая после сушки сохраняет приданную ей форму, а после обжига приобретает камнеподобную твердость [1].

Образование глинистых минералов связано с длительными сложными геологическими процессами. Полагают, что образованию гидроалюмосиликатов способствовали механическое выветривание горных пород, биохимическое разложение под влиянием жизнедеятельности «силикатных» бактерий и химическое воздействие горячих растворов фторидов, хлоридов, боридов, сернистых и других соединений. Наряду с глинистыми минералами и кремнеземом в продуктах разложения могут содержаться поташ, магнезит, гематит, лимонит и другие минералы, а также примеси материнских пород.

Продукты выветривания магматических пород подразделяют на: первичные (элювиальные), находящиеся на месте образования, и вторичные (осадочные), перенесенные на другие места. Среди вторичных месторождений различают три вида в зависимости от условий переноса продуктов выветривания. Дождевые и талые воды, смывая породы, образовали делювиальные месторождения глин, которые располагаются вблизи местонахождения материнской породы. Для них характерны слоистые напластования, неоднородный состав и наличие многочисленных примесей.

При переносе пород ветрами по окраинам пустынь образовались месторождения лессовидных глин, обладающих пористым строением и значительной дисперсностью (пылеватостью). В результате движения и таяния ледников возникли ледниковые месторождения глин, которые характеризуются линзообразным залеганием и сильной засоренностью каменистыми включениями [2].

### 1.1.1 Химический состав глин

В химическом составе глин принимают в основном участие следующие оксиды:  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ . Химический состав определяет годность глинистого сырья для производства различных видов керамических изделий. Примерное содержание оксидов в глинах:  $\text{SiO}_2$  - 45-80 %;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  - 10-35 %;  $\text{MgO}$  - 0-4 %;  $\text{CaO}$  - 0,5-25 %;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  - до 15 %;  $\text{TiO}_2$  до 1,5 %;  $\text{Na}_2\text{O}$  и  $\text{K}_2\text{O}$  - до 6 %.

Классификация глинистого сырья по химическому составу основана на содержании  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . В зависимости от содержания  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (на прокаленное вещество) глины разделяют на пять групп: высокоглиноземистые ( $\text{Al}_2\text{O}_3$  более 45%), высокоосновные (38-45%), основные (28-38%), полукислые (14-28%), кислые (менее 14%) [3].

Зная химический состав глин, можно дать им примерную оценку. Высокое содержание  $\text{Al}_2\text{O}_3$  свидетельствует о большом количестве глинистых минералов, сравнительной чистоте сырья и повышенной огнеупорности. Теоретически возможное максимальное содержание  $\text{Al}_2\text{O}_3$  в каолините составляет 39,5%. В природных каолинах и глинах глинозема всегда меньше. Малое содержание  $\text{Al}_2\text{O}_3$  при большом количестве  $\text{SiO}_2$  может свидетельствовать о запесоченности сырья или о том, что глинообразующим минералом является монтмориллонит, в чистых разновидностях которого содержание  $\text{Al}_2\text{O}_3$  колеблется от 11 до 25%, а  $\text{SiO}_2$  — от 48 до 56%. Глины, содержащие мало  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и много оксидов щелочных и щелочноземельных металлов, легкоплавки и могут быть использованы лишь в производстве строительной керамики. Высокое содержание  $\text{Al}_2\text{O}_3$  при значительном количестве оксидов щелочных металлов и небольшом - других плавней ( $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ) обуславливает низкую температуру спекания, широкий интервал спекшегося состояния и одновременно высокую огнеупорность глины. Такое сырье особенно ценно, оно позволяет изготавливать изделия различного назначения: фаянс, фарфор, кислотоупоры, шамотные огнеупоры.

Химический состав глин в определенной степени определяет их годность для производства тех или иных изделий. Сделана попытка (диаграмма Августиника) сгруппировать глины по их назначению в зависимости от соотношения основных оксидов (рис. 1.1). Диаграмма дает ориентировочную оценку возможных областей использования различных глин [4]. Некоторые сведения диаграммы устарели. Так, например, в производстве плиток для полов в связи с переходом на новую технологию значительно расширена сырьевая база (ориентируясь на местные глины), и поэтому тугоплавкие сравнительно чистые глины, как показано на диаграмме, используют крайне редко.

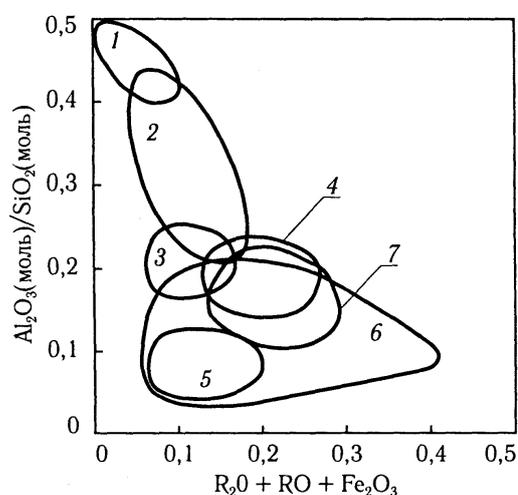


Рисунок 1.1 – Области промышленного назначения глин: 1 – шамотные огнеупоры, 2 – плитки для полов, канализационные трубы, 3 – гончарные и терракотовые изделия, 4 – черепица, клинкер, 6 – кирпич 5 – мостовой строительный, 7 – керамзит

### 1.1.2 Минералогический состав глин

Глины состоят из основных глинообразующих минералов и минералов-примесей. Глинообразующие минералы или глинистые минералы объединены в следующие три группы [5]:

- Каолинитовая группа
- Гидроslюды
- Монтмориллонитовая группа

В зависимости от содержания того или иного глинистого минерала глины подразделяются на семь групп: каолинитовые, гидрослюдистые, монтмориллонитовые, гидрослюдисто-каолинитовые, монтмориллонито-гидрослюдистые, монтмориллонито-каолинитовые, и полиминеральные, содержащие три и более глинистых минерала [1].

Глинистые минералы имеют слоистую структуру и состоят из параллельных слоев, содержащих алюминий Al, кремний Si, кислород O и гидроксильную группу (OH), иногда железо Fe и магний Mg и другие элементы. Слоистое строение и высокая дисперсность глинистых минералов определяют ряд характерных им физико-химических свойств, среди которых для керамической технологии имеет особое значение - высокая адсорбционная способность их по отношению к воде.

*Минералы группы каолинита.* Каолинит ( $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ ) — самый распространенный глинистый минерал, основная составная часть многих глин, а также их белой особой разновидности — каолина, в котором из гидроалюмосиликатных соединений он представлен почти как единственный [2].

Структура каолинита может быть схематически изображена в виде двух слоев - тетраэдрического с катионом кремнием в центре тетраэдра, и октаэдрического с катионом алюминием (рис. 1.2).

Гидроксильные группы OH в этом слоистом пакете размещены, с одной стороны. Ионы кремния Si могут частично изоморфно замещаться ионами алюминия Al, реже ионами железа Fe. Два пакета соединены друг с другом разными слоями из ионов кислорода, и OH гидроксила, и между ними сохраняются слабые остаточные связи, поэтому каолинит почти не набухает в воде, обладает меньшей адсорбционной способностью и малой емкостью поглощения катионов.

Каолинитовые глины в основном белые, пластичные, плотные, огнеупорные, очень плохо присоединяют воду при увлажнении и легко отдают ее при сушке.

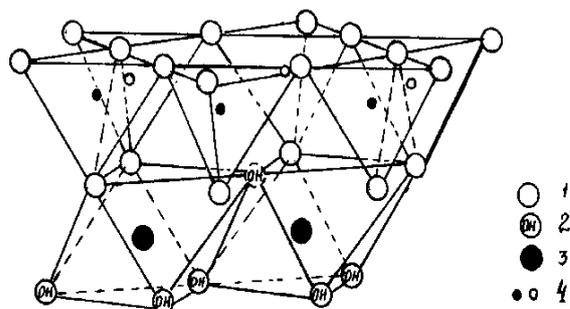


Рисунок 1.2 – Схематическое изображение структуры каолинитового слоя: 1 – анион кислорода  $O^{2-}$ ; 2 – гидроксильная группа  $OH^-$ ; 3 – катион алюминия  $Al^{3+}$ ; 4 – катион кремния  $Si^{4+}$

Галлуазит ( $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 4H_2O$ ) — минерал, близкий по химическому составу, структуре и внешнему виду каолиниту, с которым часто встречается совместно. В отличие от каолинита кристаллы галлуазита имеют трубчатую форму, хорошо видимую под электронным микроскопом. Изоморфные замещения в кристаллической решетке галлуазита, подобно каолиниту, не характерны, поэтому на поверхности его частиц заряды отсутствуют, и он мало способен к ионному обмену. Глины, содержащие галлуазит, достаточно пластичны, легче распускаются в воде, чем каолинитовые глины, но в производстве считаются неудобными, так как малосвязанные и чувствительны к сушке.

*Минералы группы монтмориллонита.* Монтмориллонит имеет химическую формулу  $Al_2O_3 \cdot 4Si_2O_2 \cdot nH_2O$ . Монтмориллонит — главная составная часть бентонитовых глин [5]. Структура представляет собой пакеты типа 2:1 со слабой ван-дер-ваальсовой связью между собой, этим и объясняется совершенная спайность, легкая расщепляемость на чешуйки и своеобразная мылкость (жирность на ощупь) бентонитовых глин при растирании их пальцами. В октаэдрических слоях могут быть как ионы алюминия, так и ионы магния. Изоморфные замещения характерны также для тетраэдрической подрешетки, которая содержит в структуре монтмориллонита различные катионы, внешние по отношению к решетке и выполняющие роль электростатических компенсаторов возникающего при изоморфных замещениях отрицательного заряда пакета (кроме ионов  $Na$  могут быть ионы  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ). Эти катионы

способны к обмену, в водной среде они гидратированы. Между пакетами в зависимости от влажности воздуха и вида межпакетного катиона может находиться различное число молекул воды ( $n\text{H}_2\text{O}$ ), поэтому межпакетное расстояние монтмориллонита колеблется от 0,95 до 1,9 нм и кристаллическая решетка монтмориллонита способна разбухать (рис. 1.3).

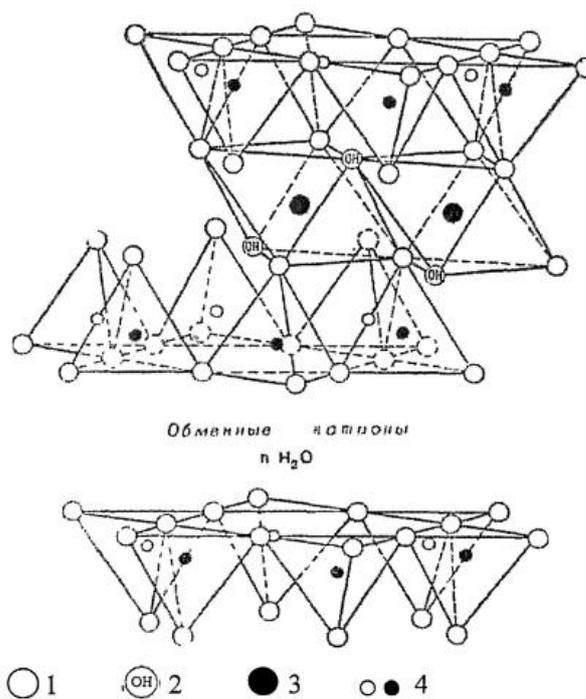


Рисунок 1.3 – Схематическое изображение структуры монтмориллонита. Где: 1-кислород; 2- гидроксил; 3 - алюминий, железо, магний; 4 - кремний, алюминий

Данные рентгенофазового анализа указывают, что базальные межплоскостные расстояния у монтмориллонита зависят от следующих факторов: 1) от содержания обменных катионов, 2) от природы и формы жидкости, находящейся в контакте с этим минералом, 3) от количества содержащейся в образце воды, 4) от природы самого монтмориллонита [6].

Среди минералов, относящихся к группе монтмориллонита, известно до 20 разных названий. Особенно важными представителями этой группы глинистых минералов являются монтмориллонит, бейделлит, нонтронит. Особое значение среди них имеет монтмориллонит, встречающийся в виде массивных залежей бентонитовых глин.

*Минералы группы гидрослюдистых.* Гидрослюда является продуктом длительной гидратации слюд и имеет химическую формулу

$K_2O \cdot MgO \cdot 4Al_2O_3 \cdot 7SiO_2 \cdot 2H_2O$ . В пакете слюд имеются два структурных составляющих. Первый слой - октаэдрический из анионов гидроксила OH и катионов алюминия Al, второй слой - тетраэдрический, с кислородами O в вершинах тетраэдров и кремнием Si в центре.

Структура гидрослюды представляет собой пакет из двух тетраэдрических и одного октаэдрического внутреннего слоя. Гидроксильные группы размещены внутри этой структуры (рис. 1.4). Для слюд свойственны изоморфные замещения разного характера. Так в некоторых слюдах катион  $Al^{3+}$  в октаэдрическом слое изоморфно замещается катионом  $Mg^{4+}$ , катион  $Si^{3+}$  в тетраэдрическом слое частично изоморфно замещается Al. Возникающий в результате такого рода замещения избыточный отрицательный заряд уравнивается ионами  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Ca^{2+}$ , размещенные между пакетами.

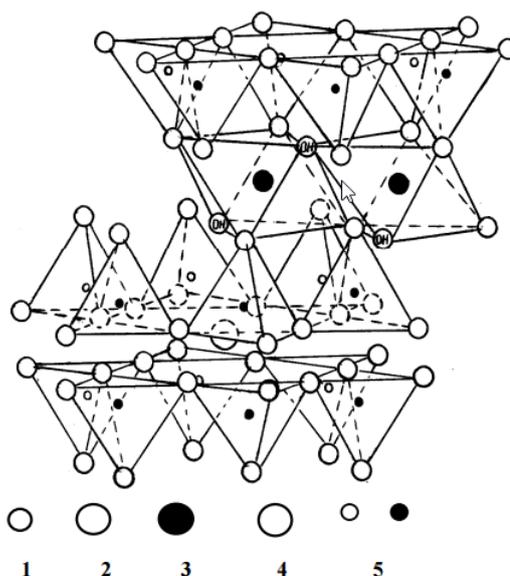


Рисунок 1.4 – Схематическое изображение структуры гидрослюды: 1 - кислород  $O^{2-}$ ; 2 - гидроксил  $OH^-$ ; 3 - алюминий  $Al^{3+}$ ; 4 - калий  $K^+$ ; 5 - кремний  $Si^{4+}$

Идеальные формулы слюд:

- мусковит —  $K_2Al_2(Si_2Al)O_{10}(OH)_2$ ;
- биотит —  $K(MgFe^{+2})_2(SiAl)O_{10}(OH)_2$ ;
- маргарит —  $CaAl_2(Si_2Al_2)O_{10}(OH)_2$ ;
- флаголит —  $KMg_3(Si_2Al)O_{10}(OH)_2$ ;

Слюда является основной составной частью большинства глин. В глинистых породах встречается в виде бесцветной калиевой слюды — мусковита или в виде темноокрашенной магнезиальной - биотита.

В качестве минералов-примесей в глинах присутствуют кварц, карбонат кальция и карбонат магния, железистые минералы, гипс.

### **1.1.3 Гранулометрический состав глин**

Гранулометрическим составом глин называется процентное содержание частиц различной величины (фракции) в глинистой породе. Иногда его называют фракционным составом. Зерновой состав глин наряду с минеральным и химическим также является одной из важнейших их характеристик. По дисперсности глинистого сырья ориентировочно оценивают его водозатворение, пластичность, связность, спекаемость, засоренность примесями и, как следствие, возможную область применения [7].

В производстве стеновых, строительных и других изделий керамики чаще всего используется трехчленная классификация глин (по Рутковскому): к глинистой части относят фракцию менее 5 мкм, к пылевидной — от 5 до 50 мкм и к песчаной — от 50 мкм до 2 мм. Включениями считаются зерна размером более 2 мм.

Трехчленная классификация дает возможность графически изображать гранулометрический (фракционный) состав глинистой породы при помощи треугольной диаграммы Охотина (рис. 1.5) [8].

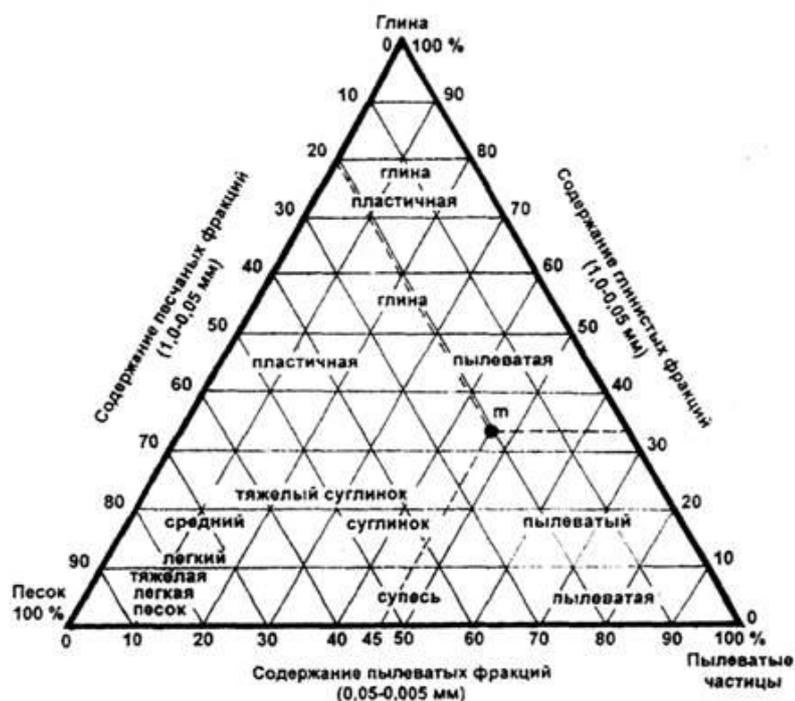


Рисунок 1.5 – Тройная диаграмма гранулометрического состава глин

Глины по содержанию тонкодисперсных фракций делят на четыре группы, выделяя два классификационных признака: содержание частиц менее 10 мкм и менее 1 мкм. Частицы менее 1 мкм представляют главную реагирующую часть как в системе глина-вода, так и при спекании. Глины, содержащие свыше 85% частиц менее 10 мкм, в том числе свыше 60% частиц менее 1 мкм, считают высокодисперсными. К грубодисперсным относят глины, имеющие указанные фракции соответственно менее 30 и 15%. Среднедисперсные и низкодисперсные глины занимают промежуточное положение [9].

## 1.2 Технологические свойства глин

Глины – тонкодисперсные осадочные горные породы, состоящие в основном из гидроалюмосиликатных минералов и способные при замачивании водой образовывать легко деформируемую пластичную массу, которая после сушки сохраняет приданную ей форму, а после обжига твердеет и приобретает камнеподобное состояние.

Технологические свойства глин характеризуют материал на разных стадиях его обработки в процессе изготовления из него изделий. Эти свойства

являются следствием процессов, происходящих в материале при замешивании его водой, формовании, сушке, обжиге. К наиболее характерным технологическим свойствам глин относятся пластичность, связующая способность, формовочная влажность, воздушная усадка, огневая усадка, спекаемость и огнеупорность [10].

Технологические свойства глин, при решении технических задач в технологии керамики, могут быть объединены в три основные группы: механические, сушильные и обжиговые (термические).

### **1.2.1 Механические свойства глин**

Механические свойства глин – свойства которые проявляются при воздействии на них внешних сил и усилий. Важнейшим из них является пластичность. Пластичность – это способность глины под действием внешних сил и усилий принимать любую форму без разрыва сплошности, и сохранять ее после прекращения действия усилий. Пластичность является одним из состояний глин, которое отлично от хрупкого и вязко-текучего. Хрупкое состояние характеризуется тем, что образец при разрыве разрушается без изменения поперечного сечения и после этого система не восстанавливается. При вязко-текучем состоянии смесь растекается под действием собственной массы. Пластичное состояние является промежуточным между хрупким и вязко-текучим. В абсолютно сухом состоянии образец из глины имеет довольно высокую прочность и разрушается хрупко. При небольшом увеличении влажности прочность образца сначала резко падает, вследствие адсорбционного расклинивания поглощенной влагой, но хрупкое состояние сохраняется. По данным П.А. Ребиндера, один мономолекулярный слой адсорбированной воды понижает прочность глины в 1000 раз [11]. Дальнейшее увеличение влажности приводит к замедленному падению прочности. Если водные оболочки достаточно велики, чтобы обеспечить скольжение частиц в отношении друг друга при воздействии на них внешних усилий, достигается пластическое

состояние. При этом вода силами поверхностного натяжения стягивает глинистые частицы, не давая им возможности расползаться, и обеспечивает значительную сдвиговую подвижность глиняных частиц, давая им возможность скольжения. Дальнейшее увеличение влажности глины приводит к такому возрастанию толщины водных оболочек, что они полностью экранируют действие сил межмолекулярного притяжения и исключают действие капиллярного давления. В связи с этим прочность системы падает настолько, что она не может выдерживать действие собственной массы и приобретает вязко-текучее состояние. По ГОСТ 21216.1-2014 мерой пластичности является число пластичности  $\Pi$ , %, вычисляемое по формуле:

$$\Pi = W_T - W_p, \% \quad (1)$$

где  $w_T$  и  $w_p$  – влажность при пределе текучести и при пределе раскатывания.

Влажность предела раскатывания ( $W_p$ ) является границей между хрупким и пластическим состоянием системы, а влажность предела текучести ( $W_T$ ) отсекает область пластического состояния от вязко-текучего. Физический смысл показателя пластичности увязывается с механизмом сущности пластического состояния: он определяет интервал влажностей, в котором глина сохраняет пластическое состояние. По числу пластичности ГОСТ делит глины на пять групп: высокопластичные ( $\Pi > 25$ ), среднепластичные ( $\Pi = 15-25$ ), умереннопластичные ( $\Pi = 7-15$ ), малопластичные ( $\Pi < 7$ ) и непластичные, не дающие пластичного теста. Пластичность глин зависит от их гранулометрического и минералогического состава: с повышением дисперсности пластичность возрастает. Наиболее пластичны монтмориллонитовые глины, наименее пластичны каолинитовые. Запесоченность глин понижает их пластичность [4].

Формовочная влажность, или водопотребность, – также важный показатель механических свойств глин [12]. Она достигается, когда глина формируется воздействием руки человека и не прилипает к рукам и к металлу. Среднее усилие нажатия человеческой руки соответствует примерно 0,2 МПа, а

предельное напряжение сдвига составляет при формовочной влажности, около 0,06 МПа. Формовочная влажность зависит от состава глины: с повышением запесоченности она снижается, а с повышением дисперсности – возрастает, у монтмориллонитовых глин она выше, чем у каолинитовых.

Связь между формовочной влажностью  $w_{\phi}$  и содержанием глинистого вещества  $A_{\text{гл}}$ , мас. % выражается зависимостью:

$$W_{\phi} = K A_{\text{гл}} \quad (2)$$

где  $K$  — опытный коэффициент, имеющий следующие значения:

Таблица 1.1 – Опытный коэффициент

| $A_{\text{гл}}, \%$ | 6-7 | 8-10 | 10-12 | 20-30 | 30-40 | 40-50 | 50-60 |
|---------------------|-----|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $K$                 | 3,2 | 2,2  | 1,5   | 1,0   | 0,8   | 0,6   | 0,5   |

Глину надо формировать при влажности, обеспечивающей наибольшую пластичность. Растяжимость глин представляет собой предельное относительное удлинение, при котором наступает разрыв образца. Величина растяжимости определяет трещиностойкость керамических изделий при сушке.

### 1.2.2 Сушильные свойства глин

Сушильные свойства глин характеризуют изменения, которые имеют место в глиномассе при ее сушке. К ним относятся: усадка, чувствительность к сушке и влагопроводность. Воздушная усадка представляет собой уменьшение размеров образца при сушке и является одним из важных сушильных свойств глины. Усадочные явления в глине при сушке обусловлены силами капиллярного давления, и усадка происходит вследствие нарушения силового равновесия в капилляре.

Мерой усадочных явлений в сушке является величина относительной усадки:

$$L_{\text{от}} = (l_0 - l_1) / l_0 \quad (3)$$

где  $L_{\text{от}}$  – относительная усадка, %,

$l_0$  и  $l_1$  – начальная и конечная длина образца.

Относительная воздушная усадка в зависимости от пластичности глины находится в пределах 2-8%. Запесоченность глин понижает воздушную усадку. Монтмориллонитовые глины дают наибольшую усадку, каолинитовые – минимальную. Кроме состава и свойств глин на величину усадки влияет и режим сушки: при медленной сушке (например, естественной) усадка больше, чем при жестком режиме искусственной сушки. Величина воздушной усадки зависит от начальной влажности образца даже для одной и той же глины. При одной и той же величине  $l_1$  образец может иметь различную длину  $l_{к.у.}$  в зависимости от его начальной влажности  $w_0$  (рис. 1.6), а это, как видно из (3), будет менять и величину усадки. Поэтому величина воздушной усадки в отрыве от влажности образца не является физической константой, характеризующей усадочные явления данной глины. Зависимость длины образца от его влажности в интервале усадки, как видно из рис. 1.6 описывается прямой линией. Ее наклон зависит не от начальной влажности, а только от зернового состава данной глины. Поэтому его можно использовать как показатель, характеризующий усадочные свойства.

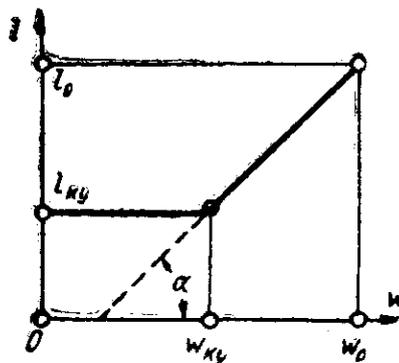


Рисунок 1.6 – Схема к определению коэффициента усадки

Угловым коэффициентом этой прямой линии назван коэффициентом усадки  $K_{yc}$ , который может рассматриваться как физическая постоянная, характеризует усадочные свойства данной глины.  $K_{yc}$  вычисляют по формуле:

$$K_{yc} = \operatorname{tg} \alpha = (l_0 - l_{к.у.}) / (w_0 - w_{к.у.}) \quad (4)$$

где  $l_{к.у.}$  и  $w_{к.у.}$  – соответственно длина и влажность образца в конце усадки.

Влагопроводность глин отражает скорость перемещения влаги внутри глиняной массы. Количественным показателем, описывающим это свойство,

является коэффициент потенциала переноса влаги –  $a'$ . Для разных глин он колеблется в пределах  $(0,66-2,14) \cdot 10 \text{ м}^2/\text{ч}$ .

Существует тесная связь между влагопроводностью глины и ее составом. Влагопроводность возрастает с уменьшением содержания глинистой фракции, так, как только они связывают своим силовым полем воду, ограничивая свободу ее перемещения. У монтмориллонитовых глин влагопроводность в 10-15 раз меньше, чем у каолинитовых: монтмориллонит наиболее прочно связывает воду чем каолинит в силу особенностей его строения. Влагопроводность также зависит от температуры массы, увеличиваясь пропорционально четырнадцатой степени абсолютной температуры, и от начальной влажности глины, возрастает с ее увеличением. Это объясняется уменьшением интенсивности связи влаги с материалом по мере возрастания толщины гидратных оболочек [13].

Чувствительность глин к сушке характеризует их трещиностойкость в этом процессе. Причиной возникновения трещин является неодинаковая величина усадки по сечению изделия, поэтому в нем возникают напряжения. Когда их величина превысит предел прочности сырца, образуются трещины. Показателем трещиностойкости в сушке глин принят коэффициент чувствительности глин к сушке  $K_{\text{ч}}$ :

$$K_{\text{ч}} = \frac{V}{V_0 \left( \frac{G_0 - G}{V_0 - V} - 1 \right)} \quad (5)$$

где  $V_0$  и  $G_0$  – соответственно объем и масса влажного образца после формования;

$V, G$  – то же для образца, высушенного до постоянной массы.

По физическому смыслу этот показатель выражает отношение между объемом усадки и объемом пор в образце. По величине  $K_{\text{ч}}$  глины бывают трех классов: малочувствительные ( $K_{\text{ч}} < 1$ ), среднечувствительные ( $K_{\text{ч}} = 1-1,5$ ) и высокочувствительные ( $K_{\text{ч}} > 1,5$ ) [7].

Увеличение прочности глин способствует повышению трещиностойкости. Прочность глины возрастает с увеличением содержания в ней глинистой фракции. Поэтому добавка высокопластичной глины к тощей

часто способствует снижению брака изделий в сушке. Монтмориллонитовые глины дают прочность сырца выше, чем каолинитовые. Однако тесной связи между прочностью глин и их трещиностойкостью в сушке не отмечается, а между растяжимостью и трещиностойкостью такая связь существует. С повышением коэффициента усадки трещиностойкость глин понижается, а с повышением влагопроводности – возрастает. Этим объясняется меньшая чувствительность запесоченных глин по сравнению с «жирными» с высоким содержанием глинистой фракции. Но наличие в глине тонкодисперсного песка (шлюфа), который сильно отощает глину, уменьшая усадку, снижает прочность и растяжимость, не повышая влагопроводность глины, так как поры в керамике мелкие с большими гидродинамическими сопротивлениями. Поэтому такие глины, имея низкий  $K_{\text{ч}}$ , являются нетрещиностойкими, высокочувствительными к сушке. Таким образом, на трещиностойкость керамики в сушке оказывают совместное влияние прочность, растяжимость, усадка и влагопроводность глины.

### **1.2.3 Термические свойства глин**

Термические свойства или обжиговые свойства глин проявляются в процессе нагрева глины до высоких температур. Главнейшими из них являются огнеупорность, огневая усадка, спекаемость и интервал обжига.

Огнеупорность – это способность керамических материалов и изделий противостоять воздействию высоких температур, не расплавляясь. Показателем огнеупорности является температура, при которой образец, имеющий форму трехгранной усеченной пирамиды (конус), деформируется от собственной массы и касается вершиной керамической подставки. Под термином огнеупорность глины понимают условную температуру или интервал ее плавления. Условной эта температура является потому, что глинистая порода полидисперсна и плавится в некотором интервале температур. Поэтому за температуру плавления глины принимают ее огнеупорность. По ГОСТ 9169-75 глины по огнеупорности

делятся на три класса: огнеупорные – огнеупорность выше 1580°C, тугоплавкие 1350-1580°C и легкоплавкие – ниже 1350°C. Огнеупорность глины, как и другие свойства глин зависит от ее химического состава: глинозем ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) повышает огнеупорность глины, кремнезем ( $\text{SiO}_2$ ) тонкодисперсный понижает, а крупнозернистый диоксид повышает огнеупорность. Примеси щелочных металлов ( $\text{R}_2\text{O}$ ) являются наиболее сильными плавнями — веществами, понижающими температуру плавления керамической массы. Оксиды щелочноземельных металлов ( $\text{RO}$ ) также являются плавнями, но при более высокой температуре, чем щелочные. Огнеупорность керамики, содержащей оксиды железа, зависит от вида газовой среды в обжиге: восстановительная среда понижает огнеупорность, так как  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  восстанавливается в  $\text{FeO}$ , с большой реакционной способностью. Он образует с  $\text{SiO}_2$  фаялит ( $2\text{FeO}\cdot\text{SiO}_2$ ), имеющий температуру плавления 1205°C и играющий роль плавня [14].

Спекаемость является вторым важным термическим свойством глин. Под спекаемостью понимают способность при обжиге уплотняться с образованием твердого камневидного тела. Спекание глин происходит за счет стягивания и склеивания твердых частиц жидкой фазой – силикатными расплавами, образующимися при обжиге глины (жидкостное спекание) вследствие рекристаллизации минералов, входящих в состав керамики, и за счет реакций в твердой фазе между компонентами глины и продуктами их распада (твердофазовое спекание). Результатом спекания является уплотнение обжигаемого материала и уменьшение открытой пористости. Поэтому степень спекания контролируется по водопоглощению керамики. Спекшейся считается керамика, имеющая водопоглощение не более 5%. Поэтому спекаемость глин определяют, как способность давать камень без признаков пережога с водопоглощением менее 5%. Признаки пережога: деформации и вспучивание с повышением пористости. По ГОСТ 9169-75 глины по степени спекания классифицируются на три группы (таб. 1.2) [15]:

Таблица 1.2 – Классификация по степени спекания

| Группа глинистого сырья | Водопоглощение керамики, % |
|-------------------------|----------------------------|
| Сильноспекающиеся       | Не более 2                 |
| Среднеспекающиеся       | Не более 5                 |
| Неспекающиеся           | Более 5                    |

Указанные значения водопоглощения должны быть не менее чем в двух температурных точках с интервалом 50°С. Смысл этого условия иллюстрируется рис. 1.7, где представлены зависимости водопоглощения керамики от температуры обжига для трех видов глин. Эти глины имеют

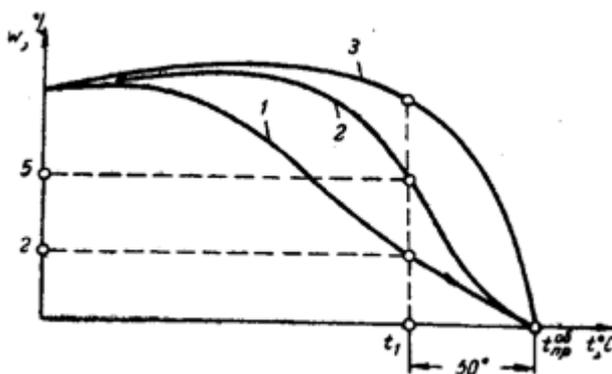


Рисунок 1.7 – Кривые спекаемости глин. 1 – сильноспекающаяся, 2 – среднеспекающаяся, 3 - неспекающаяся

одинаковую предельную температуру обжига  $t_{пр}^{об}$ , превышение которой дает признаки пережога. При температуре  $t_1$ , которая на 50° ниже  $t_{пр}^{об}$ , глина 1 дает керамику с водопоглощением 2%. В интервале  $t_{пр}^{об} - t_1 = 50^{\circ}\text{C}$  керамика из нее имеет водопоглощение ниже 2% и не обнаруживает признаков пережога. Она является сильноспекающейся. Глина 2 в этом же интервале температур имеет водопоглощение более 2%, но меньше 5%, что определяет ее как среднеспекающуюся. А глина 3 в том же интервале имеет водопоглощение более 5% и является неспекающейся.

Спекаемость также является важнейшим признаком, определяющим пригодность глин для производства тех или иных керамических изделий: канализационных труб, плиток для полов, кислотоупорных изделий. Она

характеризуется температурным интервалом, под которым понимают для легкоплавких глин:

$$\Delta t_{СП} = t_{W=1\%} - t_{W=5\%} \quad (6)$$

а для огнеупорных глин:

$$\Delta t_{СП} = t_{ОГ} - t_{W=2\%} \quad (7)$$

где  $t_{W=5\%}$ ,  $t_{W=2\%}$ ,  $t_{W=1\%}$  – температуры, при которых керамика приобретает водопоглощение соответственно 5, 2 и 1%.

$Al_2O_3$  увеличивает интервал спекания глин,  $CaO$  резко понижает, а щелочные  $K_2O$  и  $Na_2O$  расширяют его. У каолиновых глин интервал спекания обычно больше, чем у монтмориллонитовых. Высокое содержание песка глин резко снижает интервал спекания. Наименьший интервал спекания ( $50-100^\circ C$ ) у легкоплавких глин, лёссовые глины почти его не имеют, наибольшее его значение (до  $400^\circ C$ ) у огнеупорных глин. Интервал спекания определяет возможность обжига изделий в печах с перепадом температур между верхней и нижней частью печи [2].

Огневая усадка показывает сокращение размеров сухого глиняного образца после обжига. Сближение глинистых частиц происходит в процессе обжига под действием сил поверхностного натяжения силикатного расплава. Механизм стягивающего действия этих сил схематически показан на рис. 1.8.

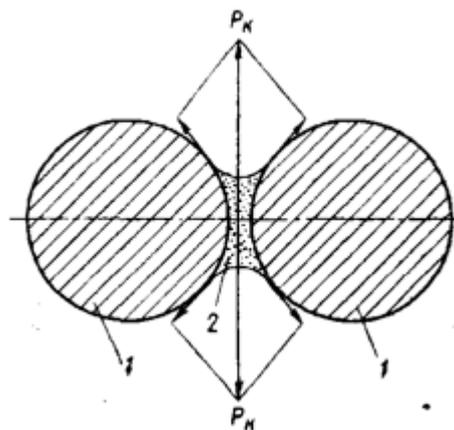


Рисунок 1.8 – Схема действия сил поверхностного натяжения, обуславливающих огневую усадку

Как только между двумя твердыми частицами 1 окажется капля жидкого расплава 2 с вогнутыми менисками, она под влиянием сил поверхностного

натяжения будет растекаться по поверхности твердых частиц. Равнодействующая этих сил образует силу капиллярного давления  $P_k$ , которая будет растягивать каплю жидкости, таким образом сближая твердые частицы.

Усадку при обжиге характеризуют величиной огневой усадки  $U$ , %:

$$u = \frac{l_1 - l_2}{l_1} \quad (8)$$

где  $l_1$  и  $l_2$  – линейные размеры, см, сухого и обожженного образцов.

Огневая усадка глин колеблется в интервале от 2 до 8% и достигает в некоторых случаях 14%. С увеличением содержания глинистой фракции усадка возрастает. Глины с высоким содержанием песка могут не давать усадки и даже обнаруживать после обжига увеличение размеров за счет вспучивания (усадка получает отрицательный знак). Монтмориллонитовые глины имеют большую огневую усадку, чем каолинитовые. Щелочные оксиды всегда повышают огневую усадку, а железистые – лишь при обжиге в восстановительной среде. С повышением температуры обжига усадка обычно возрастает. Поэтому неравномерно обожженные изделия могут иметь заметный разброс в размерах.

### 1.3 Классификация форм воды в глинах

Вода имеет важнейшее значение при приготовлении керамической массы или шихты, так как основные свойства глин проявляются в результате замешивания с водой. В зависимости от количества воды в глине происходит набухание. Керамическая масса приобретает пластичность, связанность, наблюдаются тиксотропные явления. Влажная масса представляет собой трехфазную систему: твердая фаза – частицы глины, жидкая – вода, газообразная – воздух и пары. Свойства полученной системы глина-вода зависят от природы минеральных частиц и их гранулометрией, и характера связи воды с твердой фазой в системе.

До настоящего времени используют классификацию форм связи воды с твердой фазы, предложенную П.А. Ребиндером [16]:

- химическая (в точных количественных соотношениях)
- физико-химическая (не строго определенных соотношениях)
- механическую (удержание воды в неопределенных соотношениях)

Ученые Г. Райс, Ф. Нортон, Р. Рике предложили классификацию воды в глинах в зависимости от влияния этой воды на процесс сушки:

- задельная вода - вода необходимая для приведения глины в наилучшее состояние для обработки;
- усадочная вода, соответствующая объемной усадке при сушке;
- вода пор, равная разности между задельной и усадочной водой (выделение этой воды при сушке не сопровождается усадкой изделий).

В основу более современных классификаций положены физико-химические процессы, происходящие на поверхности частиц и границе раздела воды и минеральных частиц, и силы взаимодействия между твердой и жидкой фазами в системе глина — вода [17].

В.Штегер различает в глиняных массах следующие три формы воды:

- частицы глины окружены тонкой пленкой воды;
- поры между отдельными частицами глины, заполнены водой;
- на поверхности глинистых частиц адсорбирована некоторое количество воды.

На количество воды, удерживаемое поверхностью частиц глины по В.Цшокке [18], влияют: а) размер частиц; б) формы и характера их поверхности; в) молекулярные свойства поверхности, которые связаны с химической природой глинистой породы.

Исследования закономерностей поведения влаги в глинах и грунтах были взяты в основу классификаций различных форм влаги в глинах.

Одной из наиболее ранних, основанной на различной подвижности этих форм, является классификация А.Ф. Лебедева[17], предложенная им еще в 1919 г. и развитая в классификациях, выдвинутых позднее.

На основании этих данных в глинах можно выделить следующие категории воды:

1. Связанная вода, которая делится на две формы — прочно связанная и рыхло связанная.
2. Свободная вода.
3. Водяной пар.

Естественно, что граница между связанной воды и свободной водой весьма условна и до настоящего времени не укладывается ни в один из существующих методов определения количества связанной воды в глинах [19]. Ниже приводится описание форм связи различных видов воды с твердой фазой глиняной массы, существующие по современным представлениям. Перечисление видов воды дается в последовательной удаленности ее от поверхности частицы глины до границы действия адсорбционных сил частицы.

*Гигроскопическая вода* поглощается глиной непосредственно из воздуха, содержащего водяные пары. Она наиболее прочно связана с поверхностью частиц глины и по своим свойствам приближается к свойствам твердого тела. Теплота смачивания, выделяемая при сорбции частицей гигроскопической влаги, лишней раз указывает на прочную связь этого вида воды с поверхностью частиц. Помимо влажности воздуха, количество гигроскопической влаги, поглощенной сухой глиной, зависит от минералогического состава высокодисперсной части глины, который определяет качество и величину адсорбирующей воду поверхности. Максимальной гигроскопичностью называют то количество воды, которое поглощается глиной с выделением тепла. Гигроскопическая влажность воздушно-сухого образца приблизительно соответствует его максимальной гигроскопической влажности, а иногда и совпадает с ней. Эта величина может служить дополнительной характеристикой минерального состава и степени дисперсности глины.

*Межплоскостная вода* располагается между слоистыми пакетами глинообразующих минералов, главным образом монтмориллонитовой группы [20]. Слоистые пакеты кристаллической решетки этих минералов имеют

симметричное строение, вследствие чего они не притягиваются взаимно, а связываются водой, находящейся между ними. Межплоскостная вода, количество которой непостоянно, раздвигает решетку монтмориллонита. С точки зрения связи этой воды с глинистой частицей она может быть отнесена к воде, удерживаемой поверхностными силами.

*Адсорбционная вода* удерживается на поверхности частицы глины электростатическими силами, а, следовательно, в нее входят перечисленные виды воды. Такая пленка воды, по данным Герсеванова Н.М. и Польшина Е.Д. [21], имеет толщину около 0,5 - 0,25  $\mu$  и колеблется в зависимости от состава солей в растворе воды. Делались попытки разделить этот вид воды. Приклонский И.А. [22], например, называет воду диффузных оболочек внешней части двойного электрического слоя молекулярной водой. Количество этой воды, очевидно, определяется главным образом составом обменных катионов, характером среды и степенью раздробленности системы. Считается, что молекулярная вода не адсорбируется на поверхности слоя гигроскопической воды, а вступает с ней в глубокое взаимодействие и рассматривается вместе со слоем гигроскопической воды. В отличие от этой воды вода диффузных оболочек в грунтоведении называется пленочной водой, которую Приклонский И.А. считает осмотически связанной.

Цытович Н.А [23] называет пленочную воду лиосорбированной водой, что следует из данной им схемы сил молекулярного взаимодействия в системе твердая частица - вода. Очевидно, что физико-механические свойства массы в значительной мере определяются соотношением в лиосфере частицы той массы указанных в схеме видов воды, а также отмеченным выше процессом поверхностного диспергирования, увеличивающим общее содержание связанной воды в системе глина - вода.

*Капиллярная вода.* Обычно под капиллярной водой подразумевают воду, поглощенную за счет сил капиллярного поднятия, что не совсем точно. Эта вода должна быть разделена на:

- воду, которая подсасывается образцом за счет сил капиллярного поднятия и затем удерживается в нем адсорбционными силами (связанная вода);
- воду, которая подсасывается образцом силами капиллярного поднятия и удерживается в его порах за счет этих же сил, действующих на границе вода - воздух (собственно капиллярная вода).

В грунтоведении капиллярная вода разделяется еще на два вида: капиллярную свободно подвешенную и капиллярную свободно падающую; вторая из них представляет собой гравитационную воду, удерживающуюся в грунте напором за счет разницы уровней горизонтов [24]. Таким образом, выделив уже первый вид капиллярной воды как связанную, за капиллярную будем считать воду, поступающую в массу и удерживающуюся в ней за счет капиллярных сил. Этот вид воды можно рассматривать как третью фазу системы глина-вода-воздух. Образуя мениски на границе вода-воздух, капиллярная вода создает в массе отрицательное гидростатическое давление и является одним из факторов ее связанности.

Количество капиллярной воды в массе зависит от количества и размеров ее капилляров, поверхностного натяжения воды на границе с данной твердой фазой, дисперсности массы, ее плотности и температуры. Содержание капиллярной воды в массе может изменяться в зависимости от давления в процессе обработки массы.

Названные формы связи воды с частицей глины играют большую роль в процессе деформации пластичных глиняных масс при их формовании и в значительной мере определяют структуру сырца и готовых изделий.

Анализ современных представлений о формах связи влаги с частицами глины позволяет сделать вывод о том, что при решении различных технологических проблем целесообразно разделения связанной воды на две основные категории влаги: капиллярно-подвижную (КПВ) и капиллярно-неподвижную (КНВ) [25]. КПВ способно воспринимать гидростатическое давление и перемещаться по порам материала в виде жидкости. КНВ не способно передавать гидростатического давления и может быть удалена из материала

только в форме пара. Так называемой условной границей между этими категориями воды является максимальная капиллярная влажность  $W_{ММВ}$  или наименьшая капиллярная влажность  $W_{НКВ}$ , при которой молекулы прочносвязанной и слабо рыхлосвязанной воды удерживается молекулярным силовым полем частиц, а часть воды удерживается микрокапиллярами в поровом пространстве максимально уплотненного влажного материала.

## 1.4 Поведение пластичных глин при формовании

### 1.4.1 Структура пластичных глин

В процессе переработки и формования глиняные массы подвергаются различным видам деформации. Для того чтобы получать керамические изделия с заданными свойствами, необходимо знать и понимать процесс формирования структуры. Пластичные массы различно ведут себя в условиях деформации. Для объяснения различия надо рассмотреть этот вопрос с позиции структуры пластичных дисперсных систем.

Общую структуру пластичных строительных масс можно разделить на 4 основные типы [26]. Из них 2 типа описывают пластичные глиняные массы (Рис. 1.9).

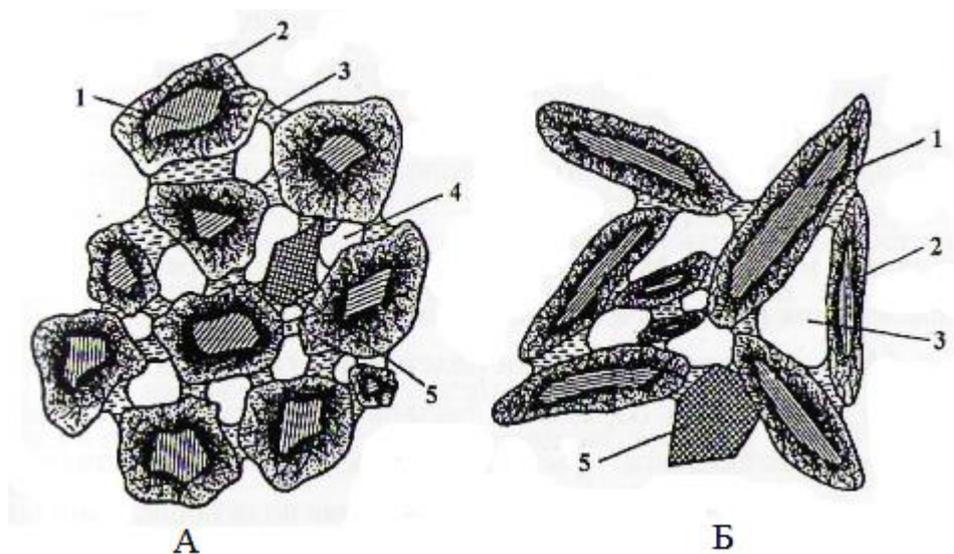


Рисунок 1.9 – Структура массы схемы 1 – А, схемы 2 – Б: 1-частица глина, 2-связанная вода, 3-свободная вода, 4-пора, 5-инертный материал

В обоих случаях сцепление между отдельными частицами массы происходит за счет физико-химической природы связей между оболочками связанной воды и структурированного геля, существующими на поверхности частиц [27].

Справедливость приведенных схем строения пластичных глиняных масс косвенно подтверждается также и результатами исследования процесса их сушки комплексным методом.

Механизм процесса сушки пластичных глиняных масс происходит следующим образом: сначала удаляется капиллярная вода, располагающаяся в местах контактов между частицами массы; одновременно уходит адсорбционная вода периферийных слоев (слабосвязанная вода); последнее ведет к непрерывному отсосу капиллярной воды из мест контактов и превращения ее в связанную воду, что пополняет ее запас. Следствием этого процесса является уменьшение расстояния между частицами массы (усадка). Удаление капиллярной воды, т.е. начало процесса сушки, особенно опасно, так как связность массы до соприкосновения оболочек адсорбированной воды обеспечивается лишь капиллярными силами, которые сравнительно невелики; в тоже время ускорение процесса в этот период наибольшее.

Оболочки связанной воды представляют собой структурированный гель, плотность которого от периферийных слоев к поверхности частицы возрастает, поэтому удаление связанной воды по мере приближения этого процесса к поверхности частицы вызывает все меньшее сближение между частицами, так как структура плотного геля почти полностью сохраняется после удаления воды, замкнутой в ячейках его сетки.

Таким образом, основной причиной усадки является удаление из пластичной глиняной массы слабосвязанной воды. Этим объясняются и значительно меньшие усадки каолина и гидрослюд, почти не имеющих слабосвязанной воды, по сравнению с монтмориллонитами, богатыми этим видом воды. Для каолина (схема 2) характерны небольшие усадки, которые

заканчиваются полностью при влажности большей, чем молекулярная, определенная по методу Васильева. Это свидетельствует:

- о слабо выраженном у каолина явлении поверхностного диспергирования и малом количестве в его массе собственно коллоидных частиц;
- о наличии большого количества воды контактов, что является следствием большого содержания фракции менее 1 микрона;
- о сравнительно незначительном количестве слабосвязанной воды и возможности свободной ее эвакуации из массы, благодаря наличию достаточно крупных пор.

У массы схемы 1 монтмориллонита к моменту постижения ею при сушке молекулярной влажности усадка составляет только 50 % от общей усадки. Такое положение при исследовании монтмориллонитовых пород и глин было получено только для чистых монтмориллонитовых пород. Оно является следствием чрезвычайно интенсивного поверхностного диспергирования, в результате которого периферийные ячейки сетчатой структуры приобретают сравнительно большие размеры и потому содержат наряду со связанной некоторое количество свободной воды, захваченной при образовании сетчатой структуры. Капиллярные силы этой воды благодаря весьма малому радиусу капилляр настолько велики, что по механическим свойствам она приближается к слабосвязанной воде и не удаляется из системы при давлениях 60-70 кг/см<sup>2</sup>. Соответственно при сушке она уходит при повышенных температурах подобно межплоскостной воде, как это можно наблюдать при термоанализе монтмориллонитов.

Ниже приводятся схемы сближения частиц массы по мере удаления из нее адсорбционной воды (рис. 1.10. *а, б, в, г*) [27].

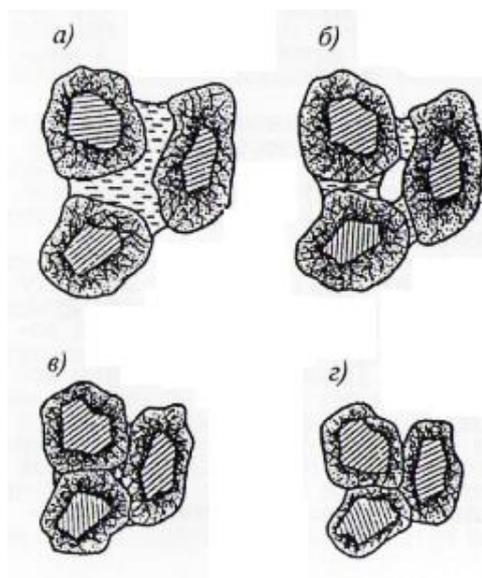


Рисунок 1.10 – Сближения частиц в процессе сушки

После полного удаления из пластичной глиняной массы адсорбционной воды между ее частицами, как было показано выше, остаются сетчатые коагуляционные структуры, которые обеспечивают прочность и связность высохшего куска глины. Благодаря сильно развитой поверхности эта часть пластичной глиняной массы является наиболее реакционноспособной.

Таким образом, истинная связанность пластичных глиняных масс обеспечивается силами взаимодействия между оболочками связанной воды и структурированного геля, покрывающими ее частицы и отдельные агрегаты, т.е. адсорбционными силами, что лежит в основе современных представлений о связанности глин.

#### 1.4.2 Поведение пластичных масс в условиях деформации

Известно, что в дисперсных водных системах энергия приложенной силы накапливается в виде поверхностной энергии. Рассеивание (релаксация) этой энергии физически выражается в перемещении жидкой и газообразной фаз из областей менее напряженных к областям наибольших напряжений [26].

Троицкая М.Н считает [28], что существует два вида деформаций: сжатие(компрессия) и сдвиг. Любые деформации это и есть частные случаи

сочетания этих двух видов. При переработке и формовании пластичных глиняных масс имеют место следующие виды деформаций:

- а) сжатие без возможности бокового расширения (штамповка);
- б) сжатие с одновременным сдвигом и возможностью одностороннего бокового расширения (формуемые детали ленточного прессы);
- в) сжатие с возможностью свободного бокового расширения (раздавливание образцов при испытании);
- г) сжатие с одновременным сдвигом и возможностью свободного бокового расширения (вальцы и другие глиноперерабатывающие машины);
- д) принудительный сдвиг (срез) по конечной плоскости под нагрузкой (деформации массы в зоне кернов при формовании изделий с пустотами).

При сдвиге к поверхностям наибольших усилий начинает поступать вода со взвешенными в ней частицами, и эти частицы ориентируясь в направлении действия сдвига, образуют гелеподобный слой в области сдвига. Процесс сопровождается разделением частиц дисперсной фазы по размерам. В результате керамическая паста приобретает неоднородную структуру по всему объему. Неоднородность проявляется тем больше, чем больше в массе свободно-подвижной воды и выше давления. Происходит разрушения сплошности массы по областям образования гелеподобного слоя, так как предельное сопротивление сдвигу таких слоев всегда меньше усилий чем вызвавших образование этого же слоя. Этот процесс называется дислокацией структуры массы под влиянием давлений. Скорость процесса дислокации структуры зависит от количества свободно-подвижной воды в системе глина-вода, а также от величины приложенного давления.

В массах нормальной влажности в пределах времени пребывания их в перерабатывающих машинах процесс дислокации выражен слабо, так как связанно-неподвижная вода и структурированный гель представляют собой вязкое тело, перемещающееся медленно. Это позволяет обрабатывать массу оптимальной влажности при больших давлениях без опасения изменения ее структуры и нарушения сплошности.

В производстве строительной керамики широко используется технология пластичного формования на шнековых экструдерах. Рассмотрим изменение структуры приведенных выше масс при их деформации в условиях сжатия со сдвигом, так как это основной вид деформации глиняных масс в перерабатывающих и формующих машинах в технологии пластичного формования.

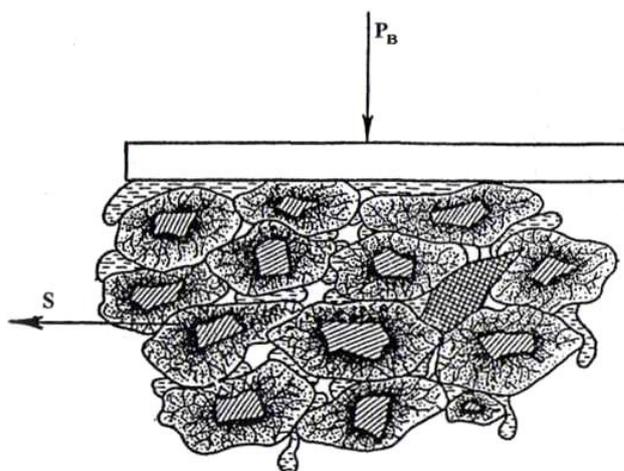


Рисунок 1.11 – Структура массы схемы 1 в условиях сжатия со сдвигом при сжимающем усилии, близком к  $P_B$

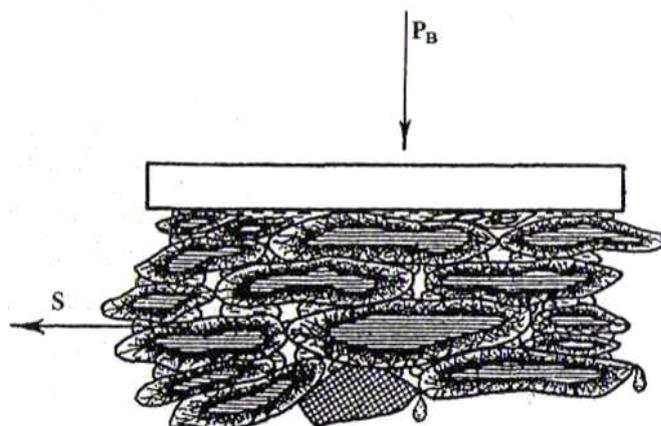


Рисунок 1.12 – Структура массы схемы 2 в условиях сжатия со сдвигом при сжимающем усилии, близком к  $P_B$

Деформацию массы, соответствующую схеме 1 (рис. 1.11), можно представить себе, как деформацию подвижной пластично-упругой оболочки, покрывающей ее частицы, и чем эти оболочки толще, тем масса подвижней. Внутреннее трение между глинистыми частицами массы схемы 1 соответствует трению между оболочками, т.е. существует только в жидкой фазе. На рис. 1.11

представлена масса схемы 1 в условиях сжатия со сдвигом под давлением сжатия, близким к давлению высачивания  $P_B$ . Толстые гидратные оболочки частиц такой массы легко деформируются, частица приобретает эллипсоидную форму, вытянутую в направлении действия усилий сдвига, и масса приобретает анизотропную структуру.

Деформацию массы, соответствующую схеме 2 (рис. 1.12), в целом соответствует изменению под давлением внешнего давления взаиморасположения ее частиц с окружающими их гидратными оболочками (переориентация частиц).

Таким образом, механические свойства масс схем 1 и 2 весьма различны, что и нашло подтверждение при исследовании их физико-механических свойств. Схемы строения масс помогают определить связь между структурой пластичных глиняных масс и природным составом глин (минералогическим составом их высокодисперсной части) [29].

### **1.4.3 Деформация пластичных масс в формующей части экструдера**

Рассмотрим механизм деформации пластичных масс строительных материалов в шнековых прессах применительно для формования и переработки пластическим методом строительной керамики.

В формующую часть пресса подается шнековым нагнетателем. Во время этого процесса имеет место пульсация при продвижении массы в формующий канал пресса. Это явление может быть объяснено следующим образом: выпорные лопасти шнека выдавливают массу в головку пресса по некоторой кривой, соответствующей профилю витка шнека; в случае отсутствия изменения размера и формы звена пресса за шнеком — это выдавливание выражается в поступательно-винтовом движении массы. Если на пути ее движения поставить некоторый заграждающий контур, например, кирпичный мундштук, то масса будет подаваться толчками, соответствующими максимумам кривой, описываемой самой выдающейся в горизонтальном направлении частью

лопасти. При формовании бруса квадратного сечения так же наблюдается пульсация, но в меньшей мере. Эти толчки (пульсация) создают срезающие усилия в массе, действующие в плоскости перпендикулярной оси пресса. В кирпиче, в частности, эта плоскость расположена параллельно тычковой его стороне (65\*120 мм), следствием чего является ослабление сцепления массы в этой плоскости. Разность между скоростью движения массы и окружной скоростью поверхности архимедова винта создает условия для скольжения массы относительно этой поверхности; это приводит к образованию на ней прослоек из ориентированных частиц глины коллоидного размера («заполированный слой») [26].

В результате того, что процесс образования заполированных слоев начинается с первого витка шнека, при входе в горловину пресса уплотненная масса имеет много таких прослоек и неоднородна по структуре, что изменяет ее формуемость (предельное сопротивление сдвигу этих прослоек значительно меньше, всей массы в целом).

При дальнейшем продвижении массы влияние винтовой подачи ее шнеком сказывается в неравномерности распределения ее по сечению канала, а именно: периферийные слои массы задерживаются трением о стенку пресса, а центральные не продвигаются из-за отсутствия давления со стороны торца вала шнека, что обуславливает образование непосредственно за валом шнека зоны, лишенной массы. На некотором расстоянии от наружного диаметра выпорной лопасти шнека (около 1/3 ее ширины) имеет место максимальное давление со стороны шнека на массу. Под влиянием этого давления, действующего по кольцу, лежащему в плоскости поперечного сечения канала, возникает напряжение бокового давления, направленного радиально к стенкам и к центру пресса. В результате действия последнего зона, лишенная глины, постепенно пропадает [30].

На этом участке масса сохраняет вращательное движение, сообщаемое ей шнеком, до тех пор, пока оно не переходит в поступательное за счет трения

массы о стенки формующего канала. Дальнейшее продвижение массы можно представить себе в соответствии со схемой на рис. 1.13.

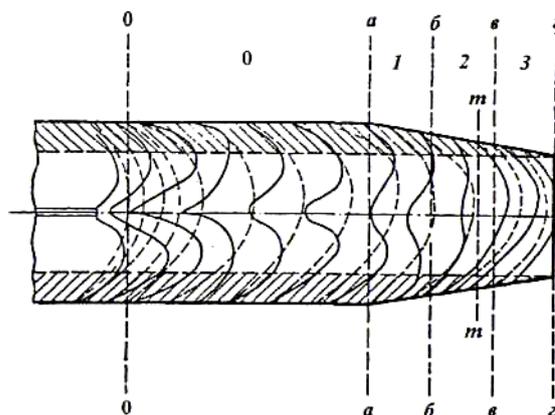


Рисунок 1.13 – Схема процесса деформации пластичной глиняной массы в формующей части ленточного пресса

До становления процесса формирования масса, нагнетаемая шнеком, заполняет весь формующий канал пресса, и одновременно происходит сдвиг ее относительно тормозящих движение стенок с одновременным уплотнением до тех пор, пока сила, создаваемая нагнетателем, не превысит силы сопротивления всего формующего канала, заполненного массой, что соответствует началу ее движения.

Направленные к оси пресса силы бокового давления уплотняют центральный объем массы, вследствие чего в массе по оси пресса образуется зона, где масса более уплотнена, чем остальной ее объем. Существование этой зоны сохраняется вплоть до входа массы из формующего канала. Центр распора на некотором расстоянии от выпорной лопасти шнека перемещается на ось пресса.

После становления процесса формирования при установившемся режиме описанный процесс уплотнения (сжатия) с одновременным сдвигом происходит непрерывно, о чем свидетельствует существование в любой момент формирования в самом начале головки (звено 0) фронта движения массы, показанное на рисунке 1.13 пунктирными линиями.

Так же непрерывно происходит образование фронта движения массы, которое не зависит от распределения массы шнеком, а зависит лишь от ее формуемости и процесса трения о стенки пресса. Конфигурация фронта движения массы, образующаяся в начале звена 0, остается неизменной в

пределах объема, определяемого площадью выходного сечения Г-Г до выхода массы из формующего канала. За пределами этого объема (заштрихованная часть на рис. 1.13) конфигурация фронта движения массы при входе в конусные звенья формующего канала изменяется вследствие изменения ее формуемости в пристенном слое под влиянием изменения величины коэффициента внутреннего трения и силы бокового давления [19].

Средняя скорость движения массы после становления процесса прессования на протяжении всего формующего канала достаточно постоянна для любой точки объема массы и практически не зависит от перехода ее в звенья различной формы. Показано, что в основном средняя скорость зависит от скорости нагнетания массы шнеком, суммарного сопротивления формующего канала и формуемости массы, что при установившемся режиме формования можно считать постоянным.

Все сказанное выше свидетельствует о том, что в формовочной части ленточного пресса не имеет место процесс течения массы, а происходит пластическая деформация ее с одновременным уплотнением (сжатием) и продвижением относительно стенок пресса.

В [31] показан механизм деформации глиняных паст в шнековых прессах при формовании на них кирпича. Следует отметить, что при анализе механизма деформации пасты в шнековых прессах рассматривается только формующий канал пресса (головка и мундштук) без учета конструкции питателя, но с учетом деформации и изменения структуры пасты, полученной вследствие воздействий, типичных для шнековых нагнетателей ленточных прессов.

Прежде всего, необходимо определить роль отдельных частей шнековых прессов в процессе деформации паст при их переработке и формовании. Это было показано ранее на примере керамических ленточных прессов. На рис. 1.14 представлена схема ленточного шнекового пресса с разделением на зоны, выполняющие определенные функции. Естественно деление условное, особенно для цилиндров пресса, так как в практике одна зона переходит в другую по всей длине и протяженность каждой из них в некоторых пределах может изменяться

в зависимости от свойств формовочной массы, режима работы пресса и вида выпускаемой продукции.

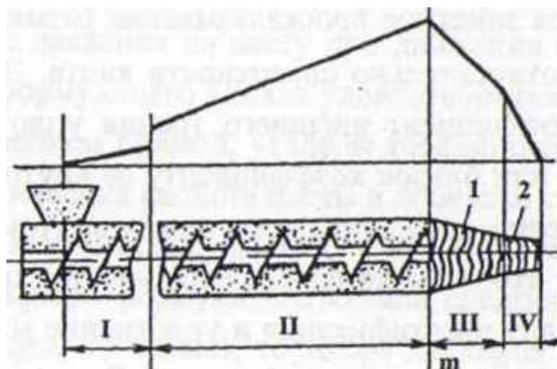


Рисунок 1.14 – Схема продвижения пасты в цилиндре и формующем канале шнекового пресса и эпюра давлений на элементарный объем пасты

Несомненно, что назначение шнекового нагнетателя, подающего, пластифицирующего и уплотняющего пасту перед входом ее в головку формующего канала, для всех шнековых прессов аналогично. Однако в цилиндре пресса, как показал В.А.Силин [32], можно наблюдать минимум две зоны:

- зону, в которой преобладает процесс продвижения материала шнеком в направлении формующего канала при неполном заполнении цилиндра пресса по сечению, с одновременным сжатием и размягчением материала;
- зону, где вследствие превышения давления определенного предела керамическая масса переходит в пасту высокой пластичности.

Как следствие этого понижается численное значение коэффициента внешнего трения об поверхность шнека и стенок цилиндра пресса  $\mu$  и появляется заметное проскальзывание размягченной пасты относительно поверхности шнека. Когда коэффициент внешнего трения уплотненной пластичной пасты станет меньше или близок коэффициенту ее внутреннего трения, имеет место обратное течение пасты между шнеком и стенкой цилиндра пресса, что является не желательным. Весь участок формующего канала, в котором происходит пластификация и уплотнение материала, является зоной уплотнения и пластификации. Однако окончательная структура пластичной пасты формируется в области наибольших давлений, так как далее давление в прессе

уменьшается в зависимости от сопротивления каждого последующей зоны формирующего канала, включающего головку и мундштук.

Назначение головки при формировании следующее:

- устранить слоистость пасты по всему объему. Слоистость образуется вследствие влияния на пасту шнекового нагнетателя: он подает в головку слои пасты, «заполированные» при проскальзывании относительно поверхности винта шнека во время продвижения в цилиндре пресса;

- обеспечить равную плотность пасты по сечению головки перед входом в следующее звено;

- устранить вращение пасты, сообщенное ей шнеком перед входом в головку; в керамических прессах надо устранить еще и пульсацию массы.

Назначение мундштука является придание заданного профиля выходящей пасте с возможно наименьшим изменением ее структуры и равной плотности по объему. Таким образом, это звено является по существу калибровочным и поэтому должно быть максимально коротким. Последнее условие довольно сложно выполнить, особенно при изготовлении пустотного кирпича.

Изменение давления на пасту при движении ее вдоль какого-либо звена формирующего канала удовлетворительно аппроксимируется уравнением прямой, угловой коэффициент которой зависит от реологических свойств пасты и лобового сопротивления, определяемого конусностью данного звена. Следовательно, углы наклона всех звеньев формирующего канала предположить одинаковыми, что редко, но бывает, то эпюра давлений будет ограничена одним углом наклона к оси канала. Это значит, что падение давления в данном случае будет прямо пропорционально уменьшению площади трения пасты о стенки пресса по мере приближения рассматриваемого элементарного объема пасты к выходному сечению формирующего канала (в случае окончательного формирования структуры пасты на входе в головку в области максимальных давлений) [33].

При изменении лобового сопротивления какого-либо звена формирующего канала (например, мундштука с кернами) зависимость давления в пасте от длины

звена может приобрести степенной (большой частью параболический) характер. В этом случае давление расходуется не только на преодоление сил внешнего трения, но и на преодоление сопротивления пасты дополнительной деформации по всему объему в звене. Тогда это звено начинает выполнять функцию головки, что не желательно, так как может нарушиться уже организованная структура пасты. Поэтому мундштук всегда должен иметь незначительную конусность 1-3° и обладать минимально конструктивно возможной длиной.

## 2 ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

### 2.1 Объект исследования

В соответствии с задачами научного исследования в качестве объектов исследования были выбраны технологические процессы, реализованные в участке формования на существующих кирпичных предприятиях Новосибирской области: ЗАО «Черепановский завод строительных материалов» и ЗАО «Кирпичный завод» Маслянино. На данных производствах были рассмотрены вопросы оптимизации участка формовки. Для исследования были отобраны пробы типичных образцов глин с карьеров используемых в качестве сырьевой базы вышеуказанных предприятий. Общие характеристики приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Объекты исследования

| Завод                                       | Сырьевая база                    | Формовочная влажность, % | Продукция | Марка         |
|---|----------------------------------|--------------------------|-----------|---------------|
| Черепановский завод строительных материалов | Черепановское месторождение (Г1) | 19-21                    | 1 НФ      | M100-<br>M125 |
| Кирпичный завод Маслянино                   | Маслянинское месторождение (Г2)  | 18-20                    | 1 НФ      | M100          |

Заводы Маслянино и Черепаново идентичны и относятся к механизированным заводам с элементами автоматизации и длительное время производили кирпич марки M75-M100, максимум допускают три технологические пустоты. Характеризуются низкокамерными сушилами и туннельными печами с шириной канала три метра. В качестве сырьевой базы имеют местные суглинки с малым числом пластичности около 10. Месторождения характеризуются послойным залеганием пластов глинистого сырья – пылеватых высокодисперсных тощих глин и суглинков.

## **2.2 Методы исследования**

### **2.2.1 Растровая электронная микроскопия**

Растровый или сканирующий электронный микроскоп (РЭМ) широко используется в научно-исследовательских целях. По своим техническим характеристикам данный вид микроскопа сочетает в себе качества как светового микроскопа, так и просвечивающего электронного микроскопа, но является более усовершенствованным и многофункциональным. В основе работы РЭМ лежит сканирование поверхности образца электронным зондом и распознавание большого спектра излучений, возникающих в процессе. Сигналами для получения изображения в РЭМ служат вторичные, отраженные и поглощённые электроны. Рентгеновское излучение используется для получения информации о химическом составе материала исследуемого образца (рентгеноспектральный микроанализ). Все эти возможности определяют особенности использования РЭМ и создает целый ряд новых дополнительных аналитических возможностей в области электронной микроскопии. Высокая информативность, простота изготовления образцов для исследования, высокая степень автоматизации количественного анализа изображения и обработки результатов измерений и множества других возможностей делают РЭМ наиболее универсальным прибором для исследования структуры, состава материалов и топографии поверхности.

В данной работе химический состав глинистого сырья определялось на японском оборудовании «JEOL JSM 6000» с приставкой для элементного анализа, с возможностью работать в высоком и низком вакууме.

Основные компоненты всех РЭМ включают следующее:

- Источник электронов ("Пушка");
- Электронные линзы;
- Держатель образца;
- Датчики всех сигналов, представляющих интерес;
- Устройства вывода данных.

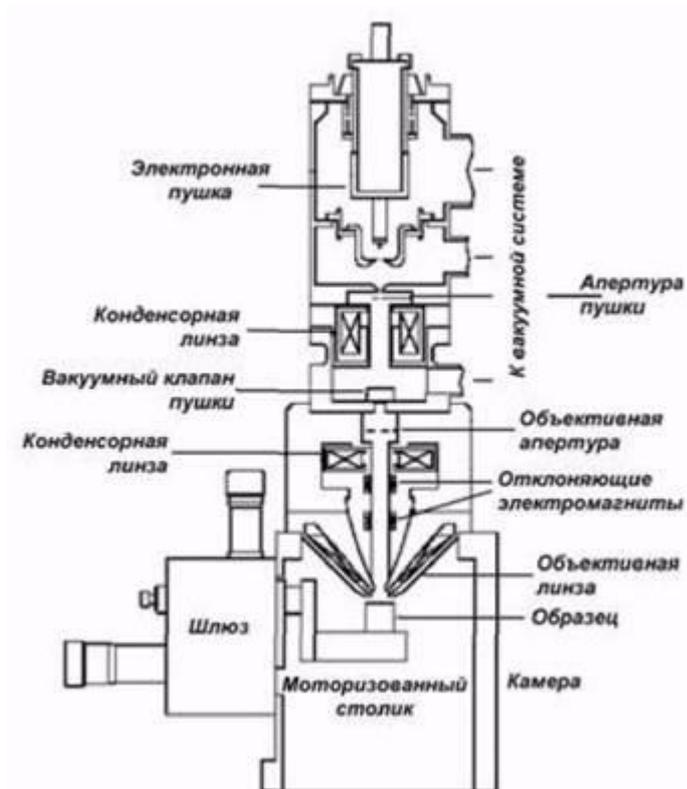


Рисунок 2.1 – Схема устройства современного растрового электронного микроскопа (РЭМ)

### *Основные принципы растровой электронной микроскопии (РЭМ)*

Ускоренные электроны в РЭМ несут значительные порции кинетической энергии, и эта энергия рассеивается в виде различных сигналов, возникающих в результате взаимодействия электрон-образец, когда падающие электроны тормозятся в твёрдом образце. Эти сигналы включают в себя вторичные электроны (которые производят РЭМ изображения), обратнорассеянные электроны (ОРЭ), дифрагированные обратнорассеянные электроны (ДОРЭ, которые используются для определения кристаллической структуры и ориентации минералов), фотоны (характеристические рентгеновские лучи, которые используются для элементного анализа и континуума рентгеновских лучей), видимый свет (катодолюминесценция – КЛ), и тепло. Вторичные электроны и обратнорассеянные электроны обычно используются для построения изображений образцов: вторичные электроны являются наиболее ценными для наблюдения морфологии и топографии на образцах, а обратнорассеянные электроны наиболее ценны для иллюстрации контраста

композиции в многофазных образцах (т.е. для быстрого распознавания фаз). Рентгеновские лучи образуются в результате неупругих столкновений падающих электронов с электронами в дискретных орбиталях (оболочках) атомов в образце. Возбуждённые электроны возвращаются на более низкие энергетические уровни, они дают рентгеновские лучи, которые имеют фиксированные длины волн (что связано с различием в энергетических уровнях электронов в различных оболочках атомов данного элемента). Таким образом, характеристические рентгеновские лучи производятся для каждого элемента в минерале "возбуждённом" электронным пучком. Анализ РЭМ считается "неразрушающим", то есть, рентгеновские лучи, сформированные с помощью электронных взаимодействий, не приводят к объёмным потерям в образце, так что можно анализировать одни и те же материалы повторно.

### **2.2.2 Гранулометрический анализ**

Гранулометрический анализ, анализ размеров частиц, или просто измерение частиц – это собирательное название технических процедур или лабораторных методов, с помощью которых определяют диапазон размеров и средний размер частиц в порошке или жидком образце. В настоящее время существуют много способов определения гранулометрического состава грунтов. Наибольшее распространение получили ситовой анализ, метод двойного отмучивания, пипеточный метод, ареометрический метод и полевой метод Рутковского. В данной работе гранулометрический состав определяли методом Рутковского, который основан на набухании глинистой фракции [8].

По этой методике выделяют три фракции:

- глинистая – частицы с размером менее 5 мкм (0,005 мм)
- пылеватая – частицы с размером 5-50 мкм (0,05-0,005 мм)
- песчаная – частицы с размером более 50 мкм (0,05-2 мм)

Приборы: цилиндр мерный 100 мл, мешалка, промывалка, сито 2мм, ступка с резиновым пестиком, раствор кальция хлорид, секундомер.

### *Методика проведения*

#### Определение содержание глинистых частиц

1. Глину в сухом состоянии растирают в ступке с резиновым пестиком в порошок и просеивают через сито с ячейкой 2 мм.

2. Готовую пробу всыпают в цилиндр 100мл так, чтобы после уплотнения постукиванием в цилиндре получился объем пробы 10 см<sup>3</sup>.

3. Добавляют воду в количестве 50-60 мл и хорошо размешивают палочкой. Добавляют 2-3 мл раствора CaCl<sub>2</sub> (5%) в качестве коагулятора. Полученную суспензию размешивают и добавляют до 100 мл воды и оставляют на 24-48 часов до полного отстаивания.

4. После полного отстаивания определяют объем набухшего грунта и вычисляют прирост объема по формуле:

$$k_V = \frac{V_1 - V_0}{V_0} \quad (9)$$

где  $V_0$  – первоначальный объем (10 см<sup>3</sup>),

$V_1$  – объем набухшей глины, см<sup>3</sup>

Содержание глинистых частиц определяют эмпирической формулой:

$$X = 22,7 * k_V \quad (10)$$

#### Определение содержания песчаных частиц

1. Тот же цилиндр, в котором определяли набухание, тщательно размешивают и отстаивают 90 с. После отстаивания выливают в стеклянную банку около 70-75 мл, причем надо вылить так, чтобы осевшие частицы не поднимались и не сливались.

2. Это действие повторяют до тех пор, пока вода не станет прозрачной. Затем взмучивают доливанием до 30 мл, также до осветления жидкости.

3. После отмучивания в цилиндр добавляют воды до отметки 100 мл, дают песку отстояться и определяют его объем.

4. Считая, что 1 см<sup>3</sup> осевших частиц равен 10% пробы, вычисляют количества песка умножением величины объема осадка на 10.

Определение содержания пылеватых частиц производят по разности 100% и количеством глинистых и пылеватых частиц. Необходимо проводить 3 анализа одновременно. Если результаты расходятся на более чем 5 %, анализ повторяют. Результат наносят на тройную диаграмму Охотина, и определяют вид сырья.

### **2.2.3 Определение наименьшей капиллярной влажности**

Анализ более поздних представлений о формах связи воды с частицами глин, классификации отдельных ее видов позволяет сделать вывод о том, что при решении некоторых технологических проблем следует разделять связанную воду на две основные категории влаги: капиллярно-подвижную (КПВ) и капиллярно-неподвижную (КНВ).

КПВ в отличие от КНВ способен передавать гидростатическое давление и перемещаться в порах материала в виде жидкости. КНВ не передает гидростатического давления и из материала может быть удален только в форме пара. Условной границей между этими двумя категориями влаги служит – наименьшая капиллярная влажность  $W_{нкв}$ , при которой молекулы связанной воды удерживаются силовым полем поверхности частиц и микрокапиллярами в поровом пространстве максимально уплотненных частиц твердой фазы. Метод определения наименьшей капиллярной влажности был описан еще в 1927 году А.Ф. Лебедевым.

#### *Методика проведения*

Определение наименьшей капиллярной влажности  $W_{нкв}$  производилось по методу влагоемких сред, методика которого заключается в следующем [34]:

1. Типичную пробу образца глин в сухом состоянии измельчают в ступке пестиком с резиновым наконечником, чтобы разрушить крупные комки и частицы, просеивают через сито с размером ячеек менее 0,5 мм.

2. Отвешивают на технических весах примерно 50г мелкодисперсной сухой глины (этого количества хватит для двух или трех определений),

помещают его в фарфоровую чашку и при перемешивании, постепенно приливают дистиллированную воду до получения концентрированной пластичной пастообразной смеси.

3. На пакет из 10 листов фильтровальной бумаги укладывают кусок плотной ткани, на который помещают шаблон из металла в форме кольца с диаметром 50 мм (наружный – 55-60 мм) и толщиной 2 мм.

4. Внутреннее пространство кольцевого шаблона заполняется приготовленной пластичной пастой из глины так, чтобы высота пасты была равной с высотой шаблона.

5. Шаблон снимается, а оставшуюся лепешку из пластичной глины накрывают также куском плотной ткани и пакетом из 10 листов фильтровальной бумаги.

6. Далее полученный пакет помещают между двумя плоскими параллельными металлическими дисками. Всю эту конструкцию на гидравлическом прессе сжимают до значения удельного давления 65,5 кгс/см<sup>2</sup> (6,55 МПа) и держат под давлением 10-15 минут. При таком давлении из глины удаляется свободная вода.

7. Показание манометра пресса рассчитывают заранее по формуле:

$$P_1 F_1 = P_2 F_2 \quad (11)$$

где  $P_1$  - показание манометра, кг/ см<sup>2</sup>;  $F_1$  - площадь поршня пресса, см<sup>2</sup>;  $P_2$  - заданное давление, кг/ см<sup>2</sup>;  $F_2$  - площадь лепешки материала, см<sup>2</sup>.

8. После 10-15-минутной выдержки давление на прессе сбрасывают и извлекают лепешку из глины, которую помещают в предварительно взвешенные стеклянные бюксы, закрывают бюкс пришлифованной крышкой, снова взвешивают на аналитических весах и помещают в сушильный шкаф с температурой 105°C. При сушке материала крышку бюкса необходимо снять.

9. После сушки материала в течение 70-90 минут, бюкс закрывают крышкой, охлаждают в эксикаторе, взвешивают на аналитических весах и определяют абсолютную влажность материала, которая численно равна наименьшей капиллярной влажности:

$$W_{\text{НКВ}} = \frac{\Delta m}{m_{\text{сух}}} 100\% \quad (12)$$

где  $\Delta m$  - изменение массы материала при сушке, г;

Определение проводят не менее чем на 3-х образцах. Результаты не должны расходиться не более чем в 5%.

#### 2.2.4 Определение прочности на сжатие

Прочность при сжатии – это максимальное сжимающее напряжение, которое выдерживает образец до разрушения. Для определения используются образцы кубической формы. В технологии стеновой керамики прочность на сжатие наряду с прочностью на изгиб, является показателем марки кирпичей и керамических камней. Определение проводилось с помощью испытательного гидравлического пресса ПГМ-100МГ4.

Методика проведения

1. Образцы измеряют штангенциркулем с погрешностью до 1 мм.
2. Образец устанавливают прямо в центре пресса. Иногда на образец снизу и сверху укладывают прокладки из легко деформируемого материала (картона, резины, алюминия, меди и т.д.), которые устраняют действие перекосов, неровностей и других дефектов поверхности образца. Для проведения испытаний отбирают образцы без видимых дефектов.
3. При подаче нагрузки на образец, необходимо соблюдать постоянную скорость нагружения вплоть до разрушения образца, в момент которого по манометру пресса фиксируют разрушающее (максимальное) напряжение.

Предел прочности (МПа) при сжатии определяют по формуле:

$$R_{\text{СЖ}} = \frac{P}{F} 0,1 \quad (13)$$

где  $P$  – максимальная нагрузка, установленная при испытании образца, кгс;

$F$  – площадь поперечного сечения образца, см<sup>2</sup>

## 4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

### 4.1 Предпроектный анализ

#### 4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Керамический кирпич вот уже несколько веков является самым распространённым стеновым строительным материалом. В общем балансе производства и применения стеновых материалов в России керамический кирпич занимает более 50%. В данный момент в производстве строительного керамического кирпича сосредоточено внимание на совершенствовании технологии, оптимизации процесса производства и улучшении качества выпускаемой продукции. Целью НТИ является усовершенствование имеющихся технологии пластического формования полнотелого керамического кирпича.

Основная сфера использования керамического кирпича строительство жилых и производственных зданий и сооружений. Выпускаются различные виды кирпича (рисунок 4.1).

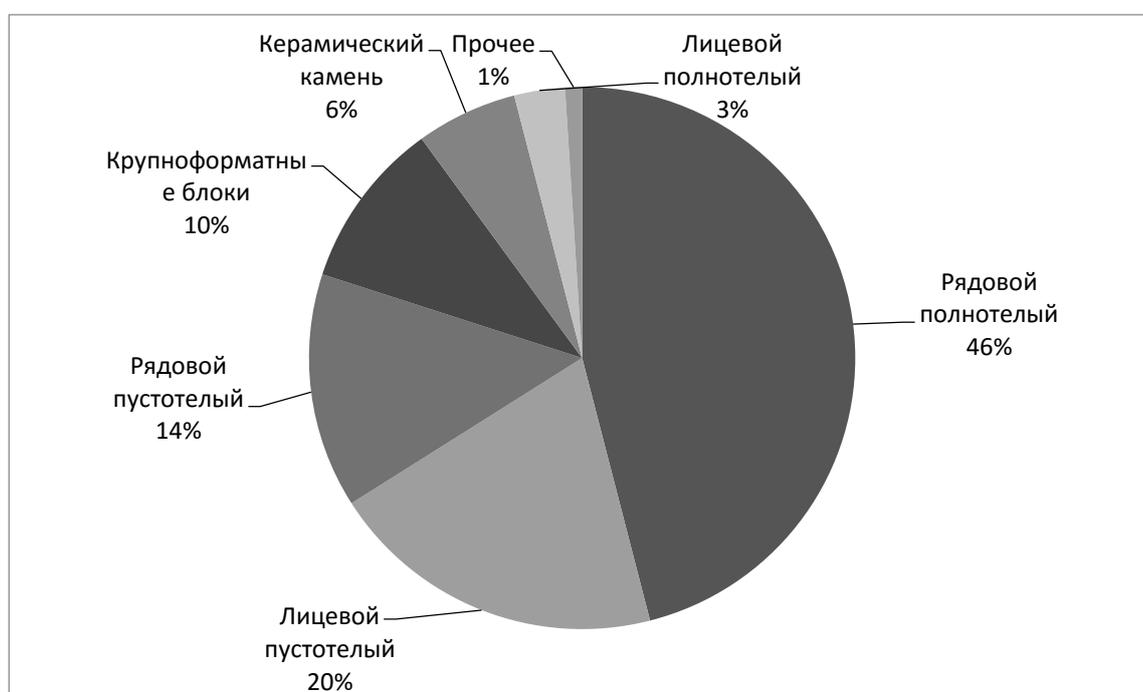


Рисунок 4.1 – Карта сегментирования ассортимента производства керамического кирпича в России

Основные потенциальные потребители результатов исследования — это предприятия по производству керамического кирпича. За последние три года товарная структура производства претерпела некоторые изменения. Можно отметить устойчивый рост доли выпуска крупноформатных стеновых керамических блоков и лицевого пустотелого кирпича на фоне сокращения доли производства рядового кирпича и стенового камня, но тем не менее производство полнотелого кирпича до сих пор занимает лидирующую позицию (46%).

#### **4.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения**

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности позволяет оценить эффективность научной разработки по сравнению с конкурирующими предприятиями.

Конкуренты в Западной Сибири производящие более 50 млн. шт./год:

- ООО «Кирпичный завод Ликолор», г. Новосибирск;
- ООО «ГК Карьероуправление», г. Томск;
- «Копыловская керамика», Томская область;

Основными конкурентами выступают заводы, находящиеся в Томской области. Данный анализ проводился с помощью оценочной карты (табл. 4.1).

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_j \quad (14)$$

где  $K$  – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

$B_i$  – вес показателя (в долях единицы);  $B_j$  – балл  $i$ -го показателя.

Таблица 4.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

| Критерии оценки   | Вес критерия | Баллы          |                 |                 | Конкурентоспособность |                 |                 |
|---|--------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------------|-----------------|-----------------|
|   |              | Б <sub>ф</sub> | Б <sub>к1</sub> | Б <sub>к2</sub> | К <sub>ф</sub>        | К <sub>к1</sub> | К <sub>к2</sub> |
| 1   | 2            | 3              | 4               | 5               | 6                     | 7               | 8               |
| <b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b> |              |                |                 |                 |                       |                 |                 |
| 1. Энергоэкономичность                                  | 0,15         | 5              | 4               | 4               | 0,75                  | 0,6             | 0,6             |
| 2. Ресурсосбережение                                    | 0,20         | 5              | 4               | 4               | 1                     | 0,8             | 0,8             |
| 3. Прочность  | 0,15         | 4              | 5               | 4               | 0,6                   | 1               | 0,6             |
| 4. Морозостойкость                                      | 0,15         | 4              | 4               | 4               | 0,6                   | 0,6             | 0,6             |
| <b>Экономические критерии оценки эффективности</b>      |              |                |                 |                 |                       |                 |                 |
| 1. Конкурентоспособность продукта                       | 0,10         | 5              | 5               | 5               | 0,5                   | 0,5             | 0,5             |
| 2. Уровень проникновения на рынок                       | 0,10         | 3              | 4               | 4               | 0,3                   | 0,4             | 0,4             |
| 3. Цена   | 0,15         | 5              | 3               | 4               | 0,75                  | 0,45            | 0,6             |
| <b>Итого</b>  | <b>1</b>     | <b>31</b>      | <b>29</b>       | <b>29</b>       | <b>4,5</b>            | <b>4,35</b>     | <b>4,1</b>      |

Б<sub>ф</sub> – продукт проведенной исследовательской работы;

Б<sub>к1</sub> – ООО «ГК Карьероуправление»;

Б<sub>к2</sub> – «Копыловская керамика».

По результату анализа мы видим, что результат исследования является менее энергоемким и имеет меньшие материальные затраты, следовательно, цена ниже. Мы можем уверенно утверждать, что результат научно-исследовательской работы ресурсоэффективен по сравнению предложениям конкурентов.

#### 4.1.3 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 исследования.

В первую очередь надо выявить сильные и слабые стороны проекта, возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде:

### *1. Сильные стороны*

Сильными сторонами данного НТИ безусловно являются экономичность энергии и сырья, низкая цена по сравнению с конкурентами. В проекте предполагается вовлечение в производство низкокачественных сырьевых ресурсов. Более того, продукция не уступает по свойствам, конкурентам, которые были получены из качественных, следовательно, дорогих сырьевых материалов.

### *2. Слабые стороны*

Слабые стороны – недостаток научно-исследовательских данных о процессах структурообразования во время формовки, недостаток оборудования и финансирования научного проекта, невозможность получения высокопустотных керамических изделий.

### *3. Возможности*

Главным благоприятным условием для продвижения проекта является сочетание двух факторов – это низкотемпературный климат Сибири, где требуется морозостойкие строительные материалы, и устойчивый спрос на высококачественный керамический кирпич. На ряду с этим, последние годы наблюдается рост пошлин и налогов на импортные товары, то есть создаются комфортные условия для отечественных производителей.

### *4. Угрозы*

Главной угрозой данного проекта является развитая конкуренция на рынке производства строительных материалов. Кроме этого, рядовой керамический кирпич может быть смещен с рынка альтернативными видами строительных материалов. К тому же, истощение запасов сырья обуславливает повышения цен на сырье и, следовательно, себестоимости.

Таблица 4.2 – SWOT-анализ реализации проекта

|                     |   | Сильные стороны научно-исследовательского исследования:   |    |    | Слабые стороны научно-исследовательского исследования:  |     |     |   |
|---------------------|---|---|----|----|---|-----|-----|---|
|                     |   | С1  | С2 | С3 | Сл1   | Сл2 | Сл3 |   |
|                     |   | <p>С1. Заявленная экономичность и энергоэффективность технологии.</p> <p>С2. Ресурсоэффективность технологии.</p> <p>С3. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями.</p> |    |    | <p>Сл1. Недостаток научной базы в области исследования</p> <p>Сл2. Недостаток оборудования и финансирования научного проекта</p> <p>Сл3. Невозможность производства высокопустотных изделий</p> |     |     |   |
| <b>Возможности:</b> | В1. Устойчивый спрос на результаты исследования       | В3  | +  | +  | +   | 0   | -   | + |
|                     | В2. Особенности климата региона                       | В2  | -  | -  | -   | -   | -   | 0 |
|                     | В3. Повышение пошлин и налогов на импортную продукцию | В1  | +  | +  | +   | -   | -   | + |
| <b>Угрозы:</b>      | У1. Развитая конкуренция на рынке                     | У3  | 0  | +  | +   | -   | 0   | - |
|                     | У2. Появления альтернативных видов стройматериалов    | У2  | 0  | 0  | +   | +   | 0   | + |
|                     | У3. Возможный рост цен на сырье                       | У1  | +  | +  | +   | +   | +   | + |

По результатам SWOT анализа мы выяснили, что продвижению проекта способствуют наличие устойчивого спроса на продукт, в связи с низкой стоимостью производства в сравнении с другими технологиями. Требуется более глубокое изучение процессов, происходящих при производстве.

#### 4.1.4 Оценка готовности исследования к коммерциализации

На какой бы стадии жизненного цикла ни находилась научная разработка, полезно оценить степень её готовности к коммерциализации и выяснить уровень собственных знаний для её проведения (или завершения). В таблице 4.3 показаны оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации.

Таблица 4.3 – Оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации

| Наименование   | Степень проработанности научного исследования | Уровень имеющихся знаний у разработчика |
|--|---|---|
| Определен имеющийся научно-технический задел                                     | 4   | 3                                       |
| Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела | 5   | 4                                       |
| Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке        | 5   | 4                                       |
| Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок  | 5   | 4                                       |
| Определены авторы и осуществлена охрана их прав                                  | 5   | 4                                       |
| Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности                        | 5   | 4                                       |
| Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта                                | 5   | 4                                       |

| Наименование  | Степень проработанности научного исследования | Уровень имеющихся знаний у разработчика |
|---|---|---|
| Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки                        | 5   | 4                                       |
| Определены пути продвижения научной разработки на рынок                           | 5   | 4                                       |
| Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки                       | 5   | 4                                       |
| Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок    | 1   | 1                                       |
| Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот | 2   | 1                                       |
| Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки            | 3   | 3                                       |
| Имеется команда для коммерциализации научной разработки                           | 4   | 4                                       |
| Проработан механизм реализации научного проекта                                   | 4   | 3                                       |
| <b>ИТОГО БАЛЛОВ</b>   | <b>63</b>                                     | <b>51</b>                               |

Оценка готовности научного проекта к коммерциализации (или уровень имеющихся знаний у разработчика) определяется по формуле:

$$B_{\text{сум}} = \sum B_i \quad (15)$$

где  $B_{\text{сум}}$  – суммарное количество баллов по каждому направлению;

$B_i$  – балл по  $i$ -му показателю.

Значение  $B_{\text{сум}}$  позволяет говорить о мере готовности научной разработки и ее разработчика к коммерциализации. Для показателя степени проработанности проекта  $B_{\text{сум}}=63$ , что входит в интервал  $60 \div 75$ . Перспективность высокая. Для показателя уровня имеющихся знаний у

разработчика  $B_{\text{сум}}=51$ , что входит в интервал  $45 \div 59$ . Перспективность выше среднего. Технология производства керамического кирпича известна давно, то есть научная база четко сформулирована, а методы коммерциализации проработаны. Целью данной работы является усовершенствование уже имеющихся технологии. Технология носит характер привязанности к местности, то есть экспорт продукции не предполагается.

#### **4.1.5 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования**

Методом коммерциализации научной разработки был выбран инжиниринг. Данный метод как самостоятельный вид коммерческих операций предполагает предоставление на основе договора инжиниринга одной стороной, именуемой консультантом, другой стороне, именуемой заказчиком, комплекса или отдельных видов инженерно-технических услуг, связанных с проектированием, строительством и вводом объекта в эксплуатацию, с разработкой новых технологических процессов на предприятии заказчика, усовершенствованием имеющихся производственных процессов вплоть до внедрения изделия в производство и даже сбыта продукции. Это означает что разработчик научного проекта выступает консультантом, заказчиком – предприятия по производству керамических изделий.

### **4.2 Инициация проекта**

#### **4.2.1 Цели и результат исследования**

Анализ цели и результаты проекта представлены в таблицах 4.4 и 4.5.

Таблица 4.4 – Заинтересованные стороны НТИ

| <b>Заинтересованные стороны НТИ</b>               | <b>Ожидания заинтересованных сторон</b>              |
|---|--|
| ЗАО «Черепановский завод строительных материалов» | 1. Повышение марочности<br>2. Снижение себестоимости |
| ЗАО «Кирпичный завод» Маслянино                   |  |

Таблица 4.5 – Цели и результат НТИ

|  |   |
|--|---|
| <b>Цели исследования:</b>                        | Разработать оптимальных режимов формования керамических изделий |
| <b>Ожидаемые результаты исследования:</b>        | Получение качественных образцов керамического кирпича           |
| <b>Критерии приемки результата исследования:</b> | Соответствие заданным характеристикам                           |
| <b>Требования к результату исследования:</b>     | Отсутствие трещин   |
|  | Высокая прочность на сжатие                                     |

#### 4.2.2 Организационная структура исследования

На данном этапе работы необходимо решить следующие вопросы: кто будет входить в рабочую группу данного исследования, определить роль каждого участника в данном исследований, а также прописать функции, выполняемые каждым из участников и их трудозатраты. Информация об организационной структуре представлена в таблице 4.6.

Таблица 4.6 – Рабочая группа научного исследования

| <b>ФИО,<br/>основное место<br/>работы,<br/>должность</b>        | <b>Роль в НИ</b>     | <b>Функции</b>  | <b>Трудо-<br/>затраты,<br/>час., год</b> |
|---|----------------------|---|--|
| Джиеналыев<br>Толеби<br>Даулеталыевич,<br>НИ ТПУ,<br>магистрант | Исполнитель по<br>НИ | - разработка составов шихты<br>- проверка качества продукта               | 450                                      |
| Абакумов<br>Александр<br>Евгеньевич,<br>НИ ТПУ, доцент          | Руководитель НИ      | - формирование целей<br>исследования<br>- координирование<br>деятельности | 162                                      |
| <b>ИТОГО:</b>   |                      |   | 612                                      |

Трудозатраты были рассчитаны на основании следующих данных: исследования выполняется 4 месяцев, руководитель НИ принимает участие 3

раза в неделю на протяжении 3 часов, исполнитель работает в среднем 5 дней в неделю по 5 часов.

### 4.2.3 Ограничения и допущения исследования

Ограничения проекта – это все факторы, которые могут послужить ограничением степени свободы участников команды проекта, а также «границы проекта» - параметры проекта или его продукта, которые не будут реализованных в рамках данного проекта.

Таблица 4.7 – Ограничения проекта

| <b>Фактор</b>                              | <b>Ограничения/ допущения</b>   |
|--|---|
| <i>Бюджет проекта</i>                      |   |
| Источник финансирования                    | —   |
| <i>Сроки проекта:</i>                      |   |
| Дата утверждения плана управления проектом | 20.10.2015 г  |
| Дата завершения проекта                    | 04.06.2016 г  |
| Прочие ограничения и допущения             | <ul style="list-style-type: none"><li>• Ограничения по времени нахождения в лаборатории</li><li>• Время работы участников НТИ</li></ul> |

Таким образом, определены цели и задачи проекта, участники и их обязанности в этом проекте. Также определены ограничения и допущения проекта.

## 4.3 Планирование управления научно-техническим исследованием

### 4.3.1 Иерархическая структура работ исследования

Данная научно-исследовательская работа включает в себя три основных этапа:

1. Подготовка к работе;
2. Экспериментальная часть;
3. Заключительная часть.

Этап подготовки к работе, в свою очередь, можно разделить на две части – теоретическую и практическую. Теоретическая подготовка – сбор и обработка теоретических данных об исследуемых материалах и процессах, создание теоретического задела исследования. Практическая подготовка – сбор и подготовка сырьевых материалов, получение исследуемых материалов, изготовление образцов, подготовка оборудования.

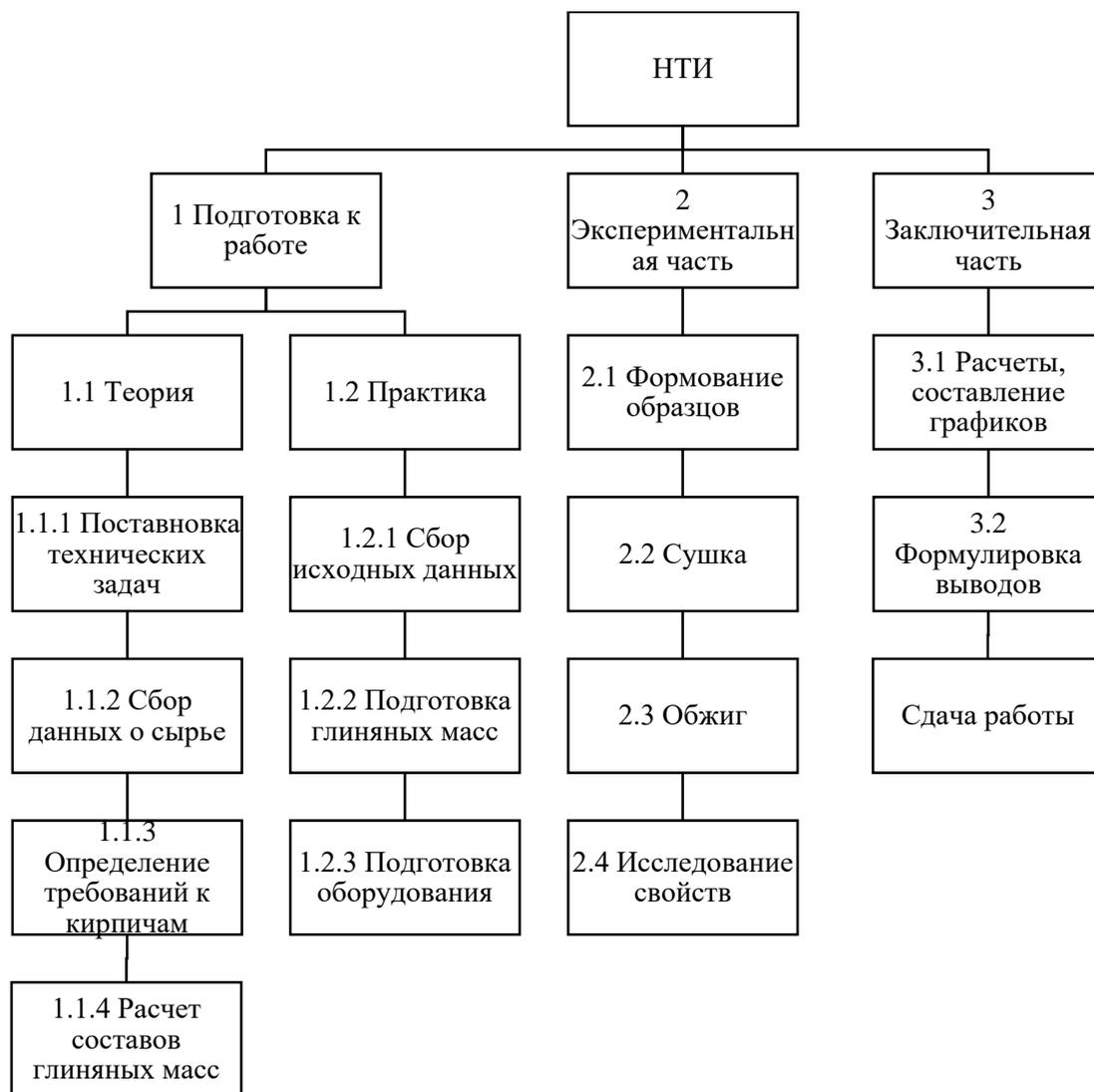


Рисунок 4.2 – Иерархическая структура НТИ

Экспериментальная часть – непосредственное проведение испытаний готовых образцов на заданные свойства.

Заключительная часть – обработка и оформление результатов исследования.

### 4.3.2 Контрольные события НТИ

В рамках данного раздела необходимо определяются ключевые события научно-технического исследования, их даты и результаты, которые должны быть получены по состоянию на эти даты.

Таблица 4.8 – Контрольные события проекта

| Контрольное событие   | Дата                  | Результат (подтверждающий документ) |
|---|-----------------------|-------------------------------------|
| Постановка технических задач  | 01.02.-<br>27.02.2016 | Теоретическая часть                 |
| Выбор глин для исследования, расчёт их свойств и составов глиняных масс | 29.02.-<br>05.03.2016 | Расчётная часть                     |
| Проведение экспериментов  | 07.03–<br>07.05.2016  | Экспериментальная часть             |
| Обработка экспериментальных данных                                      | 16.05.-<br>04.06.2016 | Заключение                          |
| Составление пояснительной записки                                       | 04.06.2016            | Пояснительная записка               |

### 4.3.3 Планирование выполнения работ по исследованию

Для планирования какого-нибудь научного проекта необходимо построить календарный план проекта. Календарный план проекта отображен в таблице 4.9.

Таблица 4.9 – Календарный план исследований

| Код работы | Название                 | Длительность, дни | Дата начала работы | Дата окончания работ | Состав участников (ФИО) |
|------------|--------------------------|-------------------|--------------------|----------------------|-------------------------|
| 1.1.1      | Постановка целей и задач | 3                 | 01.02              | 03.02                | Абакумов А.Е            |
| 1.1.2      | Сбор данных              | 23                | 04.02              | 27.02                | Джиеналыев Т.Д.         |
| 1.1.4      | Расчетная часть          | 6                 | 29.02              | 05.03                |                         |
| 1.2.2      | Подготовка глиняных масс | 12                | 07.03              | 19.03                |                         |
| 2          | Экспериментальная часть  | 42                | 21.03              | 07.05                |                         |
| 3.2        | Формулировка выводов     | 6                 | 16.05              | 21.05                |                         |

Графический календарный план научного проекта используется для отображения план проведения работы по данной теме. Диаграмма Ганта – это тип столбчатых диаграмм (гистограмм), который используется для иллюстрации календарного плана проекта, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ. График строится в виде табл. 4.10 с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени выполнения научного проекта.

Таблица 4.10 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме

| Код работы (из ИСР) | Вид работ                    | Исполнители              | Т <sub>к</sub> , кал, дн. | Продолжительность выполнения работ |   |   |      |   |   |        |   |   |     |   |   |      |   |   |
|---------------------|------------------------------|--------------------------|---------------------------|------------------------------------|---|---|------|---|---|--------|---|---|-----|---|---|------|---|---|
|                     |                              |                          |                           | февр.                              |   |   | март |   |   | апрель |   |   | май |   |   | июнь |   |   |
|                     |                              |                          |                           | 1                                  | 2 | 3 | 1    | 2 | 3 | 1      | 2 | 3 | 1   | 2 | 3 | 1    |   |   |
| 1.1.1               | Постановка технических задач | Руководитель, магистрант | 3                         | 1                                  | 2 | 3 |      |   |   |        |   |   |     |   |   |      |   |   |
| 1.1.2               | Сбор информации о сырье      | Магистрант               | 23                        | 1                                  | 2 | 3 | 1    | 2 | 3 |        |   |   |     |   |   |      |   |   |
| 1.1.3               | Определение требований       | Магистрант               | 6                         |                                    |   |   | 1    | 2 | 3 |        |   |   |     |   |   |      |   |   |
| 1.1.4               | Расчеты                      | Магистрант               |                           |                                    |   |   |      |   |   |        |   |   |     |   |   |      |   |   |
| 1.2.1               | Сбор исходных данных         | Руководитель, магистрант | 12                        |                                    |   |   | 1    | 2 | 3 |        |   |   |     |   |   |      |   |   |
| 1.2.2               | Подготовка глиняных масс     | Магистрант               |                           |                                    |   |   | 1    | 2 | 3 |        |   |   |     |   |   |      |   |   |
| 1.2.3               | Подготовка оборудования      | Руководитель, магистрант |                           |                                    |   |   | 1    | 2 | 3 |        |   |   |     |   |   |      |   |   |
| 2                   | Экспериментальная часть      | Магистрант               | 42                        |                                    |   |   |      |   |   | 1      | 2 | 3 | 1   | 2 | 3 |      |   |   |
| 3.1                 | Расчеты                      | Магистрант               | 6                         |                                    |   |   |      |   |   |        |   |   |     |   |   | 1    | 2 | 3 |
| 3.2                 | Формулировка выводов         | Руководитель, магистрант |                           |                                    |   |   |      |   |   |        |   |   |     |   |   | 1    | 2 | 3 |
| 3.3                 | Сдача работы                 | Магистрант               | 12                        |                                    |   |   |      |   |   |        |   |   |     |   |   |      |   | 1 |



- руководитель



- магистрант

Составлен план и календарный график проекта. В графике наглядно иллюстрирован протяжённость каждой стадии проекта. Общая продолжительность работ составляет 125 дней.

#### 4.3.4 Формирования бюджета научного исследования

**Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты (за вычетом отходов).**

Таблица 4.11 – Сырье и материалы

| Наименование                               | Кол-во | Цена за ед., руб., с НДС | Сумма, руб. |
|--|--------|--------------------------|-------------|
| <b>Сырье и реагенты</b>                    |        |                          |             |
| Глина                                      | 50 кг  | 10                       | 500         |
| <b>Посуда химическая</b>                   |        |                          |             |
| Средство, моющее д/посуды                  | 1 уп   | 50                       | 50          |
| Халат белый х/б                            | 1 шт   | 650                      | 650         |
| Перчатки латексные                         | 20 пар | 22                       | 440         |
| <b>Оформление документации</b>             |        |                          |             |
| Бумага для офисной техники                 | 1 уп   | 130                      | 130         |
| Ручка шариковая                            | 2 шт   | 30                       | 60          |
| Всего за материалы                         |        |                          | 1830        |
| Транспортно-заготовительные расходы (3-5%) |        |                          | 92          |
| Итого по статье См                         |        |                          | 1922        |

#### **Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ**

Все оборудования имеется на базе ТПУ. Считаю амортизационные отчисления за 2 месяца, так как эксперименты длились столько.

Таблица 4.12 – Расчет затрат по статье «Амортизация оборудования»

| Наименование оборудования | Общая стоимость оборудования, руб. | Срок амортизации, лет | Стоимость амортизации за год, руб | Стоимость амортизации за 2 мес, руб |
|---------------------------|------------------------------------|-----------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|
| Гидравлический пресс      | 250000,00                          | 15                    | 16666,67                          | 2777,77                             |
| Щековая дробилка          | 125000,00                          | 10                    | 12500,00                          | 2083,33                             |
| Экструдер                 | 200000,00                          | 10                    | 20000,00                          | 3333,33                             |
| Электронные весы          | 20000,00                           | 5                     | 4000                              | 666,66                              |
| Сушильная печь            | 50000,00                           | 10                    | 5000                              | 833,33                              |
| Камерная печь             | 200000,00                          | 15                    | 13333,33                          | 2222,22                             |
| Итого, руб                |                                    |                       |                                   | 11916,64                            |

Также в данную статью расходов включили затраты на электроэнергию, согласно действующему тарифу (2,81 руб. за 1 кВт/ч).

А) Расход электроэнергии в час для щековой дробилки и экструдера составляет 7,5 кВт/ч

Длительность использования: 10 дней по 3 часов в среднем

$$E = 10 * 3 * 7,5 = 225 \text{ кВт.}$$

Б) Расход электроэнергии в час для гидравлического пресса составляет 1,3 кВт/ч.

Длительность использование: 6 дней по 1 часов в среднем

$$E = 6 * 1 * 1,3 = 7,8 \text{ кВт.}$$

В) Расход электроэнергии для сушильной и камерной печи 6 кВт/ч

Длительность использование: 6 дней по 10 часов.

$$E = 6 * 10 * 6 = 360 \text{ кВт}$$

Г) Расход электроэнергии для персонального компьютера равен 0,16 кВт/ч

Длительность использование: 4 месяцев (компьютер работал в среднем 22 дня в месяц по 6 часов).

$$E = 4 \text{ мес} * 22 \text{ дня} * 6 \text{ часов} * 0,16 = 84,48 \text{ кВт.}$$

Д) Освещение (4 лампы по 100 Вт)

4 месяцев \* 22 дня \* 8 часов

$$E = (4 * 22 * 8) * 0,4 = 281,6 \text{ кВт.}$$

Общая сумма затрат на электроэнергию составляет:

$$C_{эл} = (225 + 7,8 + 360 + 84,5 + 281,6) * 2,81 = 2694,5 \text{ руб.}$$

Итого расходы по материалам:  $C1 = C_m + C_{эл} = 1922 + 2694,5 = 4616,5$  руб.

### Расчет фонда заработной платы

В работе над проектом принимало участие 2 человека: студент-магистрант и руководитель проекта.

Оплату труда студента-магистранта в форме стипендии рассчитывали за период с 02.2016 по 05.2016 год (работа над проектом) по установленной в учебном договоре ставке 5850 руб./месяц:  $4 * 5850 = 23400$  руб.

Зарплата руководителя рассчитывалась за весь период работы над проектом (с февраля по май 2016 года). Заработная плата определяется в соответствии с количеством отработанного времени по теме и установленным штатно-должностным окладом. Расчет основной заработной платы сводится в табл. 4.13.

Таблица 4.13 – Расчет основной заработной платы

| Исполнители по категориям | Трудо-емкость, чел.-дн. | Заработная плата, приходящаяся на один чел.-дн., тыс.руб. | Всего заработная плата по тарифу (окладам), тыс. руб. |
|---------------------------|-------------------------|---|---|
| Абакумов А.Е.             | 103                     | 1174,54   | 120977,62   |
| Джиеналыев Т.Д,           | 103                     |   | 23400   |
| Итого                     |                         |   | 144377,62   |

Основная заработная плата руководителя рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{раб}} \quad (16)$$

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

$T_{\text{раб}}$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

$Z_{\text{дн}}$  – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}} \quad (17)$$

где  $Z_{\text{м}}$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

$M = 4$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года;

$F_{\text{д}}$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (табл. 4.14).

Таблица 4.14 – Баланс рабочего времени

| Показатели рабочего времени                  | Руководитель | Магистрант |
|--|--------------|------------|
| Календарное число дней                       | 126          | 126        |
| Количество нерабочих дней                    |              |            |
| - выходные дни                               | 17           | 17         |
| - праздничные дни                            | 6            | 6          |
| Потери рабочего времени                      |              |            |
| - отпуск                                     | -            | -          |
| - невыходы по болезни                        | -            | -          |
| Действительный годовой фонд рабочего времени | 103          | 103        |

Месячный должностной оклад работника

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{б}} (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}} \quad (18)$$

где  $Z_{\text{б}}$  – базовый оклад, руб.;

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

$k_{\text{д}}$  – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 - 0,5 от  $Z_{\text{б}}$ ;

$k_{\text{р}}$  – районный коэффициент, равный 1,3.

Базовый оклад  $Z_6$  руководителя, как к.т.н доцента составляет 23264,86 руб. Рассчитываем месячный должностной оклад руководителя:

$$Z_{м.} = 23264,86 \cdot 1,3 = 30244,32 \text{ руб.}$$

Среднедневная ЗП руководителя:

$$Z_{дн.} = 30244,32 \cdot 4 / 103 = 1174,54 \text{ руб.}$$

Основная ЗП руководителя:

$$Z_{осн.} = 1174,54 \cdot 103 = 120977,62 \text{ руб.}$$

В результате анализа бюджета научного исследования рассчитаны расходы на сырье и оборудования, энергозатраты, фонд заработной платы участников проекта. Общая стоимость и группировка затрат исследований представлена в таблице 4.15.

Таблица 4.15 – Группировка затрат по статьям

| Стоимость сырья, покупных изделий и полуфабрикатов, руб | Стоимость специального оборудования, руб | Стоимость электроэнергии и, руб | Основная заработная плата, руб | Итого плановая себестоимость, руб |
|---|--|---------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|
| 1922  | 11916,64                                 | 2694,5                          | 144377,62                      | 161180.76                         |

#### 4.3.5 Распределения ответственности

Для распределения ответственности между участниками проекта формируется матрица ответственности (табл. 4.16).

Таблица 4.16 – Матрица ответственности

| Этапы проекта                                 | Руководитель | Магистрант |
|---|--------------|------------|
| Составление задания и составление плана работ | У            | -          |
| Литературный обзор                            | О            | И          |
| Постановка цели и задач                       | О            | -          |
| Разработка плана экспериментальных работ      | С            | И          |
| Проведение эксперимента                       | -            | И          |
| Обработка экспериментальных данных            | О            | И          |
| Оформление результатов                        | С            | И          |

### 4.3.6 Оценка рисков исследования

На пути реализации НТИ могут возникнуть разного рода риски, представляющие опасность того, что поставленные цели проекта могут быть не достигнуты полностью или частично. Полностью избежать риска практически невозможно, но снизить их угрозу можно, уменьшая действие неблагоприятных факторов. Возможные риски представлены в таблице 4.17.

Таблица 4.17 – Реестр рисков

| №                            | Риск                       | Вероятность наступления (1-5) | Влияние риска (1-5) | Уровень риска | Способы смягчения риска   |
|------------------------------|----------------------------|-------------------------------|---------------------|---------------|---|
| <b>Технические риски</b>     |                            |                               |                     |               |   |
| 1                            | Требования                 | 3                             | 5                   | высокий       | Поиск путей улучшения и удешевления производства изделий.                                     |
| 2                            | Технология                 | 1                             | 3                   | низкий        |   |
| 3                            | Эффективность и надёжность | 2                             | 4                   | средний       |   |
| 4                            | Качество                   | 2                             | 4                   | средний       |   |
| <b>Внешние риски</b>         |                            |                               |                     |               |   |
| 5                            | Рынок                      | 5                             | 5                   | высокий       | Поиск путей повышения конкурентоспособности товара. Отслеживание появления новых конкурентов. |
| 6                            | Заказчик                   | 1                             | 5                   | средний       |   |
| <b>Организационные риски</b> |                            |                               |                     |               |   |
| 7                            | Ресурсы                    | 1                             | 4                   | средний       | Поиск дополнительных источников ресурсов и финансирования.                                    |
| 8                            | Финансирование             | 1                             | 4                   | средний       |   |
| <b>Управление проектом</b>   |                            |                               |                     |               |   |
| 9                            | Оценки                     | 3                             | 5                   | средний       | Отслеживание себестоимости и характеристик продукции конкурентов.                             |

Рассмотрены все возможные события, которые могут возникнуть в ходе выполнения проекта и их последствия. Уровень рисков определяется как средний.

## **4.4 Определение социальной и сравнительной эффективности исследования**

### **4.4.1 Оценка социальной эффективности исследования**

Социальная эффективность научного проекта учитывает социально-экономические последствия осуществления научного проекта для общества в целом или отдельных категорий населений или групп лиц, в том числе как непосредственные результаты проекта, так и «внешние» результаты в смежных секторах экономики: социальные, экологические и иные внеэкономические эффекты. Для оценки социальной эффективности научного проекта необходимо выявить критерии социальной эффективности, на которые влияет реализация научного проекта и оценить степень их влияния.

Таблица 4.18 – Критерии социальной эффективности

| ДО                                    | ПОСЛЕ   |
|---------------------------------------|---|
| Большая потребность энергии           | Снижены затраты на сырье и энергоносители за счет усовершенствование технологии |
| Истощение запасов качественных глин   | Вовлечение в производство низкокачественных глин                                |
| Некачественные строительные материалы | Уменьшение брака за счет снижение чувствительности к сушке                      |

Определенные критерии социальной эффективности безусловно влияют и на экономическую составляющую. Результат исследования является социально эффективным.

### **4.4.2 Оценка сравнительной эффективности исследования**

Определение сравнительной эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности проводился в форме таблицы.

Таблица 4.19 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

| Критерии<br>ПО                  | Весовой коэффициент параметра | Разработка Формовка мягкой экструзии | Аналог 1 Формовка жесткой экструзии | Аналог 2 Формовка прессованием |
|---------------------------------|-------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|
| 1. Повышение производительности | 0,5                           | 4                                    | 3                                   | 4                              |
| 2. Улучшение свойств продукта   | 0,5                           | 4                                    | 4                                   | 3                              |
| 3. Ресурсосбережение            | 0,5                           | 5                                    | 4                                   | 4                              |
| 4. Энергосбережение             | 0,5                           | 5                                    | 4                                   | 4                              |
| ИТОГО                           | 1                             | 9                                    | 7,5                                 | 7,5                            |

$$I_t^p \text{ разработка} = 4 * 0,5 + 4 * 0,5 + 5 * 0,5 + 5 * 0,5 = 9$$

$$I_t^{a1} \text{ аналог 1} = 3 * 0,5 + 4 * 0,5 + 4 * 0,5 + 4 * 0,5 = 7,5$$

$$I_t^{a2} \text{ аналог 2} = 4 * 0,5 + 3 * 0,5 + 4 * 0,5 + 4 * 0,5 = 7,5$$

Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволило определить, что существующий вариант решения поставленной в магистерской диссертации технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности является наиболее приемлемым.

### **Вывод по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»**

В данном разделе были определены и исследованы следующий перечень вопросов:

1. Определены потенциальные потребители результатов исследования – кирпичные заводы Сибирского региона. Доля рынка полнотелого кирпича составляет 46%;
2. проанализировано конкурентные решения - результат исследования является менее энергоемким и имеет меньшие материальные затраты по сравнению с конкурентами, следовательно, цена ниже;
3. проведен SWOT-анализ - продвижению проекта способствуют наличие устойчивого спроса на продукт, в связи с низкой стоимостью производства в сравнении с другими технологиями;
4. определен метод коммерциализации – инжиниринг;
5. планирование выполнения работ (роль участников и календарный план);
6. сформирован бюджет исследования (зарплаты, сырьевые и материальные затраты);
7. рассмотрены потенциальные риски – уровень риска определяется как средний;
8. оценка эффективности исследования.

На основе полученных данным можно утверждать, что данное исследование является ресурсоэффективным. Результат исследования предполагает уменьшение сырьевых затрат на единицу полнотелого кирпича и вовлечение в производства некачественных сырьевых материалов.

## СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СТУДЕНТА

1. Джиеналыев Т.Д. Исследования влияния суперпластификаторов на технологические свойства глинистого сырья // XVII международная научно-практическая конференция студентов и молодых ученых «Химия и химическая технология в XXI веке» имени профессора Л.П. Кулева. – Томск: ТПУ, 2016.

2. Джиеналыев Т.Д. Использование бедных суглинков Новосибирской области в качестве сырьевой базы для производства высокомарочного керамического кирпича // XX международный научный симпозиум студентов и молодых ученых имени академика М.А. Усова «Проблемы геологии и освоения недр». – Томск; ТПУ, 2016.

3. Чернова Н. П., Пирманова Н. А., Джиеналыев Т. Д. Простой синтез пиразолсодержащих дитиоэфиров // Химия и химическая технология в XXI веке: материалы XVI Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых, посвященной 115-летию со дня рождения профессора Л.П. Кулёва: в 2 т., Томск, 25-29 Мая 2015. - Томск: ТПУ, 2015 - Т. 1 - С. 177-179

4. Chernova N. P. , Pirmanova N. A. , Dzhienalyev T. D. , Potapov A. S. Simple Synthesis of Pyrazole-derived Dithioethers // Procedia Chemistry. - 2015 - Vol. 15. - p. 277-281