

**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 общей химии и химической технологии

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

Тема работы
<b>Получение строительных изделий с использованием отощающих добавок из отходов ТЭЦ</b>

УДК 691.33:622.613.1

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ГМ5В	Дорохов Денис Олегович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Семакина О.К.	к.т.н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Меньшикова Е.В.	к.ф.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Волков Ю.В.	к.т.н.		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ОХХТ	Ан В.В.	к.т.н.		

Томск – 2017 г.

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

---

**Запланированные результаты обучения по программе  
 18.04.01 «Химическая технология»**

Планируемые результаты обучения

Код результ ата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Профессиональные компетенции</i>		
P1	Применять <i>глубокие</i> естественно-научные, математические и инженерные <i>знания</i> для создания <i>новых</i> материалов	Требования ФГОС (ПК-2, 10, 12, 22, 23), Критерий 5 АИОР (п.1.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P2	Применять <i>глубокие знания</i> в области современных технологий химического производства для решения <i>междисциплинарных</i> инженерных задач	Требования ФГОС (ПК-2, 4-7, ОК-4), Критерий 5 АИОР (пп. 1.1, 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P3	Ставить и решать <i>инновационные</i> задачи <i>инженерного анализа</i> , связанные с созданием материалов и изделий, с использованием системного анализа и моделирования объектов и процессов химической технологии	Требования ФГОС (ПК-2, 17, 20), Критерий 5 АИОР (пп.1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P4	Разрабатывать химико-технологические процессы, <i>проектировать</i> и использовать <i>новое</i> оборудование для создания материалов, конкурентоспособных на <i>мировом</i> рынке	Требования ФГОС (ПК-1, 17-21), Критерий 5 АИОР (п.1.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P5	Проводить теоретические и экспериментальные <i>исследования</i> в области создания <i>новых</i> материалов, современных химических технологий, нанотехнологий	Требования ФГОС (ПК-14-16, ОК-2-6), Критерий 5 АИОР (п.1.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P6	Внедрять, <i>эксплуатировать</i>	Требования ФГОС (ПК-1, 10),

	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	Критерий 5 АИОР (п.1.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
<i>Универсальные компетенции</i>		
P7	Использовать <i>глубокие знания</i> по <i>проектному менеджменту</i> для ведения <i>инновационной</i> инженерной деятельности с учетом юридических аспектов защиты интеллектуальной собственности	Требования ФГОС (ПК-3 8, 13), Критерий 5 АИОР (п. 2.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
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	Требования ФГОС (ПК-7, ОК-3), Критерий 5 АИОР (п. 2.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P9	Эффективно работать индивидуально, в качестве <i>члена и руководителя группы</i> , состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность <i>следовать корпоративной культуре</i> организации	Требования ФГОС (ПК-9, ОК-4, 5), Критерий 5 АИОР (п. 1.6, 2.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P10	Демонстрировать <i>глубокие знания социальных, этических и культурных аспектов</i> инновационной инженерной деятельности, компетентность в вопросах <i>устойчивого развития</i>	Требования ФГОС (ПК-5, 6, 10), Критерий 5 АИОР (п. 2.4, 2.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P11	<i>Самостоятельно</i> учиться и непрерывно <i>повышать квалификацию</i> в течение всего периода профессиональной деятельности	Требования ФГОС (ПК-11, ОК-1, 2, 6), Критерий 5 АИОР (п. 2.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>

Взаимное соответствие целей ООП и результатов обучения и кредитная стоимость результатов обучения представлены в следующих таблицах.

Взаимное соответствие целей ООП и результатов обучения

Результаты обучения	Цели ООП				
	Ц1	Ц2	Ц3	Ц4	Ц5
P1	+	+	+	+	+
P2	+	+		+	
P3	+	+	+	+	+
P4				+	
P5			+		+
P6	+	+		+	
P7		+			
P8			+		+
P9		+			
P10		+	+		
P11			+	+	+

Кредитная стоимость результатов обучения

<i>Профессиональные компетенции выпускника – 100 кредитов ECTS</i>							<i>Универсальные компетенции выпускника – 20 кредитов ECTS</i>				
Кредиты	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11
	19	20	9	19	21	12	2	4	6	4	4

**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 общей химии и химической технологии

УТВЕРЖДАЮ:  
 Зав. кафедрой

\_\_\_\_\_ Ан В.В.  
 (подпись) (дата) (Ф.И.О.)

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

В форме:

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
4ГМ5В	Дорохову Денису Олеговичу

Тема работы:

Получение строительных изделий с использованием отощающих добавок из отходов ТЭЦ	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	От 08.12.2016 № 10498/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	1.06.17 г
--	-----------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>	В качестве объектов исследования взять золошлаковый материал Северной теплоэлектроцентрали, провести литературный обзор по тематике научно-исследовательской работы, в экспериментальной части описать использованное оборудование, предоставить методики проведения экспериментов, проанализировать полученные результаты, сделать выводы.
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	Введение, литературный обзор, объект и методы исследования, расчет и аналитика, финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение, социальная ответственность, заключение.
<b>Перечень графического материала</b>	Слайды презентации

**Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы**

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Доцент кафедры МЕН, к.ф.н., Меньшикова Екатерина Валентиновна

Социальная ответственность	Доцент кафедры ЭБЖ, к.т.н., Волков Юрий Викторович
Раздел на иностранном языке	Доцент кафедры ИЯПР, к.ф.н., Устюжанина Анна Константиновна

**Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:**

Раздел 1 Теоретическая часть (Theoretical part)

Раздел 2 Методики экспериментов (Techniques of experiments)

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

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ОХХТ	Семакина О.К.	к.т.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ГМ5В	Дорохов Д.О.		

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
4ГМ5В	Дорохову Денису Олеговичу

<b>Институт</b>	<b>ИФВТ</b>	<b>Кафедра</b>	<b>ОХХТ</b>
<b>Уровень образования</b>	Магистратура	<b>Направление/специальность</b>	Химическая технология неорганических веществ и материалов

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

<i>1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Амортизация специального оборудования составила 21 328 рублей, итоговая плановая себестоимость НИ 1228176 рублей.</i>
<i>2. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений</i>	<i>Отчисления на социальные нужды (27%) составила 253102рублей.</i>

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

<i>1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ</i>	<i>1.1. Потенциальные потребители результатов исследования</i> <i>1.2. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i> <i>1.3. Диаграмма Исикавы</i> <i>1.4. Оценка готовности проекта к коммерциализации</i> <i>1.5. Метод коммерциализации результатов научно-технического исследования</i>
<i>2. Планирование научно-исследовательских работ</i>	<i>2.1. Структура работ в рамках исследования</i> <i>2.2. Организационная структура проекта</i>
<i>3. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	<i>3.1. Иерархическая структура проекта</i> <i>3.2. Определение трудоемкости выполнения работ</i> <i>3.3. Разработка графика научного исследования</i> <i>3.4. Бюджет научного исследования</i> <i>3.5. Основная зарплата исполнителей работы</i> <i>3.6. Страховые отчисления</i> <i>3.7. Накладные расходы</i> <i>3.8. Формирование бюджета затрат НТИ</i>
<i>4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	<i>4.1. Оценка сравнительной эффективности исследования</i>

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

1. Карта сегментирования рынка
2. Диаграмма Исикавы
3. Иерархическая структура работ проекта
4. Временные показатели проведения научного исследования
5. Диаграммы Ганта

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

03.03.2017

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры МЕН	Меньшикова Екатерина Валентиновна	к.ф.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ГМ5В	Дорохов Денис Олегович		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
4ГМ5В	Дорохову Денису Олеговичу

<b>Институт</b>	<b>ИФВТ</b>	<b>Кафедра</b>	<b>ОХХТ</b>
<b>Уровень образования</b>	Магистратура	<b>Направление/специальность</b>	Химическая технология неорганических веществ и материалов

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

1. Характеристика объекта исследования	<i>Получение строительных изделий с использованием отощающих добавок из отходов ТЭЦ</i>
--	---

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

<b>1. Производственная безопасность</b>	<p>1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- физико-химическая природа вредности, ее связь с разрабатываемой темой;</li> <li>- действие фактора на организм человека;</li> <li>- приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);</li> <li>- предлагаемые средства защиты;</li> <li>- (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства).</li> </ul> <p>1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- механические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>- электробезопасность;</li> <li>- пожаробезопасность.</li> </ul>
<b>2. Экологическая безопасность:</b> 2.1. Анализ воздействия на окружающую среду 2.2. Рекомендации по минимизации влияния на окружающую среду	- выполнить анализ воздействия объекта на окружающую среду;
<b>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения;</li> <li>- выбор наиболее типичной ЧС;</li> <li>- разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;</li> <li>- разработка действий в результате</li> </ul>

	возникшей ЧС и мер по ликвидации ее последствий.
<b>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>- организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. Расчет освещения.</li> </ul>

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	03.03.2017
---	------------

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент каф. ЭБЖ	Волков Юрий Викторович	к.т.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
4ГМ5В	Дорохов Денис Олегович		

## РЕФЕРАТ

Магистерская работа изложена на 147 страницах, включая 41 рисунок, 68 таблиц, 21 источник и одно приложение.

Ключевые слова: зола, добавка, прочность, уголь, гранулирование, формование.

Объектом исследования в данной работе является зола и уголь Северской теплоэлектростанции.

Цель работы – определение возможности использования золошлакового материала Северской ТЭС в качестве источника вторичного ресурса для получения строительных изделий.

Установлена принципиальная возможность получения экструзионным методом отошающих добавок в виде гранул, состоящих из отходов производства. Определены физико-химические и физико-механические свойства исходных порошков золы и угля и полученных гранул: фракционный состав, суммарный объем пор, прочность на раздавливание в статических условиях. Выбран оптимальный режим формования строительных изделий из жирной глины и отошающих добавок. Массовое соотношение глины и добавок составляет Г:ОД=100–70:0–30. Определены свойства сформованных образцов после сушки и обжига при температуре 900 °С: прочность при сжатии, средняя плотность и водопоглощение.

Степень внедрения: результаты данной выпускной квалификационной работы могут быть использованы в качестве теоретической основы для приготовления строительных изделий.

Область применения: изготовление строительных материалов (керамических кирпичей).

Экономическая эффективность/значимость работы: инвестиционный проект считается выгодным, NPV является положительной.

## **ABSTRACT**

The master's thesis is stated on 147 pages, including 41 drawings, 68 tables, 21 sources and one appendix.

Keywords: ashes, additive, durability, coal, granulation, formation.

Research object in this work are ashes and coal of the Seversk combined heat and power plant.

The work purpose – definition of a possibility of use of slag wastes material of the Seversk combined heat and power plant as a source of a secondary resource for receiving construction products.

The basic possibility of receiving by an extrusive method the separated of additives in the form of the granules consisting of production wastes is established. Physical and chemical and physic-mechanical properties of initial powders of ashes and coal and the received granules are defined: fractional structure, total volume of a time, durability on crush in static conditions. The optimum mode of formation of construction products is chosen from fat clay and the o separated of additives. The mass ratio of clay and additives makes C:SA=100-70:0-30. Properties of the formed samples after drying and roasting at a temperature of 900 ° C are defined: durability at compression, the average density and water absorption.

Extent of introduction: results of this final qualification work can be used as a theoretical basis for preparation of construction products.

Scope: production of construction materials (ceramic bricks).

Economic efficiency / importance of work: the investment project is considered favorable, NPV is positive.

## Содержание

РЕФЕРАТ .....	11
ВВЕДЕНИЕ .....	17
1. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ .....	18
1.1 Добавки для глиняного сырья .....	18
1.1.1 Отощающие добавки .....	18
1.1.2 Добавки отощающие и выгорающие полностью или частично .....	19
1.1.3 Выгорающие добавки .....	21
1.1.4 Обогащающие и пластифицирующие добавки .....	21
1.2 Гранулирование методом экструзии .....	22
1.3 Сыпучие материалы и их свойства .....	22
1.3.1 Смачиваемость .....	22
1.3.2 Лиофильность .....	23
1.3.3 Фракционный состав .....	23
1.4 Технология производства керамического кирпича .....	24
1.4.1 Переработка сырьевых материалов и приготовление шихты .....	25
1.4.2 Подготовка и применение добавок .....	26
1.4.3 Формование .....	26
1.4.4 Сушка .....	27
1.4.5 Обжиг .....	27
1.5 Требования к готовой продукции .....	28
1.6 Постановка задачи исследования .....	29
2. МЕТОДИКИ ЭКСПЕРИМЕНТОВ .....	30
2.1 Характеристика объектов исследования .....	30
2.2 Методика определения фракционного состава .....	31
2.3 Методика определения суммарного объема пор по адсорбции паров бензола .....	31
2.4 Методика определения прочности гранул .....	31
2.5 Методика гранулирования методом экструзии .....	32
2.6 Методика получения строительных изделий .....	32
2.7 Методика определения средней плотности строительных изделий .....	32

2.8	Методика определения водопоглощения .....	33
2.9	Методика определения прочности образцов при сжатии.....	33
2.10	Обжиг .....	34
3.	ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ.....	35
3.1	Определение фракционного состава угля и золы.....	35
3.2	Гранулирование со связующей жидкостью и определение физико-механических свойств.....	36
3.2.1	Гранулирование с 2 % поливиниловым спиртом .....	36
3.2.2	Гранулирование с жидким стеклом .....	40
3.2.3	Гранулирование с 1 % ПАА.....	43
3.3	Формование строительных изделий и исследование физико-химических и физико-механических свойств .....	47
3.3.1	Получение образцов с 5 % содержанием добавок.....	47
3.3.2	Получение образцов с 10 % содержанием добавок.....	50
3.3.3	Получение образцов с 20 % содержанием добавок.....	54
3.3.4	Получение образцов с 30 % содержанием добавок.....	57
3.4	Исследование физико-химических и физико-механических свойств изделий после обжига .....	61
3.4.1	Обжиг образцов с 5% содержанием добавок .....	61
3.4.2	Обжиг образцов с 10% содержанием добавок .....	63
3.4.3	Обжиг образцов с 20 % содержанием добавок .....	65
3.4.4	Обжиг образцов с 30% содержанием добавок .....	67
4.	ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	70
5	ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	76
5.1	Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения .....	76
5.1.1	Потенциальные потребители результатов исследования .....	76
5.1.2.	Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения .....	77
5.1.3	Диаграмма Исикавы.....	78

5.1.4 SWOT-анализ.....	79
5.1.5 Оценка готовности проекта к коммерциализации.....	82
5.1.6 Метод коммерциализации результатов научно-технического исследования.....	83
5.2 Инициация проекта .....	84
5.2.1 Цели и результат проекта.....	84
5.2.2 Организационная структура проекта .....	86
5.2.3 Ограничения и допущения проекта .....	86
5.3 Планирование управления научно-техническим проектом.....	87
5.3.1 Иерархическая структура работ проекта.....	87
5.3.2 Контрольные события проекта .....	88
5.3.3 План проекта.....	88
5.3.4 Бюджет научного исследования .....	92
5.3.4.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования .....	92
5.3.4.2 Основная заработная плата.....	94
5.3.4.3 Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала .....	97
5.3.4.4 Отчисления на социальные нужды .....	98
5.3.4.5 Накладные расходы .....	98
5.3.4.6 Организационная структура проекта.....	99
5.3.4.7 Матрица ответственности .....	100
5.3.4.8 План управления коммуникациями проекта.....	101
5.3.4.9 Реестр рисков проекта .....	102
5.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	103
5.4.1 Оценка сравнительной эффективности исследования .....	103
<b>6. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ .....</b>	<b>108</b>
6.1 Введение.....	108
6.2 Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению .....	110
6.2.1 Микроклимат .....	111

6.2.2 Освещенность .....	112
6.2.3 Шум .....	114
6.4 Анализ опасных факторов производственной среды.....	115
6.3.1 Механическая опасность .....	115
6.3.2 Термическая опасность .....	115
6.3.3 Электробезопасность .....	116
6.3.4 Пожаровзрывобезопасность.....	119
6.3.5 План эвакуации .....	120
6.4 Охрана окружающей среды .....	120
6.4.1 Анализ воздействия на атмосферу .....	120
6.4.2 Анализ воздействия на гидросферу .....	121
6.4.3 Анализ воздействия на литосферу .....	121
6.5 Защита в чрезвычайных ситуациях .....	121
6.6 Правовые вопросы обеспечения безопасности.....	123
6.7. Расчет освещения .....	124
ВЫВОДЫ.....	127
Список публикаций.....	129
Список литературы .....	130
Приложение А .....	132

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в РФ очень многие ТЭЦ и ГРЭС работают на угле и скорее всего их количество в перспективе только увеличится. Для современных ТЭЦ и ГРЭС самая главная проблема – это образующаяся зола. Даже сегодня, когда угольная энергетика составляет всего лишь порядка 20 % от всей энергетики в РФ, образуется порядка 30 миллионов тонн золы в год! Эта зола и есть основная проблема энергетиков. Всем давно понятно, что зола – не отход производства, а вторичный ресурс, который мог бы стать основным сырьем строительной отрасли, ведь только строительная индустрия способна освоить такое количество образуемой золы. Один из наиболее очевидных путей решения данной проблемы – использование золы для производства керамического кирпича и других строительных материалов.

Зола – несгорающий остаток с зернами мельче 0,16 мм, образующийся из минеральных примесей топлива при полном его сгорании и осажденный из дымовых газов золоулавливающими устройствами. В зависимости от вида топлива зола подразделяется на антрацитовую, каменноугольную, бурогоугольную, сланцевую и торфяную.

Кирпич является самым древним строительным материалом. Хотя вплоть до нашего времени широчайшее распространение имел во многих странах необожженный кирпич-сырец, часто с добавлением глины резаной соломы. Применение в строительстве обожженного кирпича также восходит к глубокой древности (постройки в Египте, 3–2-е тысячелетие до н.э.). В наше время более 80% всего кирпича производят предприятия круглогодичного действия, среди которых имеются крупные механизированные заводы производительностью свыше 200 млн. шт. в год.

Цель работы: получение строительных материалов с использованием отощающих добавок из отходов ТЭЦ.

Объект исследования: зола Северской ТЭЦ.

## 1.ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 1.1 Добавки для глиняного сырья

Для улучшения природных свойств глиняного сырья – уменьшения общей усадки, чувствительности к сушке и обжигу, улучшения формовочных свойств – широко применяют добавки.

Добавки, которые используются при производстве кирпича и керамических камней, делятся на [1]:

- Отощающие – песок, шамот, дегидратированная глина, уносы керамзитового производства и другие минеральные невыгорающие добавки;
- Отощающие и выгорающие полностью или частично – опилки, торф, лигнин, лузга, многозольные угли, шлаки, золы ТЭЦ, углесодержащие отходы обогатительных фабрик и др.;
- Выгорающие добавки в виде высококалорийного топлива – антрацит, кокс и другие, вводимые в шихту для улучшения обжига изделий;
- Обогащающие и пластифицирующие добавки – высокопластичные жирные глины, бентонит, сульфитно-спиртовая барда (ССБ) и др.

#### 1.1.1 Отощающие добавки

**Песок.** В качестве отощающей добавки следует применять кварцевый песок. Пески карбонатных пород или засоренные карбонатом не допускаются. нужно использовать крупнозернистые пески. Мелкозернистые практически не уменьшают усадку и чувствительность изделия в сушке и в то же время снижают прочность изделия. Наиболее подходящий для отошения зерновой слой песка – от 1,5 до 0,15 мм.

**Шамот.** Шамот получают из обожженных отходов керамических изделий. Он является более эффективным отошителем, чем кварцевый песок. Шамот сильнее снижает усадку глины, чем многие другие отошители, менее других снижает прочность кирпича. Поэтому, когда необходимо обеспечить достаточную прочность кирпича, применяют шамот. Если шамота, получаемого из отходов, недостаточно для требуемого отошения глины, то его вводят в

сочетании с другими видами отошающих и выгорающих добавок (шлаков, опилок).

**Дегидратированная глина.** Эта глина представляет собой обожженную до 500–600 °С глину, из которой удалена значительная часть химически связанной воды. Благодаря этому дегидратированная глина резко снижает усадку кирпича, пластичность и чувствительность к сушке. Процесс сушки кирпича, сформованного с добавкой значительного количества дегидратированной глины, можно вести более форсированно, не опасаясь образования усадочных трещин. Дегидратированную глину можно вводить в пределах 30–50 % от общего объема шихты. При таком количестве резко уменьшается количество трещин в керамическом кирпиче или же они полностью ликвидируются. При добавке дегидратированной глины следует также в состав шихты вводить уголь, а изделия обжигать при несколько более высокой температуре (на 40–50°), чем обычно. Оптимальное количество дегидратированной глины в шихте зависит от свойств исходного сырья, степени дегидратации глины, от условий формования изделий и вида их и устанавливается обычно при испытаниях сырья в заводских условиях [2].

### **1.1.2 Добавки отошающие и выгорающие полностью или частично**

**Древесные опилки.** Применяют древесные опилки продольной и поперечной резки. Однако предпочтение следует отдавать опилкам продольной резки. Перед употреблением в дело опилки обязательно просеивают через грохот с сеткой ячеек не крупнее 8x8 мм. Так как опилки длиноволокнистые, то они армируют глиняную массу и повышают ее сопротивление разрыву, а вместе с тем и трещиностойкость в сушке. Опилки улучшают формовочные свойства глиняной массы, но снижают прочность кирпича, повышают водопоглощение. Применение опилок при производстве полнотелого и пустотелого кирпича снижает объемный вес кирпича и соответственно улучшает его теплозащитные свойства. В ряде случаев добавка 5–10 % опилок повышает морозостойкость кирпича и камней. При значительном количестве

опилок в составе шихты ухудшается внешний вид изделий. Наибольший эффект от применения опилок в качестве добавки получают, когда вводят их в сочетании с минеральными отощителями, например, с шамотом, а также с углем.

**Лигнин.** Лигнин является отходом производства древесного спирта и представляет собой не только отощающую и выгорающую добавку, но и выполняет роль пластификатора. Использование лигнина в качестве добавки к пылевидным суглинкам, чувствительным к сушке, улучшает их формовочные свойства и уменьшает трещиноватость изделий при сушке; как выгорающая добавка лигнин улучшает качество обжига. Лигнин добавляют от 5 до 20 % от объема керамической массы. Для получения пористого кирпича количество его может достигать до 40 %.

**Торф.** Измельченный (фрезерный) торф и отходы торфяных брикетов при отсутствии других отощителей могут служить добавкой в глину при производстве пористого облегченного кирпича. Однако торф замедляет сушку вследствие высокой влагоемкости.

**Топочные шлаки.** Эти шлаки являются эффективной отощающей добавкой; особенно это относится к остеклованной части. Шлаки снижают чувствительность изделий при производстве кирпича к быстрой сушке.

**Золы ТЭЦ.** Золы ТЭЦ представляют собой отходы от сжигания в пылевидном состоянии каменных углей. Образующиеся зола и шлаки направляются от котельных теплоэлектростанций гидравлической системой в золоотвалы в виде пульпы. В кирпичном производстве в качестве добавки используют золы ТЭЦ с удельной поверхностью 2000–3000 см<sup>2</sup>/г. Теплотворная способность золы ТЭЦ – от 1000 до 3200 ккал/кг. Добавка 10–15 % золы ТЭЦ в смеси с опилками или шамотом делает кирпич менее чувствительным к сушке и увеличивает его прочность по сравнению с добавкой, например, одного дробленого многозольного угля или одних опилок. Это происходит вследствие того, что предварительное смешивание с другими

добавками обеспечивает более равномерное распределение золы и мелкодисперсной горючей ее части в шихте [3].

### **1.1.3 Выгорающие добавки**

К этой группе относятся различные виды твердого топлива, в частности антрацит, коксовая мелочь и др. Их вводят в состав шихты до 3 % по объему, т. е. до 60–80 % от общей потребности топлива на обжиг изделий. Назначение их – интенсифицировать процесс обжига, улучшить спекаемость массы и тем самым повысить прочность изделий. Выгорающие добавки предпочтительно вводить в пылевидном состоянии [4].

### **1.1.4 Обогащающие и пластифицирующие добавки**

Для обогащения малоглиноземистого сырья (с содержанием глинозема 6–8 %) и увеличения его пластичности в качестве добавки применяют более пластичную и с большим содержанием глинозема глину в количестве 10–20 % и более от общего состава шихты.

Для лучшего смешивания сырья двух видов и уменьшения количества добавляемой более пластичной глины ее рекомендуется вводить в виде шликера с влажностью примерно 40 %.

Обогащающие и пластифицирующие добавки следует вводить по возможности в начале технологической линии.

Если карьерная влажность глины не позволяет вводить глину в виде шликера, то наряду с ней в составе шихты следует предусматривать разувлажняющие добавки, т. е. обычно применяемые отошители – шамот, шлак, дегидратированную глину или же молотые отходы изделий после сушки. Прекрасным пластификатором являются бентонитовые глины, вводимые в виде шликера.

Пластифицирующими материалами могут служить также вытяжки из соломы и торфа, которые вводят в глиняную массу при ее затворении вместе с обычной водой [2].

## **1.2 Гранулирование методом экструзии**

Гранулирование методом экструзии осуществляется следующим образом. Материал предварительно обрабатывается в смесителе, где при интенсивном перемешивании ему придаются пластические свойства путем добавления жидкой фазы, нагрева до температуры размягчения и т.д. Затем пластифицированная масса под давлением продавливается через специальные матрицы.

Качество гранул зависит от влажности материала, содержания и типа связующего, размера и числа отверстий, формы ножа для среза.

Устройство для гранулирования методом выдавливания представляет собой два полых цилиндра, вращающихся в противоположном направлении. Между цилиндрами подается влажная смесь. Один из цилиндров перфорирован. В его прорези выдавливаются материал в виде стержней, которые срезаются ножом. Для материалов, которые легко прессуются, оба цилиндра выполняются перфорированными. Недостатками этих грануляторов является возможность забивки отверстий и большой износ.

Для получения сферических гранул цилиндрические частицы из экструдера направляются в машину для окатывания, которое осуществляется в слое порошкообразного материала с соответствующей добавкой связующего вещества. Полученные частицы отличаются однородностью формы и размера, имеют высокую прочность. Размер гранул легко регулируется [5].

## **1.3 Сыпучие материалы и их свойства**

### **1.3.1 Смачиваемость**

Смачиваемость порошкообразных веществ – это способность взаимодействовать с различными жидкостями (лиофильность) и прежде всего с водой (гидрофильность). На поверхности твердых частиц содержится то или иное количество гидрофильных групп ( $-\text{OH}$ ,  $-\text{CONH}_2$ ,  $-\text{COOH}$  и др.) или кислородных атомов, являющихся структурными элементами их кристаллической решетки, поэтому смачиваемость поверхности порошков

имеет разную величину в зависимости от интенсивности взаимодействия межмолекулярных сил [6].

Визуально склонность поверхности порошков к смачиванию водой проявляется: а) полным смачиванием – жидкость полностью растекается по поверхности порошка; б) частичным смачиванием – вода частично растекается на поверхности; в) полным несмачиванием – капля воды не растекается, сохраняя форму, близкую к сферической. Гидрофобные (не смачиваемые водой) вещества могут прекрасно смачиваться другими жидкостями, например, органическими растворителями.

### **1.3.2 Лиофильность**

Лиофильность гранулируемых порошкообразных веществ определяется коэффициентом фильности, представляющим отношение удельной теплоты смачивания полярной жидкостью (вода) к удельной теплоте смачивания неполярной жидкостью. Известно, что образование на поверхности твердой частицы мономолекулярного слоя смачивающей жидкости всегда сопровождается выделением, так называемой теплоты смачивания [6].

### **1.3.3 Фракционный состав**

Фракционный (гранулометрический) состав это распределение частиц порошка по крупности.

Удобным и быстрым методом определения дисперсности является ситовой анализ. Техника этого анализа заключается в том, что 100 г исследуемого порошка просеивают через набор сит. Навеску материала помещают на самое крупное (верхнее) сито и весь комплект сит встряхивают (вручную или на виброустановке) в течение 5 минут, а затем находят массу каждой фракции, и ее процентное содержание [6].

## 1.4 Технология производства керамического кирпича

Основными технологическими процессами в производстве кирпича являются:

- переработка сырьевых материалов и приготовление шихты;
- формование;
- сушка;
- обжиг.

Технологическая схема производства керамического кирпича способом пластического формования представлена на рис. 1.

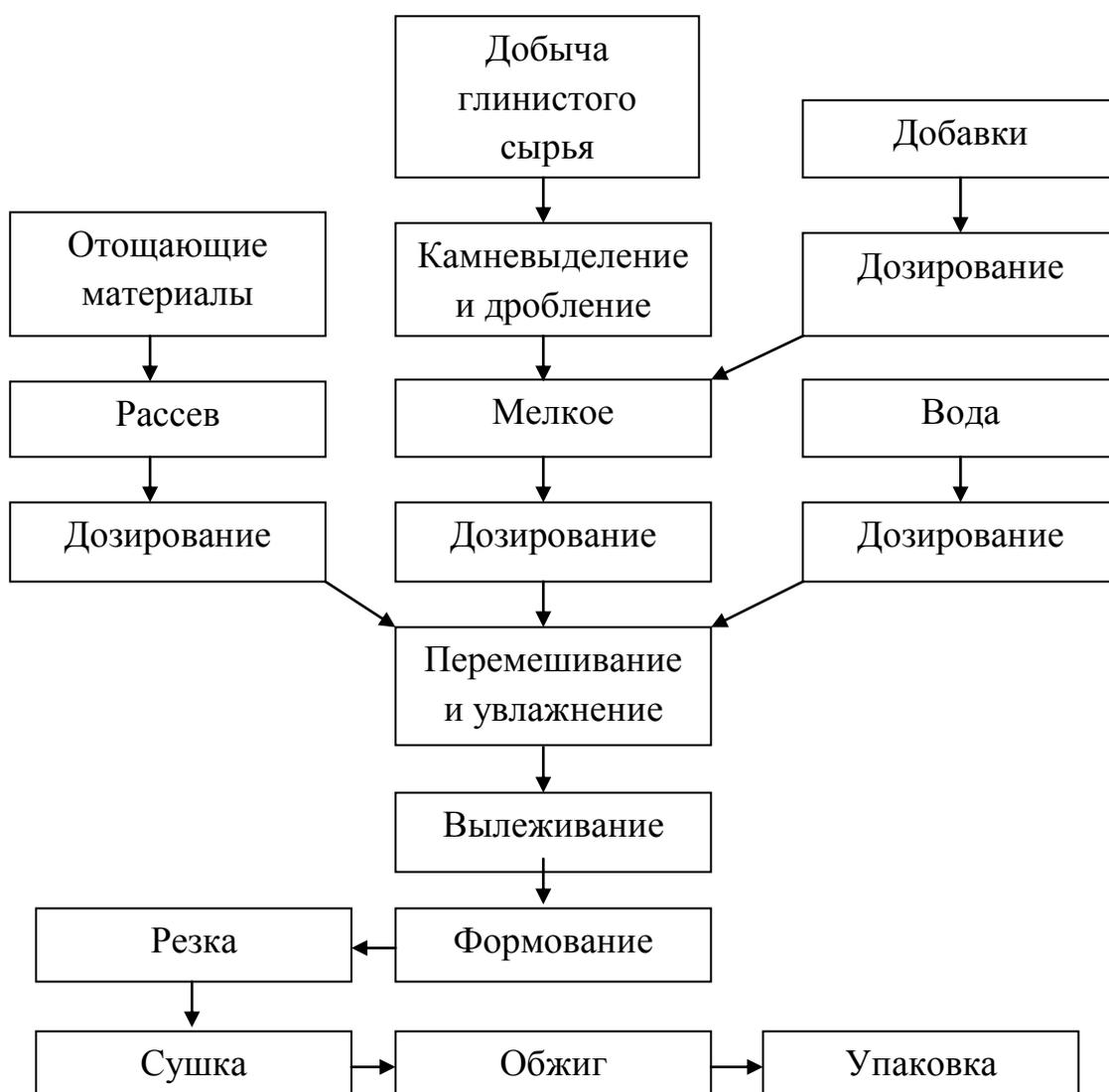


Рисунок 1 – Вариант технологической схемы производства керамического кирпича способом пластического формования

### **1.4.1 Переработка сырьевых материалов и приготовление шихты**

Основным сырьем для производства кирпича являются глинистые (глина, суглинки, сланцы) и отощающие (песок, шамот) материалы. Для придания заданных свойств готовой продукции в процессе производства могут использоваться различные добавки.

Глинистые материалы являются осадочными горными породами, и в силу специфики естественного природного происхождения свойства глин различных месторождений имеют существенные отличия. Основными определяющими характеристиками глин являются химический, минеральный и зерновой составы. Из глин различных месторождений возможно производство кирпича с разными характеристиками на одной и той же технологической линии. В тоже время технология производства одного и того же вида продукции может существенно отличаться для глин разных месторождений. Свойства глин определяют способы и режимы производства (технологические параметры переработки, формовки, сушки, обжига) кирпича, а также показатели готовой продукции (прочность, морозостойкость, водопоглощение и др.).

Добавки применяют как для корректировки свойств глин в процессе производства, так и для придания заданных свойств готовой продукции.

Хранят глинистое сырье в крытых или открытых глинозапасниках (конусах), отощающие материалы – как правило, на открытой площадке.

Для получения шихты (формовочной массы) исходное сырье подвергают переработке. Целью переработки сырьевых материалов, независимо от технологии производства и применяемого оборудования, является разрушение природной структуры глины, удаление камней и измельчение посторонних примесей (например, карбонатных включений), гомогенизация компонентов шихты и получение массы, пригодной к формованию.

Камнеудаление и крупное дробление обычно проводят на валковых дробилках с ребристыми и гладкими валками, мелкое дробление – на бегунах и валковых дробилках с малым зазором между валками.

Перед формованием практикуется вылеживание формовочной массы в течение 3–14 суток в шихтозапасниках для усреднения влажности. При этом шихтозапасник разделяет участки переработки сырья и участок формования, что способствует стабильной и бесперебойной работе завода [7].

#### **1.4.2 Подготовка и применение добавок**

Вводятся добавки в шихту обычно перед перемешивающими агрегатами (двухвальные смесители, бегуны мокрого помола), чтобы обеспечить усреднение в шихте и предотвратить унос при дальнейшей транспортировке. Дозируют добавки по объему или по массе с помощью конвейерной системы из накопительного и одновременно дозирующего питателя, куда они попадают после линии подготовки.

#### **1.4.3 Формование**

Формование представляет собой процесс придания приготовленной шихте формы будущего изделия (кирпича). Существует два основных способа формования кирпича:

- полусухое прессование;
- пластическое формование и его разновидность – жесткая экструзия;

Способ полусухого формования применяется на заводах малой и средней производительности и отличается ограниченным ассортиментом изделий. Способ жесткой экструзии не нашел широкого распространения в России, поскольку для него требуется использование специфического оборудования и глин с определенными свойствами, а номенклатура изделий, производимых этим способом, существенно ограничена. Наибольшее распространение получило пластическое формование, позволяющее выпускать широкую гамму изделий из большинства видов глинистого сырья. При использовании этого способа пластическую массу формируют под

давлением до 1,5–3 МПа ленточным вакуумным прессом, затем разрезают на заготовки, при необходимости удаляя с них фаски и (для лицевого кирпича) накатывая на поверхность рисунок.

#### **1.4.4 Сушка**

Перед обжигом кирпич-сырец высушивают. Сушку проводят в туннельных или камерных сушилах. В процессе сушки кирпич, установленный на сушильные вагонетки, подвергается воздействию теплого ненасыщенного влагой воздуха и отдает ему воду. На начальном этапе сушки теплоноситель имеет высокую влажность и температуру, близкую к температуре кирпича-сырца, на конечном этапе – низкую влажность и высокую, до 130 °С, температуру. Сушка в туннельной печи организована методом противотока, в камерных – метод противотока имитируется. Для сушки полностью используется тепло, полученное при охлаждении кирпича в печи обжига. Обычно это составляет около 50 % от всего необходимого для сушки тепла. Продолжительность сушки в зависимости от формовочной влажности, габаритов и пустотности полуфабрикатов составляет от 18 до 72 ч.

Кирпич-сырец, полученный методом полусухого прессования и методом жесткой экструзии, не нуждается в мягком (длительном) режиме сушки. Применение некоторых типов глин дает возможность сушить полуфабрикат непосредственно в печи обжига, где для этого выделены первые зоны печи [7].

#### **1.4.5 Обжиг**

В процессе обжига происходят необходимые изменения в структуре глинистых минералов, в результате спекания образуется прочная структура и кирпич приобретает требуемые свойства. В основном обжиг кирпича ведут в туннельных печах. Применяют также кольцевые печи со съёмным сводом. В качестве топлива подавляющее большинство заводов использует природный газ. Обжиг организован методом противотока в окислительной среде. Это позволяет наиболее полно использовать тепло отходящих газов и

обеспечивает полное сгорание топлива. Как правило, в производстве кирпича используют легкоплавкие глины с температурой обжига 950–1000 °С. При производстве кирпича светлых тонов и клинкера температура обжига обычно выше 1000 °С. Воздух из зоны охлаждения печи полностью используется для сушки кирпича-сырца. Температура отходящих газов составляет обычно 100–140 °С для предотвращения конденсации паров в дымоходе печи [7].

Обожженный кирпич, как правило, не нуждается в дополнительной обработке после обжига. Но в некоторых случаях, например, для нейтрализации карбонатов, вызывающих отколы, обожженный и упакованный на поддоны кирпич погружают на несколько минут в воду. В случае производства крупноформатных блоков для кладки на тонкий слой раствора постельные поверхности таких блоков шлифуют.

### 1.5 Требования к готовой продукции

Изделия должны иметь не менее двух лицевых граней – ложковую и тычковую. Цвет и вид лицевой грани устанавливают по согласованию между изготовителем и потребителем и оговаривают в договоре на поставку. На лицевых изделиях не допускаются отколы. На рядовых изделиях допускаются отколы общей площадью не более 1,0 см [7].

Средняя плотность кирпича и камня в зависимости от класса средней плотности должны соответствовать значениям, приведенным в табл. 1.

Таблица 1 – Классы средней плотности изделий

Классы средней плотности изделий	Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>
0,8	До 800
1,0	801–1000
1,2	1001–1200
1,4	1201–1400
2,0	Св. 1400

Марку кирпича по прочности устанавливают по значениям пределов прочности при сжатии и при изгибе. Значения пределов прочности при сжатии и изгибе составляет от 2,5 до 30 МПа.

Водопоглощение изделий должно быть: не более 6,0 % – для клинкерного кирпича; не менее 6,0 % – для остальных изделий [7].

Кирпич должен быть морозостойким и в зависимости от марки по морозостойкости в насыщенном водой состоянии должны выдерживать без каких-либо видимых признаков повреждений или разрушений (растрескивание, шелушение, выкрашивание, отколы) не менее 25; 35; 50; 75 и 100 циклов переменного замораживания и оттаивания.

### **1.6 Постановка задачи исследования**

В данной научно-исследовательской работе необходимо изучить возможность получения отошающих добавок в виде гранул из отходов производства ТЭЦ, которые в дальнейшем можно использовать для производства кирпича. Необходимо решить следующие задачи:

1. Получить методом экструзии отошающую добавку в виде гранул из угольного порошка и золы с различным массовым соотношением компонентов.
2. Выбрать оптимальный режим гранулирования со связующими жидкостями: полиакриламидом (ПАА), поливиниловым спиртом (ПВС) и жидким стеклом.
3. Определить физико-химические и физико-механические свойства полученных гранул: фракционный состав, объем пор, прочность на раздавливание.
4. Получить строительные изделия с использованием глины и отошающих добавок при массовом соотношении Г:ОД= 100–70:0–30 (мас.%).
5. Определить физико-химические и физико-механические свойства полученных образцов.
6. Выдать рекомендации по возможности утилизации зольных отходов ТЭЦ в качестве отошающих добавок для жирных глин при формовании строительных изделий.

## 2. МЕТОДИКИ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

### 2.1 Характеристика объектов исследования

В данной работе объектом исследования является зола и уголь Северной ТЭЦ, представляющие собой остаток от сжигания твердого топлива. Они являются продуктами высокотемпературной (до 1200–1700 °С) обработки минеральной, несгорающей части углей. При этом в камерных топках получают отходы двух видов: зола–уноса и шлак. Зола–уноса уносится из топки с дымовыми газами и улавливается при их очистке в циклонах и электрофильтрах. Размер частиц золы менее 1 мм.

Поливиниловый спирт (ПВС) – твердый полимер белого цвета, без вкуса и запаха; нетоксичен; содержит микрокристаллические образования. Поливиниловый спирт может кристаллизоваться при термообработке в интервале 80–225 °С, достигая степени кристалличности 68 %.

Полиакриламид (ПАА) – твердое аморфное белое или частично прозрачное вещество без запаха; растворяется в воде, формамиде, глицерине, этиленгликоле; не растворяется в спиртах, кетонах и неполярных растворителях.

Бензол –  $C_6H_6$ , температура плавления – 5,53 °С, кипения – 80,1 °С, плотность при 20 °С составляет 0,879 г/см<sup>3</sup>, практически не растворим в воде, смешивается с неполярными органическими растворителями. Добавка к моторному топливу для повышения октанового числа.

Жидкое стекло – водный раствор силикатов щелочных металлов; температура замерзания от –2 до –11 °С; обладает клейкостью и аномально высокой вязкостью.

Глина – мелкозернистая осадочная горная порода, пылевидная в сухом состоянии, пластичная при увлажнении. В данной работе использовалась легкоплавкая глина Первомайского месторождения Красноярского края имеющая следующий состав, мас. %:  $SiO_2$  – 52,0–56,0;  $CaO_2$  – 3,4–3,8;  $MgO$  – 5,1–5,4;  $Al_2O_3$  – 15,5–16,5;  $Fe_2O_3$  – 4,5–5,5;  $TiO_2$  – 0,5–0,6;  $Na_2O$  – 0,010–0,015;  $K_2O$  – 16,0–17,0; остальное – песок и влага.

## 2.2 Методика определения фракционного состава

Для определения фракционного состава исходных порошков золы и угля используется метод ситового анализа. Он заключается в том, что исследуемый материал просеивают через набор сит с размером ячеек от 0,04 до 0,75 мм. Сита устанавливаются на вибростенде и встряхиваются в течение 5 минут. Навеска с каждого сита взвешивается на аналитических весах и определяется выход каждой фракции.

## 2.3 Методика определения суммарного объема пор по адсорбции паров бензола

В бюкс с крышкой вводится 0,2–0,5 г гранул, взвешивается на аналитических весах пустой бюкс и с навеской. Затем бюкс без крышки помещается на фарфоровую подставку в эксикатор, нижняя часть которого заполнена бензолом с добавкой 4–5 мл н-бутилового спирта.

Через 8–24 часов проводится повторное взвешивание, пока масса не достигнет постоянной величины.

$$\sum V_n = \frac{\Delta G}{b \cdot \rho}$$

где  $\Delta G$  – привес адсорбента за счет поглощения бензола, г;

$b$  – навеска материала, г;

$\rho$  – плотность бензола, при 20 °С,  $\rho_{\text{б}} = 0,876$  г/см<sup>3</sup>.

## 2.4 Методика определения прочности гранул

Прибор МП–9С устанавливается на горизонтальное основание. Калибровка пружины проводится по инструкции, прилагаемой к прибору. Пробы обмеряются штангенциркулем. На столик ставится подготовленная гранула. С помощью подъемного устройства нижний столик подводится к пластине. Производится равномерное нагружение гранулы до разрушения. Скорость разрушения гранул устанавливается в пределах 5 мм/мин. Момент разрушения фиксируется по обратному движению стрелки. Это соответствует образованию первой трещины. Прочность гранул на раздавливание в

статических условиях определяется по формуле:

$$P = \frac{N \cdot A}{S}, \text{ кг/см}^2$$

где  $N$  – показания индикатора, кг,

$A$  – калибровочный коэффициент,

$S$  – площадь сечения гранулы, см<sup>2</sup>.

$$S = d \cdot h;$$

где  $d$  – диаметр гранулы, см;

$h$  – длина гранулы, см.

### **2.5 Методика гранулирования методом экструзии**

К навеске исходного материала массой 2 г, состоящей из угля и золы в массовом соотношении У:З = 0–100:100–0, добавляется связующая жидкость от 0,78 до 2,6 мл, тщательно перемешивается до образования однородной пластичной массы. Полученная масса продавливается через фильеру с диаметром отверстий 3 мм. Полученные черенки нарезаются на гранулы по 5–7 мм и высушивают при комнатной температуре.

### **2.6 Методика получения строительных изделий**

К навеске исходного материала массой 10 г, состоящей из глины и отошающих добавок в соотношении Г:ОД= 100–70:0–30 (мас.%) добавляется вода, тщательно перемешивается до образования однородной пластичной массы. Отошающая добавка содержит уголь и золу в массовом соотношении У:З = 0–100:100–0. Пластичная масса формуется в виде параллелепипеда размером  $\approx 12 \times 7 \times 6$  мм. Полученные образцы высушивают при комнатной температуре.

### **2.7 Методика определения средней плотности строительных изделий**

Среднюю плотность определяют не менее чем на трех образцах. Объем образцов определяют по их геометрическим параметрам. Для определения каждого линейного размера образец измеряют в трех местах – по ребрам и середине грани. За окончательный результат принимают среднее

арифметическое трех измерений. Образцы очищают от пыли и высушивают до постоянной массы.

Среднюю плотность образца вычисляют по формуле:

$$\rho_{\text{ср}} = \frac{m}{V} * 1000,$$

где  $m$  – масса образца, г;

$V$  – объем образца, мм<sup>3</sup>.

За значение средней плотности изделий принимают среднее арифметическое результатов определений средней плотности всех образцов [9].

## 2.8 Методика определения водопоглощения

Образцы керамических изделий высушивают до постоянной массы. Образцы укладывают в один ряд в сосуд с водой с температурой  $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$ , чтобы уровень воды был выше верха образцов на 2–10 см. Образцы выдерживают в воде 48 ч. Насыщенные водой образцы вынимают из воды, обтирают влажной тканью и взвешивают. Массу воды, вытекшей из образца на чашку весов, включают в массу образца, насыщенного водой. Взвешивание образца должно быть закончено не менее 2 мин после его удаления из воды [8].

Водопоглощение образцов по массе в процентах вычисляют по формуле:

$$W = \frac{m_1 - m}{m} * 100,$$

где  $m_1$  – масса образца, насыщенного водой, г;

$m$  – масса образца, высушенного до постоянной массы, г.

## 2.9 Методика определения прочности образцов при сжатии

Образцы измеряют с погрешностью до 1 мм. Каждый линейный размер образца вычисляют как среднее арифметическое значение результатов измерений двух средних линий противоположащих поверхностей образца. Испытание образцов на сжатие: на боковые поверхности образца наносят вертикальные осевые линии. Образец устанавливают в центре плиты пресса, совмещая геометрические оси образца и плиты, и прижимают верхней плитой пресса. Нагрузка на образец должна возрастать непрерывно и равномерно со

скоростью, обеспечивающей его разрушение через 20–60 с после начала испытания [9].

Предел прочности при сжатии образца вычисляют по формуле:

$$R_{сж} = \frac{P}{F};$$

где  $P$  – нагрузка, установленная при испытании образца, МН;

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

### **2.10 Обжиг**

Образцы с различным содержанием отощающих добавок загружают в муфельную печь. Началом процесса обжига принято считать температуру печи 900–950 °С. Изделия обжигают в течение 2 часов, охлаждают до комнатной температуры и затем проводят физико-механические испытания.

### 3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

#### 3.1 Определение фракционного состава угля и золы

Для определения дисперсности используем метод ситового анализа. Исследуемый уголь и золу просеивают через набор сит с диаметром отверстий от 0,04 до 0,75 мм. Навеска материала в количестве 10 г помещается на самое крупное (верхнее) сито, и все сита встряхиваются на виброустановке в течение 5 минут. Находим массу каждой фракции, и ее процентное содержание. Результаты расчетов представлены в табл. 3.1–3.2.

Таблица 3.1 – Фракционный состав золы

Фракция, мм	Содержание, %	Суммарный выход, %
>0,75	1,00	100
0,5–0,75	1,80	99
0,2–0,5	3,49	97,21
0,15–0,2	1,90	93,71
0,088–0,15	18,86	91,82
0,063–0,088	1,00	72,95
0,040–0,063	34,63	71,96
<0,04	37,33	37,33

Таблица 3.2 – Фракционный состав угля

Фракция, мм	Содержание, %	Суммарный выход, %
>0,75	0,76	100,00
0,5–0,75	0,61	99,24
0,2–0,5	2,60	98,63
0,15–0,2	6,12	96,03
0,088–0,15	53,52	89,91
0,063–0,088	32,57	36,39
0,040–0,063	1,07	3,82
<0,04	2,75	2,75

По результатам табл. 3.1 и 3.2 построена диаграмма (рис. 3.1), из которой видно, что уголь представлен в основном частицами размером от 0,063 до 0,15 мм, выход которых более 88 %, а в золе преобладают частицы менее 0,063 мм, содержание которых составляет 72 %.

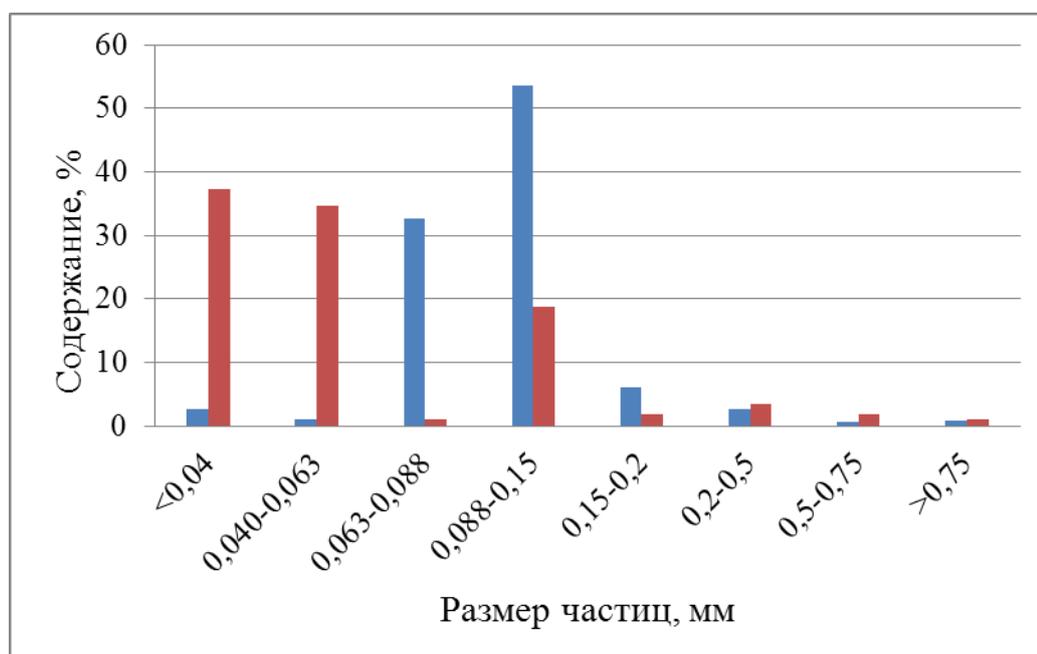


Рисунок 3.1 Диаграмма фракционного состава золы и угля

### 3.2 Гранулирование со связующей жидкостью и определение физико-механических свойств

#### 3.2.1 Гранулирование с 2 % поливиниловым спиртом

К разному соотношению угля и золы, по табл. 3.3, добавляем 2 % ПВС до образования пастообразной массы и продавливаем ее через фильеру.

Таблица 3.3 – Расход ПВС

Массовое соотношение Уголь:Зола	Расход ПВС, мл
100:0	2,34
70:30	1,30
60:40	1,20
50:50	1,13
40:60	1,04
30:70	0,95
0:100	0,78

Анализируя полученные данные по расходу связующей жидкости, можно наблюдать, что с увеличением содержания угля в грануле увеличивается и количество ПВС. Так, для получения гранул, состоящих только из золы, расход связующего составил 0,39 мл на 1 г твердого, а для гранул, содержащих только уголь, расход ПВС увеличивается в 3 раза и составляет 1,17 мл на 1 г угля.

После экструдирования гранулы высушивают при комнатной температуре и определяют их суммарный объем пор (табл. 3.4) и прочность на раздавливание (табл. 3.5) .

Таблица 3.4 –Суммарный объем пор

Содержание сухого ПВС в гранулах, %	Бюкс с крышкой, г	Бюкс с гранулами, г	Бюкс с гранулами и парами бензола, г	Масса гранул, г	Количество бензола, г	Суммарный объем пор $\sum V_n$ , см <sup>3</sup> /г	Среднее значение суммарного объема пор, см <sup>3</sup> /г
0,77	24,7474	24,9805	24,9879	0,2331	0,0074	0,0362	0,0382
	23,8233	24,0536	24,0617	0,2303	0,0081	0,0402	
0,94	23,9825	24,1342	24,1413	0,1517	0,0071	0,0534	0,0485
	21,8371	21,9971	22,0032	0,1600	0,0061	0,0435	
0,99	22,7734	22,9727	22,9938	0,1993	0,0211	0,1209	0,0981
	22,9538	23,1431	23,1556	0,1893	0,0125	0,0754	
1,13	23,3544	23,6228	23,6429	0,2684	0,0201	0,0855	0,0913
	24,0165	24,214	24,2308	0,1975	0,0168	0,0971	
1,20	11,7272	11,8987	11,9114	0,1715	0,0127	0,0845	0,0860
	14,0852	14,2876	14,3031	0,2024	0,0155	0,0874	
1,28	14,8842	15,0526	15,0633	0,1684	0,0107	0,0725	0,0779
	15,6771	15,8115	15,8213	0,1344	0,0098	0,0832	
1,89	24,4910	24,6022	24,6173	0,1112	0,0151	0,1550	0,1389
	23,4750	23,5680	23,578	0,0930	0,0100	0,1227	

Таблица 3.5 – Прочность гранул

Содержание сухого ПВС в гранулах, %	Длина гранул, мм	Диаметр гранул, мм	Нагрузка, г	Прочность гранул, МПа	Среднее значение прочности, МПа
0,77	7,6	2,6	150	0,0745	0,0728
	7,6	2,7	160	0,0765	
	8	2,7	160	0,0727	
	7,7	2,6	140	0,0686	
	7,6	2,7	150	0,0717	
0,94	7,6	2,6	150	0,0745	0,0752
	8,6	2,6	160	0,0702	
	8	2,6	170	0,0802	
	7,5	2,7	160	0,0775	
	7,7	2,6	150	0,0735	
0,99	8	2,6	170	0,0802	0,0761
	7,6	2,6	160	0,0794	
	8	2,7	150	0,0681	
	7,7	2,6	160	0,0784	
	7,6	2,6	150	0,0745	
1,13	8	2,6	160	0,0755	0,0794
	7,8	2,6	170	0,0822	
	7,6	2,6	180	0,0894	
	7,7	2,7	160	0,0755	
	7,8	2,7	160	0,0745	
1,2	8,1	2,7	180	0,0807	0,0838
	7,7	2,7	190	0,0897	
	8,9	2,7	170	0,0694	
	7,2	2,6	180	0,0943	
	7,7	2,7	180	0,0849	
1,28	7,4	2,7	170	0,0835	0,0886
	7,3	2,7	190	0,0946	
	7,6	2,6	180	0,0894	
	7,7	2,7	190	0,0897	
	7,6	2,7	180	0,0861	
1,89	7,7	2,6	180	0,0882	0,0910
	8	2,6	190	0,0896	
	7,5	2,7	190	0,0920	
	7,5	2,7	200	0,0969	
	7,8	2,7	190	0,0885	

На основании полученных данных по табл. 3.4 и 3.5 построен график зависимости прочности гранул (рис. 3.3) и суммарного объема пор от концентрации поливинилового спирта (рис. 3.4).

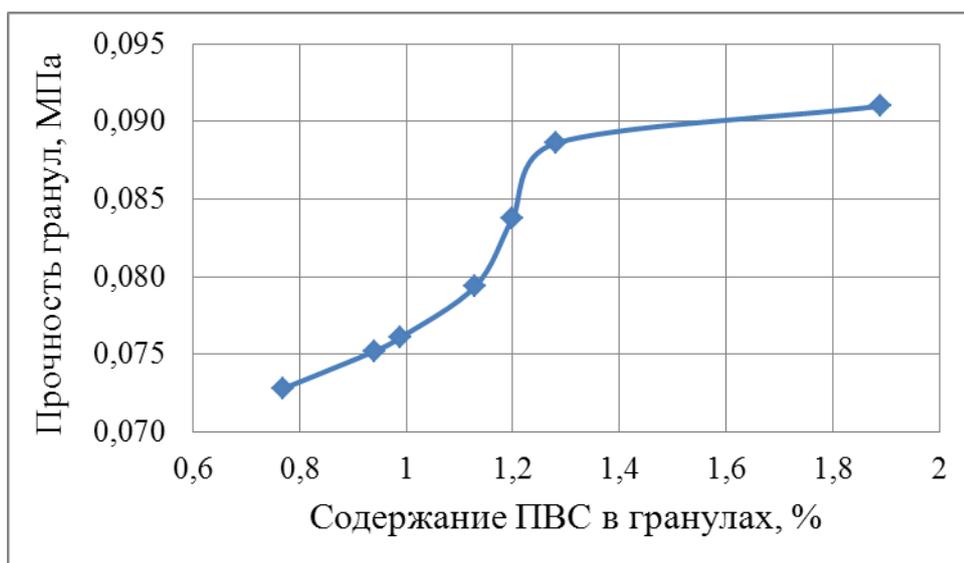


Рисунок 3.2 Зависимость прочности от содержания ПВС

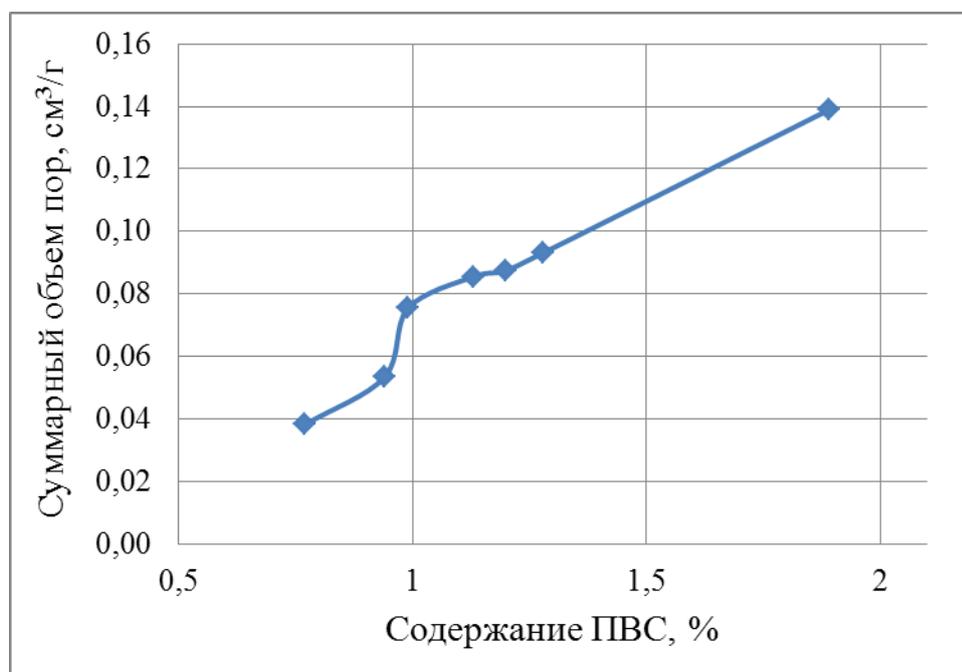


Рисунок 3.3 Зависимость суммарного объема пор от содержания ПВС

Из графиков видно, что с увеличением содержания поливинилового спирта в гранулах с 0,8 до 1,9 % прочность их на раздавливание в статических условиях повышается незначительно, всего на 25 %, при этом суммарный объем пор увеличивается в 3,6 раза. Очевидно, это объясняется кристаллизацией поливинилового спирта, приводящей с одной стороны к

увеличению суммарного объема пор, а с другой стороны к понижению прочности гранул.

### 3.2.2 Гранулирование с жидким стеклом

К навеске, состоящей из 1 г угля и 1 г золы, добавляем жидкое стекло различной концентрации по табл. 3.5 до образования пастообразной массы и формуем через фильеру.

Таблица 3.5 – Количество жидкого стекла

Концентрация жидкого стекла, %	Количество связующего, мл
89	2,64
33	2,46
15	2,40
5	1,80

После получения гранулы высушивают при комнатной температуре и определяют их прочность на раздавливание (табл. 3.6) и суммарный объем пор (табл. 3.7).

Таблица 3.6 – Прочность гранул

Содержание жидкого стекла в грануле, %	Длина гранулы, мм	Диаметр гранулы, мм	Нагрузка, г	Прочность, МПа	Среднее значение прочности, МПа
46,1	8	2,7	9800	4,4508	4,4465
	6,9	2,7	11800	6,2135	
	7,6	2,6	9500	4,7163	
	8,6	2,6	7000	3,0711	
	7,4	2,7	7700	3,7806	
28,6	7,2	2,6	750	0,3930	0,3837
	7,1	2,7	740	0,3787	
	7	2,6	765	0,4123	
	7	2,6	730	0,3935	

	8,1	2,7	760	0,3409	
14,5	8,9	2,7	250	0,1021	0,1180
	7,1	2,6	240	0,1275	
	7	2,7	230	0,1194	
	7,8	2,6	240	0,1161	
	6,1	2,7	210	0,1251	
4,7	9,1	2,7	72	0,0287	0,0342
	8,2	2,7	77	0,0341	
	8,1	2,6	67	0,0312	
	8,2	2,7	75	0,0332	
	6,1	2,7	73	0,0435	

Таблица 3.7 – Суммарный объем пор

Содержание жидкого стекла в гранулах, %	Бюкс с крышкой, г	Бюкс с гранулами, г	Бюкс с гранулами и парами бензола, г	Масса гранул, г	Количество бензола, г	Суммарный объем пор $\sum V_n$ , см <sup>3</sup> /г	Среднее значение суммарного объема пор, см <sup>3</sup> /г
46,1	11,7018	12,0226	12,0434	0,3208	0,0208	0,0740	0,0781
46,1	14,6236	14,9629	14,9873	0,3393	0,0244	0,0821	
28,6	15,4371	15,6718	15,6816	0,2347	0,0098	0,0477	0,0435
28,6	14,8842	15,0906	15,0977	0,2064	0,0071	0,0393	
14,5	15,6761	15,8909	15,9024	0,2148	0,0115	0,0611	0,0663
14,5	11,7272	11,9445	11,9581	0,2173	0,0136	0,0714	
4,7	15,3507	15,5573	15,5769	0,2066	0,0196	0,1083	0,1021
4,7	14,7429	14,9716	14,9908	0,2287	0,0192	0,0958	

На основании полученных данных по табл. 3.6 и 3.7 построен график зависимости прочности гранул (рис. 3.4) и суммарного объема пор (рис. 3.5) от концентрации жидкого стекла.



Рисунок 3.4 Прочность гранул

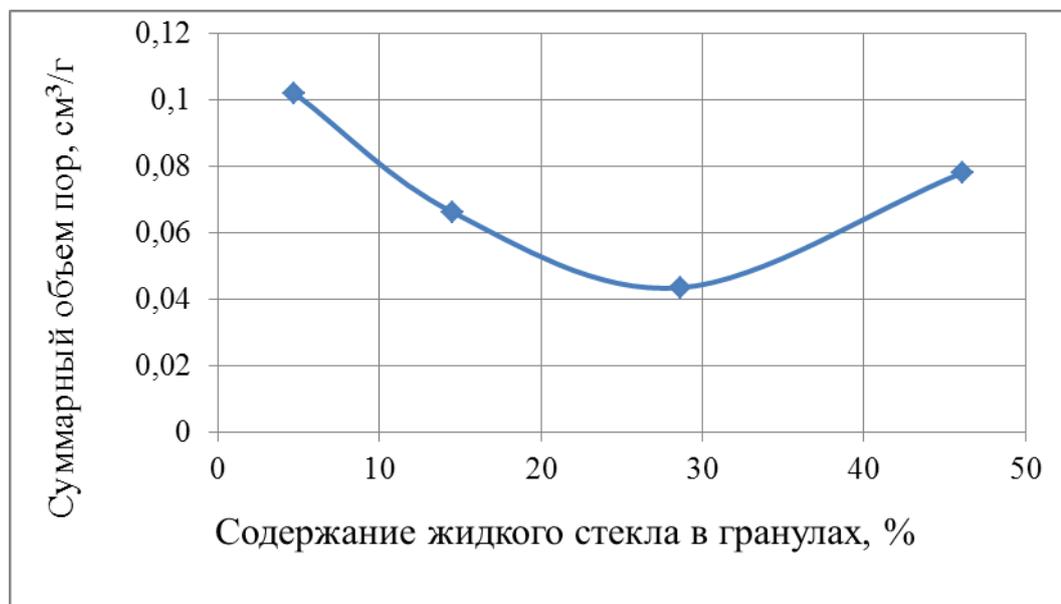


Рис 3.5 Суммарный объем пор

Как видно из полученных кривых, с увеличением содержания жидкого стекла в грануле повышается их прочность, при этом с увеличением связующей жидкости с 30 до 46 % прочность гранул резко возрастает более чем в 10 раз, с 0,4 до 4,5 МПа. Суммарный объем пор гранул с повышением содержания жидкого стекла уменьшается в 1,5–2 раза. Анализируя полученные данные, можно сделать вывод, что гранулы с прочностью выше 0,5 МПа

нецелесообразно использовать в качестве отошающих добавок в производстве кирпичей.

### 3.2.3 Гранулирование с 1 % ПАА

К разному соотношению угля и золы по табл. 3.8 добавляем 1 % ПАА до образования пастообразной массы и продавливаем через фильеру.

Таблица 3.8 – Расход ПАА

Массовое соотношение Уголь:Зола	Расход ПАА, мл
100:0	2,6
70:30	2
60:40	1,9
50:50	1,8
40:60	1,75
30:70	1,6
0:100	1,08

Табличные данные показывают, что расход ПАА увеличивается в 2,4 раза при 100 % содержании угля в грануле по сравнению с гранулами, состоящими только из золы.

После экструдирования гранулы высушивают при комнатной температуре и определяют их прочность на раздавливание (табл.3.9) и суммарный объем пор (табл. 3.10).

Таблица 3.9 – Прочность гранул

Содержание ПАА в гранулах, %	Длина гранул, мм	Диаметр гранул, мм	Нагрузка, г	Прочность, МПа	Среднее значение прочности, МПа
1,28	9	2,7	170	0,0686	0,0772
	7,1	2,6	160	0,0850	
	8	2,7	160	0,0727	
	7,7	2,6	160	0,0784	
	7,6	2,7	170	0,0813	
0,99	8,8	2,7	300	0,1239	0,1386
	8,7	2,7	320	0,1336	
	8,5	2,6	310	0,1376	
	7,9	2,7	320	0,1472	
	8	2,6	320	0,1509	
0,95	8,6	2,6	350	0,1536	0,1550
	8,7	2,6	360	0,1561	
	8,6	2,7	360	0,1521	
	8,5	2,6	350	0,1554	
	8,6	2,6	360	0,1579	
0,90	7,6	2,6	410	0,2035	0,2010
	7,7	2,7	420	0,1982	
	7,6	2,7	410	0,1960	
	7,5	2,7	420	0,2035	
	7,6	2,6	410	0,2035	
0,86	7,7	2,6	450	0,2205	0,2200
	7,6	2,6	460	0,2284	
	7,7	2,7	470	0,2218	
	7,6	2,7	450	0,2151	
	7,8	2,7	460	0,2143	
0,80	8	2,6	550	0,2594	0,2533
	8,1	2,6	560	0,2609	
	8	2,7	550	0,2498	
	8,2	2,7	560	0,2481	
	8,2	2,7	560	0,2481	
0,53	8	2,7	720	0,3270	0,3306
	8,1	2,7	730	0,3274	
	8,1	2,6	730	0,3400	
	8	2,6	720	0,3396	
	8,2	2,7	720	0,3190	

Таблица 3.10 – Суммарный объем пор

Содержание ПАА в гранулах, %	Бюкс с крышкой, г	Бюкс с гранулами, г	Бюкс с гранулами и парами бензола, г	Масса гранул, г	Количество бензола, г	Суммарный объем пор $\sum V_n$ , см <sup>3</sup> /г	Среднее значение суммарного объема, см <sup>3</sup> /г
1,28	22,9573	23,0703	23,0855	0,1130	0,0152	0,1536	0,1552
	15,4439	15,5363	15,5490	0,0924	0,0127	0,1569	
0,99	14,8852	15,0361	15,0536	0,1509	0,0175	0,1324	0,1328
	22,4751	22,6173	22,6339	0,1422	0,0166	0,1333	
0,95	14,1012	14,3172	14,3390	0,2160	0,0218	0,1152	0,1145
	23,0829	23,3316	23,3564	0,2487	0,0248	0,1138	
0,90	23,7825	23,9350	23,9468	0,1525	0,0118	0,0883	0,0918
	15,6914	15,8233	15,8343	0,1319	0,0110	0,0952	
0,86	25,4907	25,6845	25,6946	0,1938	0,0101	0,0595	0,0559
	11,7263	11,9142	11,9228	0,1879	0,0086	0,0522	
0,80	24,0223	24,2350	24,2410	0,2127	0,0060	0,0322	0,0330
	23,3551	23,5681	23,5744	0,2130	0,0063	0,0338	
0,53	24,1840	24,4432	24,4483	0,2592	0,0051	0,0225	0,0225
	23,3540	23,5764	23,5808	0,2224	0,0044	0,0226	

На основании полученных данных по табл. 3.9 и 3.10 построен график зависимости прочности гранул (рис. 3.6) и суммарного объема пор (рис. 3.7) от содержания ПАА в гранулах.

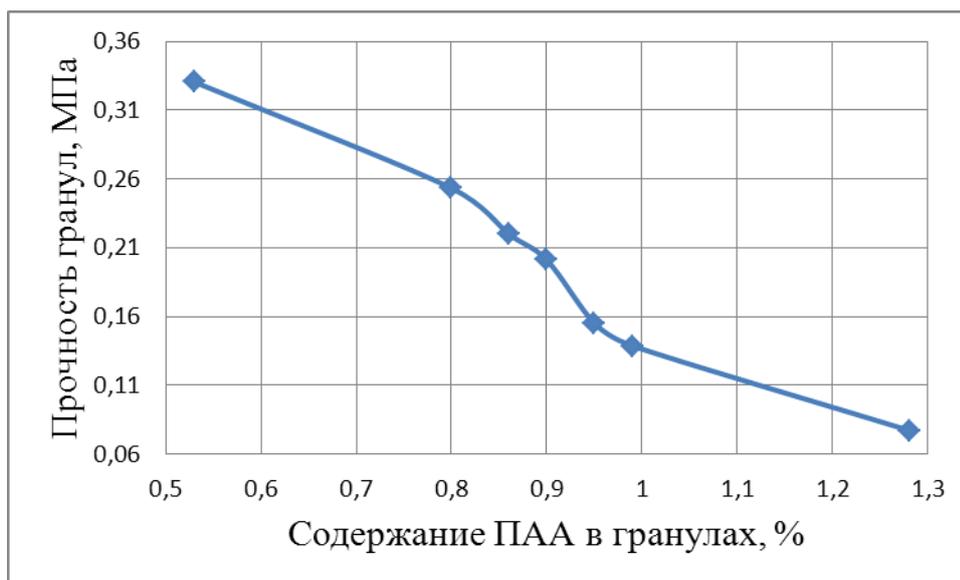


Рисунок 3.7 Прочность гранул

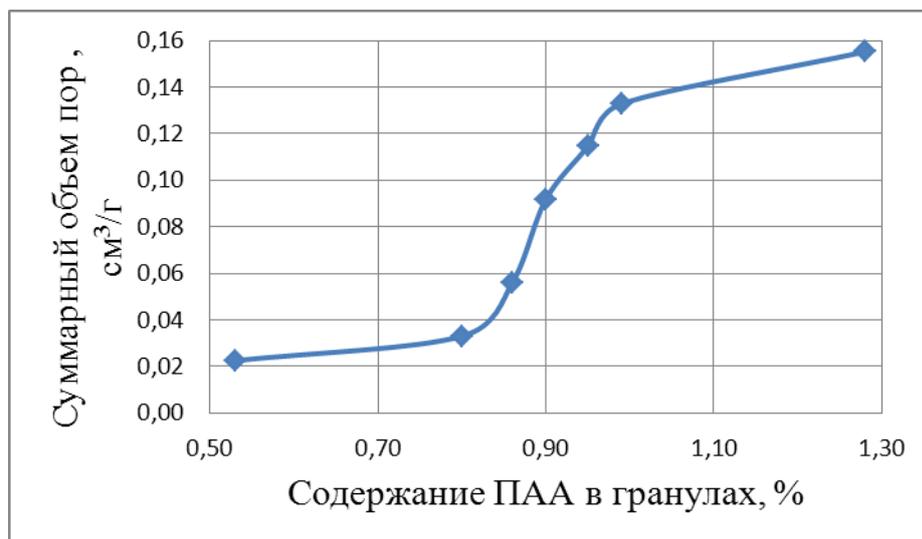


Рисунок 3.8 Суммарный объем пор

Анализируя полученные данные, можно сделать вывод, что с повышением суммарного объема пор прочность гранул уменьшается. Это объясняется следующим. Так как исходная масса для формования берется в различных соотношениях, то гранула, состоящая только из золы, содержит меньшее количество СЖ (0,54 мл ПАА на 1 г золы), тем самым снижается ее прочность. Поверхность золы, обладая полярными свойствами, лучше смачивается ПАА и больше уплотняется, что влияет на малое значение суммарного объема пор, составляющее всего 0,0225 см<sup>3</sup>/г. При увеличении содержания угля в гранулах и уменьшении содержания золы суммарный объем пор растет, а прочность снижается. Здесь оказывает влияние аполярная поверхность угольных частиц, которая плохо смачивается гидрофильной связующей жидкостью, поэтому для создания пластичной массы, состоящей только из угля, расход ПАА увеличился в 2,4 раза и составил 1,3 мл на 1 г угольного порошка. После сушки гранул повышенный расход СЖ приводит к увеличению суммарного объема до 0,1552 см<sup>3</sup>/г, что в 6,9 раз превосходит суммарный объем пор для гранул, состоящих только из золы. То же самое можно сказать и о прочности гранул. Гранулы, содержащие только золу, за счет лучшей уплотняемости имеют прочность 0,3306 МПа, а прочность гранул, состоящих только из угля, уменьшилась в 4,3 раза и составила 0,0772 МПа.

### 3.3 Формование строительных изделий и исследование физико-химических и физико-механических свойств

#### 3.3.1 Получение образцов с 5 % содержанием добавок

Для получения шихты навеску глины массой 9,5 г смешивают с 0,5 г отощающих добавок. Добавки были получены экструзионным методом из угля и золы в соотношении У:З=100:0–0:100 со связующей жидкостью, в качестве которой использовался 1 % ПАА. В полученную шихту вводится различное количество воды до образования формуемой массы (табл. 3.11).

Таблица 3.11 – Расход воды

Массовое соотношение Уголь:Зола	Расход H <sub>2</sub> O, мл
100:0	4,2
70:30	4,15
60:40	4,1
50:50	4,0
40:60	3,60
30:70	3,55
0:100	3,5

Табличные данные показывают, что расход H<sub>2</sub>O увеличивается при 100% содержании угля в грануле по сравнению с гранулами, состоящими только из золы.

После придания формы образцы высушивают при комнатной температуре и определяют их среднюю плотность (табл.3.12), водопоглощение (табл. 3.13) и прочность на раздавливание (табл. 3.14).

Таблица 3.12 – Средняя плотность

Количество золы, %	Объем образца, мм <sup>3</sup>	Масса образца, г	Средняя плотность, г/см <sup>3</sup>
0	562,32	0,88	1,56
30	540,89	0,87	1,61
40	541,88	0,89	1,64
50	578,88	0,97	1,68
60	570,24	0,97	1,70
70	495,00	0,86	1,74
100	547,06	0,96	1,75

Таблица 3.13 – Водопоглощение образцов

Содержание золы в концентрате, %	Масса образца насыщенного водой, г	Масса образца после сушки, г	Водопоглощение, %	Среднее значение водопоглощения, %
0	1,37	1,13	21,2	21,0
	1,46	1,21	20,7	
30	1,41	1,18	19,5	19,5
	1,23	1,03	19,4	
40	1,72	1,43	20,3	18,4
	1,41	1,21	16,5	
50	1,74	1,47	18,4	17,5
	1,68	1,44	16,7	
60	2	1,73	15,6	15,9
	1,8	1,55	16,1	
70	1,6	1,4	14,3	14,6
	2	1,74	14,9	
100	1,61	1,43	12,6	13,4
	1,68	1,47	14,3	

Таблица 3.14 – Прочность образцов

Содержание золы, %	Площадь гранул, м <sup>2</sup> *10 <sup>6</sup>	Нагрузка, Н	Прочность гранул, МПа	Среднее значение прочности, МПа
0	84,96	107,8	1,27	1,39
	77,00	117,6	1,52	
30	87,12	127,4	1,46	1,49
	83,52	127,4	1,52	
40	86,40	166,6	1,93	1,70
	88,80	156,8	1,76	
50	86,80	166,6	1,70	1,72
	83,78	205,8	1,82	
60	86,40	147	1,7	1,76
	83,30	142,1	1,77	
70	91,76	156,8	1,75	1,8
	88,80	156,8	1,98	
100	86,58	181,3	2,09	2,06
	86,58	176,4	2,03	

На основании полученных данных по табл. 3.12, 3.13 и 3.13 построены графики зависимости средней плотности (рис. 3.9), водопоглощения (рис. 3.10) и прочности на раздавливание (рис. 3.11) от содержания золы в концентрате.

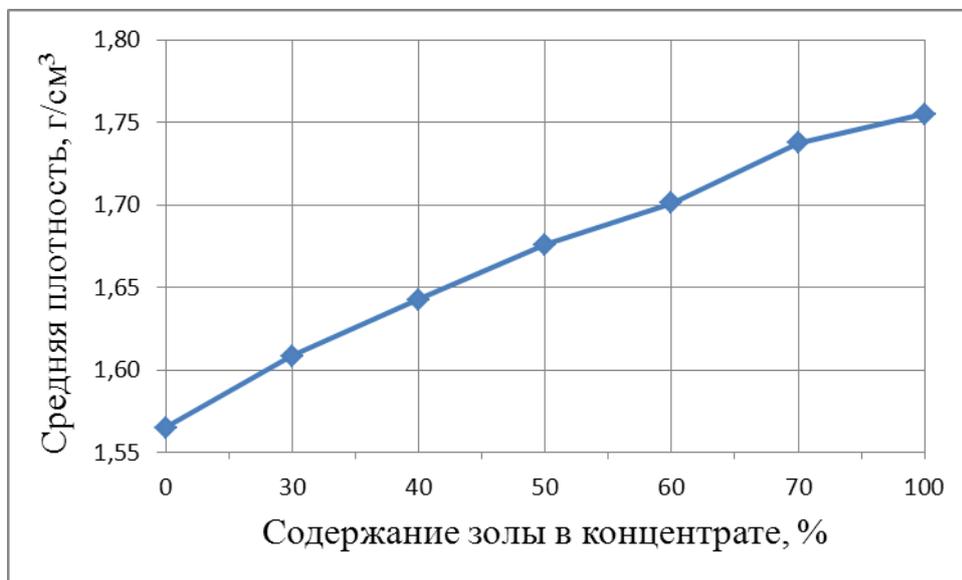


Рисунок 3.9 Средняя плотность

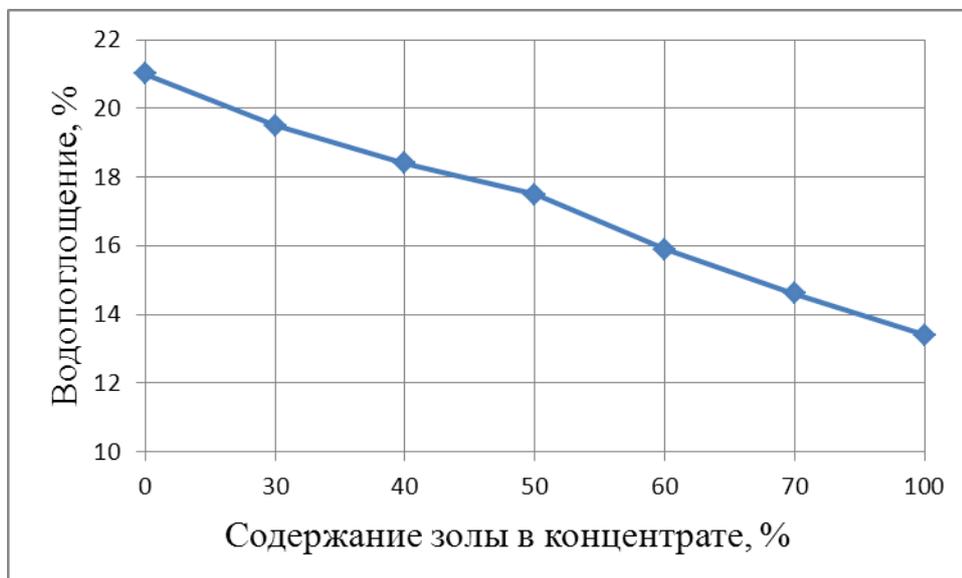


Рисунок 3.10 Водопоглощение

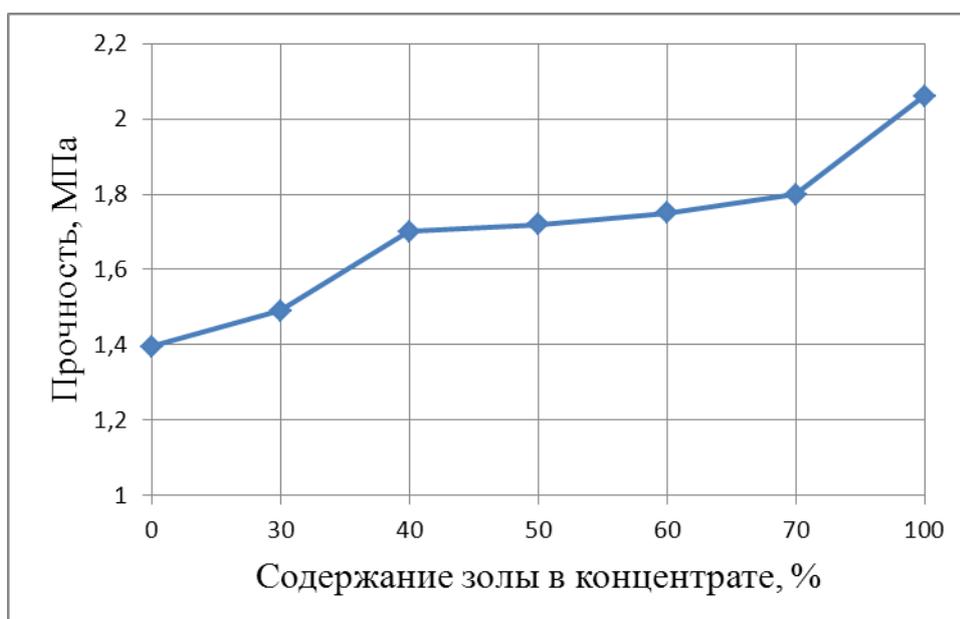


Рисунок 3.11 Прочность образцов

Анализируя полученные графики, можно сделать вывод, что средняя плотность изделий при увеличении содержания золы в концентрате увеличивается от 1,56–1,74 г/см<sup>3</sup>. Водопоглощение изделий уменьшается почти 1,5 раза с увеличением содержания золы. Прочностные характеристики так же возрастают от 1,39 до 2,06 МПа.

### 3.3.2 Получение образцов с 10 % содержанием добавок

К 9 г глины добавляли 1 г добавок с различным соотношением угля и золы У:З=100:0 – 0:100. Для образования пастообразной массы добавляли различное количество воды (табл. 3.15).

Таблица 3.15 – Расход воды

Массовое соотношение Уголь:Зола	Расход H <sub>2</sub> O, мл
100:0	4,2
70:30	4,1
60:40	3,7
50:50	3,6
40:60	3,5
30:70	3,45
0:100	3,4

Табличные данные показывают, что расход H<sub>2</sub>O увеличивается при 100% содержании угля в грануле по сравнению с гранулами, состоящими только из золы.

После придания формы образцы высушивают при комнатной температуре и определяют их среднюю плотность (табл.3.16), водопоглощение (табл. 3.17) и прочность на раздавливание (табл. 3.18).

Таблица 3.16 – Плотность образцов

Количество золы, %	Объем образца, мм <sup>3</sup>	Масса образца, г	Средняя плотность, г/см <sup>3</sup>
0	513,76	0,78	1,52
30	570,24	0,89	1,56
40	606,90	0,97	1,60
50	615,83	1,01	1,64
60	570,24	0,97	1,70
70	596,74	1,04	1,74
100	561,33	1,00	1,78

Таблица 3.17 – Водопоглощение

Содержание золы в концентрате , %	Масса образца насыщенного водой, г	Масса образца после сушки, г	Водопоглощение, %	Среднее значение водопоглощения, %
0	1,91	1,53	24,8	23,3
	2,23	1,83	21,9	
30	1,82	1,48	23,0	21,7
	1,94	1,61	20,5	
40	1,97	1,66	18,7	18,6
	1,53	1,29	18,6	
50	1,27	1,09	16,5	17,8
	2,06	1,73	19,1	
60	1,77	1,53	15,7	16,8
	1,77	1,5	18,0	
70	1,64	1,47	11,6	14,4
	1,49	1,27	17,3	
100	1,68	1,49	12,8	13,3
	1,81	1,59	13,8	

Таблица 3.18 – Прочность образцов

Содержание золы, %	Площадь гранул, $\text{м}^2 \cdot 10^6$	Нагрузка, Н	Прочность гранул, Мпа	Среднее значение прочности
0	87,32	107,8	1,23	1,18
	86,58	98,0	1,13	
30	88,33	117,6	1,33	1,36
	87,60	122,5	1,40	
40	88,80	127,4	1,43	1,51
	89,54	142,1	1,59	
50	85,41	147,0	1,72	1,62
	90,00	137,2	1,52	
60	89,54	156,8	1,75	1,76
	83,22	147,0	1,77	
70	86,25	156,8	1,82	1,90
	84,24	166,6	1,98	
100	86,58	166,6	1,92	1,96
	88,80	176,4	1,99	

На основании полученных данных по табл. 3.16, 3.17 и 3.18 построены графики зависимости средней плотности (рис. 3.12) водопоглощения (рис. 3.13) и прочности на раздавливание (рис. 3.14) от содержания золы в концентрате.

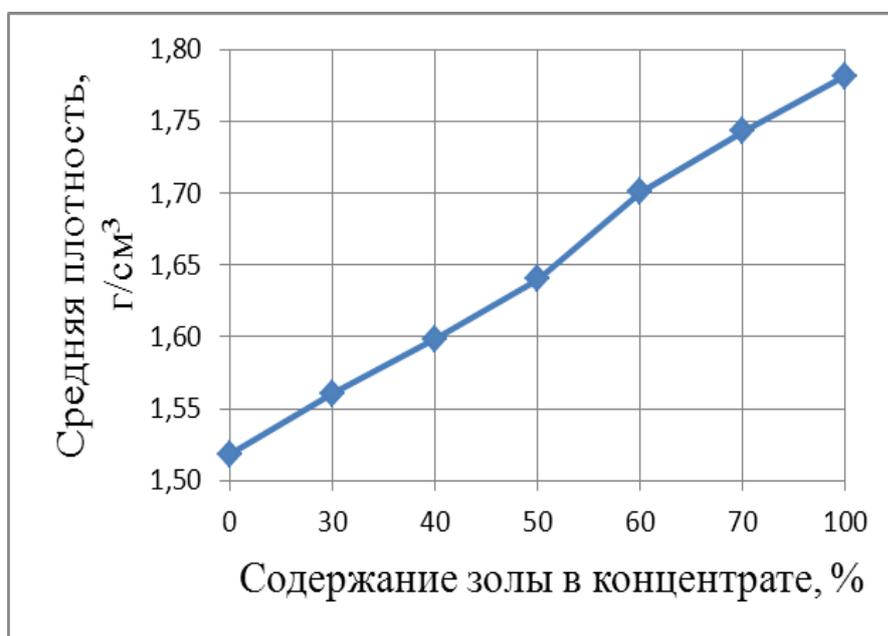


Рисунок 3.12 Средняя плотность

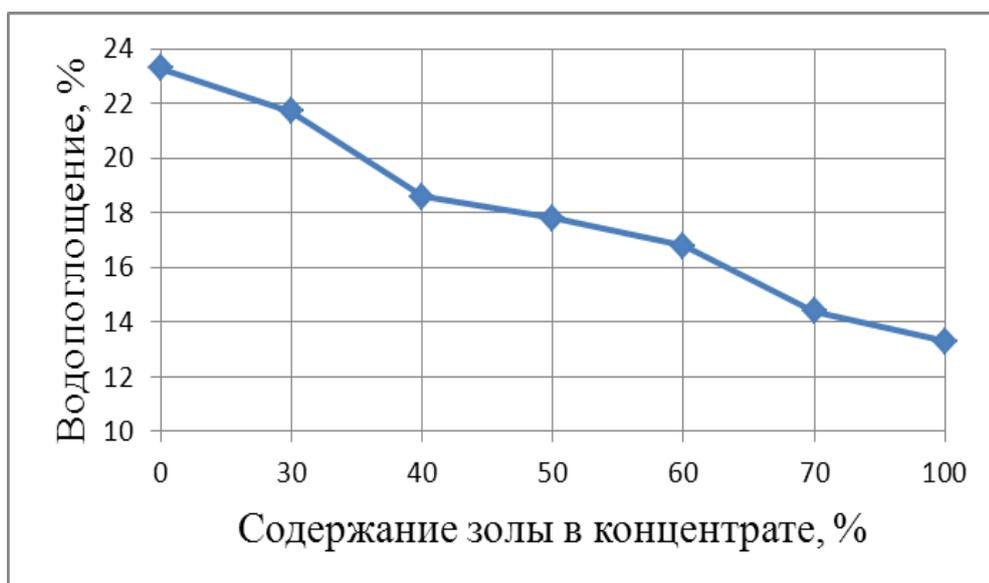


Рисунок 3.13 Водопоглощение

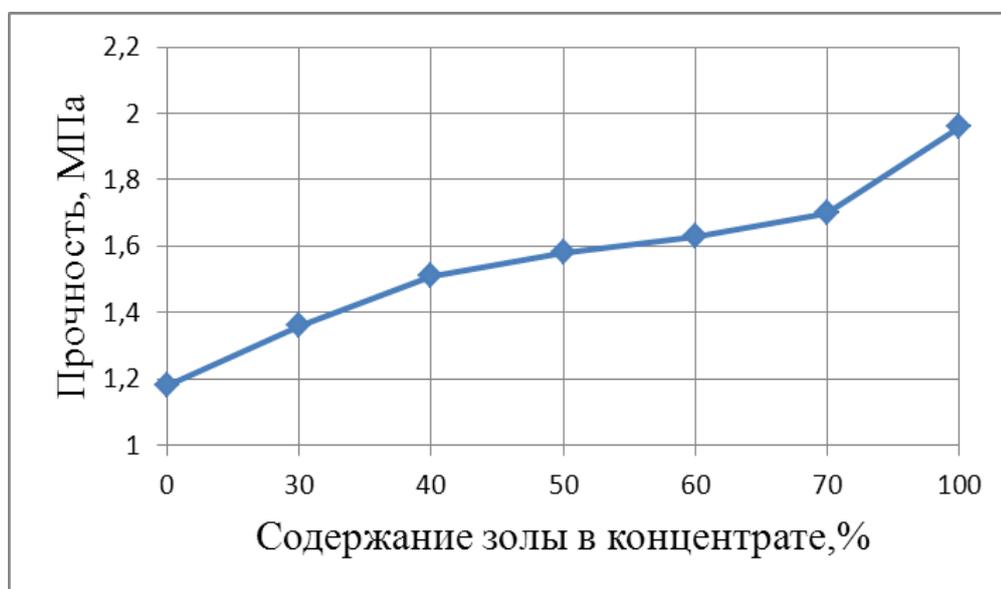


Рисунок 3.14 Прочность образцов

Анализируя полученные графики, можно сделать вывод, что средняя плотность изделий при увеличении содержания золы в концентрате увеличивается от 1,52 – 1,78 г/см<sup>3</sup>. Водопоглощение изделий уменьшается от 23,3 до 13,3 % с увеличением содержания золы. Прочностные характеристики возрастают от 1,18 до 1,96 МПа.

### 3.3.3 Получение образцов с 20 % содержанием добавок

К 8 г глины добавляли 2 г добавок с различным соотношением угля и золы У:З=100:0 – 0:100. Для образования пастообразной массы добавляли различное количество воды (табл. 3.19).

Таблица 3.19 – Расход воды

Массовое соотношение Уголь:Зола	Расход H <sub>2</sub> O, мл
100:0	4,4
70:30	4,3
60:40	4,1
50:50	4,0
40:60	3,7
30:70	3,6
0:100	3,4

Табличные данные показывают, что расход H<sub>2</sub>O увеличивается при 100% содержании угля в грануле по сравнению с гранулами, состоящими только из золы.

После придания формы образцы высушивают при комнатной температуре и определяют их среднюю плотность (табл.3.20), водопоглощение (табл. 3.21) и прочность на раздавливание (табл. 3.22).

Таблица 3.20 – Средняя плотность образцов

Количество золы, %	Объем образца, мм <sup>3</sup>	Масса образца, г	Средняя плотность
0	635,25	0,81	1,28
30	584,64	0,80	1,37
40	604,80	0,86	1,42
50	613,44	0,91	1,48
60	604,80	0,92	1,52
70	604,80	0,94	1,55
100	578,88	0,93	1,61

Таблица 3.21 – Водопоглощение образцов

Содержание золы в концентрате, %	Масса образца насыщенного водой, г	Масса образца после сушки, г	Водопоглощение, %	Среднее значение водопоглощения, %
0	1,67	1,25	33,6	33,0
	1,76	1,33	32,3	
30	1,62	1,25	29,6	28,9
	1,82	1,42	28,2	
40	1,85	1,49	24,2	26,5
	1,79	1,39	28,8	
50	1,82	1,45	25,5	25,4
	1,39	1,11	25,2	
60	1,44	1,16	24,1	24,5
	1,76	1,41	24,8	
70	1,65	1,33	24,1	23,6
	1,65	1,34	23,1	
100	1,56	1,32	18,2	18,6
	1,62	1,36	19,1	

Таблица 3.22 – Прочность образцов

Содержание золы, %	Площадь гранул, м <sup>2</sup> *10 <sup>6</sup>	Нагрузка, Н	Прочность гранул, Мпа	Среднее значение прочности
0	84,24	98,0	1,16	1,21
	89,06	98,0	1,10	
	86,24	117,6	1,36	
30	88,80	88,2	0,99	1,29
	87,75	117,6	1,34	
	82,80	127,4	1,54	
40	90,75	117,6	1,30	1,42
	90,00	137,2	1,52	
	88,16	127,4	1,45	
50	87,60	127,4	1,45	1,48
	86,40	117,6	1,36	
	84,24	137,2	1,63	
60	87,60	127,4	1,45	1,52
	86,87	137,2	1,58	
70	90,00	147,0	1,63	1,52
	91,20	127,4	1,40	
100	87,60	137,2	1,57	1,58
	92,72	147,0	1,59	

На основании полученных данных по табл. 3.20, 3.21 и 3.22 построены графики зависимости средней плотности (рис. 3.15) водопоглощения (рис. 3.16) и прочности на раздавливание (рис. 3.17) от содержания золы в концентрате.

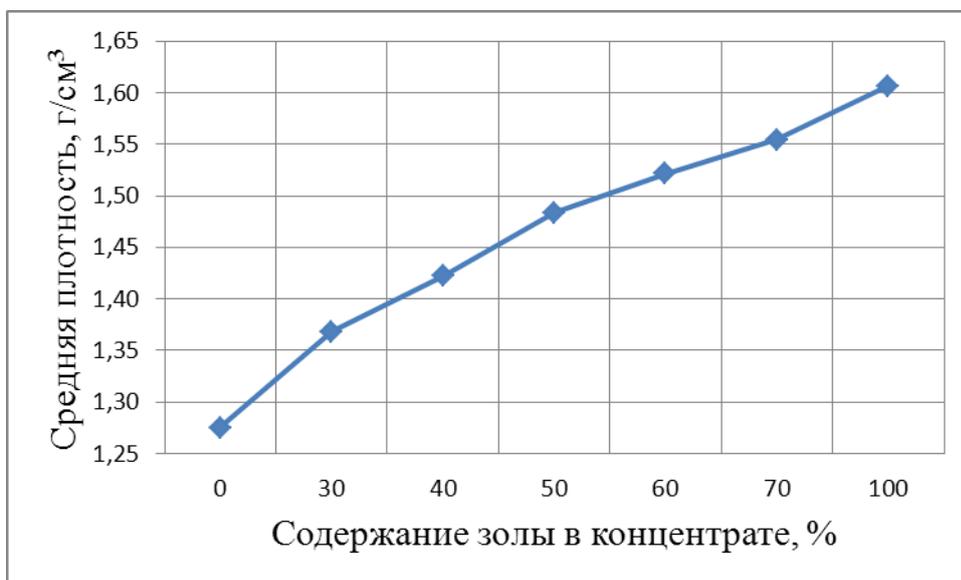


Рисунок 3.15 Средняя плотность образцов

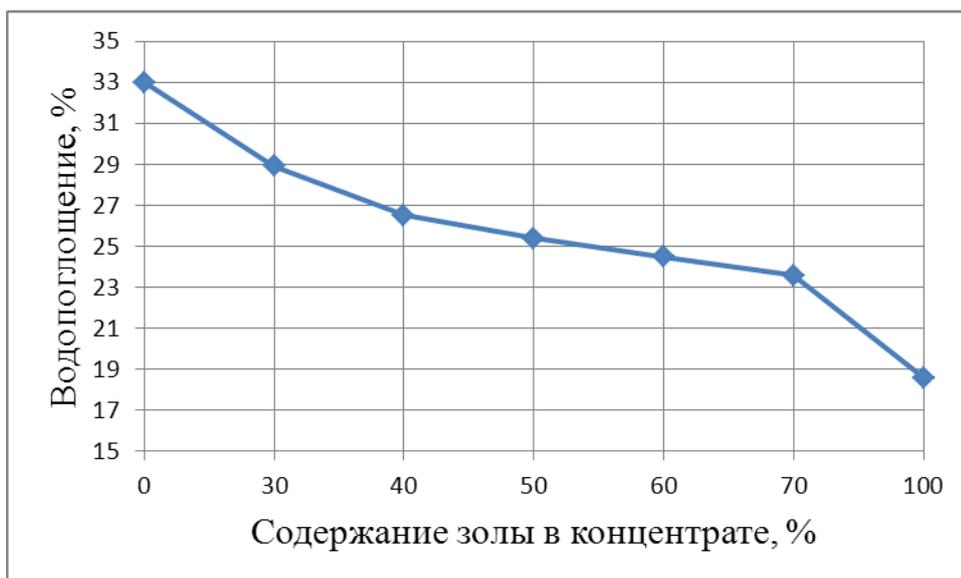


Рисунок 3.16 Водопоглощение образцов

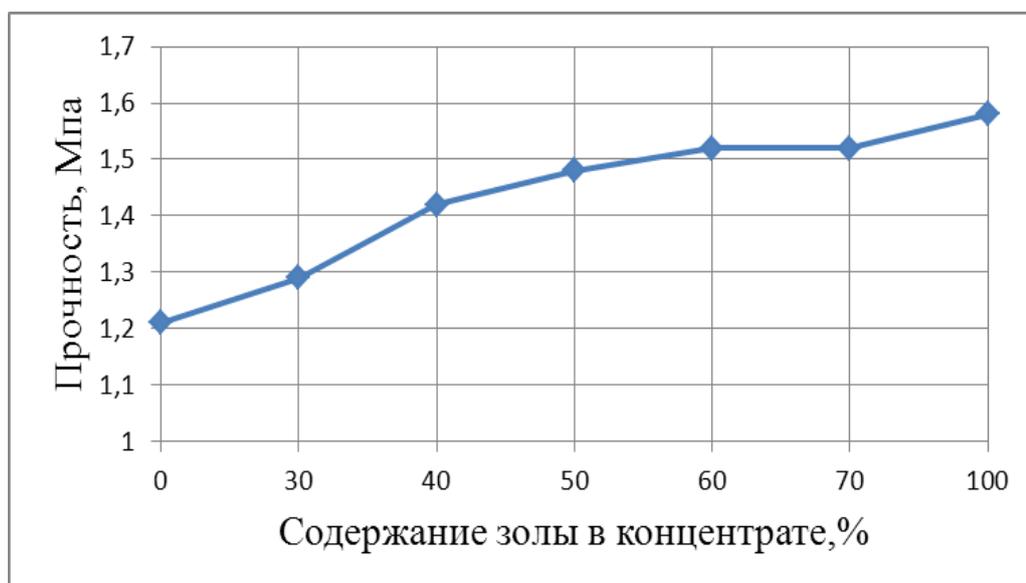


Рисунок 3.17 Прочность образцов

Анализируя полученные графики, можно сделать вывод, что средняя плотность изделий при увеличении содержания золы в концентрате увеличивается от 1,28–1,61 г/см<sup>3</sup>. Водопоглощение изделий уменьшается почти в 2 раза с увеличением содержания золы. Прочность полученных образцов увеличивается от 1,21 до 1,58.

### 3.3.4 Получение образцов с 30 % содержанием добавок

К 7 г глины добавляли 3 г добавок с различным соотношением угля и золы У:З=100:0 – 0:100. Для образования пастообразной массы добавляли различное количество воды (табл. 3.23).

Таблица 3.23 – Расход воды

Массовое соотношение Уголь:Зола	Расход H <sub>2</sub> O, мл
100:0	5,2
70:30	5,1
60:40	5,0
50:50	4,8
40:60	4,7
30:70	4,5
0:100	4,4

Табличные данные показывают, что расход  $H_2O$  увеличивается при 100% содержании угля в грануле по сравнению с гранулами, состоящими только из золы.

После придания формы образцы высушивают при комнатной температуре и определяют их среднюю плотность (табл.3.24), водопоглощение (табл. 3.25) и прочность на раздавливание (табл. 3.26).

Таблица 3.24 – Средняя плотность образцов

Количество золы, %	Объем образца, мм <sup>3</sup>	Масса образца, г	Средняя плотность, г/см <sup>3</sup>
0	623,66	0,70	1,12
30	588,00	0,69	1,17
40	648,00	0,78	1,20
50	604,44	0,76	1,26
60	639,36	0,85	1,33
70	496,47	0,70	1,41
100	579,60	0,85	1,47

Таблица 3.25 – Водопоглощение образцов

Содержание золы в концентрате, %	Масса образца насыщенног о водой, г	Масса образца после сушки, г	Водопоглощение , %	Среднее значение водопоглощения, %
0	1,37	0,9	52,22	52,69
	1,21	0,79	53,16	
30	1,21	0,83	45,78	45,51
	1,22	0,84	45,24	
40	1,51	1,07	41,12	40,95
	1,45	1,03	40,78	
50	1,31	0,97	35,05	35,14
	1,42	1,05	35,24	
60	1,52	1,16	31,03	33,47
	1,59	1,17	35,90	
70	1,25	0,96	30,21	31,25
	1,27	0,96	32,29	
100	1,53	1,24	23,39	24,08
	1,41	1,13	24,78	

Таблица 3.26 – Прочность образцов

Содержание золы, %	Площадь гранул, м <sup>2</sup> *10 <sup>6</sup>	Нагрузка, Н	Прочность гранул, МПа	Среднее значение прочности, МПа
0	88,92	88,2	0,99	0,91
	912	88,2	0,97	
	88,16	68,6	0,78	
30	91,44	78,4	0,86	0,96
	88,92	88,2	0,99	
	86,25	88,2	1,02	
40	90,09	98,0	1,09	1,04
	87,75	88,2	1,01	
	87,00	88,2	1,01	
50	87,00	98,0	1,13	1,10
	86,25	107,8	1,25	
	83,95	78,4	0,93	
60	82,50	98,0	1,19	1,20
	82,50	88,2	1,07	
	87,75	117,6	1,34	
70	82,36	107,8	1,31	1,38
	87,75	127,4	1,45	
100	90,00	117,6	1,31	1,45
	86,40	137,2	1,59	

На основании полученных данных по табл. 3.24, 3.25 и 3.26 построены графики зависимости средней плотности (рис. 3.18) водопоглощения (рис. 3.19) и прочности на раздавливание (рис. 3.20) от содержания золы в концентрате.

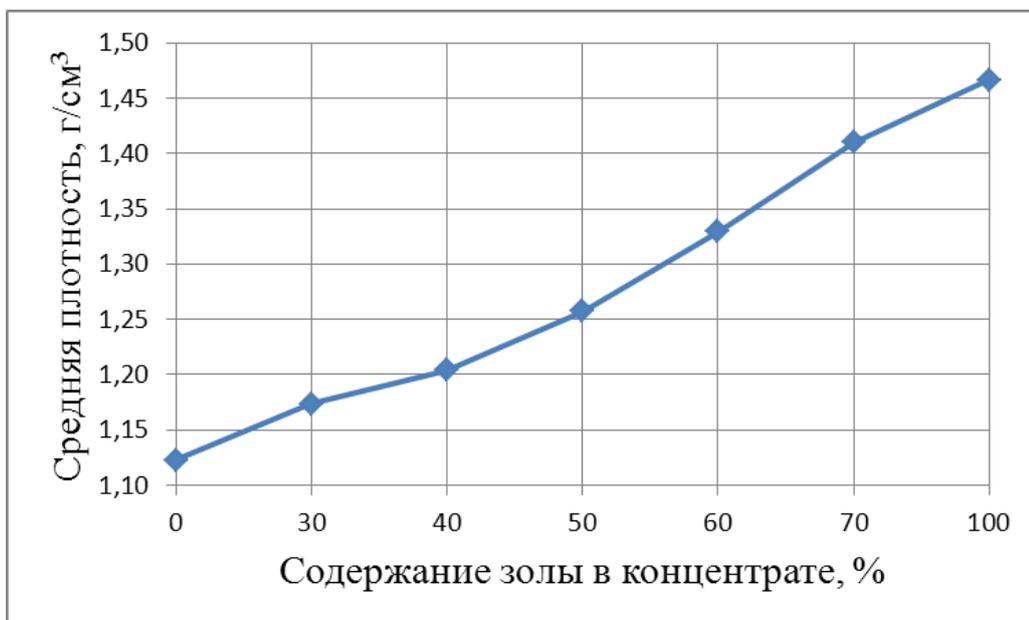


Рисунок 3.18 Средняя плотность образцов

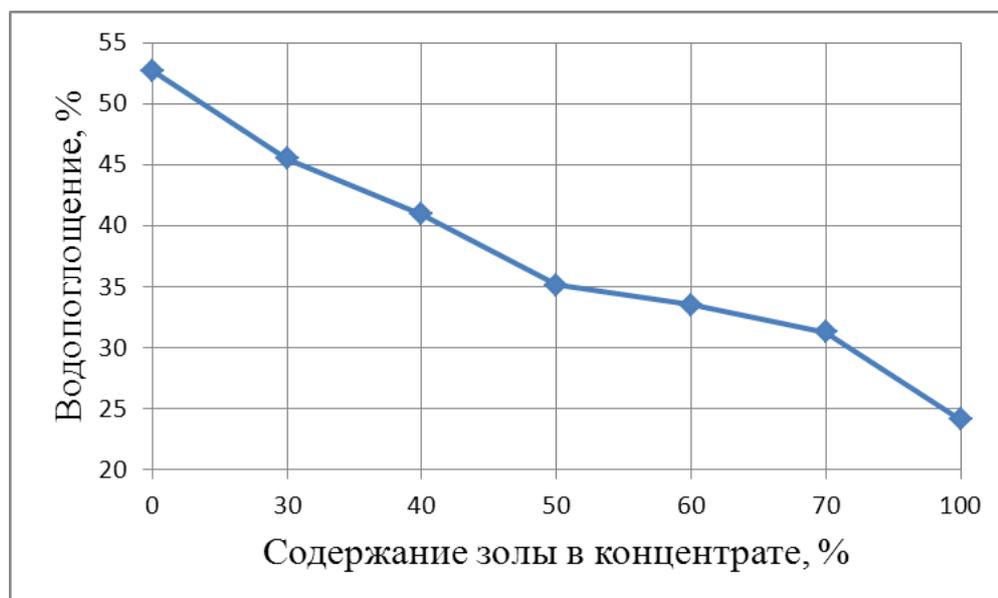


Рисунок 3.19 Водопоглощение образцов

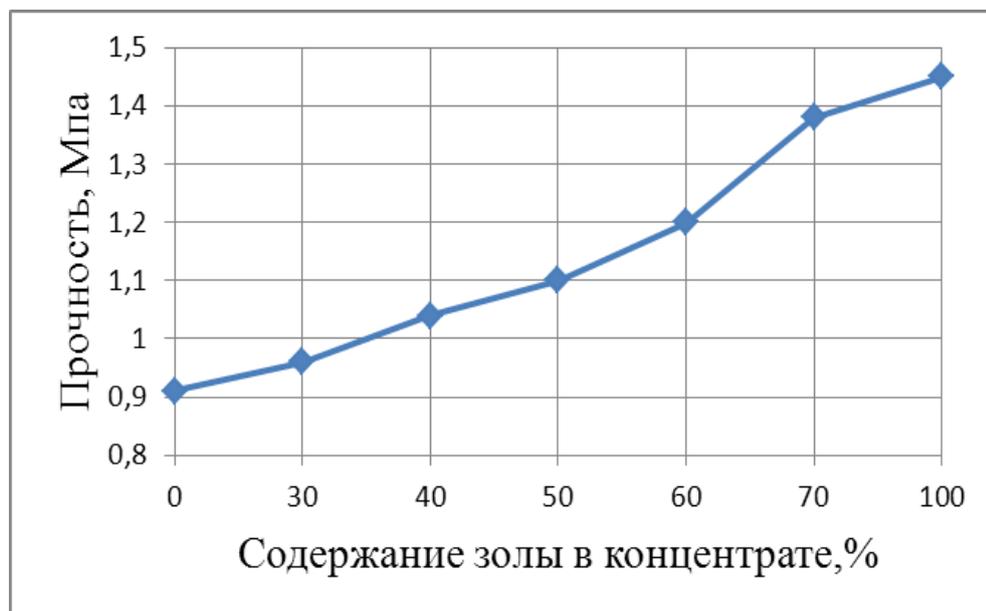


Рисунок 3.20 Прочность образцов

Анализируя полученные графики, можно сделать вывод, что средняя плотность изделий при увеличении содержания золы в концентрате увеличивается от 1,12–1,47 г/см<sup>3</sup>. Водопоглощение изделий уменьшается почти в 2 раза с увеличением содержания золы. Прочностные характеристики возрастают от 0,91 до 1,45 МПа.

### 3.4 Исследование физико-химических и физико-механических свойств изделий после обжига

#### 3.4.1 Обжиг образцов с 5% содержанием добавок

Полученные образцы, с 5 % содержанием отощающих добавок, загружали в печь и выдерживали в течение двух часов при температуре 900 °С. Затем изделия остужали и определяли среднюю плотность (табл.3.27) и прочность на раздавливание (табл.3.28).

Таблица 3.27 – Средняя плотность образцов после обжига

Количество золы, %	Объем образца, мм <sup>3</sup>	Масса образца, г	Средняя плотность
0	579,74	0,77	1,33
30	545,16	0,77	1,41
40	540,96	0,84	1,55
50	575,40	0,91	1,58
60	578,88	0,93	1,61
70	509,20	0,85	1,67
100	510,27	0,87	1,70

Таблица 3.28 – Прочность образцов после обжига

Содержание золы, %	Площадь гранул, м <sup>2</sup> *10 <sup>6</sup>	Нагрузка, Н	Прочность гранул, МПа	Среднее значение прочности, МПа
0	86,4	318,5	3,69	3,68
	85,4	313,6	3,67	
30	78,39	313,6	4,00	3,97
	81,90	323,4	3,95	
40	87,40	357,7	4,09	4,23
	78,4	343,0	4,38	
50	86,4	401,8	4,65	4,60
	85,2	387,1	4,54	
60	86,4	411,6	4,76	4,94
	82,36	421,4	5,12	
70	81,32	401,8	4,94	5,21
	75,00	411,6	5,49	
100	83,52	436,1	5,22	5,29
	80,40	431,2	5,36	

На основании полученных данных по табл. 3.27 и 3.28 построены графики зависимости средней плотности (рис. 3.21) и прочности на раздавливание (рис. 3.22) от содержания золы в концентрате.

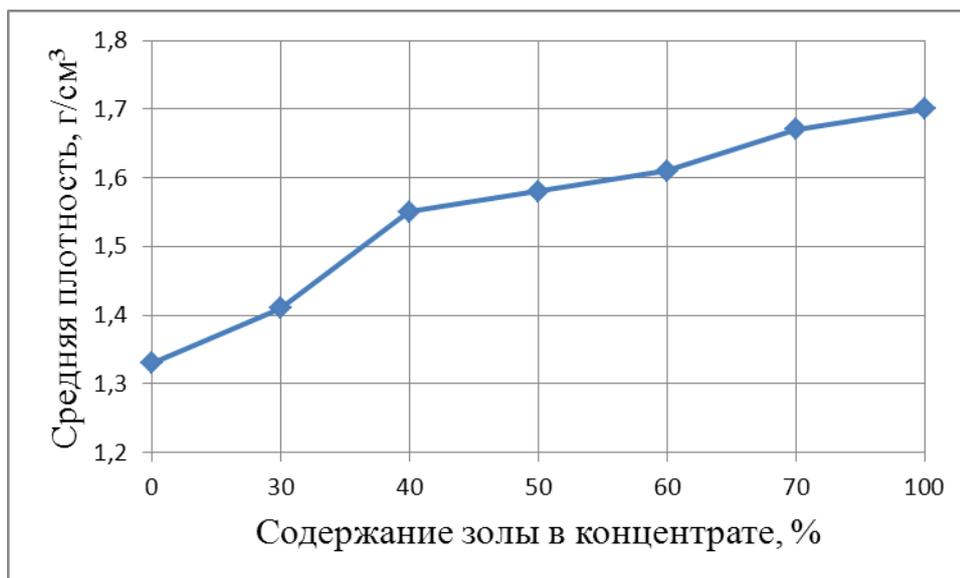


Рисунок 3.21 Средняя плотность образцов после обжига

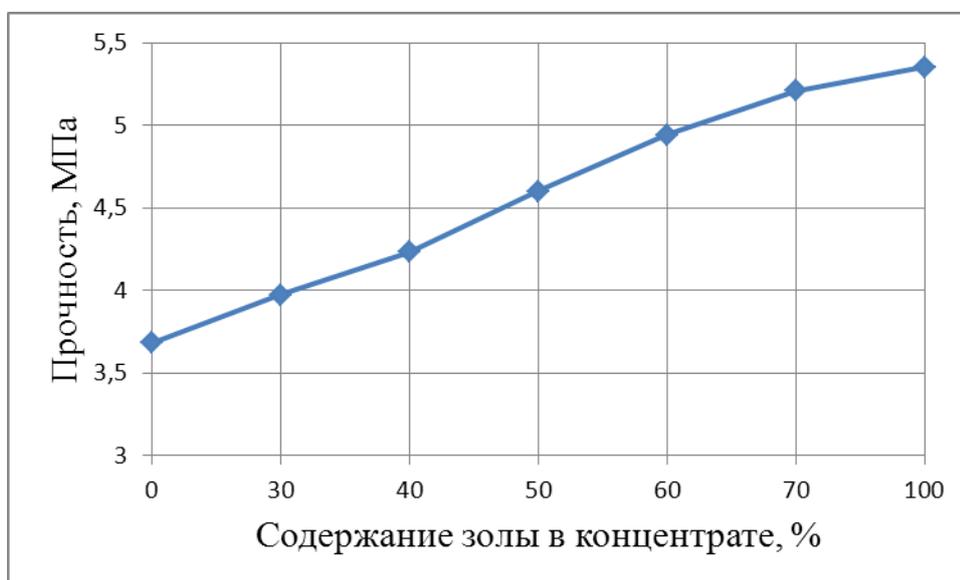


Рисунок 3.22 Прочность образцов после обжига

Анализируя полученные кривые можно сделать вывод, что средняя плотность полученных образцов увеличивается от 1,33 до 1,70 г/см<sup>3</sup>. Прочностные характеристики также возрастают от 3,68 до 5,29 МПа.

### 3.4.2 Обжиг образцов с 10% содержанием добавок

Полученные образцы, с 10% содержанием отощающих добавок, загружали в печь и выдерживали в течение двух часов при температуре 900 °С. Затем изделия остужали и определяли среднюю плотность (табл.3.29) и прочность на раздавливание (табл.3.30).

Таблица 3.29 – Средняя плотность образцов после обжига

Содержание золы, %	Объем образца, мм <sup>3</sup>	Масса образца, г	Средняя плотность
0	509,00	0,65	1,28
30	523,27	0,69	1,32
40	575,25	0,78	1,36
50	596,70	0,84	1,41
60	587,52	0,85	1,45
70	570,24	0,86	1,51
100	551,81	0,9	1,63

Таблица 3.30 – Прочность образцов после обжига

Содержание золы, %	Площадь гранул, м <sup>2</sup> *10 <sup>6</sup>	Нагрузка, Н	Прочность гранул, Мпа	Среднее значение прочности, МПа
0	74,20	274,4	3,70	3,15
	78,81	205,8	2,61	
30	81,90	313,6	3,83	3,27
	79,73	215,6	2,70	
40	85,41	313,6	3,67	3,29
	87,75	254,8	2,90	
50	84,00	303,8	3,62	3,46
	88,92	294,0	3,31	
60	86,40	347,9	4,03	3,60
	84,00	245,0	2,92	
	86,10	333,2	3,87	
70	79,92	294,0	3,68	3,66
	83,52	303,8	3,64	
100	83,07	318,5	3,83	3,93
	90,00	362,6	4,03	

На основании полученных данных по табл. 3.29 и 3.30 построены графики зависимости средней плотности (рис. 3.23) и прочности на раздавливание (рис. 3.24) от содержания золы в концентрате.

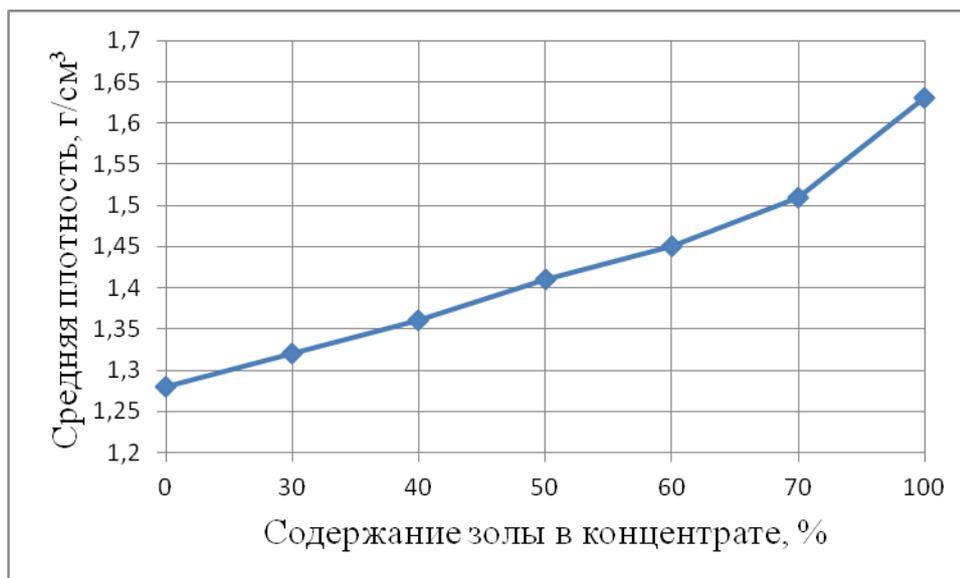


Рисунок 3.23 Средняя плотность образцов после обжига

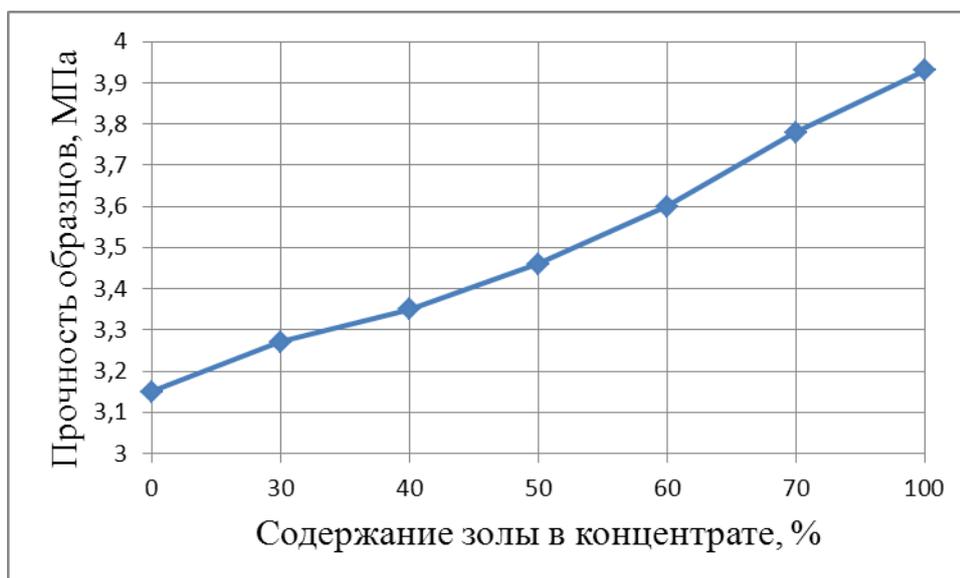


Рисунок 3.24 Прочность образцов после обжига

Анализируя полученные кривые можно сделать вывод, что плотность полученных образцов увеличивается от 1,28 до 1,63 г/см<sup>3</sup>. Прочностные характеристики также возрастают от 3,15 до 3,93 МПа.

### 3.4.3 Обжиг образцов с 20 % содержанием добавок

Полученные образцы, с 20% содержанием отощающих добавок, загружали в печь и выдерживали в течение двух часов при температуре 900 °С. Затем изделия остужали и определяли среднюю плотность (табл.3.31) и прочность на раздавливание (табл.3.32).

Таблица 3.31 – Средняя плотность образцов после обжига

Содержание золы, %	Объем образца, мм <sup>3</sup>	Масса образца, г	Средняя плотность, г/см <sup>3</sup>
0	630,00	0,62	0,98
30	576,52	0,64	1,11
40	604,80	0,71	1,17
50	613,20	0,74	1,21
60	614,25	0,77	1,25
70	613,44	0,79	1,29
100	573,30	0,79	1,38

Таблица 3.32 – Прочность образцов после обжига

Содержание золы, %	Площадь гранул, м <sup>2</sup> *10 <sup>6</sup>	Нагрузка, Н	Прочность гранул, МПа	Среднее значение прочности, МПа
0	83,07	205,8	2,48	2,43
	79,10	196,0	2,48	
	84,00	196,0	2,33	
30	79,35	196,0	2,47	2,49
	81,90	205,8	2,51	
40	85,20	215,6	2,53	2,56
	85,56	225,4	2,63	
	85,91	215,6	2,51	
50	82,60	215,6	2,61	2,72
	83,60	235,2	2,81	
	89,25	245,0	2,75	
60	88,50	303,8	3,43	3,27
	84,96	264,6	3,11	
70	81,90	298,9	3,65	3,50
	83,30	279,3	3,35	
100	83,07	303,8	3,66	3,78
	82,80	323,4	3,91	

На основании полученных данных по табл. 3.31 и 3.32 построены графики зависимости средней плотности (рис. 3.25) и прочности на раздавливание (рис. 3.26) от содержания золы в концентрате.

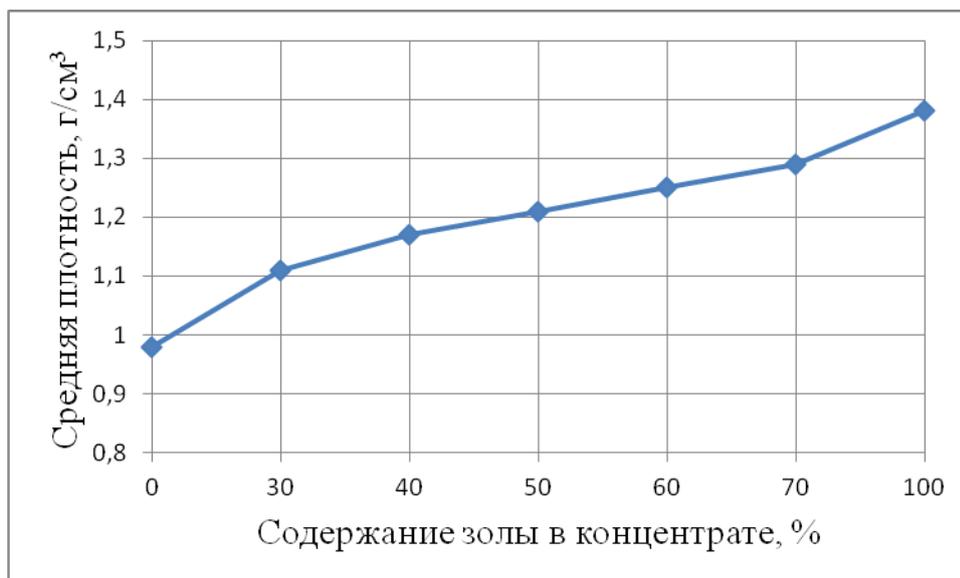


Рисунок 3.25 Средняя плотность образцов после обжига

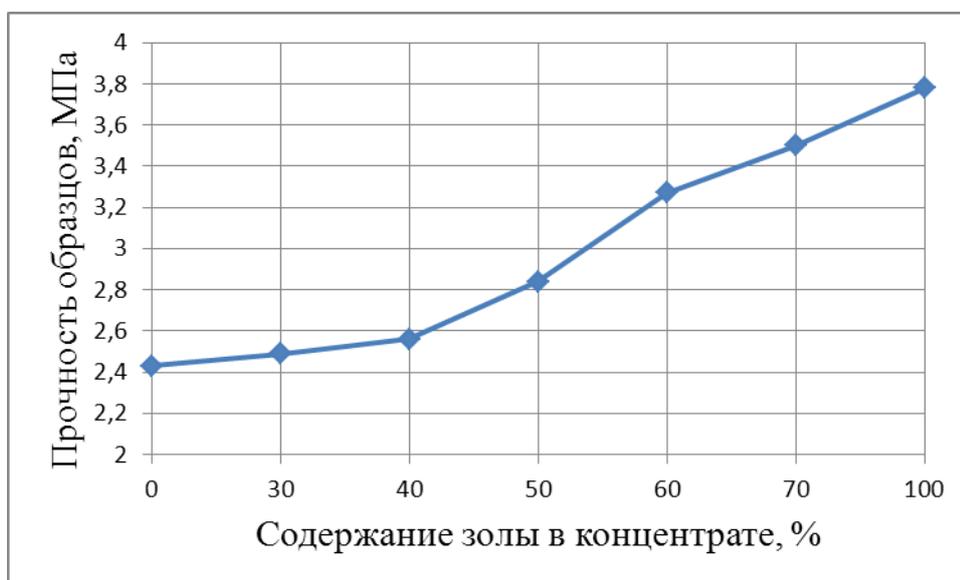


Рисунок 3.26 Прочность образцов после обжига

Анализируя полученные кривые можно сделать вывод, что плотность полученных образцов увеличивается от 0,98 до 1,38 г/см<sup>3</sup>. Прочностные характеристики так же возрастают от 2,43 до 3,78 МПа.

#### 3.4.4 Обжиг образцов с 30% содержанием добавок

Полученные образцы с 30 % содержанием отощающих добавок загружали в печь и выдерживали в течение двух часов при температуре 900 °С. Затем изделия остужали и определяли среднюю плотность (табл.3.33) и прочность на раздавливание (табл.3.34).

Таблица 3.33 – Средняя плотность образцов после обжига

Содержание золы, %	Объем образца, мм <sup>3</sup>	Масса образца, г	Средняя плотность, г/см <sup>3</sup>
0	595,70	0,48	0,81
30	586,46	0,54	0,92
40	579,72	0,55	0,95
50	577,43	0,56	0,97
60	594,84	0,64	1,08
70	617,70	0,68	1,10
100	579,60	0,75	1,29

Таблица 3.34 – Прочность образцов после обжига

Содержание золы, %	Площадь гранул, м <sup>2</sup> *10 <sup>6</sup>	Нагрузка, Н	Прочность гранул, Мпа	Среднее значение прочности
0	79,10	147,0	1,86	1,75
	84,00	137,2	1,63	
30	81,90	137,2	1,68	1,80
	79,06	147,0	1,86	
	78,88	147,0	1,86	
40	80,50	147,0	1,83	1,84
	83,52	151,9	1,82	
	84,24	156,8	1,86	
50	81,36	156,8	1,93	1,90
	83,95	166,6	1,98	
	81,65	147,0	1,80	
60	87,00	156,8	1,80	1,96
	84,49	166,6	1,97	
	83,52	176,4	2,11	
70	84,24	156,8	1,86	2,14
	72,80	176,4	2,42	
100	80,04	186,2	2,33	2,21
	84,00	176,4	2,10	

На основании полученных данных по табл. 3.33 и 3.34 построены графики зависимости средней плотности (рис. 3.27) и прочности на раздавливание (рис. 3.28) от содержания золы в концентрате.

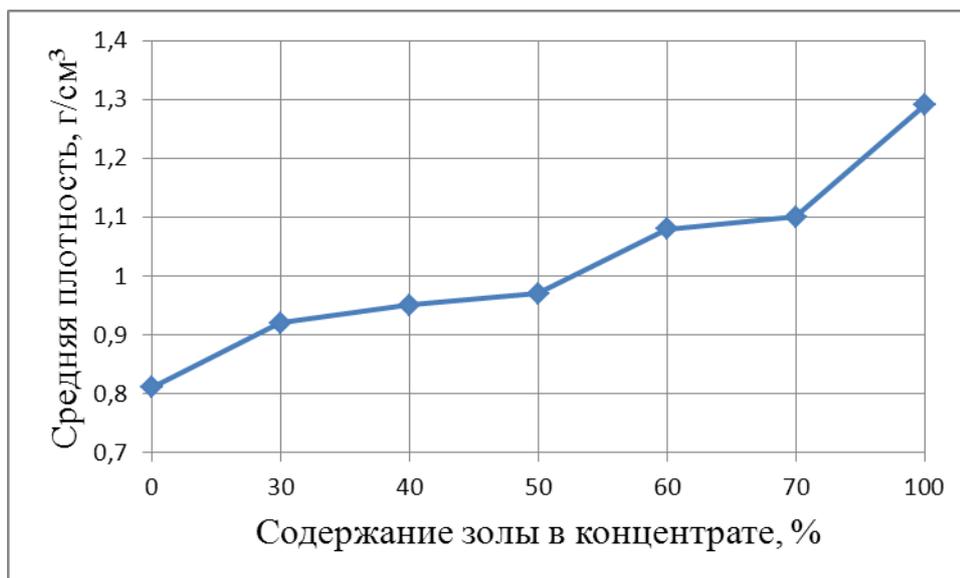


Рисунок 3.27 Средняя плотность образцов после обжига

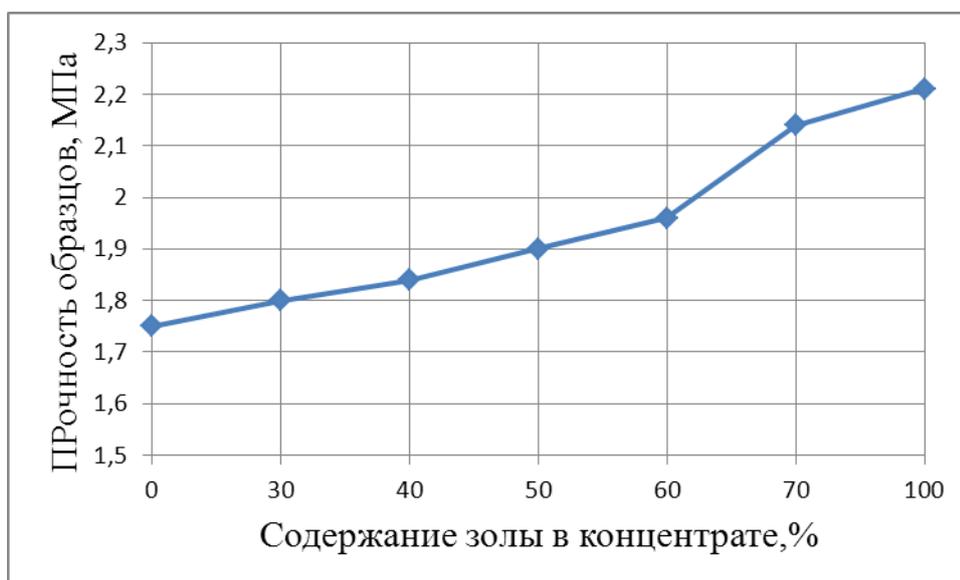


Рисунок 3.28 Прочность образцов после обжига

Анализируя полученные кривые можно сделать вывод, то плотность полученных образцов увеличивается от 0,81 до 1,29 г/см<sup>3</sup>. Прочностные характеристики так же возрастают от 1,75 до 2,21 МПа.

#### 4. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

По результатам прочностных характеристик, полученных в процессе исследования с различными связующими жидкостями, построен график зависимости прочности гранул от содержания в них связующего (рис. 4.1).

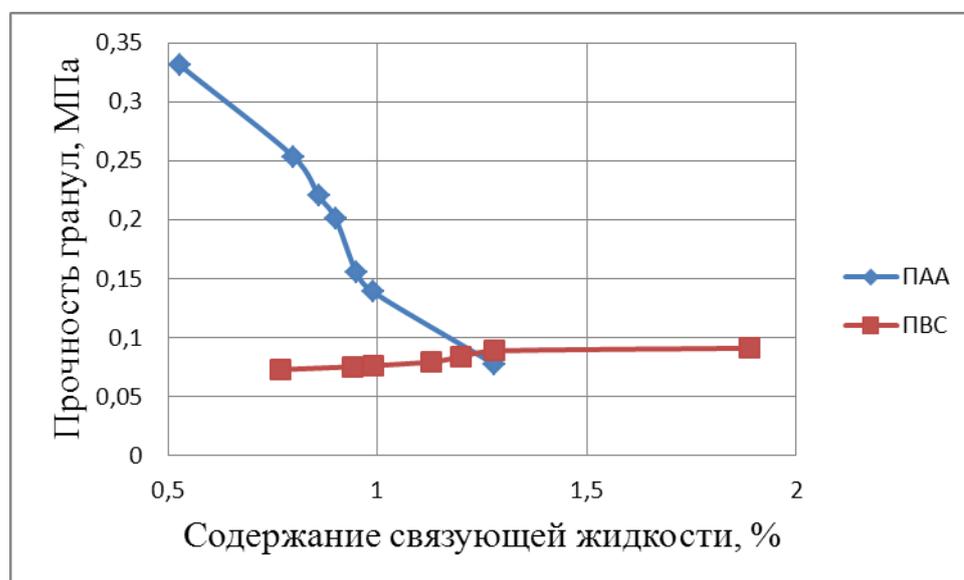


Рисунок 4.1 Зависимость прочности гранул от содержания связующей жидкости

Анализируя полученные кривые, можно сделать вывод, что использование ПВС в качестве связующей жидкости нецелесообразно, т.к. прочность изменяется незначительно при увеличении содержания СЖ в гранулах с 0,77 % до 1,89 %. Применение ПАА в качестве связующей жидкости показало значительное увеличение прочностных характеристик гранул, при этом содержание СЖ составляет всего 0,53 %.

Из полученных результатов исследования можно сделать вывод, что наиболее эффективным связующим с точки зрения прочностных показателей является 1 % ПАА.

Также можно рекомендовать в качестве связующей жидкости и жидкое стекло, концентрация которого в грануле не должна превышать 5 %.

Были проанализированы данные по суммарному объему пор для гранул, полученных с различными связующими жидкостями, представленными на рис. 4.2. и 3.5.

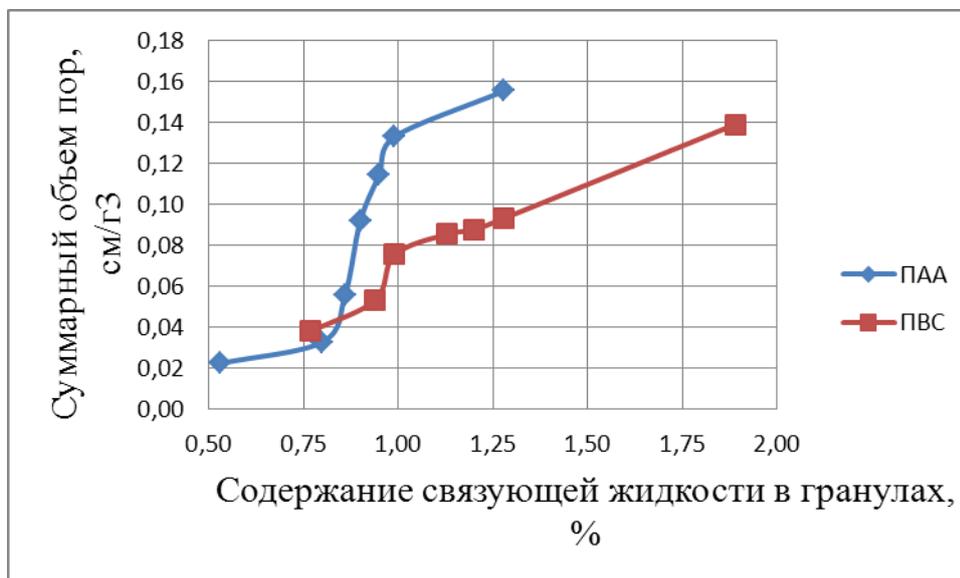


Рис. 4.2. Зависимость суммарного объема пор от содержания связующей жидкости

Из полученных кривых видно, что наблюдается увеличение суммарного объема пор для всех используемых связующих жидкостей, кроме жидкого стекла. Это объясняется тем, что жидкое стекло заполняют пространство между частицами, вызывающее уменьшение объема пор. При увеличении содержания жидкого стекла в грануле, которое заполняет все большее количество пустот, наблюдается снижение объема пор.

Увеличение объема пор для связующих жидкостей ПАА и ПВС объясняется тем, что в процессе сушки происходит полимеризация связующего, способствующая образованию дополнительных пор.

При проведении работы были исследованы физико-химические и физико-механические свойства образцов, сформированных из чистой глины без использования отошающих добавок. Прочность образцов из глины до обжига составила 2,18 МПа, а после – 4,03 МПа. Средняя плотность изделий до обжига

– 1,84 г/см<sup>3</sup>, после обжига – 1,45 г/см<sup>3</sup>. Водопоглощение изделия после обжига составило 15,7 %.

По результатам прочностных испытаний, полученных в процессе исследования строительных изделий с различной концентрацией отощающих добавок, построен график зависимости прочности образцов от содержания золы в концентрате до (рис 4.3) и после проведения обжига (4.4).

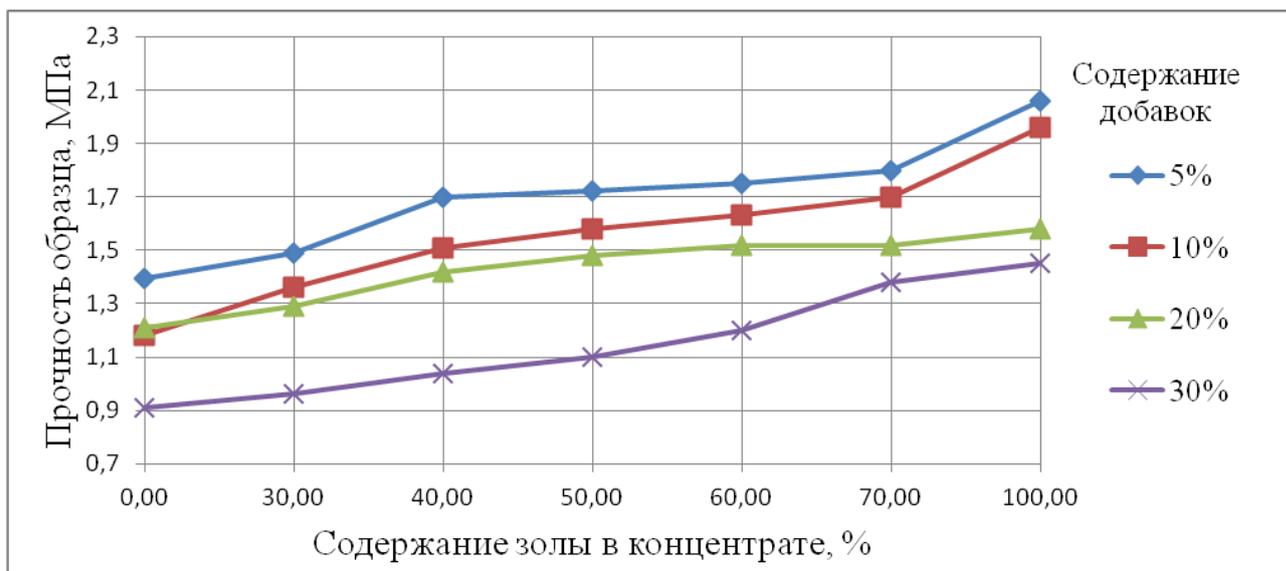


Рисунок 4.3 – Прочность образцов до обжига

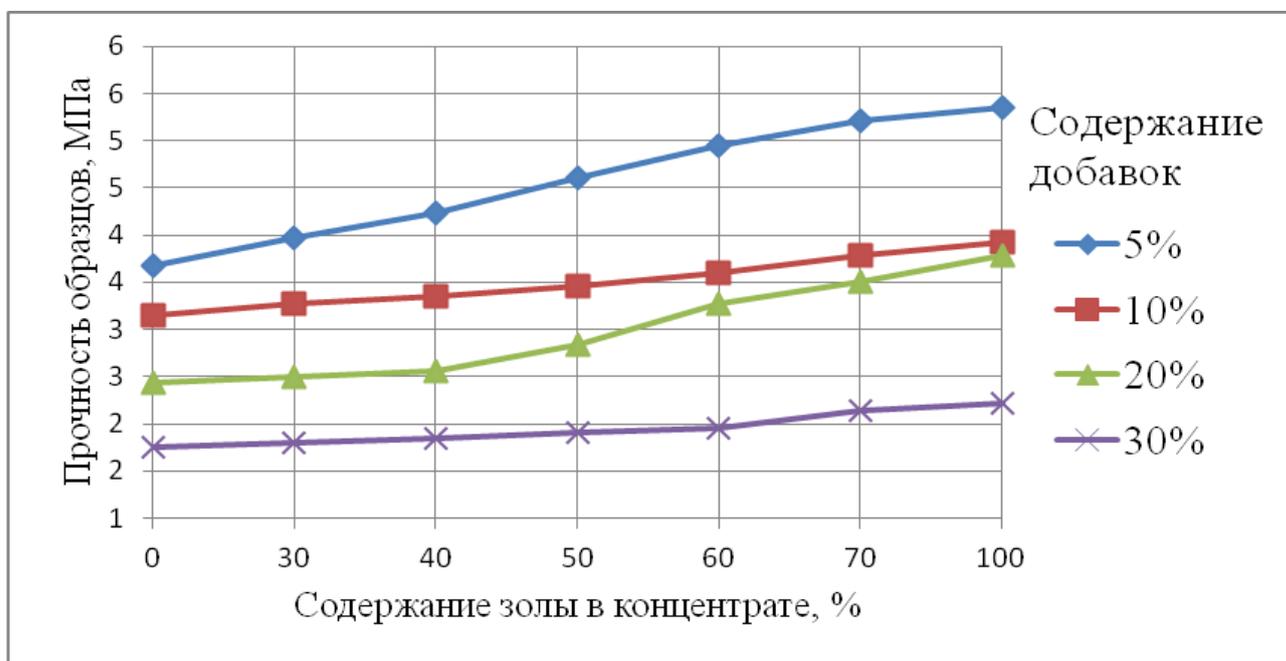


Рисунок 4.4 – Прочность образцов после обжига

Анализируя полученные кривые, можно сделать вывод, что прочность изделий после обжига возрастает в 1,5–2,6 раза и зависит от количества

отошающих добавок в образце. При этом увеличение содержания золы в концентрате от 0 до 100 % повышает прочность в 1,3–1,9 раза до обжига образца и в 1,2–1,5 раза после обжига. Небольшое снижение прочностных характеристик связано с выгоранием частиц угля после обжига и образованием дополнительных пустот в образце.

Сравнивая прочность образца из чистой глины с образцами с добавками, можно сделать вывод о том, что при содержании отошающих добавок более 20 % прочность при сжатии начинает снижаться и становится менее 3,78 МПа. При этом в качестве добавки используется только чистая зола. Присутствие в добавках угля приводит к снижению прочностных характеристик образцов. При 20 % содержании добавок, состоящих только из чистого угля, прочность при сжатии уменьшается в 1,55 раза и составляет 2,43 МПа. Поэтому можно рекомендовать золу ТЭЦ в качестве отошающей добавки к жирным глинам в количестве не более 20 %.

Были проанализированы данные по средней плотности изделий до (рис. 4.5) и после обжига (4.6).

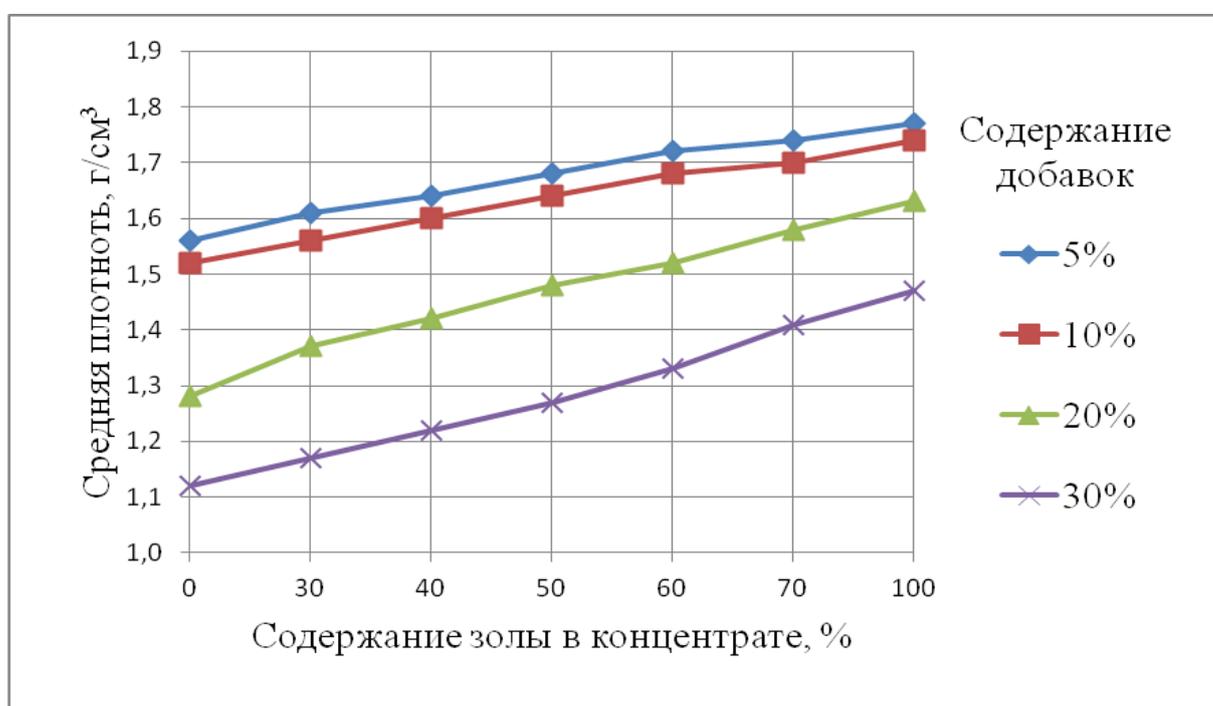


Рисунок 4.5 – Средняя плотность образцов до обжига

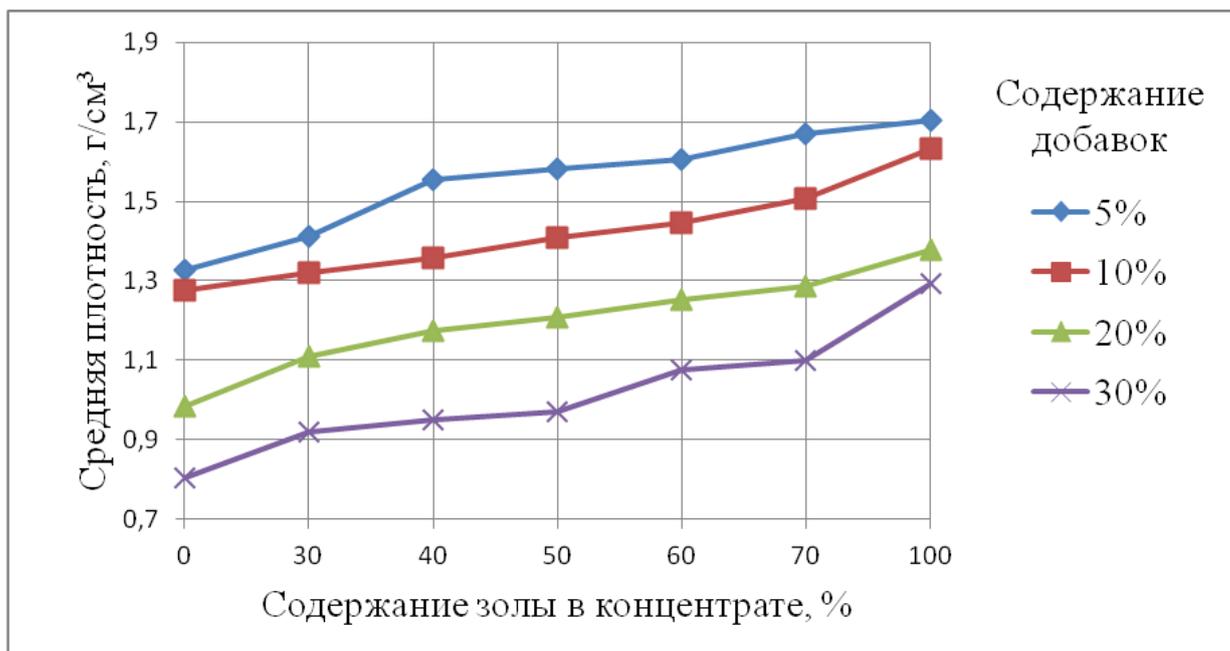


Рисунок 4.6 – Средняя плотность изделий после обжига

Сравнивая полученные значения средней плотности до и после обжига, видно, что плотность после термообработки значительно уменьшается у образцов, содержащих большее количество угля, который выгорая, образует поры.

Анализ средней плотности образцов из чистой глины до и после обжига с образцами с добавками показывает общую тенденцию повышения плотности при увеличении содержания золы в концентрате и уменьшения средней плотности при увеличении содержания добавок с 5 до 30 % в глине. При этом наблюдается увеличение плотности изделия в 1,13–1,30 раза до обжига и в 1,15–1,60 раза после обжига при увеличении содержания золы в концентрате до 100%. Это объясняется более высокой истинной плотностью золы (1,8–2,4 г/см<sup>3</sup>) по сравнению с плотностью угля (1,2–1,5 г/см<sup>3</sup>). Истинная плотность глины составляет 1,6–1,8 г/см<sup>3</sup>.

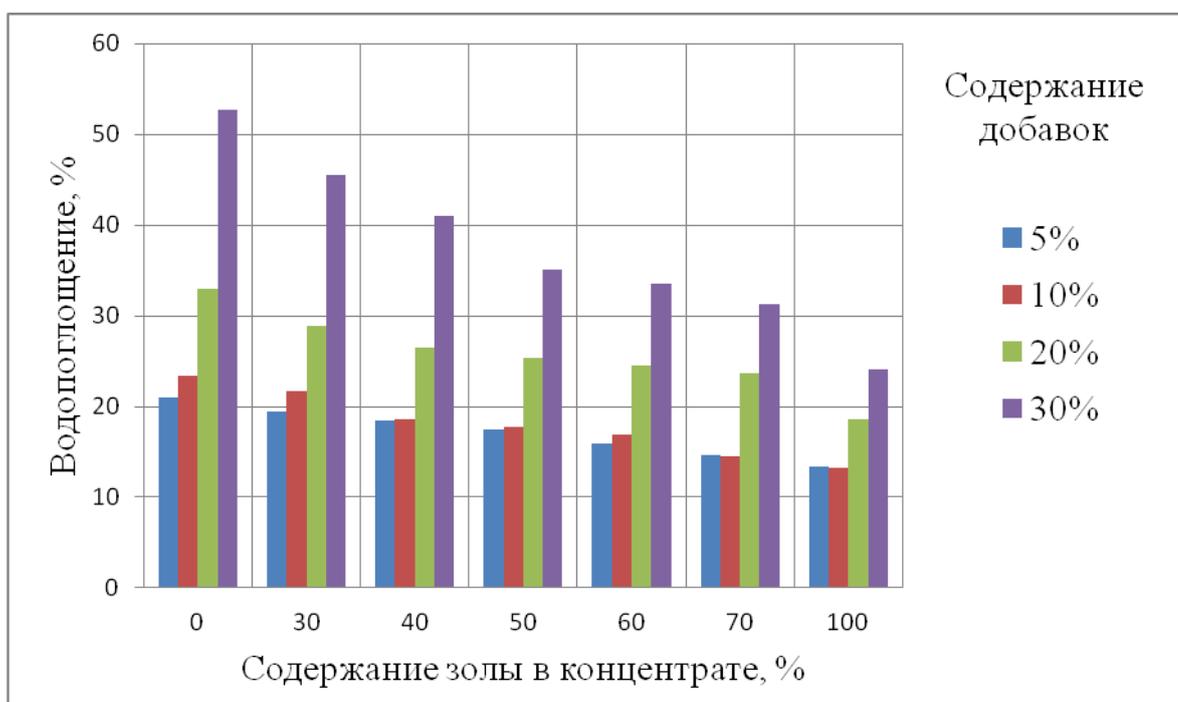


Рисунок 4.7 – Водопоглощение изделий

Обратная картина наблюдается при водопоглощении образцов (рис. 4.7). Содержащийся в концентрате уголь после обжига изделий сгорает, образуя пустоты, которые заполняются водой. При 100 % содержании угля в концентрате водопоглощение образца составляет 21 % при содержании добавок в глине 5 %, а при содержании добавок 30 % водопоглощение возрастает в 2,5 раза и равняется 52,7 %.

Сравнивая результаты водопоглощения образцов, содержащих только чистую золу различной концентрации, можно наблюдать, что при 5 и 10% содержании золы водопоглощение составляет 13,4 %, а при 30 % содержании золы в образце водопоглощение – 24,1 %.

По результатам проделанной научно-исследовательской работы можно рекомендовать золу, являющуюся отходом производства ТЗЦ, в качестве отощающей добавки для получения строительных материалов, при этом количество золы должно быть не более 20 %.

## 5 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

### 5.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

#### 5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Целевым рынком для отощающих добавок являются предприятия по производству керамического кирпича, а также другие строительные предприятия.

	Технологические параметры			
	Прочность	Пористость	Сорбционная емкость	Транспортировка и хранение
Предприятия по производству керамического кирпича	▨	▨	▨	▨
Другие строительные предприятия	▨	▨	▨	▨

Рис. 5.1. Карта сегментирования рынка применения отощающих добавок

- Добавки из золы и угля;
- Добавки из древесных опилок;
- Добавки из лигнина;

В результате сегментирования выявили, что основным сегментом рынка являются предприятия по производству керамического кирпича.

Задачей для магистерской диссертации является получение строительных материалов с использованием вторичного сырья, основной сегмент рынка, на который мы будем ориентироваться – это предприятия по

производству кирпичей, формуемых из жирных глин с отошающими добавками.

### 5.1.2. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Анализ конкурентных технических решений помогает вносить коррективы в научное исследование, что бы успешнее противостоять соперникам.

Целесообразно проводить данный анализ с помощью оценочной карты (таблица 5.1). Для этого отбираем два конкурентных товара.

Таблица 5.1 Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

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. Ионнообмен поверхности	0,18	4	4	4	0,72	0,9	0,72
2. Удобство в транспортировке	0,15	3	4	4	0,45	0,6	0,6
3. Избирательность (Селективность)	0,07	5	5	3	0,35	0,28	0,35
4. Энергоэкономичность	0,05	4	4	3	0,2	0,2	0,15
5. Прочность	0,1	4	3	4	0,2	0,5	0,4
6. Смачиваемость	0,05	2	4	3	0,2	0,2	0,2
7. Пористость	0,08	5	5	5	0,4	0,32	0,4
8. Простота эксплуатации	0,09	4	4	4	0,38	0,45	0,38
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>							
1. Конкурентоспособность продукта	0,09	4	4	3	0,36	0,36	0,27
2. Себестоимость исходных материалов	0,04	4	3	4	0,16	0,12	0,16
3. Предполагаемый срок годности исходных материалов	0,1	4	5	4	0,4	0,5	0,4
<b>Итого</b>	1	43	45	41	3,82	4,43	4,03

Б<sub>к1</sub> – Добавки из золы, поставщик ЗАО «Карасевский керамический завод», Москва.

Б<sub>к2</sub> – Добавки из лигнина, поставщик ЗСО «Добрыня», Новосибирск.

Баллы выставляются от 0 до 5. Конкурент, набравший максимальное количество баллов, является главным. Как видно из таблицы, главными являются добавки из золы, поставщик ЗАО «Карасевский керамический завод», Москва.

### **5.1.3 Диаграмма Исикавы**

Диаграмма причины-следствия Исикавы (Cause-and-Effect-Diagram) – это графический метод анализа и формирования причинно-следственных связей, инструментальное средство для систематического определения причин проблемы и последующего графического представления.

Область применения диаграммы:

- выявление причин возникновения проблемы;
- анализ и структурирование процессов на предприятии;
- оценка причинно-следственных связей.

Сначала формулируется существенная проблема или дефект качества. Главные категории потенциальных причин – это оборудование, материалы, человек, процессы, менеджмент, измерительные средства и т.д. Для каждой главной категории на диаграмму наносятся все вероятные причины проблемы. Диаграмма Исикавы представлена на рис. 5.3.

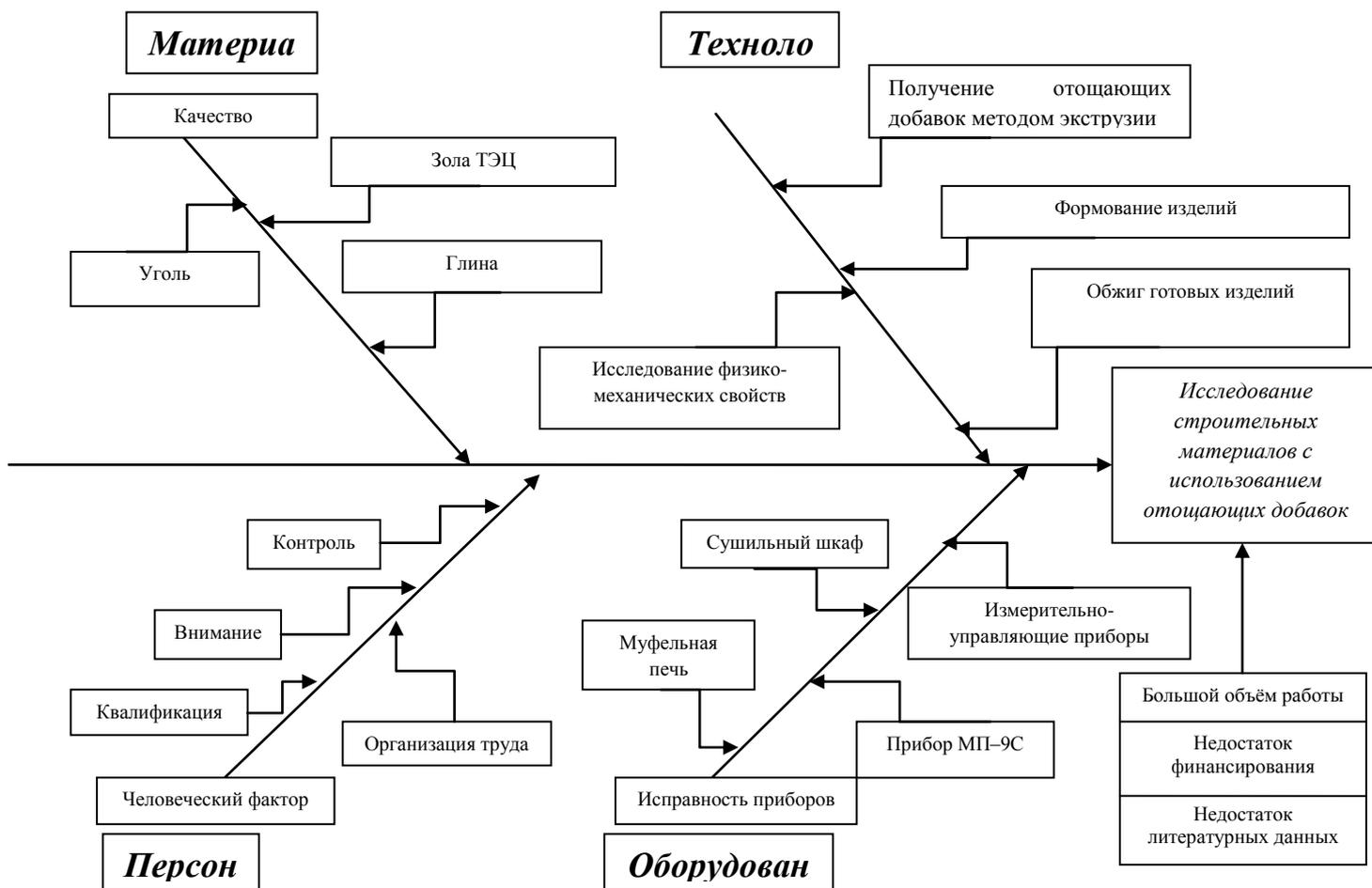


Рисунок 5.3 – Диаграмма Исикавы

### 5.1.4 SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта.

Таблица 5.2 – SWOT-анализ

	<p><b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b></p> <p>С1. Заявленная экономичность и энергоэффективность технологии.</p> <p>С2. Экологичность технологии.</p> <p>С3. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими</p>	<p><b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b></p> <p>Сл1. Большие затраты времени на проведение научных исследований</p> <p>Сл2. Отсутствие необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца</p> <p>Сл3. Большой срок поставок материалов и комплектующих, используемых при</p>
--	---	--

	технологиями. С4. Наличие бюджетного финансирования. С5. Квалифицированный персонал. С6. Легкая контролируемость процесса.	проведении научного исследования Сл4. Трудоемкость процесса получения продуктов.
<b>Возможности:</b> В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ В2. Появление дополнительного спроса на новый продукт В3. Низкая цена исходных материалов позволит держать цену на готовое изделие	Разработка использования золошлакового материала в строительной промышленности с целью получения готового продукта с конкурентными преимуществами с оптимальной себестоимостью, высоким качеством и инжиниринговой услугой	1.Создание инжиниринговой услуги с целью обучения работе с готовым продуктом 2.Приобретения необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца
<b>Угрозы:</b> У1.Отсутствие спроса на разработку У2. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства У3.Рост цен на электроэнергию У4. Введение дополнительных государственных требований к сертификации	Получение строительных изделий с использованием таких добавок снизит цену на готовый продукт, тем самым увеличит спрос на внутреннем рынке Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства повлечет за собой утечку квалифицированных кадров и ограничения потребителей. Из-за роста цен на электроэнергию снижается скорость получения продуктов. Введение дополнительных государственных требований к сертификации продукции влечет легкий контроль процесса, высокая чистота продуктов, получение двух	Информационное продвижение проекта, написание различных статей для более успешного финансирования проекта от государства. Информирование предприятий о новых возможностях получения продукта. Использование оборудования для массового производства снизит затраты на электроэнергию. Введение дополнительных государственных требований к сертификации продукции связано с дефицитным сырьем, высоким классом опасности, и трудоемким процессом получения продуктов.

продукции.	продуктов одновременно, и участие квалифицированного персонала.	
------------	---	--

Ниже приведены интерактивные матрицы различных полей проекта (таблицы 5.3 –5.6 ), анализ которых приведен в таблице 5.2.

Таблица 5.3 – Интерактивная матрица проекта полей «Сильные стороны и возможности»

Сильные стороны проекта							
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5	C6
	B1	+	+	+	+	+	+
	B2	+	0	0	+	+	+
	B3	+	+	+	+	0	0

Таблица 5.4 – Интерактивная матрица полей «Слабые стороны и возможности»

Слабые стороны проекта					
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	B1	+	+	+	-
	B2	0	0	+	+
	B3	+	0	+	-

Таблица 5.5 – Интерактивная матрица проекта полей «Сильные стороны и угрозы»

Сильные стороны проекта							
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4	C5	C6
	У1	-	-	0	0	+	-
	У2	0	+	-	-	+	0
	У3	0	0	0	0	+	0
	У4	0	+	-	0	0	+

### 5.1.5 Оценка готовности проекта к коммерциализации

На какой бы стадии календарного цикла не находилась научная разработка, уместным будет оценить степень ее готовности к коммерциализации и выяснить уровень собственных знаний для проведения (завершения) разработки. Для этого необходимо заполнить специальную форму, содержащую показатели степени проработанности проекта с позиции коммерциализации и компетенциям разработчика научного проекта.

Перечень вопросов приведен в таблице 5.7.

Таблица 5.7 – Оценка степени готовности научного проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1.	Определен имеющийся научно-технический задел	4	4
2.	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	5	4
3.	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	4	5
4.	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	4	3
5.	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	2	5
6.	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	3	4
7.	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	2	3
8.	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	2	2
9.	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	4	5
10.	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	3	4
11.	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	2	3
12.	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	3	3
13.	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	2	4
14.	Имеется команда для коммерциализации	2	4

	научной разработки		
15.	Проработан механизм реализации научного проекта	2	3
	<b>ИТОГО БАЛЛОВ</b>	44	56

При проведении анализа по таблице 5.7 каждый показатель оценивается по пятибалльной шкале. При этом системы измерения по каждому направлению (степень проработанности научного проекта, уровень имеющихся знаний у разработчика) различаются.

Значение  $B_{\text{сум}}$  позволяет говорить о мере готовности научной разработки и ее разработчика к коммерциализации. Так, значение  $B_{\text{сум}}$  получилось от 44 до 56, что значит перспективность выше средней, или же разработка действительно перспективна.

Объемы инвестирования в текущую разработку низки. Улучшение инвестирования позволило бы провести более качественные и глубокие исследования.

### **5.1.6 Метод коммерциализации результатов научно-технического исследования**

Существуют различные методы коммерциализации научных разработок. На данной стадии представленной научной разработки успешному продвижению способствует торговля патентными лицензиями, с помощью которой будет достигнута передача третьим лицам интеллектуальной собственности на лицензионной основе. Не исключена и организация совместного предприятия типа «университет – производство», когда идеи первого воплощаются ресурсами второго.

При коммерциализации научно-технических разработок продавец (т.е. владелец соответствующих объектов интеллектуальной собственности) преследует вполне определенную цель, которая определяется тем, куда в последующем он намерен направить полученный коммерческий эффект. Возможных путей немало:

- получение средств для продолжения научных исследований и разработок (получение финансирования, оборудования, уникальных материалов, других научно-технических разработок и пр.);
- одноразовое получение финансовых ресурсов для каких-либо целей (в качестве гранта);
- обеспечение постоянного притока финансовых средств.

Допускаются и различные сочетания перечисленных возможностей. При этом время продвижения товара на рынок во многом зависит от правильности выбора метода коммерциализации. Для данной работы был выбран инжиниринг, как средство продвижения результатов исследований. Инжиниринг предполагает предоставление на основе договора одной стороной (консультантом) другой стороне (заказчику) комплекса или отдельных видов инженерно-технических услуг, связанных с проектированием, вводом в эксплуатацию, производством продукции.

## **5.2 Инициация проекта**

Группа процессов инициации состоит из процессов, которые выполняются для определения нового проекта или новой фазы существующего. В рамках процессов инициации определяются изначальные цели и содержание и фиксируются изначальные финансовые ресурсы. Определяются внутренние и внешние заинтересованные стороны проекта, которые будут взаимодействовать и влиять на общий результат научного проекта. Данная информация закрепляется в Уставе проекта.

Устав проекта документирует бизнес - потребности, текущее понимание потребностей заказчика проекта, а также новый продукт, услугу или результат, который планируется создать.

Устав научного проекта магистерской работы:

### **5.2.1 Цели и результат проекта**

Информация о заинтересованных сторонах проекта представлена в таблице 5.8.

Таблица 5.8 – Заинтересованные стороны проекта

<b>Заинтересованные стороны проекта</b>	<b>Ожидания заинтересованных сторон</b>
Северская ТЭЦ	Получение строительных изделий с использованием отощающих добавок из отходов ТЭЦ
Кафедра ОХХТ ИФВТ ТПУ	Результаты исследования физико-химических свойств полученных строительных изделий

В таблице 5.9 представлена информация о целях и результатах проекта.  
Таблица 5.9 – Цели и результат проекта

<b>Цели проекта:</b>	Получение строительных изделий с использованием отощающих добавок и исследование физико-механических свойств
<b>Ожидаемые результаты проекта:</b>	Возможность использования вторичных отходов производства для получения строительных материалов. Решить проблему утилизации золошлаковых отходов Северской ТЭЦ и найти пути их переработки.
<b>Критерии приемки результата проекта:</b>	Результат должен технологически, экономически и экологически обоснован
<b>Требования к результату проекта:</b>	<b>Требование:</b>
	Получение строительных изделий из отходов ТЭЦ
	Высокая прочность, морозостойкость и низкое водопоглощение.

## 5.2.2 Организационная структура проекта

Организационная структура проекта представлена в таблице 5.10

Таблица 5.10 – Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудо- затраты, час.
1	Семакина О.К.	руководитель проекта	Отвечает за реализацию проекта, координирует деятельность участников проекта.	838
2	Меньшикова Е.В.	эксперт	Консультирует по вопросам финансового менеджмента, ресурсоэффективности и ресурсосбережения	64
3	Волков Ю.В.	эксперт	Консультирует по вопросам безопасности жизнедеятельности	64
4	Устюжанина А.К.	эксперт	Консультирует по части английского языка	18
5	Дорохов Д.О.	исполнитель	Выполняет отдельные работы по проекту	2556
ИТОГО:				3540

## 5.2.3 Ограничения и допущения проекта

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

Таблица 5.11 – Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/ допущения
3.1. Бюджет проекта	1 228 176
3.1.1. Источник финансирования	Кафедра ОХХТ ИФВТ ТПУ
3.2. Сроки проекта:	01.10. 2015 г. – 31.05. 2017 г.
3.2.1 Дата утверждения плана управления проектом	01.06.2017 г.

### 5.3 Планирование управления научно-техническим проектом

Группа процессов планирования состоит из процессов, осуществляемых для определения общего содержания работ, уточнения целей и разработки последовательности действий, требуемых для достижения данных целей.

#### 5.3.1 Иерархическая структура работ проекта

Иерархическая структура работ (ИСР) – детализации укрупненной структуры работ. В процессе создания ИСР структурируется и определяется содержание всего проекта.

На рис. 5.4 представлен шаблон иерархической структуры работ по проекту.



Рисунок 5.4 - Иерархическая структура работ проекта

### 5.3.2 Контрольные события проекта

Контрольные события проекта представлены в таблице 5.12.

Таблица 5.12 – Контрольные события проекта

№ п/п	Контрольное событие	Дата	Результат (подтверждающий документ)
1	Литературный обзор по теме проекта	Сентябрь – Ноябрь, 2015 г.	Литературный обзор в ВКР
2	Постановка цели и задач	Декабрь, 2015 г.	Раздел цели и задачи в ВКР
3	Разработка плана экспериментальных работ	Декабрь 2015 – Январь 2016 г.	План работ
4	Получение отошающих добавок	Февраль – Октябрь 2016 г.	Результаты экспериментов, представленных в ВКР
5	Проведение прочностных испытаний	Ноябрь – Декабрь 2016 г.	Результаты экспериментов, представленных в ВКР
6	Формование строительных изделий	Декабрь 2016-Февраль 2017 г.	Результаты экспериментов, представленных в ВКР
7	Обработка и систематизация полученных данных	Январь – Февраль 2017 г.	Результаты экспериментов, представленных в ВКР
8	Обсуждение результатов Доработка экспериментальной части ВКР	Март, 2017 г.	Результаты экспериментов, представленных в ВКР
9	Оформление ВКР	Апрель – июнь 2017 г.	Результаты экспериментов, представленных в ВКР

### 5.3.3 План проекта

В рамках планирования научного проекта построен календарный и линейный график проекта.

Линейный график представляется в виде таблицы (табл. 5.13).

Таблица 5.13 – Календарный план проекта

Код Работы (Из Исп)	Название	Длительность, Дни	Дата Начала Работ	Дата Окончания Работ	Состав Участников (Фиио Ответственных Исполнителей)
1	Литературный Обзор по теме проекта	87	01.09.15	30.11.15	Семакина О.К.
2	Постановка цели и задач	13	01.12.15	16.12.15	Семакина О.К., Дорохов Д.О.
3	Разработка плана экспериментальных работ	18	12.01.16	31.01.16	Семакина О.К., Дорохов Д.О.
4	Получение отошающих добавок	209	02.02.16	29.10.16	Семакина О.К., Дорохов Д.О.
5	Проведение прочностных испытаний	21	01.11.16	26.12.16	Семакина О.К., Дорохов Д.О.
6	Формование строительных изделий	51	29.12.16	29.02.17	Семакина О.К., Дорохов Д.О., Меньшикова Е.В., Волков Ю.В., Устюжанина А.К.
7	Обработка и систематизация полученных данных	20	04.01.17	27.02.17	Дорохов Д.О.
8	Обсуждение результатов Доработка экспериментальной части ВКР	10	01.03.17	11.03.17	Семакина О.К., Дорохов Д.О.

9	Оформление ВКР	10	01.04.17	1.06.17	Дорохов Д.О.
Итого:		439			

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 приведен в таблице 5.14.



### 5.3.4 Бюджет научного исследования

Бюджет затрат на выполнение НИР составлялся с учетом проведения НИР за один год (365 дней). Затраты на НИР рассчитывали по статьям калькуляции, которые включают две группы затрат прямые затраты и накладные затраты.

#### 5.3.4.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования

Данная статья включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта:

- приобретаемые со стороны сырье и материалы, необходимые для создания научно-технической продукции;
- покупные материалы, используемые в процессе создания научно-технической продукции для обеспечения нормального технологического процесса.

Все затраты на оборудование, реактивы, лабораторную посуду и средства защиты приведены в таблицах 5.15 – 5.19.

Стоимость оборудования, используемого при выполнении конкретного научного проекта и имеющегося в данной научно-технической организации, учитывается в виде амортизационных отчислений. Все расчеты по приобретению спецоборудования и оборудования, имеющегося в организации, но используемого для выполнения конкретной темы.

Таблица 5.15 – Материальные затраты на оборудование

№ п/п	Наименование оборудования	Количество, шт	Стоимость с НДС, руб/шт	Срок эксплуатации, лет	Количество месяцев использования оборудования	Амортизация, руб.
1	Весы аналитические	1	44 600	10	15	5575
2	Муфельная печь	1	213000	10	2	3550

3	Экструдер	1	56 660	10	7	3305
4	Пресс-машина	1	58 850	10	7	3432
5	Набор сит	1	4 850	10	2	4850
6	Вибростенд	1	37 000	10	2	616
Итого: 21 328						

Таблица 5.16 – Материальные затраты на реактивы

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (З <sub>м</sub> ), руб.
Жидкое стекло	л	1 л	70	139,6
Поливиниловый спирт (ПВС)	кг	1 кг	250	498,7
Полиакриламид (ПАА)	кг	1 кг	110	219,5
Глина	кг	1 кг	12	12
Итого				869,8

Таблица 5.17 – Материальные затраты на лабораторную посуду

№ п/п	Наименование оборудования	Количество единиц оборудования	Цена единицы оборудования, руб.	Общая стоимость оборудования (амортизация), руб.
1	Цилиндр	2	112	224
2	Стакан	2	67	134
3	Чашка Петри	1	10	10
4	Ступка	2	540	1080
5	Эксикатор	1	1 364	1 364
6	Бюксы	20	56	1120
Итого				3932

Таблица 5.18 – Материальные затраты на средства защиты

Наименование	Количество, шт.	Стоимость с НДС, руб./шт.	Сумма, руб.
Халат	1	1 000	2000
Перчатки	2	557	1114
Итого:			3114

Суммы всех видов затрат на проведение экспериментов по получению строительных материалов с использованием отощающих добавок приведены в таблице 5.19.

Таблица 5.19 – Общие материальные затраты на научно-технические исследования

Вид затрат	Сумма, руб
Материальные затраты на реактивы	869
Материальные затраты на лабораторную посуду	3 932
Материальные затраты на средства защиты	3 114
Материальные затраты на оборудование	21 328
Итого:	29 243

#### 5.3.4.2 Основная заработная плата

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы оплаты труда. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы (размер определяется Положением об оплате труда).

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением проекта, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату.

$$C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, (5.2)$$

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

$Z_{доп}$  – дополнительная заработная плата.

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

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_{раб}, (5.3)$$

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

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

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}, (5.4)$$

где  $Z_m$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 48 раб. дней  $M=10,4$  месяца, 6-дневная неделя;

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

Расчет заработной платы научно-производственного и прочего персонала проекта проводили с учетом работы 3-х человек – научного руководителя, консультанта и исполнителя. На выполнение НИР понадобилось 258 рабочих дней. Баланс рабочего времени исполнителей представлен в таблице 5.20.

Таблица 5.20 - Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер (дипломник)
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
-выходные дни	52	52
-праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени		
- отпуск	48	48
- невыходы по болезни	-	-
Действительный годовой фонд рабочего времени	251	251

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_b \cdot (k_{пр} + k_d) \cdot k_p, \quad (5.5)$$

где  $Z_b$  – базовый оклад, руб.;

$k_{пр}$  – премиальный коэффициент, (определяется Положением об оплате труда);

$k_d$  – коэффициент доплат и надбавок (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: определяется Положением об оплате труда);

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

При расчете заработной платы научно-производственного и прочего персонала проекта учитывались месячные должностные оклады работников, которые рассчитывались по формуле:

$$Z_m = Z_b \cdot k_p \quad (5.6)$$

где  $Z_b$  – базовый оклад, руб.;

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

Расчет основной заработной платы научно – производственного и прочего персонала проекта проводился без учета премиального коэффициента  $K_{пр}$  (определяется Положением об оплате труда) и коэффициент доплат и надбавок  $K_d$ .

Согласно информации сайта Томского политехнического университета должностной оклад (ППС) доцента кандидата наук в 2017 году

без учета РК составил 26300 руб., исполнителя – 9893 руб. Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 5.21

Таблица 5.21 - Расчёт основной заработной платы

Исполнители	З <sub>б</sub> , руб.	$k_{пр}$	$k_d$	$k_p$	З <sub>м</sub> , руб	З <sub>дн</sub> , руб.	T <sub>р</sub> , раб. дн.	З <sub>осн</sub> , руб.
Руководитель	26300	-	-	1,3	34190	1416	419	593 304
Инженер дипломник	9893	-	-	1,3	12861	572	426	243 672

### 5.3.4.3 Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала

В данную статью включается сумма выплат, предусмотренных законодательством о труде, например, оплата очередных и дополнительных отпусков; оплата времени, связанного с выполнением государственных и общественных обязанностей; выплата вознаграждения за выслугу лет и т.п. (в среднем – 12 % от суммы основной заработной платы).

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 10-15% от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} \quad (5.7)$$

где  $Z_{доп}$  – дополнительная заработная плата, руб.;

$k_{доп}$  – коэффициент дополнительной зарплаты;

$Z_{осн}$  – основная заработная плата, руб.

В таблице 5.22 приведена форма расчёта основной и дополнительной заработной платы.

Таблица 5.22- Заработная плата исполнителей НТИ

Заработная плата	Руководитель	Инженер (дипломник)
Основная зарплата	593 304	243 672
Дополнительная зарплата	71 196	29 241
Итого по статье $C_{зп}$	664 500	272 913

#### 5.3.4.4 Отчисления на социальные нужды

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}), \quad (5.8)$$

где  $k_{\text{внеб}}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

Отчисления на социальные нужды составляет 27 % от суммы заработной платы всех сотрудников.

#### 5.3.4.5 Накладные расходы

В эту статью включаются затраты на управление и хозяйственное обслуживание, которые могут быть отнесены непосредственно на конкретную тему.

Расчет накладных расходов ведется по следующей формуле:

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}), \quad (4.9)$$

где  $k_{\text{накл}}$  – коэффициент накладных расходов.

Электроэнергия на оборудование:

Весы аналитические =  $6 \cdot 450 \cdot 0,12 \cdot 5,8 = 1880$  руб.

Экструдер =  $6 \cdot 210 \cdot 0,11 \cdot 5,8 = 804$  руб.

Муфельная печь =  $6 \cdot 60 \cdot 2,8 \cdot 5,8 = 5846$  руб.

Пресс машина =  $6 \cdot 210 \cdot 0,12 \cdot 5,8 = 877$  руб.

Вибростенд =  $6 \cdot 60 \cdot 0,10 \cdot 5,8 = 209$  руб.

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составляется калькуляция плановой себестоимости НИР. В проекте не предусмотрены затраты, связанные с выплатой дополнительной заработной платы научно – производственного и прочего персонала проекта, научными и производственными командировками, оплатой работ, выполняемых другими организациями и предприятиями. Смета затрат приведена в таблице 5.23.

Таблица 5.23 – Смета затрат на выполнение НИР

Статьи затрат	Затраты, руб.
Сырье и материалы	11 487
Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	16 558
Фонд заработной платы	937 413
Отчисления на социальные нужды	253 102
Накладные расходы	9616
Итого	1 228 176

Проанализировав смету затрат на выполнение научно – исследовательской работы позволило сделать вывод, что существующий вариант решения, поставленной в магистерской диссертации химической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности является наиболее приемлемым.

#### 5.3.4.6 Организационная структура проекта

Данный проект представлен в виде проектной организационной структуры.

Таблица 5.24 - Выбор организационной структуры научного проекта

Критерии выбора	Функциональная	Матричная	Проектная
Степень неопределенности условий реализации проекта	Низкая	Высокая	Высокая
Технология проекта	Стандартная	Сложная	Новая
Сложность проекта	Низкая	Средняя	Высокая
Взаимозависимость между отдельными частями проекта	Низкая	Средняя	Высокая
Критичность фактора времени (обязательства по срокам завершения работ)	Низкая	Средняя	Высокая
Взаимосвязь и взаимозависимость проекта от организаций более высокого уровня	Высокая	Средняя	Низкая

Проектная организационная структура научного проекта приведена на рисунке 5.5.

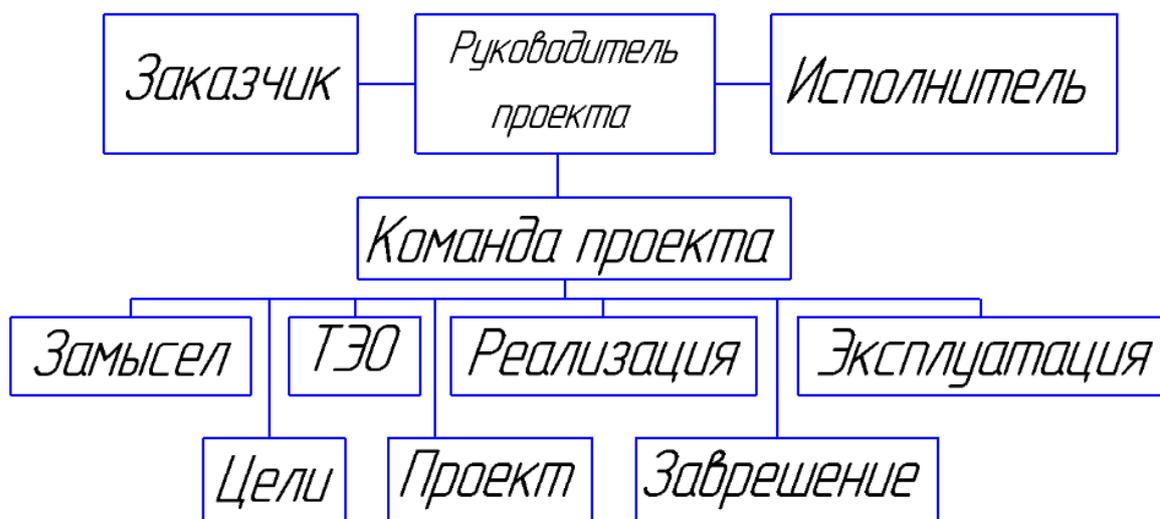


Рисунок 5.5 - Проектная структура проекта

#### 5.3.4.7 Матрица ответственности

Для распределения ответственности между участниками проекта формируется матрица ответственности (таблица 5.25).

Этапы проекта	Семакина О.К., руководитель проекта	Меньшикова Е.В., эксперт	Волков Ю.В., эксперт	Устюжанина А.К., эксперт	Дорохов Д.О., исполнитель
Составление технического задания	О				
Изучение литературы					И, О
Выбор направления исследования	О, И				И, О
Теоретические и экспериментальные исследования	О, И				И, О
Обобщение и оценка результатов	О, И				И, О
Разработка технической документации и	О				И, О

проектирование					
Оформление комплекта документации	О, С	О, С	О, С	О, С	И, О

Степень участия в проекте может характеризоваться следующим образом:

*Ответственный (О)* – лицо, отвечающее за реализацию этапа проекта и контролирующее его ход.

*Исполнитель (И)* – лицо (лица), выполняющие работы в рамках этапа проекта.

*Утверждающее лицо (У)* – лицо, осуществляющее утверждение результатов этапа проекта (если этап предусматривает утверждение).

*Согласующее лицо (С)* – лицо, осуществляющее анализ результатов проекта и участвующее в принятии решения о соответствии результатов этапа требованиям.

#### 5.3.4.8 План управления коммуникациями проекта

План управления коммуникациями отражает требования к коммуникациям со стороны участников проекта. План управления коммуникациями приведен в таблице 5.26.

Таблица 5.26 - План управления коммуникациями

№ п/п	Какая информация передается	Кто передает информацию	Кому передается информация	Когда передает информацию
1.	Статус проекта	Руководитель проекта	Представителю заказчика	Ежеквартально
2.	Обмен информацией о текущем состоянии проекта	Исполнитель проекта	Участникам проекта	Еженедельно
3.	Документы и информация по проекту	Ответственное лицо по направлению	Руководителю проекта	Не позже сроков графиков и к. точек
4.	О выполнении контрольной точки	Исполнитель проекта	Руководителю проекта	Не позже дня контрольного события по плану управления

### 5.3.4.9 Реестр рисков проекта

Идентифицированные риски проекта включают в себя возможные неопределенные события, которые могут возникнуть в проекте и вызвать последствия, которые повлекут за собой нежелательные эффекты.

Возможные риски проекта приведены в таблице 5.27

Таблица 5.27 - Реестр рисков

№	Риск	Вероятность наступления (1-5)	Влияние риска (1-5)	Уровень риска	Способы смягчения риска	Условия наступления
1	Технический	3	5	высокий	Повышение требований, проработка технологии	Неисправность оборудования
2	Организационный	5	5	высокий	Финансирование проекта, расстановка приоритетов	Нехватка ресурсов
3	Управление проектом	1	4	низкий	Долгосрочное планирование	Некомпетентное управление

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

Эффективность научного ресурсосберегающего проекта включает в себя социальную эффективность, экономическую и бюджетную эффективность. Показатели общественной эффективности учитывают социально-экономические последствия осуществления инвестиционного проекта как для общества в целом, в том числе непосредственные результаты и затраты проекта, так и затраты и результаты в смежных секторах экономики, экологические, социальные и иные внеэкономические эффекты.

Показатели экономической эффективности проекта учитывают финансовые последствия его осуществления для предприятия, реализующего данный проект. В этом случае показатели эффективности проекта в целом характеризуют с экономической точки зрения технические, технологические и организационные проектные решения.

Бюджетная эффективность характеризуется участием государства в проекте с точки зрения расходов и доходов бюджетов всех уровней.

Кроме выше перечисленных видов эффективности можно выделить ресурсный эффект (характеризуется показателями, отражающими влияние инновации на объем производства и потребления того или иного вида ресурса), научно-технический (оценивается показателями новизны и полезности) и др.

### **5.4.1 Оценка сравнительной эффективности исследования**

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

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более)

вариантов исполнения научного исследования (таблица 5.28). Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\max}}, \quad (5.10)$$

где  $I_{\phi}^p$  - интегральный финансовый показатель разработки;

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

$\Phi_{\max}$  – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_m^a = \sum_{i=1}^n a_i b_i^a, \quad I_m^p = \sum_{i=1}^n a_i b_i^p \quad (5.11)$$

где  $I_m$  – интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов;

$a_i$  – весовой коэффициент i-го параметра;

$b_i^a, b_i^p$  – балльная оценка i-го параметра для аналога и разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы, пример которой приведен ниже.

Таблица 5.28 - Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Строительные материалы с использованием отощающих добавок Исп.1	Строительные материалы с использованием лигнина Исп.2
1. Выход продукта	0,25	5	4
2. Чистота получаемого продукта	0,20	4	2
3. Экологичность	0,10	4	2
4. Энергосбережение	0,20	4	3
5. Надежность	0,10	4	4
6. Материалоемкость	0,15	5	4
ИТОГО	1	4,4	3,0

$$I_{p-исп1} = 5 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,15 = 4,4$$

$$I_{p-исп2} = 4 \cdot 0,25 + 2 \cdot 0,2 + 2 \cdot 0,1 + 3 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,15 = 3,0$$

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{финр}^{исп.i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}},$$

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

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

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

Тогда для двух вариантов интегральный финансовый показатель разработки составляет:

$$I_{финр}^{исп.1} = \frac{\Phi_{p1}}{\Phi_{max}} = \frac{656\,358}{670\,000} = 0,98$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.2}} = \frac{\Phi_{\text{р2}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{660000}{670000} = 0,99$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ( $I_{\text{исп.}i}$ ) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формулам:

$$I_{\text{исп.1}} = \frac{I_{\text{р-исп1}}}{I_{\text{финр}}^{\text{исп.1}}} = \frac{4,40}{0,98} = 4,49$$

$$I_{\text{исп.2}} = \frac{I_{\text{р-исп2}}}{I_{\text{финр}}^{\text{исп.2}}} = \frac{3,0}{0,99} = 3,03$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность разработки представлена в таблице 5.29.

Таблица 5.29 – Сравнительная эффективность разработки

Показатели	Исп.1	Исп.2
Интегральный финансовый показатель разработки	0,98	0,99
Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,40	3,0
Интегральный показатель эффективности	4,49	3,03
Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,5	1,01

Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволяет понять и выбрать более эффективный вариант решения

поставленной в магистерской работе технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности, то есть определение оксидов никеля и алюминия более эффективно, так как меньше материалоемкость, больше выход продукта и ускоренный процесс.

## **6. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ**

### **6.1 Введение**

Процессы гранулирования, которые рассматриваются в данной магистерской работе, проводят вручную. Гранулы получают из порошкообразной золы и угля, которые собираются с электрофильтров ТЭС. Процесс получения гранул включает в себя работу с аналитическими весами, вибростендом. Процессы получения строительных изделий так же делаются вручную. Образцы получают из глины, и полученных ранее отощающих добавок.

В следующих разделах описаны требования, которые необходимо соблюдать, чтобы максимально обезопасить себя во время работы.

В соответствии с ГОСТ 12.1.005 – 89 [10], устанавливается объем производственного помещения не менее 15 м<sup>3</sup> на одного работника, для обеспечения нормальных условий труда.

Опасные и вредные факторы при получении отощающих добавок и получении из них строительных изделий представлены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 - Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы

Наименование видов работ и параметров производственного процесса	Факторы (ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
1	2	3	4
Ситовой анализ	Повышенная запыленность рабочей зоны; повышенный уровень шума на рабочем месте; Повышенный уровень <u>вибрации</u>	Электрический ток;	ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны». ГОСТ 12.1.003-83 «Шум. Общие требования безопасности». ГОСТ 12.4.012-83 «Вибрация. Средства измерения и контроля вибрации на рабочих местах. Технические требования». ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ. «Оборудование производственное. Общие требования безопасности». СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».
Сушка	Повышенная температура воздуха рабочей зоны; повышенная	Электрический ток; термическая опасность	ГОСТ Р 51337-99 «Безопасность машин. Температуры касаемых поверхностей». Эргономические данные для

	температура воздуха поверхностей электрического сушильного шкафа Микроклимат Освещение		установления предельных величин горячих поверхностей». ГОСТ 12.1.005-88 «Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно- гигиенические требования к воздуху рабочей зоны». СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278– 03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий.
--	---	--	---

## **6.2 Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению**

Рассмотрим вредные производственные факторы в лаборатории, где получали отощающие добавки, и строительные изделия.

К факторам рабочего места, которые характеризуют процесс взаимодействия трудящихся с окружающей производственной средой, отнесем микроклимат, производственное освещение и шумы, вибрацию. В работе только золошлаковый материал и глина, которые не токсичны, не пожароопасны. Согласно ГОСТ 12.1.007-76 [11] данное вещество относится к IV классу опасности (малоопасные).

## 6.2.1 Микроклимат

Показателями метеорологических условий производственной среды согласно ГОСТ 12.1.005 – 89 [10] являются температура, относительная влажность и скорость движения воздуха. Негативные значения показателей микроклимата становятся причиной уменьшения производственных показателей в работе, простуды, радикулита, хронического бронхита и многих других заболеваний. Устанавливаются оптимальные и допустимые значения этих параметров с учетом избытка теплоты, тяжести выполнения работ и сезонов года. В таблице 6.2 представлены нормы показателей метеорологических условий в рабочей зоне.

Работа в лаборатории, выполняемая в положении стоя или сидя, и требующая определенного физического напряжения, связанная с постоянной ходьбой, перемещение мелких (до 1 кг) изделий или предметов по [10] относится к физической работе (категория II а).

Таблица 6.2 – Оптимальные и допустимые параметры для рабочей зоны.

Период года	Категория работ	Температура, °С					Относительная влажность, %		Скорость движения, м/с	
		Оптимальная	допустимая				оптимальная	допустимая, не более	оптимальная, не более	допустимая
			верхняя граница		нижняя граница					
			постоянная	непостоянная	постоянная	непостоянная				
Холодный	Ia	22–23	21	23	19	17	40–60	15-75	0,2	0,1-0,3
Теплый	Ia	23–25	23	27	20	18	40–60	15-75	0,3	0,2–0,4

К средствам коллективной защиты можно отнести установки кондиционирования воздуха, основная задача которых поддерживать параметры воздуха в установленных пределах, для обеспечения надежной работы и комфортных условий для работников.

В лаборатории необходимо создать приток свежего воздуха. Воздух, который используется для вентиляции лаборатории, должен быть очищен от пыли. Пыль, выделяемая при использовании золы, по степени воздействия на организм человека относится к III классу опасности (ГОСТ 12.1.005, ГОСТ 12.1.007). Пыль от золы влияет на организм человека в виде аэрозоля преимущественно фиброгенного действия. Предельно допустимая концентрация пыли в воздухе рабочей зоне –  $4 \text{ мг/м}^3$  по [12].

В лаборатории используется вентиляция, предназначенная для удаления из рабочей зоны загрязненного воздуха. В работающих условиях есть как естественная вентиляция, осуществляющаяся через окна, двери, форточки и искусственная, которая представлена в виде местной вентиляции – вытяжной, где загрязненный воздух удаляется от места его возникновения вентиляторами. Для этого применяют вытяжной шкаф, внутри которого проводят работу с химическими реактивами.

Для обеспечения допустимых норм микроклимата в рабочей зоне необходимо установить в холодный период времени отопительную систему.

### **6.2.2 Освещенность**

Освещенность – важный фактор производственной и окружающей среды. Для нормальной жизнедеятельности человека важны солнечные лучи, свет и освещение. Напротив, недостаточные уровни, низкое качество естественной и искусственной освещенности при выполнении работ, напряжении органа зрения, являются одной из значимых причин ухудшения зрения среди населения, в том числе работающих. Основные характеристики освещенности могут быть обеспечены правильной эксплуатацией безопасных и соответствующих своему назначению источников света и освещения, а

также государственным надзором и контролем за выполнением гигиенических регламентов и норм освещенности.

Источник естественного освещения – поток энергии солнца. Естественное освещение является наиболее гигиеничным. Однако по условиям зрительной работы в лаборатории естественного освещения, как правило, недостаточно, поэтому на рабочих местах оказывается задействованным и искусственное освещение.

Оно может быть обеспечено с помощью люминесцентных ламп ЛВ (белого цвета) мощностью 20, 40, 80 Вт. Для рабочих мест с искусственным освещением регламентирована допустимая освещенность, согласно действующим санитарным нормам и правилам [13].

«Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03» определяет наименьшую освещенность рабочих поверхностей в производственных помещениях в зависимости от вида производимой деятельности. В соответствии со [14] все зрительные работы делятся на 8 разрядов и в зависимости от размера объекта различения и условий зрительной работы. Принимаем четвертый разряд зрительной работы (средней точности). Допустимые значения наименьшей освещенности рабочих поверхностей в производственных помещениях в соответствии со [14] для четвертого разряда зрительной работы приведены в таблице 6.3.

Таблица 6.3 – Нормирование значения освещенности на рабочих местах производственных помещений при искусственном освещении, согласно СНиП 23-05-95

Характеристика зрительной работы	Наименьший размер объекта, мм	Подразряд зрительной работы	Контраст объекта различия с фоном	Характеристика фона	Освещенность, лк	
					Комбинированное освещение	Общее освещение
средняя		а	малый	тёмный	750	300

точность (4 разряд зрительной работы)	0,5-1,0	б	малый	средний	500	200
			средний	тёмный	500	200
	в	малый	светлый	400	200	
		средний	светлый	400	200	
		большой	тёмный	400	200	
	г	средний	светлый	300	150	
		большой	светлый	300	150	
		большой	средний	300	150	

### 6.2.3 Шум

Шум в лаборатории создается вибростендом. Длительное воздействие шума может привести к ухудшению слуха. Также при воздействии шума на человека снижает внимание и замедляет скорость психических реакций. В конечном итоге шумового загрязнения снижается производительность труда и качество выполняемой работы, а также оно влияет и на общее самочувствие студента в целом.

При воздействии шума высоких уровней (более 140 дБ) возможен разрыв барабанных перепонок, контузия, а при ещё более высоких (более 160 дБ) - смерть. Для определения допустимого уровня шума на рабочих местах используется [15], [16].

Согласно [16], нормируемой шумовой характеристикой рабочих мест при шуме являются уровни звуковых давлений в децибелах в октановых полосах. В таблице 6.4 приведены допустимые уровни звукового давления на рабочем месте.

Таблица 6.4 – Допустимые уровни звукового давления на рабочем месте

Вид деятельности	Частота, Гц							
	Уровень звукового давления, дБ							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Научная деятельность, проектирование	71	61	54	49	45	42	40	38

В соответствии с [17] должны проводиться работы по снижению шума в помещениях лаборатории. Для подобных целей используются шумобезопасная техника, звукоизоляция, звукопоглощение, рациональная планировка помещения и т.д.

## **6.4 Анализ опасных факторов производственной среды**

### **6.3.1 Механическая опасность**

К источникам механического травмирования в лаборатории можно отнести: сушильный шкаф, муфельная печь, песчаная баня, расстановку мебели, не соответствующую пожарной безопасности. Как правило, травмы, полученные механическим путем, не являются случайными. Это связано, в первую очередь, с несоблюдением техники безопасности при эксплуатации и обслуживании различной техники и предметов, которые не были вовремя устранены. К средствам защиты работающих от механического травмирования относят:

- 1) ограждения (экраны, дверцы, щиты);
- 2) предохранительные блокировочные устройства (электрические, механические);
- 3) сигнальные устройства (световые, звуковые) [18].

### **6.3.2 Термическая опасность**

В магистерской работе, к источникам термической опасности в лаборатории относится сушильный шкаф и муфельная печь, которые могут стать причиной ожогов. Пожарная опасность сушильного шкафа и муфельной печи характеризуется наличием горючей среды в виде высушиваемых материалов, находящихся в камерах в подогретом состоянии. Характерными источниками зажигания, общими для большинства типов сушилок являются: искры трения и удара, теплота самовозгорания материалов, обугливание и воспламенение пыли и отходов горючих материалов, разряды статического и атмосферного электричества,

разложение, окисление, осевших на поверхности нагрева калориферов или соприкасающихся с нагревательными элементами камер, а также нарушение режима работы сушилок.

Пути распространения пожара в сушилках могут быть горючие материалы; системы вентиляции; технологические проемы; транспортные устройства. Причинами образования горючих паро- и пылевоздушных концентраций в сушилках конвективного типа являются: повышение температуры сушки; остановка вентилятора или уменьшение его производительности; работа сушилок с большим коэффициентом рециркуляции; увеличение интенсивности испарения.

Специфические требования пожарной безопасности при эксплуатации сушильного шкафа:

- при сушке измельченных материалов в виде крошки, склонных к самовозгоранию, необходимо поддерживать установленную оптимальную толщину;

- при загрузке и эксплуатации не допускается превышать установленную предельно допустимую норму загрузки и предельно допустимую температуру сушки; слоя;

- для предотвращения возможности попадания горючих паров и пыли в помещение, необходимо контролировать герметичность системы;

- для исключения разрядов статического электричества металлические элементы сушилок должны быть заземлены;

- сушильные установки должны быть оборудованы обособленными системами вентиляции.

К средствам защиты работающих от термических опасностей можно отнести: очки, рукавицы, халат [19].

### **6.3.3 Электробезопасность**

Причиной электротравм в данной работе являются розетки, блоки питания, сушильный шкаф, ситовой анализатор, муфельная печь. Опасность

поражения людей электрическим током при работе в сушильных шкафах повышается в связи с возможностью одновременного прикосновения к металлическим корпусам электрооборудования и заземленным водопроводным и газовым коммуникациям.

Электрический ток как причина травм отличается рядом особенностей, которые определяют его опасность:

- электрический ток не имеет ни запаха, ни цвета, действует бесшумно, а поэтому не обнаруживается органами чувств до начала его действия на организм;
- ток повреждает ткани не только в месте его входа и выхода, но и на всем пути прохождения через тело человека;
- электрический ток при определенных условиях может оказывать повреждающее действие не только при непосредственном соприкосновении с ним, но и через предметы, которые человек держит в руках, и даже на расстоянии; разрядом через воздух и через землю (например, при падении высоковольтного провода на землю);
- невозможно без специальных приборов определить наличие напряжения в проводниках;
- при действии электрического тока может наблюдаться несоответствие между тяжестью поражения и длительностью его воздействия, и даже случайное точечное прикосновение к токоведущей части электрической установки за долю секунды может вызвать значительные повреждения;
- источником поражения могут быть даже предметы, не имеющие никакого отношения к электрической установке, даже сами пострадавшие, пока они соприкасаются с проводником тока для тех, кто оказывает им помощь;

Электрическая травма возникает, если человек замыкает собой цепь: проводник - рука – туловище – нога – пол – «земля». Возможны и другие пути прохождения тока, из которых наиболее опасен рука – рука.

Влияние тока на человеческий организм можно описать с позиции:

- 1) термического действия – вызывает ожоги, нагрев внутренних тканей;
- 2) электролитического действия – характеризуется разложением органических жидкостей (крови);
- 3) механического действия – характеризуется разрывом тканей, перелом костей;
- 4) биологического действия – раздражение и возбуждение живых тканей в организме, нарушение внутренних биоэлектрических процессов и т.д.

Необходимый уровень электробезопасности может быть достигнут только при проведении комплекса взаимосвязанных мероприятий, направленных не только на совершенствование защитных средств и повышение надежности электрооборудования, но также на обучение работников правилам безопасной работы с электрическими приборами и повышение квалификации обслуживающего персонала.

К средствам защиты относятся: электрическая изоляция токоведущих частей, защитное заземление и отключение, электрическое разделение сети. Использование этих средств позволяет обеспечить защиту людей от прикосновения к токоведущим частям, от опасности перехода напряжения к металлическим нетоковедущим частям, от шагового напряжения.

Преднамеренное соединение с землей металлических нетоковедущих частей, которые могут оказываться под напряжением, называют защитным заземлением [19]. Чтобы защитить человека от поражения электрическим током, защитное заземление должно удовлетворять ряду требований, изложенных в [20]. Эти требования зависят от напряжения электроустановок и мощности источника питания.

### **6.3.4 Пожаровзрывобезопасность**

Источниками пожаровзрывоопасности в химической лаборатории могут быть любые электроприборы. В данном случае это сушильный шкаф, муфельная печь и ситовой анализатор.

При работе с электроприборами не исключено оплавление изоляционных проводов, их оголение, что влечет за собой короткое замыкание, перегрузку электронных схем, которые, перегреваясь, сгорают с разбрызгиванием искр.

Систему кондиционирования и вентиляции воздуха применяют для отвода избыточного тепла от электрических приборов. В зависимости от особенностей выполняемого технологического процесса, свойств используемых веществ, а также условий их обработки, по пожарной опасности помещения подразделяют на категории А, Б, В, Г, Д. Для данной лаборатории установлена категория пожарной опасности В, т.е. пожароопасная.

Опасными и вредными факторами, воздействующих на работающих при взрыве [11] являются: ударная волна, пламя, обрушивающиеся конструкции, оборудование, коммуникации, образующиеся при взрыве, выделяющиеся при повреждении оборудования, вредные вещества, содержание которых в рабочей зоне превышает предельно – допустимые концентрации.

К первичным средствам пожаротушения при ликвидации пожара на ранней стадии относят: огнетушители, водопровод пожарный, сухой песок, асбестовые одеяла.

В химическом корпусе пожарные краны установлены в коридорах, на лестничных площадках, у входов. Ручные углекислотные огнетушители размещают в помещении.

### 6.3.5 План эвакуации

На рисунке 6.1 изображен план эвакуации из лабораторий 2 корпуса ТПУ.

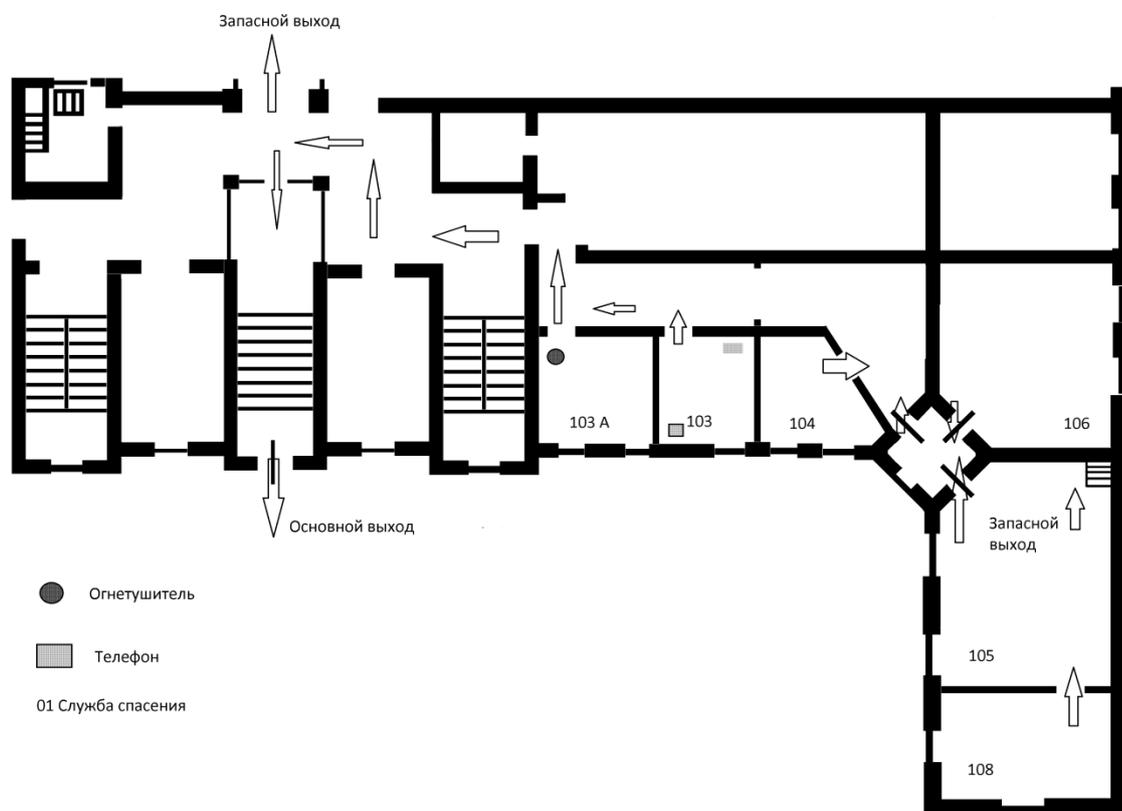


Рисунок 6.1 План эвакуации

### 6.4 Охрана окружающей среды

С золоотвалами связана совокупность явлений, отрицательно воздействующих на окружающую среду. Это загрязненность воздушного бассейна, высокая агрессивность техногенных вод, экотоксичность элементов и вероятность аварийных ситуаций на объектах, входящих в состав хвостовых хозяйств.

#### 6.4.1 Анализ воздействия на атмосферу

Загрязнение воздушного бассейна обусловлено интенсивными процессами пылеобразования на поверхностях золоотвалов, находящихся преимущественно в сухом состоянии. Некоторые золоотвалы, несмотря на прекращение их эксплуатации, оказались не прикрыты. Об опасности

воздушного переноса вещества золоотвалов свидетельствует и наблюдаемое на ближайшем к одному из золоотвалов наветренном склоне угнетение растительности.

Таким образом, газо-пылевые выделения золоотвалов приводят к разрушению растительных покровов и образованию техногенных пустошей.

#### **6.4.2 Анализ воздействия на гидросферу**

Золоотвалы размещены на открытой местности плохо изолирующих техногенные воды от нижележащих водоносных горизонтов, все применяемые на фабриках реагенты представляют опасность для подземных водоносных горизонтов.

Кроме того, необходимо отметить опасность сброса вод, освободившихся от твердых частиц золошлакового материала, а также притекающих в золоотвалы дождевых и талых вод, через специальные водосбросные сооружения - водосливы, водоприемники и водосбросные коллекторы, которые направляют технические воды в ближайшие естественные водоемы, тем самым также нанося значительный ущерб окружающей среде.

#### **6.4.3 Анализ воздействия на литосферу**

Золоотвалы способствуют загрязнению почв, истощению природных ресурсов, глубокому нарушению экосистем, процессам опустынивания и значительным потерям биологического и ландшафтного разнообразия.

Изменения, связанные с добычей и складированием, приводит к нарушению равновесия массива пород, деформации поверхности, изменению режима и загрязнению подземных вод [13].

#### **6.5 Защита в чрезвычайных ситуациях**

Чрезвычайная ситуация — это состояние, при котором в результате возникновения источника ЧС на объекте, определенной территории или акватории нарушаются нормальные условия жизни и деятельности людей,

возникает угроза их жизни и здоровью, наносится ущерб имуществу населения, народному хозяйству и природной среде.

К чрезвычайным ситуациям в лаборатории можно отнести пожары, взрывы, выбросы химически опасных веществ, внезапные обрушения здания и другие.

Под источником чрезвычайных ситуаций понимают опасное природное явление, опасное техногенное происшествие, широко распространенные инфекционные болезни людей, сельскохозяйственных животных и растений, а также применение современных средств поражения, в результате чего происходит или может произойти ЧС.

Все чрезвычайные ситуации (ЧС) классифицируются как конфликтные и бесконфликтные, характеризующиеся скоростью и масштабами распространения.

К конфликтным ситуациям относятся военные столкновения, экономические кризисы, социальные взрывы, национальные и религиозные конфликты, разгул уголовной преступности, террористические акты и др.

К бесконфликтным ЧС относятся техногенные, экологические и природные явления, вызывающие ЧС.

Техногенные ЧС связаны с техническими объектами. К ним относят: взрывы, пожары, аварии на химически опасных объектах, выбросы радиоактивных веществ, на радиационноопасных объектах, обрушение зданий, аварии на системах жизнеобеспечения и др.

Своевременное и грамотное использование средств защиты является эффективной защитой человека в ЧС. К средствам защиты относят средства индивидуальной защиты (СИЗ) и коллективные средства защиты (КСЗ).

По назначению СИЗ классифицируют для защиты органов дыхания и кожи, а по принципу действия на фильтрующие и изолирующие.

Для защиты от поражающих факторов ЧС, используются КСЗ. К поражающим факторам относят высокие температуры, вредные газы при

пожаре, взрывоопасные, радиоактивные, сильнодействующие ядовитые и отравляющие вещества; ударная волна.

В результате каких-либо неисправностей оборудования может возникнуть аварийная ситуация. Создание лаборатории, размещенной в высотном здании, с большим штатом работающих, придает значение вопросам вынужденной эвакуации из них людей при пожаре и в ситуациях иного рода.

Одной из основных причин гибели людей при пожаре является не огонь и температура, а токсичные продукты горения. Поэтому противоподымная защита зданий, направленная на не задымленность эвакуационных путей, отдельных помещений и удаление продуктов горения в определенном направлении, является первостепенной задачей противопожарной профилактики. В надлежащих местах должны быть вывешены планы эвакуации людей из здания.

Стихийные бедствия возникают внезапно и характеризуются возможностью гибели людей, возможностью разрушения населенных пунктов и объектов народного хозяйства. В климатической зоне города Томска возможны ураганы, сильные грозы, паводки и ливни. Так как корпус находится вдалеке от возможного места подтопления рекой, а также находится на возвышенности, следовательно, паводок ему не грозит.

В результате порывов ветра могут быть обрывы линий электропитания, из-за чего возможны перебои в электроснабжении; перегрузки, которые могут стать причиной пожара. Для предотвращения подобных ситуаций необходима организация системы аварийного электропитания, по возможности проведение линии электроснабжения под землей.

## **6.6 Правовые вопросы обеспечения безопасности**

Разработка магистерской работы занимает много времени. По трудовому законодательству Российской Федерации было принято

допущение, что выполнение магистерской работы считается за работу по совместительству, т.е. не более 4 часов в день или 20 часов в неделю при пятидневном графике работы.

Работа в лаборатории не относится к вредной, поэтому не предусматривается никаких компенсаций, применение спецпитания и особого лечебно-профилактического обслуживания. Также работники не привлекаются ни к работе в ночное время, ни к сменному графику работы. Все работники без исключения подлежат обязательному медицинскому страхованию, пенсионному обеспечению.

С точки зрения охраны окружающей среды, выполнение работы на тему “Определение качественных показателей золы тепловых электростанций»” не оказывает никакого влияния на окружающую среду и нет необходимости в его контроле со стороны служб производственного контроля санитарных правил и норм, и служб общественного экологического контроля.

Для решения вопросов о чрезвычайных ситуациях, создана комиссия, которая занимается финансовыми, продовольственными, медицинскими и информационными проблемами, связанными с возникновением чрезвычайной ситуации [21].

### **6.7. Расчет освещения**

При работе в лаборатории следует соблюдать необходимый режим освещения для более полного контроля над процессом и меньшей утомляемости персонала. Важно, чтобы свет падал в нужном количестве, так как это необходимо в ходе работы. Расчет освещения ведем по [15]. В таблице 6.5 указаны общие параметры рабочего помещения.

Таблица 6.5 – Параметры рабочего помещения

Наименование параметра	Обозначение	Значение
Длина	А	7м
Ширина	В	6 м



Коэффициент использования светового потока  $\eta = 0,31$ .

Световой поток лампы в таком случае равен:

$$\Phi = \frac{E \cdot S \cdot k \cdot z}{N \cdot \eta} = \frac{300 \cdot 42 \cdot 1,8 \cdot 1,1}{12 \cdot 0,31} = 6\,706,4 \text{ лм};$$

Выбираем ближайшую стандартную лампу – ЛХБ 125 Вт со световым потоком 8000 лм и делаем проверку выполнения следующего условия:

$$-10\% \leq \frac{\Phi_{\text{л.станд.}} - \Phi_{\text{л.расч.}}}{\Phi_{\text{л.станд.}}} \cdot 100\% \leq +20\%$$

Получаем:

$$-10\% \leq 16,17 \leq +20\%;$$

Определяем электрическую мощность осветительной установки:

$$P = 12 \cdot 125 = 1500 \text{ Вт};$$

План размещения светильников с люминесцентными лампами представлен на рисунке 6.2.

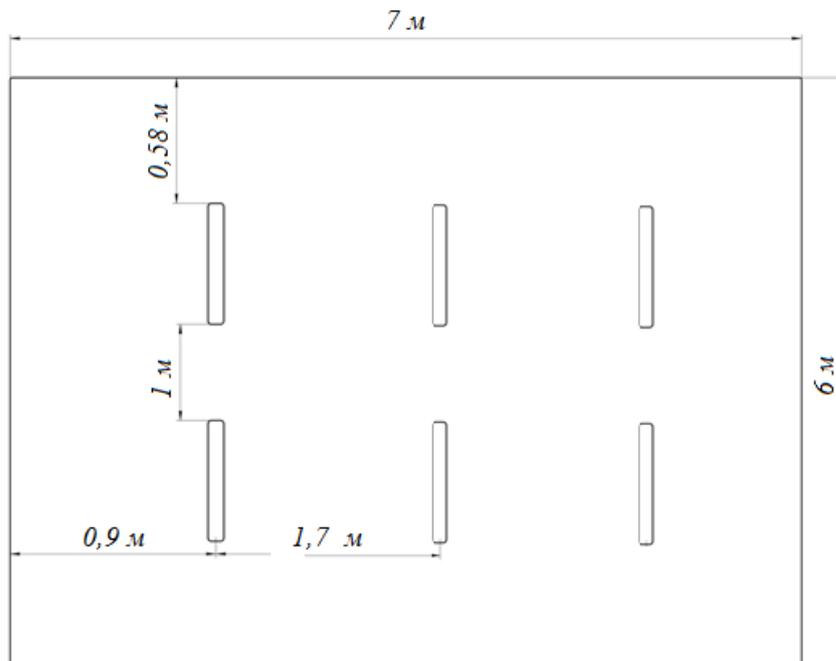


Рисунок 6.2 – План размещения светильников

## ВЫВОДЫ

1. В результате работы установлена принципиальная возможность получения экструзионным методом отошающих добавок в виде гранул, состоящих из отходов производства. В качестве отходов использовался угольный порошок и зола ТЭЦ в массовом соотношении У:З=0–100:100–0.

2. Подобран оптимальный режим гранулирования с различными связующими жидкостями: 2% поливиниловым спиртом (ПВС), 1% полиакриламидом и жидким стеклом концентрацией от 5 до 89 % (мас.). Оптимальное соотношение твердой фазы и связующей жидкости составляет Т: СЖ = 1: 0,26 –1,32.

3. Определены физико-химические и физико-механические свойства исходных порошков золы и угля и полученных гранул: фракционный состав, суммарный объем пор, прочность на раздавливание в статических условиях.

4. Наиболее эффективной связующей жидкостью является 1 % ПАА. Также можно рекомендовать использование жидкого стекла с содержанием его в грануле не более 5 %.

5. Выбран оптимальный режим формования строительных изделий из жирной глины и отошающих добавок. Массовое соотношение глины и добавок составляет Г:ОД=100–70:0–30. Для придания пластичности к подготовленной шихте добавлялась вода в количестве 34–52 % от массы твердого материала.

6. Определены физико-химические и физико-механические свойства сформованных образцов после сушки и обжига при температуре 900 °С: прочность при сжатии, средняя плотность и водопоглощение.

7. Присутствие угля в отошающей добавке ухудшает прочностные показатели при сжатии и увеличивает водопоглощение образцов, что отрицательно сказывается на качестве строительных материалов.

8. Использование золы в качестве отошающей добавки к жирной глине в количестве до 20 % не оказывает существенного влияния на физико-механические свойства образцов. Поэтому для уменьшения расхода глины

можно рекомендовать зольные отходы Северской ТЭЦ в качестве добавок при формировании строительных изделий.

9. Определены ресурсная (ресурсосберегающая), финансовая, социальная и экономическая эффективности исследования. Рассчитаны затраты на материалы и бюджет научно-исследовательского проекта.

10. Рассмотрены вредные факторы, возникающие в процессе работы и возможность защиты от них.

### Список публикаций

№	Наименование научного труда	Руко- писн. или печ.	Издательство, журнал (номер, год)	Но мер стр.	Кол -во стр.	Фамилии соавторов
1	Получение отошающих добавок методом экструзии	Печ.	Труды XIX Международного научного симпозиума студентов и молодых ученых «Проблемы геологии и освоения недр». – Томск: Изд- во ТПУ, 2015. – Т. II	258 – 260		Семакина О.К.
2	Влияние состава отошающих добавок на свойства строительных материалов	Печ.	Материалы XVIII Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых «Химия и химическая технология в XXI веке». – Томск, 2017.			Семакина О.К.

## Список литературы

1. Справочник строительных материалов [Электронный ресурс]. – 2010. – Электрон.ст. – Режим доступа к ст.: <http://www.stroy-tip.ru>
2. Вольфович С.И. Общая химическая технология. – Том 2. – М.: Государственное научно-техническое издательство химической литературы, 1959. – 848 с.
3. Основин В.Н., Шуляков Л. В., Дубяго Д. С. Справочник по строительным материалам и изделиям. – Феникс, 1981. – 208 с.
4. Чураков А.И. Производство гидротехнических работ. – Часть 1. – АСВ, 2008. – 430 с.
5. Классен П.В., Гришаев И.Г., Шомин И.П. Гранулирование. – М.: Химия, 1991. – 238 с.
6. Чуешов В.И., Гладух Е.В., Ляпунова О.А. и др. Промышленная технология лекарств. – Харьков: Национальный фармацевтический университет, кафедра заводской технологии лекарств: электронный учебник: <http://ztl.nuph.edu.ua>, 2010 г.
7. ГОСТ 530-2007. Кирпич и камень керамические. Общие технические условия.
8. ГОСТ 7025-91. Кирпич и камни керамические и силикатные. Методы определения водопоглощения, плотности и контроля морозостойкости.
9. ГОСТ 8462-85. Материалы стеновые. Методы определения пределов прочности при сжатии и изгибе.
10. ГОСТ 12.1.005 – 89 Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
11. ГОСТ 12.1.007-76 Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.
12. Ориентировочные безопасные уровни воздействия (ОБУВ) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест. Дополнение N 1 к ГН 2.1.6.1339-03.
13. СНиП 2 – 4 – 79 «Естественное и искусственное освещение».

14. СНиП 23-05-95 «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03».
15. ГОСТ 12.1.003-83. ССБТ «Шум. Общие требования безопасности».
16. СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки».
17. ГОСТ 12.1.009 – 76 Система стандартов безопасности труда электробезопасности.
18. Приказ Минтруда России от 24.07.2013 N 328н "Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок" (Зарегистрировано в Минюсте России 12.12.2013 N 30593).
19. ГОСТ 12.1.030 – 81[6] «ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление».
20. ГОСТ 12.0.230-2007 "Система стандартов безопасности труда. Системы управления охраной труда. Общие требования ILO-OSH2001".
21. «Электробезопасность». Комплект лабораторных работ: учебное пособие по практическому изучению средств защиты от электропоражения в сетях до 1 кВт для студентов всех специальностей: учебное пособие. А.Г. Дашковский, Ю.В. Бородин, А.А. Сечин, М.В. Гуляев, А.Г. Кагиров. – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2009. – 97 с.

## Приложение А

Раздел 1  
Теоретическая часть (The theoretical part)  
Раздел 2  
Методики экспериментов (Techniques of experiments)

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ГМ5В	Дорохов Денис Олегович		

Консультант кафедры ИЯФТ

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Устюжанина А.К.	к.ф.н.		

# 1 THE THEORETICAL PART

## 1.1 Additives for clay

For improving the natural properties of clay – reducing the overall shrinkage and sensitivity to drying and firing, improving molding properties – supplements are widely used.

Additives used in the manufacture of bricks and ceramic stones, according to the purpose can be divided into [2]:

- Leaning – sand, fireclay, dihydrated clay, ash haydite production and other not burning out mineral supplements;
- Leaning and burnable whole or in part, sawdust, peat, lignin, husks, multicindery coal, slag, fly ash CHP, carbonaceous waste processing plants, etc.;
- Burnable additive in the form of high-energy fuel – anthracite, coke and other added to the charge to improve firing;
- Enriching and plasticizer – highly plastic fat clay, bentonite, sulfite-alcohol bard (PRS) and others.

### 1.1.1 Leaning additives

**Sand.** Quartz sand should be used as leaner. Sands of carbonate rocks or clogged with carbonate are not allowed. You must use coarse-grained sands. Fine-grained sands almost do not reduce the shrinkage and the sensitivity of the product during the drying but at the same time they reduce the strength of the product. The grain composition of sand is the most suitable for leaner, from 1.5 to 0.15 mm.

**Grog.** Grog is produced from precalcined waste of ceramic products. It is more effective leaner than quartz sand. Grog reduces the shrinkage of clay more than many other leaner, less reduces the strength of the brick. Therefore, when it is necessary to provide sufficient strength of bricks people use grog. If grog which is produced from waste, is not enough for the required leaner of clay, it is put in combination with other types of leaning and burnable additives (slag, sawdust).

**Dihydrated clay.** This clay represents precalcined clay to 500-600 °C, from which a significant part of chemically bound water is removed. Due to this

dihydrated clay drastically reduces the shrinkage of brick, plasticity and sensitivity to drying. The drying process of brick, moulded with the addition of significant quantities of dehydrated clay, you can do more intensively, without fear of formation of shrinkage cracks. You can put dehydrated clay in the range of 30-50 % of the total volume of the furnace charge. At such quantity the number of cracks in ceramic brick is sharply reduced or entirely disappeared. With the addition of dehydrated clay you should also put the coal into the composition of the furnace charge, and you should burn the products at higher temperature (40-50°) than usual. The optimal number of dehydrated clay in the mixture depends on the properties of the feed stock, the degree of dehydration of the clay, from the conditions of formation of products and their types and is usually set in the raw materials testing at the factory [3].

### **1.1.2 Additives completely or partially separated and burnable**

**Sawdust.** Sawdust of longitudinal and transverse cutting is used. However, preference should be given to the sawdust slitting. Before the use of sawdust it should be sifted through mesh screens with a mesh of cells not bigger than 8x8 mm. As sawdust is long-fibrous, they reinforce the clay mass and increase its resistance to a rupture and crack resistance in drying. Sawdust improves the molding properties of clay mass, but reduces the strength of bricks, increases the absorption. The use of sawdust in the production of solid and hollow bricks reduces the weight of the brick and accordingly improves its thermal insulation properties. In some cases, additives of 5-10 % of sawdust increases the frost resistance of bricks and stones. With a significant amount of sawdust in the furnace charge deteriorates the appearance of products. The greatest effect from the use of sawdust as additives, is got when you put them in combination with mineral leaners, for example, fireclay, and coal.

**Lignin.** Lignin is a waste product of wood alcohol and is not only leaning and burnable additives, but also acts as a plasticizer. The use of lignin as an additive to dust loam, sensitive to drying, improves their molding properties and

reduces fracturing of the product during drying; as burnable additive lignin improves the quality of burning out. Lignin is added from 5 to 20 % from the volume of the ceramic mass. To obtain a porous brick the number can reach up to 40 %.

**Peat.** Grinding (milling) peat and waste of peat briquettes in the absence of other leaners can serve as an additive to clay in the manufacture of porous lightweight brick. However, peat slows down the drying due to high moisture-holding capacity.

Furnace slags. These slags are an effective leaning additive; this applies particularly to vitrified parts. Slags reduce the sensitivity of products in the manufacture of bricks for fast drying.

**Ashes of CHPP.** Ashes of CHPP are waste from the combustion in a pulverized condition of coal. The ashes and slags are transported from the boilers of thermal power plants hydraulic system to the ash ponds in the form of slurry. In the brick manufacturing as an additive ashes of CHPP are used with a specific surface 2000-3000 cm<sup>2</sup>/g. the Calorific value of the ash of CHPP – from 1000 to 3200 kcal/kg. Adding of 10-15 % of ashes of CHPP in the mixture with sawdust or chamotte makes the bricks less susceptible to drying and increases its strength in comparison with the additive, for example, one multiserial crushed coal and sawdust. This is because pre-mixing with other additives, provides a more uniform distribution of ash and finely divided combustible part in the mixture [4].

### **1.1.3 Burnable additives**

This group includes different types of solid fuel, in particular anthracite, coke breeze, etc. They are put into the composition of the batch up to 3 % by volume, i.e. up to 60-80% from the total need of fuel for firing. Their purpose is to intensify the burning process, improve the sintering behavior of the mass and thereby to increase the strength of the products. Burnable additives should be preferably put in a pulverized state [5].

#### **1.1.4 Enriching and plasticizer**

For enrichment low-aluminous raw materials (alumina content of 6-8 %) and increasing its plasticity as additives are used more plastic and with more content of alumina clay in an amount of 10-20 % or more of the total composition of the charge.

For best mixing of raw materials of two types and reducing the amount of added more plastic clay, it is recommended to put it in the form of a slurry with a moisture content of approximately 40 %.

Enriching and plasticizer should be entered in the beginning of the production line.

If the quarrying moisture of the clay does not allow to put the clay in the form of a slurry, along with her part of the charge, it should be provided draining additives, i.e usually used leaners – chamotte, slag, dihydrated clay or ground waste products after drying. Excellent plasticizer bentonite clay are put into as odross.

Extracts from straw and peat, which is introduced in the clay mass when it is mixed with ordinary water can serve as plasticizing materials [3].

#### **1.2 Granulation by extrusion**

Granulation by extrusion is as follows. The material is pre-treated in the mixer, where with vigorous stirring it is given plastic properties by adding a liquid phase, heating to the softening temperature, etc. Then the plasticized mass is pressed under pressure through a special matrix.

The quality of the pellets depends on the moisture of the material, the content and type of binder, the size and number of holes, shape of the knife to slice.

Device for granulation by extrusion consists of two hollow cylinder rotating in the opposite direction. Between the cylinders wet mix is supplied. One of the cylinders is perforated. In its slotted material in the form of rods which are cut with a knife is extruded. For materials that are easily pressed, both cylinders

are perforated. The disadvantages of these pellet mills is holes can get littered and a great wear.

To obtain spherical granules, cylindrical particles from the extruder go in the machine for pelletization, which is the layer of powder with the appropriate additive binder. The obtained particles are uniform in shape and size, have high strength. The size of granules can be easily adjusted [6].

### **1.3 Granular materials and their properties**

#### **1.3.1 Wettability**

The wettability of powders is the ability to interact with various liquids (lifelost) and with water (hydrophilic). On the surface of solid particle a certain number of hydrophilic groups ( $-OH$ ,  $-SLEEP$ ,  $-COOH$ , etc.) or oxygen atoms, which are structural elements in their crystal lattice is contained, therefore, the surface wettability of the powders has a different value depending on the intensity of interaction of intermolecular forces [7].

Visually the tendency of powders to surface wetting by water is: a) a complete wetting – the liquid fully spreads on the surface of the powder; b) partial wetting, the water partially spread on the surface; C) complete unwettability – water drop does not spread, keeping the shape close to spherical. Hydrophobic (not wetted by water) substances can be wetted by other liquids, e.g. organic solvents.

#### **1.3.2 Lifelost**

Lifelost of the granulated powder is determined by the ratio of filenote representing the ratio of the specific heat of wetting by a polar liquid (water) to the specific heat of wetting of non-polar liquid. It is known that the formation on the surface of solid particles of a monomolecular layer of wetting fluid is always accompanied by the release of the so-called heat of wetting [7].

#### **1.3.3 Fractional composition**

Fractional (particle size) composition is the distribution of powder particles by size.

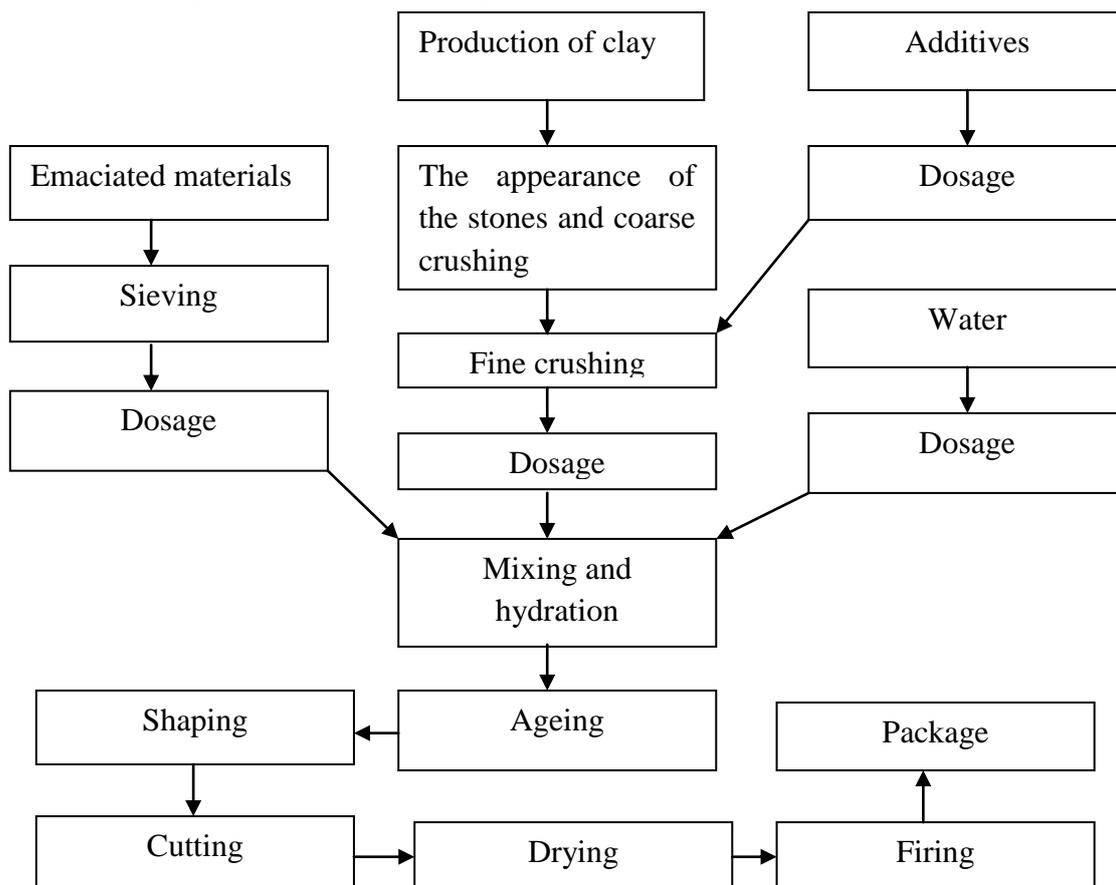
A convenient and rapid method of determining the fineness is sieve analysis. The technique of this analysis is that 100 g of the investigated powder is sifted through a set of sieves. A portion of the material is placed on the largest (top) sieve and the whole set of sieves is shaken (by hand or on the shaker) for 5 minutes and then find the mass of each fraction and its percentage [7].

#### 1.4 The technology of production of ceramic bricks

The main technological processes in the manufacture of bricks are:

- processing of raw materials and batch preparation;
- shaping;
- drying;
- firing.

Technological scheme of production of ceramic brick by the method of plastic molding is presented in Fig. 1.



Picture 1 - Variant of the technological scheme of production ceramic brick by the method of plastic molding

### **1.4.1 Processing of raw materials and batch mixing**

The main raw material for the production of bricks is clay (clay, loam, shale) and leaning (sand, grog) materials. To impart the desired properties of the finished products in the production process can be used various additives.

Clay materials are sedimentary rocks, and due to the nature of the natural origin of the properties of clays from different fields have significant differences. The main defining characteristics of the clays are chemical, mineral and grain compositions. Clays from different deposits are used to produce bricks with different specifications on the same production line. At the same time the technology of production of the same product may differ significantly for clays from different fields. Properties of clays determine the ways and modes of production (the technological parameters of processing, forming, drying, firing) of bricks, as well as indicators of finished products (strength, frost resistance, water absorption, etc.).

Additives are used either for adjusting the properties of the clays in the production process, or imparting the desired properties of the finished product.

Clay raw materials are kept in covered or open pensamento (cones), leaning materials - usually in an open area.

To obtain the mixture (molding material), the raw materials are subjected to processing. The purpose of the processing of raw materials, irrespective of the production technology and used equipment, is the destruction of the natural structure of the clay, removing stones and grinding impurities (e.g., carbonate inclusions), homogenization of the components of the charge and obtaining a mass suitable for molding.

Computada and coarse crushing is usually carried out by means of roller crushers with smooth rolls and ribbed, small split on edge and roller crushers with a small gap between the rolls.

Before formation the holding of the molding material is practised within 3-14 days in charge preparation to average humidity. At the same time charge

preparation shares sites of the processing of raw materials and sites of formation, which contributes to stable and uninterrupted work of the plant [8].

#### **1.4.2 Preparation and use of additives**

Additives are put in the charge usually before a mixing unit (pugmill mixers, the runners wet grinding) to provide the averaging in the charge and to prevent ablation during further transportation. Additives are metered by volume or by weight using a conveyor system from the storage and simultaneously metering feeder, where they go after the line of preparation.

#### **1.4.3 Shaping**

Shaping is the process of giving shape of the future product (bricks) to the prepared mixture. There are two main ways of molding brick:

- semi-dry pressing;
- plastic molding and its variety – stiff extrusion;

Semi-dry method of molding is applied on the plants of low and medium capacity and has limited range of products. Method stiff extrusion is not widely spread in Russia because it requires the use of specific equipment and clays with certain properties, and the range of products produced by this method is severely limited. The plastic molding, which allows to produce a wide range of products from most types of clay raw materials got the greatest spread. When using this method, a plastic mass is molded under pressure of 1.5–3 MPa vacuum press tape, and then is cut into blanks, if necessary, removing them from the chamfer and (for facing brick) rolling on the surface of the drawing.

#### **1.4.4 Drying**

Before firing the Adobe brick dried. Drying is carried out in the tunnel or drying chamber. In the process of drying the brick mounted on the drying racks, is exposed to warm saturated air and gives him water. At the initial stage of drying, the coolant has a high humidity and temperature close to the temperature of the raw brick, at the final stage – low humidity and high, up to 130 °C, temperature.

Drying in a tunnel kiln is organized by the method of countercurrent, in a chamber – a method of countercurrent simulated. For drying the heat obtained upon cooling of the brick in the kiln is completely used. It is usually about 50 % of the total required drying heat. Duration of drying depending on the sand moisture content, size and porosity of semi-finished products is from 18 to 72 h.

Adobe brick, obtained by dry pressing method and stiff extrusion, does not need a soft (long) drying mode. The use of certain types of clay gives the possibility of drying the semi-finished product directly to the kiln, where it's allocated the first zone of the furnace [8].

#### **1.4.5 Firing**

In the firing process the required changes in the structure of clay minerals happen, as a result of sintering strong structure is formed and brick acquires the required properties. Mostly the brick is fired in tunnel kilns. An annular kiln with a removable vault is also used. As fuel, the vast majority of plants uses natural gas. Firing is organized by the method of countercurrent in an oxidizing atmosphere. This allows you to use the heat of exhaust gases more fully and ensures complete combustion of fuel. As a rule, in the manufacture of bricks the fusible clay with a firing temperature of 950-1000 °C is used. The production of bricks of light tones and clinker firing temperature is typically above 1000 °C. Air from the cooling zone of the furnace is used for drying raw bricks. Flue gas temperature is usually 100-140 °C to prevent vapor condensation in the furnace flue.

Burnt brick, as a rule, does not require additional processing after firing. But in some cases, for example, for the neutralization of carbonates, causing spalling, annealed and Packed on pallets, bricks are immersed for several minutes in the water. In the case of production of large blocks for masonry with thin layer mortar bed surface of these blocks is sanded.

#### **1.5 Requirements for the finished product**

Products must have at least two obverse faces - stretcher bond and bonder. The color and appearance of the front face is determined by agreement between the

manufacturer and the consumer and they discuss the delivery contract. The front products are not allowed loosening. On the ordinary products it's allowed to have the breakaway a total area of not more than 1.0 cm [9].

The average density of brick and stone, depending on the class of high density must match the values given in Table 1.

*Table 1 – Classes of medium density products*

Classes medium density products	Average density, kg/m <sup>3</sup>
0,8	До 800
1,0	801–1000
1,2	1001–1200
1,4	1201–1400
2,0	СВ. 1400

Brand brick strength is set by the values of ultimate strength at compression and bending. Limit values of compression strength and flexural strength is from 2.5 to 30 MPa.

Water absorption of the products shall be: not more than 6.0 % for clinker brick; not less than 6.0 % for the rest of the products [9].

Bricks must be frost resistant and depending on the brand of frost resistance in water saturated state to withstand without any visible signs of injury or damage (cracking, peeling, chipping, spalling) of not less than 25; 35; 50; 75 and 100 cycles of alternating freezing and thawing.

## **2. TECHNIQUES OF EXPERIMENTS**

### **2.1 Characteristic of objects of a research**

In this work as an object of a research is the ashes from electric precipitators of thermal power station.

Polyvinyl alcohol (PVS) – solid polymer of white color, without taste and a smell; it is nontoxic; contains microcrystalline formations. Polyvinyl alcohol can crystallize at heat treatment in the range of 80–225 °C, reaching degree of crystallinity of 68%.

Polyacrylamide (PAA) – solid amorphous white or flavourless partially transparent substance; it is dissolved in water, a formamide, glycerin, ethylene glycol; it isn't dissolved in alcohols, ketones and unpolar solvents.

Benzene – C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>, melting temperature – 5,53 °C, boilings – 80,1 °C, density at 20 °C is 0,879 g/cm<sup>3</sup>, it is not practically dissolved in water, it's mixed up with unpolar organic solvents. An additive to motor fuel is for increasing in octane number.

Liquid glass – water solution of silicates of alkaline metals; the temperature of freezing is from -2 to -11 °C; has glutinosity and abnormally high viscosity.

Clay – fine-grained sedimentary rock, dust-like in a dry state, plastic when moistening. In this work the fusible clay of the May Day field of Krasnoyarsk Region having the following structure, mas. %: SiO<sub>2</sub> - 52,0-56,0; CaO<sub>2</sub> - 3,4-3,8; MgO - 5,1-5,4; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - 15,5-16,5; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - 4,5-5,5; TiO<sub>2</sub> - 0,5-0,6; Na<sub>2</sub>O - 0,010-0,015; K<sub>2</sub>O - 16,0-17,0 was used; the rest - sand and moisture.

### **2.2 Technique of determination of fractional structure**

For definition of fractional composition of initial powders of ashes and coal the method of the screen analysis is used. It is that the studied material is sifted through a set of sieves with a size of cells from 0,04 to 0,75 mm. Sieves are established at the vibrostand and are stirred up within 5 minutes. The hinge plate from each sieve is weighed on analytical scales and an exit of each fraction is defined.

### 2.3 Technique of determination of total volume of pores on adsorption of vapors of benzene

0,2–0,5 g of granules are put into a weighing bottle with a cover, an empty weighing bottle and with a hinge plate are weighed on analytical scales. Then the weighing bottle without a cover is put on a porcelain support in an exsiccator which lower part is filled with benzene with the additive of 4-5 ml of N – butyl alcohol.

In 8–24 hours reweighing is carried out until the weight reaches a constant.

$$\sum V_n = \frac{\Delta G}{b \cdot \rho'}$$

where  $\Delta G$ – an adsorbent additional weight due to benzene absorption;

b– material hinge plate;

$\rho$  – benzene density, at 20 °C,  $\rho_6 = 0,876 \text{ g/cm}^3$ .

### 2.4 Technique of determination of durability of granules

The MP-9S device is installed on the horizontal basis. Calibration of a spring is carried out according to the instruction attached to the device. Tests are measured by a caliper. On a little table the prepared granule is put. By means of the lifting device the lower little table is brought to a plate. Uniform loading of a granule is made till its destruction . Speed of destruction of granules is established within 5 mm/min. The moment of destruction is fixed on the return movement of an arrow. It corresponds to formation of the first crack. Durability of granules on crush in static conditions is determined by the formula:

$$P = \frac{N \cdot A}{S}, \text{ kg/cm}^2$$

where N – indications of the indicator, kg,

A– calibration coefficient,

S – cross-sectional area of a granule, cm<sup>2</sup>.

$$S = d \cdot h;$$

where d – diameter of a granule, cm;

h – granule length, see.

### **2.5 Granulation technique by an extrusion method**

Binding liquid from 0,78 to 2,6 ml is added to the hinge plate of initial material weighing 2 g consisting of coal and ashes in a mass ratio of U:Z = 0–100:100–0, carefully mixed up till formation of homogeneous plastic mass. The received weight is pressed through the die with a diameter of openings of 3 mm. The received shanks are cut on granules on 5–7 mm and dried up at the room temperature.

### **2.6 Technique of receiving construction products**

Water is added to the hinge plate of initial material weighing 10 g consisting of clay and the leaning of additives in the ratio of G:OD = 100–70:0–30 (mas. %), carefully mixed up till formation of homogeneous plastic mass. Leaning additive contains coal and ashes in a mass ratio of U:Z = 0–100:100–0. Plastic weight is formed in the form of a parallelepiped by the size  $\approx 12 \times 7 \times 6$ . The received samples are dried up at the room temperature.

### **2.7 Technique of determination of average density of construction products**

Average density is determined no less than on three samples. The volume of samples is determined by their geometrical parameters. For determination of each linear dimension the sample is measured in three places – on edges and the middle of a side. An arithmetic average of three dimensions is taken for final result. Samples are cleared from dust and dried up up to the constant weight.

The average density of a sample is calculated on the formula:

$$\rho_{cp} = \frac{m}{V} * 1000,$$

where m – the mass of a sample,

V – volume of a sample, mm<sup>3</sup>.

An arithmetic average of results of determination of average density of all samples is taken for value of average density of products [9].

## 2.8 Technique of determination of water absorption

Samples of pottery are dried up up to the constant weight. Samples are stacked in one row in a vessel with water with temperature of  $(20\pm 5)^\circ\text{C}$  that water level to be above top of samples on 2–10 cm. Samples are sustained in water for 48 h. The samples saturated with water are taken out from water, rubbed off damp fabric and weighed. The mass of the water which has flowed out from a sample on a cup of scales is included in the mass of the sample saturated with water. Weighing of a sample has to be finished no less than 2 min. after his removal from water [8].

Water absorption of samples on weight as a percentage is calculated on the formula:

$$W = \frac{m_1 - m}{m} * 100$$

where  $m_1$  – the mass of the sample saturated with water;

$m$  – the mass of the sample which is dried up up to the constant weight.

## 2.9 Technique of determination of durability on crush

Samples are measured with a margin error up to 1 mm. Each linear dimension of a sample is calculated as an average arithmetic value of results of measurements of two average lines of opposite surfaces of a sample. Test of samples for compression: vertical axial lines are applied on side surfaces of a sample. The sample is established in the center of a plate of a press, combining geometrical axes of a sample and a plate, and pressed the top plate of a press. Load of a sample must be increased continuously and evenly with a speed providing its destruction in 20 - 60 s. after tests has been begun[9].

Strength at compression of a sample is calculated on the formula:

$$R_{сж} = \frac{P}{F};$$

where P – the loading established at test of a sample, MN

F – cross-sectional area of a sample, sq.m

## **2.10 Roasting**

Samples with different contents the leaning of components are loaded in the muffle furnace. The beginning of process of roasting it is considered to be temperature of the furnace of 900-950 °C. Products are burned within 2 hours, then physic-mechanical tests are carried out.