

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт дистанционного образования

Специальность: Химическая технология тугоплавких неметаллических и силикатных материалов

Кафедра: Технологии силикатов и наноматериалов

**ДИПЛОМНАЯ РАБОТА**

Тема работы
<b>Проект реконструкции отделения массопереработки предприятия по выпуску керамзитового гравия</b>

УДК 666.32

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5301	Сидоров Н.Г.		09.06.16

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Абакумов А.Е.	кандидата технических наук		7.06.16

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу: «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Рыжакина Т.Г.	к.э.н.		09.06.16.

По разделу: «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Антоневич О.А.			14.06.16

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Заведующий кафедрой	Погребенков В.М.	Доктор технических наук, Профессор		17.06.16

Томск – 2016 г.

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Институт дистанционного образования

Специальность: Химическая технология тугоплавких неметаллических и силикатных материалов

Кафедра: Технологии силикатов и наноматериалов

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

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

**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-5301	Сидоров Никита Геннадьевич

Тема работы:

Проект реконструкции отделения массопереработки предприятия по выпуску керамзитового гравия	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>	Реконструкция производства керамзитового гравия Место производства город Томск Способ производства пластичный Обжиг во вращающейся печи диаметром 2.5 метра на 40 метров
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	Требования к сырьевым материалам Требования к конечному продукту Описание технологической схемы Описание формовочного агрегата PL100
<b>Перечень графического материала</b>	

<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b> <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Рыжакина Т.Г.
Социальная ответственность	Антоневич О.А.
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b>	
На английском нет	

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

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Абакумов А.Е.	кандидата технических наук		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3 - 5301	Сидоров Никита Геннадьевич		

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт дистанционного образования

Специальность: Химическая технология тугоплавких неметаллических и силикатных материалов

Уровень образования Высшее

Кафедра: Технологии силикатов и наноматериалов

Период выполнения \_\_\_\_\_ (осенний / весенний семестр 2015/2016 учебного года)

Форма представления работы:

Дипломный проект

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

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

Срок сдачи студентом выполненной работы:

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

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Абакумов А.Е	кандидата технических наук		

**СОГЛАСОВАНО:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Заведующий кафедрой	Погребенков В.М.	Доктор технических наук, Профессор		

## Реферат

Выпускная квалификационная работа выполнена на 128 страницах , содержит 35 таблиц, 6 рисунков и использовано 56 источников.

Дипломная работа на тему «Проект реконструкции отделения массопереработки предприятия по выпуску керамзитового гравия» направлена на получение преимущественной продукции используемой в качестве искусственных пористых заполнителей для лёгких бетонов.

В качестве исходных сырьевых компонентов были выбраны:

- Глины Воронинского месторождения Томской области;
- Отходы циклонной пыли керамзитового производства;
- Мазут марки М100, как газообразующая добавка.

Получение керамзитового гравия вспучиванием во вращающейся печи длиной 40 м диаметром 2,5 м при температуре 1200 °С.

В результате проведенной работы представлен проект реконструкции предприятия для получения фракционированного заполнителя для лёгких бетонов (керамзит) с улучшенными прочностными характеристиками.

## Оглавление

Реферат .....	7
Введение.....	10
1. Техничо – экономическое обоснование способа производства .....	12
1.1. Общая характеристика керамзитного гравия.....	12
1.2. Применяемое сырье .....	16
1.3 Минеральное сырье Томской области для производства керамзитного гравия.....	22
1.4. Процесс обжига .....	26
1.5. Характеристика топлива.....	34
1.6.Теоретические основы процесса формования.....	35
2.Технология производства керамзитового гравия на предприятии в городе Томске.....	42
2.1. Описание действующего технологического процесса производства керамзитового гравия, город Томск. ....	42
2.2. Действующая сырьевая база керамзитового производства .....	50
2.3. Потенциальная сырьевая база керамзитового производства Томского района.....	55
2.4. Описание технологической схемы производства керамзитового гравия после реконструкции .....	58
2.5. Режим работы цеха по производству керамзитового гравия. ....	63
2.6.Подбор сушильного барабана и системы газо очистки. ....	74
2.7. Расчет потребности в энергетических ресурсах .....	76
2.8. Вакуумный экструдер PL100 .....	79
3. Экономическая часть .....	83
3.1. Расчет производственной мощности.....	83

3.2. Расчет себестоимости готовой продукции по действующему производству .....	85
3.3 Расчет затрат на производство продукции .....	91
3.4. Анализ безубыточности по действующему производству .....	97
4. Социальная ответственность .....	104
Введение .....	104
4.1. Производственная безопасность .....	105
4.1.1. Описание вредных веществ, источники возникновения, воздействие на человека и предлагаемые средства защиты .....	106
4.1.2. Характеристика опасных факторов на производстве: источник возникновения и средства защиты для минимизации воздействия фактора. ...	112
4.2. Экологическая безопасность .....	115
4.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	117
4.4. Пожарная и взрывная безопасность .....	118
4.5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности. ....	121
Заключение .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
Список использованных источников .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>

## **Введение**

Решение задачи повышения конкурентной способности строительной продукции путем снижения материальных и энергетических затрат при производстве строительных материалов, строительстве и эксплуатации зданий является весьма актуальной. В настоящее время отечественная строительная продукция существенно уступает по энергозатратам в странах Европы. Большая часть энергозатрат приходится на этапы изготовления строительных материалов и эксплуатацию объектов строительства [1,2]. При проектировании ресурсосберегающих и энергоэффективных зданий необходимо большое внимание уделять качеству используемых строительных материалов, используемых для конструктивных несущих элементов и ограждающих конструкций. При строительстве энерго-ресурсосберегающих жилых зданий экономического класса большое внимание уделяется разработке и применению для изготовления несущих конструкций высокопрочных легких бетонов, с использованием керамзитового гравия полученного из местного сырья. Базовые технические решения, при проектировании предприятия по производству керамзитового гравия, основываются на предложениях отечественных поставщиков оборудования ООО «Плинфа» г. Харьков и ООО «Строммашина» г. Самара. Данные организации предоставили техническую документацию на производимое оборудование и оказывали содействие в технологическом проектировании.

Разработка технологической части проводилось с соблюдением «Общесоюзных норм технологического проектирования предприятий и цехов по производству керамзитового гравия и песка» (ОНТП II-86) и с учетом рекомендаций технического кодекса установившейся практики ТКП 45-7.02-175-2009 «Производство керамзитового гравия и песка». Производственная мощность предприятия определяет тип и количество устанавливаемых обжиговых агрегатов. Остальное технологическое

оборудование должно гарантировано обеспечивать бесперебойную работу обжиговых агрегатов.

Существует три основных направления использования керамзитового гравия:

Теплоизоляционные засыпки - керамзитовый гравий с насыпной плотностью 350 - 500 кг/ куб.м, прочность и фракционный состав не принципиальны;

Заполнитель легких бетонов - керамзитовый гравий с насыпной плотностью 500 - 800 кг/ куб.м, прочность П125 ... П200, и фракционный состав фракция 5-10 и 10-20 мм с добавкой керамзитового песка фракции 0-5 мм;

Керамдор - тяжелый керамзитовый гравий с насыпной плотностью 900 - 1100 кг/ куб.м, прочность П150 - П250, фракционный состав не принципиален.

Наиболее актуальным является направление по техническом перевооружению действующих предприятий направленных на получение фракционированного керамзитового гравия с повышенными прочностными характеристиками.

## **1. Технико-экономическое обоснование способа производства**

### **1.1. Общая характеристика керамзитового гравия**

В соответствии с ГОСТ 32496-2013 ( 1 января 2015 г. этот документ заменил ГОСТ 9757-90) предусматриваются следующие фракции керамзитового гравия по крупности зерен: 5-10, 10-20 и 20-40 мм и керамзитовый песок фракцией 0-5 мм. В каждой фракции допускается до 5% более мелких и до 5% более крупных зерен по сравнению с номинальными размерами. Из-за невысокой эффективности грохочения материала в барабанных грохотах трудно добиться разделения керамзита на фракции в пределах установленных допусков.

По насыпной плотности керамзитовый гравий подразделяется на 10 марок: от 250 до 800, причем к марке 250 относится керамзитовый гравий с насыпной плотностью до 250 кг/м<sup>3</sup>, к марке 300 - до 300 кг/м<sup>3</sup> и т.д. Насыпную плотность определяют по фракциям в мерных сосудах. Чем крупнее фракция керамзитового гравия, тем, как правило, меньше насыпная плотность, поскольку крупные фракции содержат наиболее вспученные гранулы.

Для каждой марки по насыпной плотности стандарт устанавливает требования к прочности керамзитового гравия при сдавливании в цилиндре и соответствующие им марки по прочности (таблица 1). Маркировка по прочности позволяет сразу наметить область рационального применения того или иного керамзита в бетонах соответствующих марок. Более точные данные получают при испытании заполнителя в бетоне. Прочность пористого заполнителя - важный показатель его качества. Стандартизована лишь одна методика определения прочности пористых заполнителей вне бетона - сдавливанием зерен в цилиндре стальным пуансоном на заданную глубину. Фиксируемая при этом величина напряжения принимается за условную прочность заполнителя. Эта

методика имеет принципиальные недостатки, главный из которых - зависимость показателя прочности от формы зерен и пустотности смеси. Это настолько искажает действительную прочность заполнителя, что лишает возможности сравнивать между собой различные пористые заполнители и даже заполнители одного вида, но разных заводов.

Высококачественный керамзит, обладающий высокой прочностью, как правило, характеризуется относительно меньшими, замкнутыми и равномерно распределенными порами. В нем достаточно стекла для связывания частичек в плотный и прочный материал, образующий стенки пор. При распиливании гранул сохраняются кромки, хорошо видна корочка.

Водопоглощение также является важным свойством керамзита. Водопоглощение заполнителя выражается в процентах от веса сухого материала. Этот показатель для некоторых видов пористых заполнителей нормируется (например, в ГОСТ 9757-90). Однако более наглядное представление о структурных особенностях заполнителей дает показатель объемного водопоглощения. Для снижения водопоглощения предпринимаются попытки предварительной гидрофобизации пористых заполнителей. Пока они не привели к существенным положительным результатам из-за невозможности получить не расслаивающуюся бетонную смесь при одновременном сохранении эффекта гидрофобизации.

Таблица 1. Требования к прочности керамзитового гравия

Марка по насыпной плотности	Высшая категория качества		Первая категория качества	
	Марка по прочности	Предел прочности при сдавливании в цилиндре, МПа, не менее	Марка по прочности	Предел прочности при сдавливании в цилиндре, МПа, не менее
250	П35	0,8	П25	0,6
300	П50	1	П35	0,8
350	П75	1,5	П50	1
400	П75	1,8	П50	1,2
450	П100	2,1	П75	1,5
500	П125	2,5	П75	1,8
550	П150	3,3	П100	2,1
600	П150	3,5	П125	2,5
700	П200	4,5	П150	3,3
800	П250	5,5	П200	4,5

Другие важные свойства пористых заполнителей, влияющие на качество легкого бетона - морозостойкость и стойкость против распада (силикатного и железистого), а также содержание водорастворимых сернистых и сернокислых соединений. Эти показатели регламентированы стандартами.

Морозостойкость (F, циклы) - ГОСТ нормирует, чтобы этот показатель был не менее 15 (F15), причем потеря массы керамзитового гравия в%, не должна превышать 8%, как правило заводы-изготовители выдерживают эту норму.

Искусственные пористые заполнители, как правило, морозостойки в пределах требований стандартов. Недостаточная морозостойкость некоторых видов заполнителей вне бетона не всегда свидетельствует о том, что легкий бетон на их основе также неморозостоек, особенно если речь идет о требуемом количестве циклов 25-35. Заполнители легких бетонов, предназначенных для тяжелых условий эксплуатации, не всегда удовлетворяют требованиям по морозостойкости и потому должны тщательно исследоваться.

На теплопроводность пористых заполнителей, как и других пористых тел, влияют количество и качество (размеры) воздушных пор, а также влажность. Заметное влияние оказывает фазовый состав материала. Аномалия в коэффициенте теплопроводности связана с наличием стекловидной фазы. Чем больше стекла, тем коэффициент теплопроводности для заполнителя одной и той же плотности ниже. С целью стимулирования выпуска заполнителей с лучшими теплоизоляционными свойствами для бетонов ограждающих конструкций предлагают нормировать содержание шлакового стекла (например, для высококачественной шлаковой пемзы 60-80%).

В зависимости от технологии изготовления и свойств сырья, показатель теплопроводности может быть разным, у разных производителей, но в среднем он составляет 0,07 - 0,16 Вт/м<sup>°</sup>С, где соответственно меньшее значение соответствует марке по плотности М250. (Здесь следует отметить что марка М250 является редкой и изготавливается часто под заказ. Обычная плотность материала это М350 - М600)

## 1.2. Применяемое сырье

Сырьем для производства керамзита служат глинистые породы, относящиеся в основном к осадочным горным. Некоторые камнеподобные глинистые породы такие как глинистые сланцы, аргиллиты относятся к метаморфическим. Для интенсификации процесса горения и газообразования в состав массы вводят такие топливосодержащие добавки как уголь, мазут и др.

Глинистые породы отличаются сложностью минералогического состава и, кроме глинистых минералов (каолинита, монтмориллонита, гидрослюда и др.) содержат кварц, полевые шпаты, карбонаты, железистые, органические примеси.

Глинистые минералы слагают глинистое вещество - наиболее дисперсную часть глинистых пород (частицы мельче 0,005 мм). Собственно, глинами называют глинистые породы, содержащие более 30% глинистого вещества.

Для производства керамзита наиболее пригодны монтмориллонитовые и гидрослюдистые глины, содержащие не более 30% кварца. Общее содержание  $\text{SiO}_2$  должно быть не более 70%,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  - не менее 12% (желательно около 12%),  $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$  - до 10%, органических примесей - 1-2%.

Характер получаемых изделий определяется преобладанием в глине тех или иных окислов. Наличие  $\text{SiO}_2$  в большом количестве понижает пластичные свойства глины;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  придает изделиям огнеупорность и белизну;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  является в глине плавнем, т.е. понижает её температуру спекания и плавления, а также придает окраску изделиям; в зависимости от количества  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  в глине цвет изделия может меняться от светло-розового до темно-красного;  $\text{CaO}$  и  $\text{MgO}$ , равномерно распределенные в глинах, придают изделиям пористость, а следовательно, легкость и высокое водопоглощение, эти окислы в глине являются плавнями;  $\text{Na}_2\text{O}$  и  $\text{K}_2\text{O}$  понижают температуру спекания глины. Некоторые из примесей к глине могут быть вредными, например, включения известняка. При недостаточном размоле глины известняк, представляющий

собой после обжига отдельные включения свободного СаО, активно гасится водой, увеличивается в объеме и разрушает изделие.

Помимо глин, в производстве керамзитных материалов могут применяться диатомиты, трепелы, сланцы и др. Диатомиты и трепелы применяют в чистом виде или с примесью парообразующих добавок при производстве легкого кирпича и изделий. В некоторых случаях для повышения пластичности масс к ним добавляют глину.

Для получения легких керамзитных изделий с повышенной пористостью и пониженной теплопроводностью в сырьевую массу вводят порообразующие добавки - вещества, диссоциирующие при температуре обжига с выделением углекислоты (глинистый мергель, молотый доломит, мел), а также вещества, выгорающие при обжиге (опилки, изгарь, молотый кокс, коксовый шлам, торфяная пыль).

Для улучшения свойств керамзитных материалов в состав массы вводят химические добавки. Так, для улучшения качества кирпича добавляют к глине фосфатные соединения. Пластичность формовочной массы может быть повышена путем введения в шихту 0,1-0,3% поверхностно-активных веществ. Для получения керамзитового гравия, кроме вспучивающихся глин, применяют другие виды вспучивающегося минерального сырья: некоторые разновидности диатомитов, сланцев. К числу сланцевого сырья, пригодного для получения пористых заполнителей, относятся сланцы кровельные, шунгитовые, менилитовые

Пригодность того или иного глинистого сырья для производства керамзита устанавливают специальным исследованием его свойств. Важнейшим из требований к сырью является вспучивание при обжиге. Вспучиваемость характеризуется коэффициентом вспучивания.

Второе требование к сырью (в значительной степени связанное с первым) - легкоплавкость. Температура обжига должна быть не выше 1250°C, и при этом переход значительной части наиболее мелких глинистых частиц в расплав должен обеспечить достаточное размягчение и вязкость массы. Иначе

образующиеся при обжиге глины газы, не удерживаемые массой, свободно выйдут, не вспучив материал.

Третье из важнейших требований - необходимый интервал вспучивания. Так называют разницу между предельно возможной температурой обжига и температурой начала вспучивания данного сырья. За температуру начала вспучивания принимают ту температуру, при которой уже получается керамзит с плотностью гранулы 0,95 г./см<sup>3</sup>. Предельно возможной температурой обжига считается температура начала оплавления поверхности гранул. Для расширения температурного интервала вспучивания используют такой прием, как опудривание сырцовых глиняных гранул порошком огнеупорной глины, что позволяет повысить температуру обжига и при этом избежать оплавления гранул.

Глинистое сырье можно разделить на 4 группы:

Первая группа представлена хорошо вспучивающимся сырьем, позволяющим в оптимальных лабораторных условиях при обжиге по ступенчатому режиму получать образцы керамзита с кажущейся плотностью в куске в пределах 0,2 - 0,5 г/см<sup>3</sup> и с коэффициентом вспучивания свыше 4,5. В условиях производства при обжиге в однобарабанных вращающихся печах, отличающихся рядом серьезных несовершенств, влияющих на полноту протекания процесса вспучивания, из этой группы керамзитового сырья удается получить керамзит с насыпной плотностью 250 - 350 кг/м<sup>3</sup>, а в куске 400 - 600 кг/м<sup>3</sup> с коэффициентом вспучивания примерно 3 - 4,5. Лишь применяя специальные методы, например введение обволакивающих добавок, керамзиту удалось получить в производственных условиях из хорошо вспучивающейся глины керамзитовый гравий с насыпной плотностью 150 кг/м<sup>3</sup> и коэффициентом вспучивания около 7,5, т.е. достигнуть вспучиваемости, получаемой в лаборатории.

Помимо высокой вспучиваемости, характерной особенностью керамзитового гравия, получаемого при нормальном обжиге из тщательно переработанного хорошо вспучивающегося сырья, является его внутренняя

равномерная, мелкоячеистая структура и тонкая, в большинстве своем шероховатая, наружная оболочка зерен.

Выделение в самостоятельную группу хорошо вспучивающегося сырья, из которого получается керамзит с насыпной плотностью 250 - 350 кг/м<sup>3</sup>, имеет еще и ту положительную сторону, что на основе именно такого заполнителя готовят, как показал опыт, теплоизоляционный и особенно эффективный конструкционно-теплоизоляционный керамзитобетон класса В3,5 плотностью 700 - 800 кг/м<sup>3</sup> для ограждающих конструкций, что, как правило, недостижимо не только для других видов искусственных пористых заполнителей, но и керамзита с более высокой плотностью.

Ко второй группе отнесено средневспучивающееся сырье, из которого в лабораторных условиях можно получить керамзит с кажущейся плотностью в куске 0,5 - 0,8 г/см<sup>3</sup> и коэффициентом вспучивания 2,5 - 4,5, а в производственных - с насыпной плотностью 350 - 400 кг/м<sup>3</sup>, в куске 600 - 850 кг/м<sup>3</sup> и коэффициентом вспучивания 2 - 3.

Получаемый с соблюдением нормальных технологических условий керамзитовый гравий из сырья второй группы также имеет равномерную внутреннюю структуру, но его поверхностная корка зерен толще, чем у хорошо вспучивающихся глинистых пород. Под влиянием железистых и органических добавок большая часть пород этой группы повышает свою способность вспучиваться и может быть переведена в группу хорошо вспучивающихся глинистых пород.

Из сырья второй группы получают керамзитовый гравий, на основе которого можно получить достаточно эффективный конструкционно-теплоизоляционный керамзитобетон класса В3,5 плотностью 750 - 900 кг/м<sup>3</sup> и конструкционный керамзитобетон классов В5 - В15 плотностью 1000-1600 кг/м<sup>3</sup>.

К третьей группе отнесено слабовспучивающееся глинистое сырье, на основе которого в лабораторных условиях можно получить керамзит с кажущейся плотностью 0,8 - 1,2 г/см<sup>3</sup> и коэффициентом вспучивания ниже 2,5, а

в производственных - с насыпной плотностью 400 - 600 кг/м<sup>3</sup>, в куске 850 - 1350 кг/м<sup>3</sup>, с коэффициентом вспучивания около 1,2 - 2

Из сырья второй и третьей групп получают весьма эффективный керамзитовый гравий для конструкционного и высокопрочного керамзитобетона плотностью 1000-1800 кг/м<sup>3</sup> и прочностью 100 - 500 кг/см<sup>2</sup> и выше.

На основе ряда разновидностей слабовспучивающегося сырья с применением железистых и органических добавок может быть получен керамзитовый гравий плотностью 350 - 400 кг/м<sup>3</sup>, пригодный для производства эффективного конструкционно-теплоизоляционного керамзитобетона класса В3,5 плотностью 800 - 900 кг/м<sup>3</sup>. Это обстоятельство тем более важно, что в большинстве районов страны имеются лишь слабовспучивающиеся суглинки.

К четвертой группе отнесено практически не вспучивающееся при обжиге глинистое сырье. С повышением содержания в хорошо вспучивающемся сырье оксидов  $Al_2O_3$ ,  $Fe_2O_3 + FeO$ ;  $K_2O + Na_2O$  и органических веществ до определенного предела, вспучиваемость пород возрастает, а при уменьшении - снижается. Влияние же кремнезема противоположно - с уменьшением его содержания вспучиваемость увеличивается.

Кроме глинообразующих минералов присутствуют примеси: кварцевый песок, карбонатные, железистые, органические, растворимые соли.

Для регулирования свойств глиняной массы вводят отощающие добавки, которые уменьшают огневую и воздушную усадку. В качестве отощающих добавок применяют кварцевый песок (для стеновых изделий размером 0,2-2 мм), молотый шлак, отходы керамзитового и аглопоритового производства, золу до 10-25%. Более качественными отощающими добавками являются молотая дегидратированная глина (прошедшая термообработку при 700-750°С), шамот (измельченная, специально обожженная глина при температуре, равной температуре обжига изделия), измельченный бой обожженных изделий. Их вводят в количестве до 40%.

Порообразующие, или выгорающие, добавки применяют для уменьшения средней плотности стеновой керамики и сокращения расхода полноценного

топлива; на этапе сушки они выполняют роль отошающих добавок. В качестве выгорающих добавок применяют древесные опилки (8-25%), молотый антрацит, кокс, бурые угли, тощие каменные угли (2-2,5%), золы ТЭЦ до 15% и др.

Плавни-добавки в смеси с глинистым, веществом дают легкоплавкие соединения и снижают температуру обжига изделий. В качестве плавней используют измельченные полевые шпаты, нефелиновые сиениты, пегматиты, перлиты, молотое легкоплавкое стекло, шлаки, фосфаты натрия и кальция и др.

Пластифицирующие добавки увеличивают пластичность и связанность глин. К таким добавкам относят высокопластичные глины, бентониты, поверхностно-активные вещества - отходы целлюлозной промышленности, синтетических жирных кислот и др.

### **1.3. Минеральное сырье Томской области для производства керамзитового гравия.**

Томская область входит в состав Западно-Сибирского экономического района и расположена на ЮВ Западно-Сибирской равнины.

Территория области составляет 316,9 тыс. м<sup>2</sup>. Географические координаты области – 55,7-61° северной широты, 75-89,4° восточной долготы. Протяженность области с запада на восток – 800 км и с севера на юг – 600 км. Поверхность территории области в основном плоская, сильно заболоченная, лишь с ЮВ в ее пределы внедряются северные отроги Кузнецкого Алатау, образуя водораздел между реками Томь и Яя. С ЮВ на СВ протекает р. Обь, которая делит территорию на 2 почти равные части: левобережная (болотистая местность с малой заселенностью) и правобережная (более возвышенная и менее заболоченная) На западе и севере Томская область граничит с Тюменской и Омской областями, на юге – с Новосибирской, юго-востоке – с Кемеровской, востоке и северо-востоке – с Красноярским краем. Практически все границы сухопутные.

Геологическое строение изучено Томской геолого-разведочной экспедицией. На юге в районе Томь-Яйского и восточной части Обь-Томского междуречий палеозойские породы, расположенные неглубоко от дневной поверхности, образуют Томский выступ фундамента, который составляет часть складчатого обрамления Западно-Сибирской равнины. Западная часть выступа сложена верхнепалеозойскими отложениями Колывань-Томской складчатой зоны. Восточная часть занята формациями Кузнецкого Алатау. К отложениям палеозойского фундамента приурочены строительные камни Баранцевского, Каменского, Сергеевского месторождений, к дайковому комплексу – Ларинское месторождение строительного камня.

Древняя кора выветривания распространяется почти повсеместно на осадочных породах палеозоя. В пределах Томь-Колыванской складчатой

структуры мощность коры выветривания изменяется от 0 до 15 м, иногда до 20 м (месторождения огнеупорных и тугоплавких глин).

К северу палеозойские образования погружаются под рыхлые мезозойско-кайнозойские отложения, мощность которых быстро возрастает и в северных районах достигает 2,5-3,0 км. Поверхность погребенного палеозойского фундамента неровная, она состоит из крупных валов и впадин, прослеженных на сотни километров. Мощный мезозойско-кайнозойский чехол перекрывает отложения палеозоя и представлен песчаниками и глинами юрского, мелового, палеогенового и четвертичного возраста. Пески верхнего мела, палеогена, неогена и антропогена водоносны. Отложения четвертичного возраста повсеместно распространены на территории Томской области. Они представлены в основном террасовыми и покровными отложениями, а также отложениями древних ложбин стока. К покровным отложениям приурочены в основном месторождения кирпичных и керамзитовых суглинков, к террасовым – строительных песков, к современным руслово-песчано-гравийных смесей. Правобережные террасы р. Оби имеют преимущественно песчаный состав, левобережный – суглинистый. Пески, как правило, очень мелкие, сильно загрязненные глинистыми примесями.

По обеспеченности сырьем для получения искусственного заполнителя для легких бетонов интерес представляет южная зона области, представленная преимущественно Томским и частично Асиновским, Шегарским и Кривошеинским-районами. Большинство месторождений в этих районах связано с рыхлыми отложениями мезозоя и кайнозоя. В южной же зоне находятся месторождения глинистого сырья потенциально пригодного для производства керамзитового гравия, при условии использования технологических добавок увеличивающих коэффициент вспучивания. Имеются суглинки, пригодные для производства аглопоритового щебня и керамзита по сухому способу, и при модификации их органическими и железосодержащими добавками.

Практически все месторождения, разведанные и поставленные на баланс, находятся в южной зоне Томской области (примерно 5 % территории) и сконцентрированы на площади Томского выступа палеозойского фундаменте и вблизи его окраин, т.е. преимущественно Томском районе. Данные сырьевой базы производства заполнителя для бетонов (по данным ТГРЭ) приведены в таблице 2.

Таблица 2. Состояние сырьевой базы производства заполнителей для бетона по данным ТГРЭ.

Вид нерудного материала	Количество месторождений	Количество эксплуатируемых месторождений	Запасы балансовые, тыс. м <sup>3</sup> (A+B+C1)	Запасы забалансовые, тыс. м <sup>3</sup> (A+B+C1)
Суглинки для производства керамзита	12	3	34799	–
* – тыс. тонн				

Данные, согласно Долгосрочной целевой программы «Развитие промышленности строительных материалов и индустриального домостроения в Томской области на период до 2020 гг.» подготовленной творческим коллективом ТГАСУ и администрацией Томской области в 2012 году приведены в таблице 3.

Таблица 3. Баланс производства и потребления основных строительных материалов и конструкций в Томской области с учетом прогнозных объемов строительства

Наименование материала	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Нерудные строительные материалы в целом, тыс. куб. м.								
производство всего	3823	5428	6343	7323	7323	7323	7323	7323
потребность	3698	5773	7551	7747	11921	10559	13396	10243
баланс (+ излишек; - дефицит)	12 5	-345	-1208	-424	-4598	-3237	-6074	-2921

## 1.4. Процесс обжига

Сущность технологического процесса производства керамзита состоит в обжиге глиняных гранул по оптимальному режиму. Для вспучивания глиняной гранулы нужно, чтобы активное газовыделение совпало по времени с переходом глины в пиропластическое состояние. Между тем в обычных условиях газообразование при обжиге глин происходит в основном при более низких температурах, чем их пиропластическое размягчение. Например, температура диссоциации карбоната магния — до 600 °С, карбоната кальция — до 950 °С, дегидратация глинистых минералов происходит в основном при температуре до 800 °С, а выгорание органических примесей еще ранее, реакции восстановления окислов железа развиваются при температуре порядка 900 °С, тогда как в пиропластическое состояние глины переходят при температурах, как правило, выше 1100 °С.

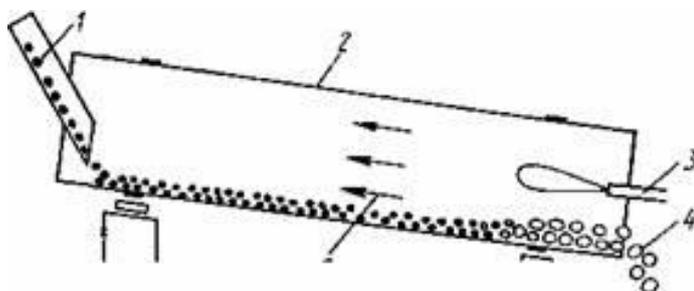


Рисунок 1. Схема типовой вращающейся печи для производства керамзита:

1—загрузка сырьевых гранул; 2— вращающаяся печь; 3— форсунка; 4— вспученный керамзитовый гравий; 5—поток горячих газов

В связи с этим при обжиге сырьевых гранул в производстве керамзита необходим быстрый подъем температуры, так как при медленном обжиге значительная часть газов выходит из глины до ее размягчения и в результате получают сравнительно плотные маловспученные гранулы. Но чтобы быстро нагреть гранулу до температуры вспучивания, ее сначала нужно подготовить, т. е. высушить и подогреть. В данном случае интенсифицировать процесс нельзя, так как при слишком быстром нагреве в результате усадочных и температурных

деформаций, а также быстрого парообразования гранулы могут потрескаться или разрушиться (взорваться).

Наилучшим считается ступенчатый режим термообработки по С. П. Онацкому: с постепенным нагревом сырцовых гранул до 200—600 °С (в зависимости от особенностей сырья) и последующим быстрым нагревом до температуры вспучивания (примерно 1200 °С).

Зачастую обжиг осуществляется во вращающихся печах (рис.1), представляющих собой цилиндрические металлические барабаны диаметром до 2,5—5 м и длиной до 40—75 м, футерованные изнутри огнеупорным кирпичом. Печи устанавливаются с уклоном примерно 3% и медленно вращаются вокруг своей оси. Благодаря этому сырцовые гранулы, подаваемые в верхний конец печи, при ее вращении, постепенно передвигаются к другому концу барабана, где установлена форсунка для сжигания газообразного или жидкого топлива. Таким образом, вращающаяся печь работает по принципу противотока: сырцовые гранулы перемещаются навстречу потоку горячих газов, подогреваются и, наконец, попав в зону непосредственного воздействия огненного факела форсунки, вспучиваются. Среднее время пребывания гранул в печи — примерно 45 мин.

Чтобы обеспечить оптимальный режим термообработки, зону вспучивания печи, непосредственно примыкающую к форсунке, иногда отделяют от остальной части (зоны подготовки) кольцевым порогом. Применяют также двухбарабанные печи, в которых зоны подготовки и вспучивания представлены двумя сопряженными барабанами, вращающимися с разными скоростями.

В двухбарабанной печи удастся создать оптимальный для каждого вида сырья режим термообработки. Промышленный опыт показал, что при этом улучшается качество керамзита, значительно увеличивается его выход, а также сокращается удельный расход топлива. В связи с тем, что хорошо вспучивающегося глинистого сырья для производства керамзита сравнительно мало, при использовании средне- и слабо вспучивающегося сырья необходимо стремиться к оптимизации режима термообработки.

Из зарубежного опыта известно, что для получения заполнителей типа керамзита из сырья (промышленных отходов), отличающегося особой чувствительностью к режиму обжига, используют трехбарабанные вращающиеся печи или три-четыре последовательно располагаемые печи, в которых обеспечиваются не только оптимальные скорость и длительность нагрева на каждом этапе термообработки, но и различная газовая среда.

Значение характера газовой среды в производстве керамзита обусловлено происходящими при обжиге химическими реакциями. В восстановительной среде окись железа  $Fe_2O_3$  переходит в закись  $FeO$ , что является не только одним из источников газообразования, но и важнейшим фактором перехода глины в пиропластическое состояние. Внутри гранул восстановительная среда обеспечивается за счет присутствия органических примесей или добавок, но при окислительной среде в печи (при большом избытке воздуха) органические примеси и добавки могут преждевременно выгореть. Поэтому окислительная газовая среда на стадии термоподготовки, как правило, нежелательна, хотя имеется и другая точка зрения, согласно которой целесообразно получать высокопрочный керамзитовый гравий с невспученной плотной корочкой. Такая корочка толщиной до 3 мм образуется (по предложению Северного филиала ВНИИСТ) при выгорании органических примесей в поверхностном слое гранул, обжигаемых в окислительной среде.

По мнению многочисленных авторов, при производстве керамзита следует стремиться к повышению коэффициента вспучивания сырья, так как невспучивающегося или маловспучивающегося глинистого сырья для получения высокопрочного заполнителя имеется много, а хорошо вспучивающегося не хватает. С этой точки зрения наличие плотной корочки значительной толщины на керамзитовом гравии свидетельствует о недоиспользовании способности сырья к вспучиванию и уменьшению выхода продукции.

В восстановительной среде зоны вспучивания печи может произойти оплавление поверхности гранул, поэтому газовая среда здесь должна быть

слабоокислительной. При этом во вспучивающихся гранулах поддерживается восстановительная среда, обеспечивающая пиропластическое состояние массы и газовыделение, а поверхность гранул не оплавляется

Характер газовой среды косвенно, через окисное или закисное состояние железистых примесей, отражается на цвете керамзита. Красновато-бурая поверхность гранул говорит об окислительной среде ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), темно-серая, почти черная окраска в изломе — о восстановительной ( $\text{FeO}$ ).

Различают четыре основные технологические схемы подготовки сырцовых гранул, или четыре способа производства керамзита: сухой, пластический, порошково-пластический и мокрый.

Сухой способ используют при наличии камнеподобного глинистого сырья (плотные сухие глинистые породы, глинистые сланцы). Он наиболее прост: сырье дробится и направляется во вращающуюся печь. Предварительно необходимо отсеять мелочь и слишком крупные куски, направив последние на дополнительное дробление. Этот способ оправдывает себя, если исходная порода однородна, не содержит вредных включений и характеризуется достаточно высоким коэффициентом вспучивания.

Наибольшее распространение получил пластический способ. Рыхлое глинистое сырье по этому способу перерабатывается в увлажненном состоянии в вальцах, глиномешалках и других агрегатах (как в производстве кирпича). Затем из пластичной глиномассы на дырчатых вальцах или ленточных шнековых прессах формуется сырцовые гранулы в виде цилиндриков, которые при дальнейшей транспортировке или при специальной обработке окатываются, округляются.

Качество сырцовых гранул во многом определяет качество готового керамзита. Поэтому целесообразна тщательная переработка глинистого сырья и формование плотных гранул одинакового размера. Размер гранул задается исходя из требуемой крупности керамзитового гравия и установленного для данного сырья коэффициента вспучивания.

Гранулы с влажностью примерно 20% могут сразу направляться во вращающуюся печь или, что выгоднее, предварительно подсушиваться в сушильных барабанах, в других теплообменных устройствах с использованием тепла отходящих дымовых газов вращающейся печи. При подаче в печь подсушенных гранул ее производительность может быть повышена.

Таким образом, производство керамзита по пластическому способу сложнее, чем по сухому, более энергоемко, требует значительных капиталовложений, но, с другой стороны, переработка глинистого сырья с разрушением его естественной структуры, усреднение, гомогенизация, а также возможность улучшения его добавками позволяют увеличить коэффициент вспучивания.

Порошково-пластический способ отличается от пластического тем, что вначале помолом сухого глинистого сырья получают порошок, а потом из этого порошка при добавлении воды получают пластичную глиномассу, из которой формуют гранулы, как описано выше. Необходимость помола связана с дополнительными затратами. Кроме того, если сырье недостаточно сухое, требуется его сушка перед помолом. Но в ряде случаев этот способ подготовки сырья целесообразен: если сырье неоднородно по составу, то в порошкообразном состоянии его легче перемешать и гомогенизировать; если требуется вводить добавки, то при помоле их легче равномерно распределить; если в сырье есть вредные включения зерен известняка, гипса, то в размолотом и распределенном по всему объему состоянии они уже не опасны; если такая тщательная переработка сырья приводит к улучшению вспучивания, то повышенный выход керамзита и его более высокое качество оправдывают произведенные затраты.

Мокрый (шликерный) способ заключается в разведении глины в воде в специальных больших емкостях — глиноболтушках. Влажность получаемой пульпы (шликера, шлама) примерно 50%. Пульпа насосами подается в шламбассейны и оттуда — во вращающиеся печи. В этом случае в части вращающейся печи устраивается завеса из подвешенных цепей. Цепи служат теплообменником: они нагреваются уходящими из печи газами и подсушивают

пульпу, затем разбивают подсыхающую массу на гранулы, которые окатываются, окончательно высыхают, нагреваются и вспучиваются. Недостаток этого способа — повышенный расход топлива, связанный с большой начальной влажностью шликера. Преимуществами являются достижение однородности сырьевой пульпы, возможность и простота введения и тщательного распределения добавок, простота удаления из сырья каменистых включений и зерен известняка. Этот способ рекомендуется при высокой карьерной влажности глины, когда она выше формовочной (при пластическом формовании гранул). Он может быть применен также в сочетании с гидромеханизированной добычей глины и подачей ее на завод в виде пульпы по трубам вместо применяемой сейчас разработки экскаваторами с перевозкой автотранспортом.

Керамзит, получаемый по пластическому способу, после обжига необходимо охладить. Установлено, что от скорости охлаждения зависят прочностные свойства керамзита. При слишком быстром охлаждении керамзита его зерна могут растрескаться или же в них сохранятся остаточные напряжения, которые могут проявиться в бетоне. С другой стороны, и при слишком медленном охлаждении керамзита сразу после вспучивания возможно снижение его качества из-за смятия размягченных гранул, а также в связи с окислительными процессами, в результате которых FeO переходит в Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, что сопровождается деструкцией и снижением прочности.

Сразу после вспучивания желательно быстрое охлаждение керамзита до температуры 800—900 °С для закрепления структуры и предотвращения окисления закисного железа. Затем рекомендуется медленное охлаждение до температуры 600—700 °С в течение 20 мин для обеспечения затвердевания стеклофазы без больших термических напряжений, а также формирования в ней кристаллических минералов, повышающих прочность керамзита. Далее возможно сравнительно быстрое охлаждение керамзита в течение нескольких минут.

Первый этап охлаждения керамзита осуществляется еще в пределах вращающейся печи поступающим в нее воздухом. Затем керамзит охлаждается воздухом в барабанных, слоевых холодильниках, аэрожелобах.

Для фракционирования керамзитового гравия используют грохоты, преимущественно барабанные — цилиндрические или многогранные (бураты).

Внутризаводской транспорт керамзита — конвейерный (ленточные транспортеры), иногда пневматический (поток воздуха по трубам). При пневмотранспорте возможно повреждение поверхности гранул и их дробление. Поэтому этот удобный и во многих отношениях эффективный вид транспорта керамзита не получил широкого распространения.

Фракционированный керамзит поступает на склад готовой продукции бункерного или силосного типа.

Анализ обзора литературы, выбор наиболее рациональной технологической схемы производства.

Самым экономичным и простым с технологической точки зрения является сухой способ. Однако из-за ограниченности плотных сухих глин возможность применения этого метода весьма ограничена. самым распространенным и относительно простым является пластический способ. Широкое использование этого метода обусловлено широким распространением легковспучивающихся глинистых пород. Пластический способ позволяет получать керамзит с высокой внутренней пористостью, а также позволяет регулировать соотношение между фракциями конечного продукта. Порошково-пластический метод является несколько усложненным пластическим способом и требует дополнительных капиталовложений самым универсальным является шликерный способ. Однако, по сравнению с перечисленными он самый энергоемкий и требует значительных затрат. Следуя из этого в курсовом проекте будет рассмотрен, пластический способ производства.

Предварительное измельчение глина проходит в глинорыхлительной машине, камневыделительной валковой дробилке, после чего ее смешивают с мазутом марки М-100 в лопастном смесителе, после чего массу перерабатывают

в дырчатых вальцах. Затем материал поступает на шнековый пресс, где с помощью системы нож-решетка формируются гранулы. Отформованные гранулы направляются на сушку в сушильный барабан и затем направляют во вращающуюся двухбарабанную печь на обжиг. Отожженный материал просеивается и разделяется на фракции.

Для просеивания и разделения на фракции керамзитовый гравий направляют во вращающийся грохот (барабанное сито, сито-бурат). Это сито выполняют в форме цилиндра или усеченной призмы, причем в качестве стенок используют решетки с отверстиями заданных размеров. Просеянный керамзитовый гравий и песок направляют на хранение в силоса, из которых осуществляется отгрузка готового продукта потребителю.

## 1.5. Характеристика топлива

Газообразное топливо отличается от жидкого и твердого рядом преимуществ, важнейшими из которых являются: легкое, удобное регулирование процесса горения и возможность полной механизации и автоматизации его, простота топливного хозяйства и оборудования; отсутствие золы при сжигании; лучшие санитарно-гигиенические условия труда, обслуживающего персонала.

В состав газообразного топлива входят горючая часть и балласт. Горючая часть представляет собой механическую смесь простейших горючих газов, таких как водород, метан, пропан, бутан и других газообразных углеводородов. Балластом являются негорючие газы, в том числе углекислый газ  $CO_2$ , азот  $N_2$  и кислород  $O_2$ . При добыче газа в его составе имеются также водяные пары, смолистые вещества, минеральная пыль. Однако перед подачей газа потребителям его очищают, в результате чего содержание примесей сводится к минимуму.

В данной работе используем топливо Угорского месторождения.

Таблица 4. Состав влажного (рабочего) газа, об%

$CH_4$	$C_2H_6$	$C_3H_8$	$C_4H_{10}$	$C_5H_{12}$	$CO_2$	$N_2$	$W^p$	Сумма
95,8	0,13	0,07	0,07	0,02	1,7	1,2	1,0	100

Теплота сгорания газа:

$$Q_H^p = 345,74 \frac{Дж}{м^3}$$

## 1.6. Теоретические основы процесса формирования.

Пластичность глин предопределяет наличие специфических деформационных свойств — малой вязкости и достаточно высокого предела текучести. На кривой зависимости вязкости и скорости деформации пластичной массы от напряжения сдвига (рис. 3.) выделяют условный статический предел текучести  $P_{K1}$ , ниже которого деформации не происходит.

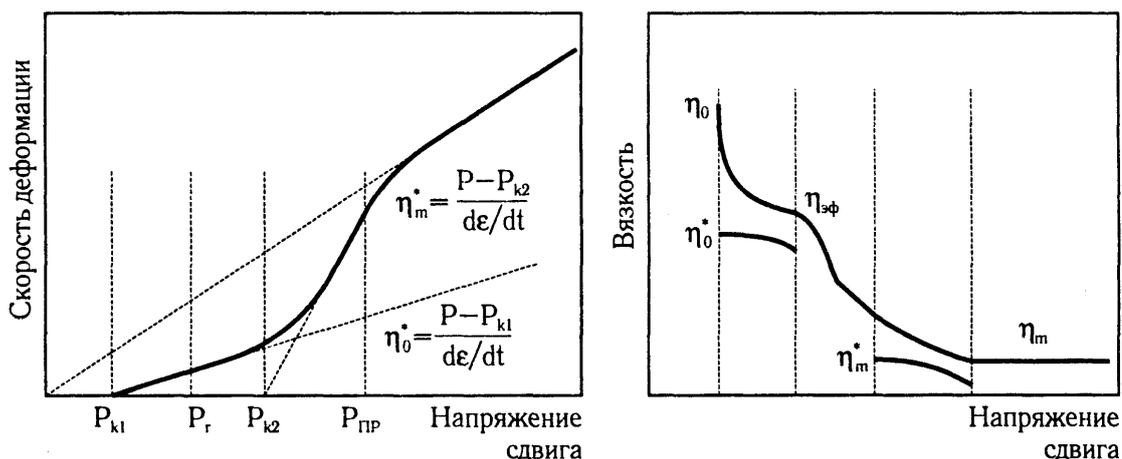


Рис. 2. Зависимость скорости деформации и вязкости пластичной массы от приложенного напряжения сдвига  $P$ .

Между  $P_{K1}$  и условной границей практически неразрушенной структуры  $P_r$  масса течет с весьма малой скоростью. Ее течение характеризуется максимальной пластической вязкостью  $\eta_0^*$

$$d\varepsilon/dt = (1/\eta_0^*)(\sigma - P_{K1}),$$

где  $d\varepsilon/dt$  — скорость деформации;  $\sigma$  — касательное напряжение.

Выше значения  $P_r$  вязкость определяется динамическим равновесием между числом разрушенных и восстановленных коагуляционных контактов в системе. При напряжениях выше условного динамического предела текучести  $P_{K2}$  течение происходит с наименьшей пластической вязкостью  $\eta_m^*$

$$d\varepsilon/dt = (1/\eta_m^*)(\sigma - P_{K2}).$$

При напряжениях, превышающих условную предельную границу разрушенной структуры  $P_{ПР}$ , вязкость становится постоянной и имеет наименьшее значение  $\eta_m$ .

Кроме показателей пластической вязкости, остающихся постоянными в достаточно широком интервале действующих напряжений, течение массы описывают структурной (истинной, эффективной) вязкостью  $\eta^*$ , значения которой изменяются от вязкости предельно разрушенной структуры  $\eta_0$  до вязкости предельно разрушенной структуры  $\eta_m$ .

Для описания течения систем, подобных пластичной массе, иногда используют зависимость

$$\sigma - PK, = \eta (d\varepsilon/d\tau)^n,$$

где PK — предел текучести; n — показатель или индекс течения.

Показатель n характеризует форму кривой течения. Для тиксотропных систем  $n < 1$ . При  $n > 1$  системы относятся к дилатантным, скорость течения которых падает с ростом действующего напряжения.

При малых скоростях деформирования в области, близкой к условному статическому пределу текучести PK1, заметную роль в деформации пластичной массы играют обратимые (упругие и замедленные) деформации. Зависимость общей деформации от напряжения имеет вид

$$\varepsilon = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3 = \sigma/E_1 + (\sigma/E_2) * [1 - \exp(-E_2\tau/\eta_0^*)] + (1/\eta_0^*) * (\sigma - PK) * \tau, \quad (2)$$

где  $\varepsilon_1$  и  $\varepsilon_2$  - быстрая и замедленная обратимые деформации;

$\varepsilon_3$  - пластическая деформация;  $\eta_m$  - пластическая вязкость;

$\sigma$  - напряжение;  $\tau$  - время;  $E_1$  и  $E_2$  — модули быстрой и замедленной обратимой деформации.

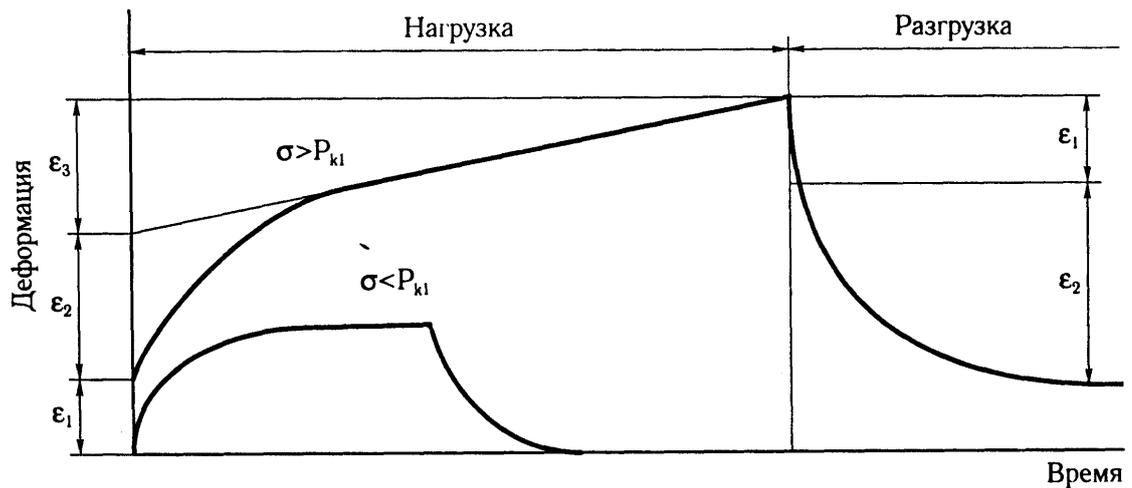


Рис. 3 Диаграммы развития и спада деформации пластичной массы во времени.

Пригодность массы для формования оценивают соотношением отдельных видов деформаций. Для этого используют предложенную С.П. Нечипоренко диаграмму (рис. 5), разделенную на шесть областей, соответствующих шести структурно-механическим типам. Лучшими формовочными свойствами обладают массы с преимущественным развитием замедленных обратимых деформаций (I и II структурно-механические типы).

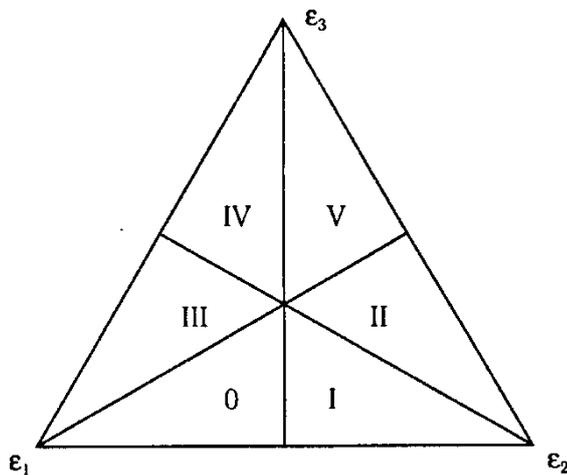


Рис. 4 Диаграмма С.П. Нечипоренко и структурно-механические типы масс:  
 0 –  $\epsilon_1 > \epsilon_2 > \epsilon_3$ ; I –  $\epsilon_2 > \epsilon_1 > \epsilon_3$ ; II –  $\epsilon_2 > \epsilon_3 > \epsilon_1$ ; III –  $\epsilon_1 > \epsilon_3 > \epsilon_2$ ; IV –  $\epsilon_3 > \epsilon_1 > \epsilon_2$ ;  
 V –  $\epsilon_3 > \epsilon_2 > \epsilon_1$

С той же целью используют критерии, характеризующие соотношения между различными видами деформации: суммарный модуль деформации

$E_m = E_1 E_2 / (E_1 + E_2)$ ; эластичность  $\lambda = E_1 / (E_1 + E_2)$ ; период релаксации  $\theta = \eta_0^* / (E_1 + E_2)$ ; пластичность по Воляровичу  $\text{Пл} = \text{PK}_1 / \eta_0^*$ .

Другим показателем формовочных свойств масс является соотношение между внешним и внутренним трением. Считают, что формование возможно, если внутреннее трение массы (когезия) больше, чем трение о формующий орган машины (аутогезия). Для оценки формовочных свойств используют коэффициенты внутреннего трения и сцепления массы. Из уравнения Кулона-Мора следует, что сопротивлением массы  $\sigma_{\text{ПР}}$  сдвигу, а определяется коэффициентом внутреннего трения  $f$ , сцеплением  $C$  и действующим сжимающим напряжением  $\sigma$ :

$$\sigma_{\text{ПР}} = \sigma f + C. \quad (3)$$

Основные свойства пластичной формовочной массы зависят от минерального состава, формы и размеров частиц твердой фазы, вида и количества временной технологической связки, интенсивности образования гидратных слоев на поверхностях частиц. С увеличением содержания жидкой фазы коэффициент внутреннего трения растет, проходя через максимум. Другие показатели уменьшаются монотонно, но с разной интенсивностью. Это позволяет для каждой массы выбрать оптимальное значение формовочной влажности. Лучшие формовочные свойства имеет масса с максимально развитыми слоями физически связанной воды при минимальном содержании свободной воды в системе.

Возрастание дисперсности твердой фазы увеличивает количество контактов между частицами в единице объема и прочность. Одновременно растет оптимальная формовочная влажность, предел текучести, вязкость, модули деформации, коэффициент внутреннего трения и связность массы, повышается пластичность.

Чрезмерное повышение дисперсности увеличивает усадку в сушке и обжиге, поэтому оптимальный зерновой состав должен обеспечивать создание каркаса из сравнительно крупных зерен для повышения предела текучести и уменьшения усадок. Введение электролитов снижает формовочную влажность.

Пластическое формование осуществляют тремя способами: выдавливанием, допрессовкой и раскаткой. Во всех случаях механические напряжения не превышают 1—30 МПа, масса содержит 30—60% жидкости по объему. Заготовка сохраняет форму благодаря наличию предела текучести.

Важнейшей задачей при пластическом формовании является подбор оптимальной формовочной влажности. Для оценки формовочной влажности  $WФ$  по П.А. Ребиндеру используют зависимость пластической прочности структуры  $P_m$ , от влажности  $W_{абс}$  (рис. 5).

Пластической прочностью называют механическое напряжение, которое способна выдерживать масса без нарушения сплошности. Считают, что формовочной влажности соответствует точка перехода зависимости  $P_m$  - влажность от прямолинейного участка. В заводской практике формования на вакуумных прессах ведут обычно при влажности на 1—3% меньше.

Чем сложнее форма изделия, тем при более высокой влажности проводят формование. Для его облегчения иногда в массы добавляют высокопластичные монтмориллонитовые глины.

Выдавливание является окончательной операцией формования изделий грубой строительной керамики (кирпич, канализационные трубы и гранулы сердца) и промежуточным этапом переработки пластичной тонкокерамической массы перед раскаткой и допрессовкой. Выдавливание может быть горизонтальным и вертикальным. Его осуществляют на шнековых вакуумных прессах, реже используют поршневые прессы. В шнековом прессе при движении массы возникает сложное объемно-напряженное состояние. Лопасты шнека сообщают массе поступательное и вращательное движение, а стенки корпуса пресса замедляют перемещение массы в прилегающим к ним слоям. По мере продвижения массы к головке пресса ее вращение замедляется, но периферийные слои движутся с большей скоростью. Окончательно уплотняет массу последний виток шнека. Он выжимает массу из цилиндра в головку пресса с различными по сечению скоростями, сообщая ей частичное вращение.

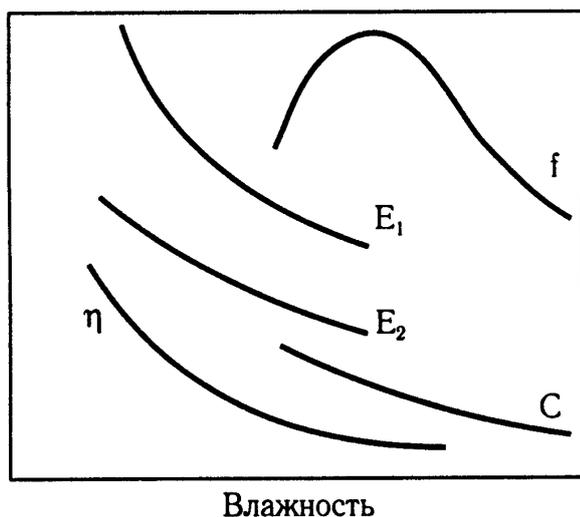


Рис. 5 Влияние влажности на основные параметры пластичной массы:  $f$  – коэффициент внутреннего трения;  $E_1$  и  $E_2$  – модули быстрой и замедленной обратимой деформации;  $C$  – сцепление;  $\eta$  – вязкость.

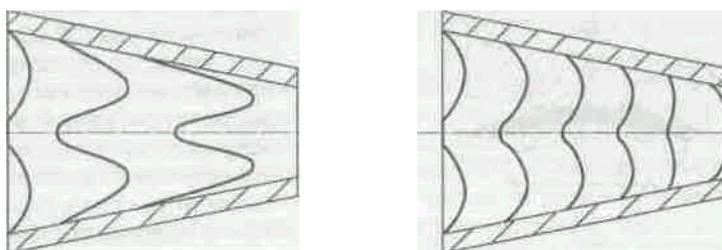


Рис. 6 Распределение скоростей течения пластической (а) и тощей (б) масс в головке шнекового пресса.

Шнековые (ленточные) вакуумные прессы имеют высокую производительность и являются агрегатами непрерывного действия, однако требуют «мягких» масс. В заготовке могут возникать дефекты, связанные с неравномерным движением массы.

Под действием бокового давления линейная скорость массы у стенки меньше, а окружная выше, чем в центре. В массе образуются два параболаидальных потока, скорости которых в мундштуке постепенно выравниваются. Более пластичные массы характеризуются большим градиентом скоростей по сравнению с жесткими (рис. 6). Для снижения неравномерности

течения используют шнеки с переменным шагом винта и двухзаходной выпорной лопастью. Крупнозернистые включения снижают склонность массы к расслаиванию.

Выдавливание сопровождается образованием анизотропной структуры масс, так как пластинчатые частицы глины ориентируются своей тонкой гранью в направлении максимальной скорости течения. Анизотропия проявляется в неравномерной усадке и различной прочности образцов в разных направлениях.

При неблагоприятных условиях возможно появление дефектов. S-образные трещины образуются при нарушении сплошности массы из-за разной продольной и окружной скорости ее течения. Уменьшение скорости течения в углах или на поверхности кернов для слабосвязанных масс приводит к образованию «драконова зуба» и «малых надрезов».

Дефекты устраняют подбором размеров головки пресса и мундштука (отношение длины к диаметру должно быть не менее 4, увеличиваясь для сильно пластичных и жестких масс), конусности мундштука, смазкой головки и мундштука. Эффективно применение вибрирующих головок или вставок и ультразвуковое разжижение масс.

## **2. Технология производства керамзитового гравия на предприятии в городе Томске**

### **2.1. Описание действующего технологического процесса производства керамзитового гравия, город Томск.**

Производство керамзитового гравия основано на типовой технологической схеме производства керамзитового гравия из местного глинистого алюмосиликатного сырья с корректирующей органической технологической добавкой (мазут).

В качестве основного документа, регулирующего технологические процессы в цехе керамзитового гравия принята действующая технологическая карта, разработанная для существующей технологии производства керамзита и в соответствии с требованиями «Руководства по разработке типовых технологических карт в строительстве» ЦНИИОМТП СССР и «Инструкции по производству керамзитового гравия» НИИКерамзит от 1979 г.

Проектная мощность цеха принята как 67 тыс м<sup>3</sup> керамзитового гравия. Номинальная производительность линии массопереработки и формовки гранул составляет 10 куб. м/час (15 т/ч). Реальная производительность цеха зависит от ряда факторов: фракционный состав, коэффициент вспучивания гранул, количество внеплановых простоев.

Благоприятный прогноз по годовой производительности до 85 тыс м<sup>3</sup> керамзитового гравия с плотностью Д500.

На настоящий момент на предприятии была осуществлена замена ряда технологического оборудования на новое (вальцы камневыделительные, сушильный барабан, вращающаяся печь обжига). Данные мероприятия были проведены в связи с высокой степенью износа данных единиц оборудования с целью обеспечения безаварийной работы цеха и обеспечения штатных технологических параметров при осуществлении технологических операций.

Для обеспечения выпуска фракционированного керамзита на предприятии был восстановлен участок отсева готовой продукции по фракциям 0-5 мм, 5-10 мм, 10-20 мм и 20-40 мм.

Для снижения затрат на энергоносители на предприятии проведены следующие мероприятия: установка на ряд электродвигателей частотных преобразователей и автоматизированной системы с обратной связью для управления газовой горелкой.

На настоящий момент, некоторые технологические этапы и фактические технологические параметры отдельных операций действующей технологической линии отличаются от приведенных в технологической карте.

В состав технологической схемы входят следующие основные этапы:

- добыча, транспортировка, складирование, хранение и подача сырьевых материалов и корректирующих добавок на технологическую линию;
- первичная переработка сырьевых материалов;
- вторичная переработка сырьевых материалов;
- формовка сырцовых гранул;
- сушка гранул;
- обжиг и охлаждение керамзитового гравия;
- сортировка и хранения готовой продукции и отгрузка потребителям.

В качестве основной сырьевой базы алюмосиликатного сырья в заводской технологической карте предусмотрено Родионовское месторождение. На настоящий момент Родионовское месторождение выработано и не разрабатывается. Предприятие не располагает собственным карьером алюмосиликатного сырья, а приобретает глинистые породы у сторонних поставщиков. В качестве базового сырья на настоящий момент используются глинистые суглинки Воронинского карьера. Отсутствие собственного карьера накладывает определенные ограничения на качество и стабильность параметров глинистого сырья. При разработке карьера добыча глинистого сырья ведется по остаточному принципу, после удовлетворения потребностей собственников карьеров. При этом отсутствует возможность разработать и осуществить свой план разработки карьера с учетом возможности селективной разработки месторождения и организации накопительных буртов на территории карьера.

Помимо выбора и организации разработки собственного месторождения глинистого сырья необходимо внести изменение в организацию добычи и хранения глинистого сырья. При разработке собственного месторождения глинистого сырья необходимо организовать перевалочные накопительные бурты с вылеживанием сырья от шести месяцев с целью усреднения технологических свойств. При этом необходимо предусмотреть резервные накопительные технологические бурты на территории производственной площадки керамзита для обеспечения работы предприятия в весенний период (закрытие дорог для большегрузного транспорта и весенне-осенняя распутица в карьере). Для обеспечения выпуска керамзитового гравия с заданными параметрами (прочность, плотность, фракционный состав) требуется провести дополнительное исследование физико-химических свойств сырья и подбор оптимальных технологических параметров для нового месторождения.

Транспортировка глинистого сырья от места добычи до производственной площадки осуществляется автотранспортом. На производственной площадке прием глинистого сырья осуществляется в крытый глинозапасник, либо в открытый накопительный бурт. Погрузочно-разгрузочные операции на открытой площадке осуществляются при помощи экскаватора или фронтального погрузчика. Внутри крытого глинозапасника перемещение глинистых масс осуществляется при помощи грейферного крана. В глинозапаснике проектной ёмкостью 3000 м<sup>3</sup> происходит накопление глинистого сырья для создания технологического буфера до четырех дней работы цеха, при этом происходит частичное усреднение технологических свойств глиномассы. Подача глинистого сырья на технологию и регулировка материального потока осуществляется при помощи пластинчатого питателя СМ-1091 с предварительно установленным измельчителем крупных комков глины ИГ-50. Перемещение глиномассы по технологической линии производится при помощи системы ленточных конвейеров.

Для удаления каменистых включений и предварительного измельчения глинистого сырья технологической картой предусмотрены камневыделительные

вальцы СМ-416. Технологическую операцию по камне-удалению и предварительному измельчению глиномассы данный агрегат выполняет в полном объеме и должен оставаться неотъемлемой частью технологической линии.

Для корректировки глиномассы по влажности (возможное дополнительное увлажнение в случае использования глин пониженной влажности), добавки жидкой газообразующей органической добавки (мазут) и предварительного усреднения глиномассы предусмотрена глиномешалка СМ-246. На данном технологическом этапе в технологической карте предусмотрено введение добавки пиритных огарков для регулировки пиропластичных свойств массы. На настоящий момент в технологии керамзитового гравия на ЗКПД пиритные огарки не используются в следствии отсутствия источника данного вида сырья с приемлемыми издержками. В месте тем на глиномешалку технически возможно организовать подачу иных технологических добавок: пластификаторы, органические газообразователи для смещения интервала газообразования, разувлажнители, плавни и т. д.. Для дополнительной массопереработки используются дырчатые перерабатывающие вальцы СМ-369А. Переработка массы на дырчатых вальцах предусматривает раздавливание, сдвиг и продавливание массы сквозь отверстия в бронеплитах. Дырчатые вальцы просты в эксплуатации и обладают высокой степенью ремонтпригодности. При производстве керамзитового гравия дырчатые вальцы СМ-369А могут использоваться для массопереработки так и для формования гранулы. Поэтому СМ-369А можно использовать как резервный формовочный агрегат в случае выведения из работы формовочного пресса гранулятора. В анализируемой технологической карте предусмотрено формование гранул сырца на вторых формующих вальцах СМ-369-А (М). Как было сказано выше, в анализируемой технологической карте предусмотрено формование гранул сырца на вторых формующих вальцах СМ-369-А (М). На действующем производстве данные вальцы демонтированы, а формирование гранул ведется на ленточном безвакуумном прессе грануляторе с фронтальной и периферийной решеткой для

формования жгутов (гранул). В процессе обследования нами было высказано предположение о том, что формование жгутов (гранул) проводится при неоптимальных параметрах формования. Как результат - глиняный жгут из пресса выходил очень “ершистый” с сильной посечкой. Причиной являлась недостаточная толщина фронтальной и периферической формовочных плит (10-20 мм). Наиболее частым отказом на участке формовки является деформация фронтальной плиты и износ периферийной рубашки.

После увеличения толщины фронтальной плиты появилась возможность изменить внутренний профиль формирующих отверстий, то есть сформировать 10 мм участок с конусностью для уплотнения гранул и 20 мм участок с нулевой конусностью для калибровки гранул. В процессе пусконаладочных работ для обеспечения допустимой нагрузки на электродвигатель пресса был заменен электродвигатель на более мощный 55 кВт вместо 45 кВт и снижено число оборотов двигателя с 950 до 750 об. / мин.

В результате улучшен внешний вид сформованных жгутов - уменьшено количество посечек и поверхность преимущественно гладкая. Была опробована формовка на плитах с номинальным диаметром формовочных отверстий 14 мм, 16 мм и 18 мм. В связи с увеличением толщины плиты была существенно снижена вероятность деформации плиты под нагрузкой.

Замена формирующего пресса гранулятора на дырчатые или ребристые вальцы не рекомендуется, в связи с тем, что ухудшится качество и структура формируемых гранул.

Согласно технологической карты, сформованные гранулы через течку попадают в противоточный сушильный барабан, где измельчаются, окатываются и высушиваются. В противоточном сушильном барабане диаметром 2,8 м и длиной 14 м происходит измельчение сформованных жгутов на отдельные гранулы, сушка до остаточной влажности 3-6% и окатывание гранул. В качестве сушильного агента используется поток нагретых дымовых газов из трубной вращающейся печи. На предприятии в 2013 г была проведена замена изношенного сушильного барабана на типовой новый сушильный барабан

производства г. Самара. Внутри барабан оборудован пересыпными полками, количество которых было уменьшено с 12 до 6 в связи с тем, что полуфабрикат подвергался значительному измельчению и был пересушен. Скорость вращения барабана регулируется при помощи частотного преобразователя числа оборотов электродвигателя привода барабана. Особенностью работы сушильного барабана является жесткая зависимость температуры подающегося теплоносителя от установленного режима газовой горелки, то есть тепловой режим сушильного барабана определяется потоком, проходящим по печному тракту с учетом подсосов через неплотности тракта. Проходящий через сушильный барабан теплоноситель уносит в своем потоке испаренную влагу и пыль, образующуюся частично в процессе обжига керамзитового гравия во вращающейся печи, а частично в процессе сушки сырцовых гранул. Форма гранул полуфабриката после сушки определяется параметрами формования гранул, загрузкой барабана, сушильными свойствами сырья, конструкцией сушильного барабана, числом оборотов барабана и установившимся потоком теплоносителя. После сушильного барабана полуфабрикат при помощи ковшового элеватора подаётся на предварительное накопление в один из двух бункеров запаса оборудованных системой пароудаления для предотвращения запаривания гранул сырца. Бункера являются своеобразным технологическим буфером. В течение смены идет заполнение одного бункера полуфабрикатом, в то время как из второго бункера при помощи тарельчатого питателя осуществляется равномерное питание печи обжига. Таким образом, устранена жесткая связь в работе формующего отделения и печи обжига.

Тепловая установка - вращающаяся печь обжига диаметром 2.5 м и длиной 40 м была заменена в связи с высокой степенью износа на аналогичную. Рабочая камера вращающейся печи обжига футерована шамотным кирпичом. В футеровке из кирпича выполнены накопительные пороги, что соответствует всем рекомендациям по футеровке керамзитовых печей обжига. Снаружи тело печи побелено, с целью снижения теплотерь в окружающую среду. Печь обжига оборудована газовой горелкой с регулируемой длиной факела и

системой автоматического управления процессом обжига. Регулируется тепловая мощность горелки и соответственно температура в зоне вспучивания, длина и форма факела, соотношение газ-воздух. При работе горелки в автоматическом режиме максимально исключается влияние “человеческого фактора” на стабильность параметров обжига и соответственно стабильность параметров качества выпускаемой продукции. При работе печи отмечено, что производительность печи напрямую связано с коэффициентом вспучивания гранул. Так при средней плотности керамзитового гравия фракции 5-10 и 10-20 мм. 500- 600 кг/куб. м марка по прочности колеблется в интервале М100-М150.

При прочности на сжатие на уровне М150-М200 плотность керамзитового гравия возрастает до 700-750 кг/куб. м. При этом изменяется структура керамзитовой гранулы - вместо развитой ячеистой структуры ядра и тонкой плотной оплавленной корочки гранулы мы имеем шамотоподобную структуру с включениями неразвитой ячеистой структурой и не выраженной недоспеченой корочкой с водопоглощением больше 4%.

После печи охлаждение керамзитового гравия происходит в слоевом холодильнике СМ-1250. Охлажденный керамзит в смеси при помощи ленточного транспортера и элеватора поступает на гравийесортировку ГС-14, где разделяется по фракциям 0-5 мм, 5-10 мм, 10-20 мм и 20-40 мм. которые поступают на хранение в отдельные открытые накопительные бурты, с последующей отгрузкой потребителю.

Проблему получения керамзитового гравия, достаточно эффективного по свойствам и себестоимости, нельзя считать полностью решенной, в связи с чем данная тема и была выбрана для изучения.

Цель настоящего исследования – разработка технологии получения мелкозернистого керамзита (0-5 – 10%, 5-10мм – 40%, 10-20мм – 50%, 20-40мм – 0%) с высокими эксплуатационными характеристиками ( марка П150, плотность Д600) методом пластического формования на основе глины, используемой при производстве керамзита.

С этой целью рекомендуется:

-произвести замену формовочного оборудования на более мощный вакуумный пресс;

- установить резательный агрегат для резки гранул после прессы;

- установить опудривающий тарельчатый гранулятор, что позволит повысить температуру обжига и при этом избежать оплавления гранул.

Использование специальных технологических приемов и модернизированного оборудования дает значительный эффект при получении легкого гравия. В результате существенно снижаются энергетические затраты, повышаются технико-экономические показатели и рентабельность.

Важной задачей является также получение заполнителей с высокой прочностью для расширения производства высокопрочных легких конструкционно-теплоизоляционных и конструкционных бетонов.

Использование новых видов сырья, специальные технологические приемы, модернизация оборудования, применение успешного зарубежного опыта может решить проблему дефицита мелких фракций и наладить их стабильный выпуск.

## **2.2. Действующая сырьевая база керамзитового производства.**

На действующем производстве керамзитового гравия в качестве основного сырья используются глинистые породы Воронинского месторождения (Томская обл). Карьер данного месторождения не находится в собственности предприятия, поэтому анализ пород месторождения носит информационный характер.

Глинистое сырье Воронинского месторождения можно разделить по технологическим свойствам на две сырьевые группы. Первая группа представлена породами желто-коричневого цвета, однородной окраски с некоторыми примесями камневидного материала. В дальнейшем данный тип породы будет именоваться Воронинская глина. Вторая группа представлена породами с однородной светло-серой окраской, рыхлой структуры и легко разрушающейся при механическом воздействии. В данной породе отмечается наличие примесей камневидных включений. В дальнейшем данные породы будут именоваться Воронинским суглинком.

При воздействии на пробы Воронинской глины и Воронинского суглинка 10% раствором соляной кислоты наблюдается интенсивное вскипание, что свидетельствует о присутствии карбонатных примесей.

Результаты определения гранулометрического состава седиментационным методом по ГОСТ 21216 2-81 приведены в таблице 5 и 6.

Таблица 5. Гранулометрический состав пород Воронинского месторождения.

Порода	Содержание %, фракции размером , мм					
	1 -0,25	0,25 — 0,06	0,06 — 0,01	0,01 — 0,005	0,005 — 0,001	< 0,001
Воронинская глина	0,33	7,24	41,21	9,31	11,08	30,8 3
Воронинский суглинок	0,14	21,67	44,46	6,24	7,63	19,8 6

Таблица 6. Гранулометрический состав пород Воронинского месторождения, приведенный к диаграмме распределения фракций «песок-пыль-глина».

Порода	Содержание,% частиц размером , мм			Разновидность сырья
	Песок (1-0,06) мм	Пыль (0,06-0,005) мм	Глинистые < 0,005 мм	
Воронинская глина	7,57	50,52	41,91	Глина пылеватая
Воронинский суглинок	21,88	50,70	27,49	Суглинок пылеватый

Анализ полученных результатов свидетельствует о том, что обе группы Воронинских пород относятся к мелкодисперсному глинистому сырью. Пробы Воронинских суглинков характеризуются повышенным содержанием песчаной фракции, что оказывает существенное влияние на различие технологических свойств Воронинских глин и суглинков.

Согласно различий в значениях адсорбционных влажностей Воронинской глины 4,14% и Воронинского суглинка 1,27% , можно сделать вывод, что содержание глинистых частиц между группами пород различается в 3,25 раза.

Химический состав Воронинских пород приведены в Таблице 7.

Таблица 7. Химический состав пород Воронинского месторождения.

Порода	Содержание оксидов, % масс						
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	R <sub>2</sub> O	ППП
Воронинская глина	62,64	13,77	4,76	4,90	-	4,61	9,32
Воронинский суглинок	68,50	13,26	4,36	2,80	4,77	1,81	4,80

Согласно результатам рентгенофазового анализа, глинистая составляющая пород представляет собой полиминеральную смесь монтмориллонита, гидрослюд и каолинита. Грубодисперсная часть пород сложена преимущественно кварцем и кальцитом.

Кривые ДТА пород характеризуются наличием трёх эндотермических эффектов с максимумами при 100, 510 и 610 ОС, а также одного экзоэффекта при 880ОС, что подтверждает выводы о сложном монтмориллонитово-гидрослюдисто-каолинитовом составе.

Пластичные свойства глинистого сырья Воронинского месторождения приведены в Таблице 8.

Таблица 8. Пластичные свойства пород Воронинского месторождения.

Глина	Влажность W абс , %			Классификация по ГОСТ 9169-75
	Предел текчести	Граница раскатывания	Число пластичности	
Воронинская глина	31,6	18,8	12,8	Умеренно пластичная
Воронинский суглинок	29,8	20,1	9,7	Умеренно пластичная

На основании вышеприведенных данных очевидно, что Воронинские глины и Воронинские суглинки являются двумя резко отличающимися группами

глинистого сырья по технологическим свойствам. Ворнинская глина требует больше воды затворения, чем Воронинские суглинки, и образует пластичную однородную массу. При раскатывании в руках отдельные частицы не ощущаются, а при разрезании ножом не слышно характерного хруста и в месте разреза получается гладкое сечение.

Воронинские суглинки при скатывании дают более короткие и толстые жгуты. При растирании в руках и разрезании ножом чувствуется примесь крупных частиц (слышен характерный «хруст»). Излом массы слабо шероховатый.

Связанность глинистого сырья в технологии керамзитового гравия имеет решающее значение для формования и сохранения оптимальной структуры гранулы сырца. Связанность глинистого сырья характеризуется пределом прочности при сжатии образцов, сформованных методом пластического формования и высушенных при конечной температуре 105 °С.

Формовочные свойства глинистого сырья оценивались величинами полного влагосодержания ( $W_{отн}$ ) и водозатворяемости ( $W_{абс}$ ).

Таблица 9. Формовочные свойства и связанность Воронинских пород.

Порода	Полное влагосодержание ( $W_{отн}$ ), %	Водозатворяемость ( $W_{абс}$ ), %	Связанность кг/см <sup>2</sup>
Воронинская глина	20,4	25,7	104,4
Воронинский суглинок	18,3	22,5	63,6

Воронинская глина по сравнению с Воронинским суглинком отличается более высокой пластичностью и связанностью. То есть при добавлении Воронинского суглинка к Воронинской глине значительно ухудшаются как формовочные свойства влияющие на форму гранул, так и связанность влияющую на прочность сформованной гранулы.

Сушильные свойства Воронинского сырья оцениваются величиной воздушной усадки и чувствительностью к сушке. Чувствительность глинистых пород к сушке определяется их трещиностойкостью при сушке. Появление трещин связано с напряжениями, возникающими в результате неодинаковой величины усадки по сечению и по поверхности изделия, и возникают в тот момент, когда значения этих напряжений превосходят предел прочности материала (характеризуемый связаностью материала).

Таблица 10. Сушильные свойства Воронинских пород.

Порода	Воздушная усадка %	Разновидность по воздушной усадке	Чувствительность к сушке	Класс глинистой породы
Воронинская глина	8,0	Умеренно-пластичная	1,66	Высоко-чувствительная
Воронинский суглинок	3,7	Мало-пластичная	0,63	Мало-чувствительная

### **2.3. Потенциальная сырьевая база керамзитового производства Томского района.**

В Томском районе вышеуказанным требованиям соответствует глинистое сырье следующих разведанных месторождений.

#### **Суровское месторождение.**

Суровское месторождение расположено в 27 километрах к северо-востоку от Томска и 1 км от Иркутского тракта по дороге на Сухоречье, на водоразделе р. Киргизка и р. Сухая — правого притока р. Ушайка. С Томском связь осуществляется круглогодично по тракту Томск-Асино. Геолого разведочные работы проводились ТГРЭ в 1977 г. Лабораторные испытания выполнены в ТИСИ. В геологическом строении месторождения принимают участие верхне-средне-четвертичные покровные отложения и суглинки тайгинской свиты средне-четвертичного возраста. Вскрыша представлена почвенно-растительным слоем толщиной 0,3 м, а полезная толща суглинками толщиной 7,7 м. Среднее содержание глинистых частиц в породе составляет 17,2%. Число пластичности различных слоев месторождения составляет 12,4-19,5 (средняя 16,9%). Плотность гранул полученных в лабораторных условиях колебалась от 360 до 950 кг/м<sup>3</sup>. При добавлении 2% солярового масла коэффициент вспучивания составил 1,9. Установлена принципиальная возможность получения керамзитового гравия с маркой по насыпной плотности Д500. Отмечается повышенная карьерная влажность суглинков. Рекомендуется разрабатывать месторождение открытым способом, с использованием карьерного или заводского бурта для стабилизации минерального состава и корректировки влажности пород.

#### **Придорожное месторождение.**

Придорожное месторождение расположено в Томском районе в 4 км юго-западной д. Семилужки, в 18 км северо-восточней г Томска, с левой стороны от автодороги Томск-Асино. Геолого разведочные работы были проведены в 1984 г. Исследование сырья выполнено в ТИСИ. В геологическом строении

месторождения принимают участие покровные отложения и отложения тайгинской свиты, являющиеся полезной толщей. Суглинки низкодисперсные с содержанием глинистых 38,6%. Среднее число пластичности 13,5. Содержание крупных включений незначительное. Сырье пригодно для производства керамзитового гравия Д400 и Д500 и керамзитового песка Д700 (при условии добавления 1% мазута в качестве газообразующей добавки). Горнотехнические условия месторождения благоприятны для отработки его открытым способом при условии проведения полного комплекса осушительных мероприятий.

### **Семилужкинское месторождение.**

При производстве керамзитового гравия по сухому способу, интерес представляет Семилужкинское месторождение Томского района. Месторождение расположено в 1.2 км севернее деревни Семилужки, в 6 км юго-западной развязки «20 километр» железно-дорожной линии Томск-Асино. Через месторождение проходит Иркутский тракт, соединяющей месторождение автомобильной дорогой с г. Томском. Разведка месторождения произведена ТГРЭ в 1967 г. Исследование сырья проведено в ТПИ и НИИКерамзит. В геологическом строении месторождения принимают участие нижнекарбоновые отложения коры выветривания палеозойских пород и четвертичные отложения. Вскрыша представлена почвенно растительным слоем толщиной 0,3м, покровными суглинками (бурыми, желтовато-бурыми) — 2.0 м, корой выветривания (глины темно-серые, охристо-желтые)- 1.0 м. Полезная толща представлена серыми, темно-серыми, темно-глинистыми аллевролитово-угольно-глинистыми сланцами мощностью 40 м. Глинистые сланцы однородны как по химическому составу, так и по показателю вспучиваемости в окислительных и восстановительных средах. При обжиге глинистый сланец вспучивается, образуя керамзитовый щебень со средней плотностью 500-950 кг/м<sup>3</sup>, при среднем коэффициенте вспучивания 2,9. Заводские испытания показали возможность производства, на основе глинистых сланцев Семилужского месторождения, керамзитового гравия плотностью Д600

и механической прочностью 3,3 МПа. Месторождение рекомендуется обрабатывать открытым способом.

При анализе потенциально доступной сырьевой базы Томского района наиболее оптимальным решением является использование ресурсов Воронинского месторождения.

## **2.4. Описание технологической схемы производства керамзитового гравия после реконструкции.**

Закрытый глинозапасник, объемом примерно 3 500 куб. м., предназначен для организации технологического запаса глинистого сырья, усреднения и вылеживания при гарантированно плюсовых температурах. Частично рабочий объем глинозапасника может быть углублен ниже нулевого уровня, для более компактного размещения. Для перемещения глиномассы над рабочей поверхностью глинозапасника и приемного участка установлен мостовой грейферный кран грузоподъемностью 5 т.

Приемный участок глинистого сырья должен быть расположен так, чтобы позволял принимать глинистое сырье как с глинозапасника, так и поступающее напрямую с карьера или из открытого глинозапасника расположенного на территории производственной площадки.

Подача глинистого сырья осуществляется в приемный бункер двухвального глинорыхлителя СМК 497, который установлен на питателе пластинчатом PL 024. Благодаря усовершенствованной конструкции питателя, глинорыхлитель установлен непосредственно на усиленные стенки питателя без дополнительных и громоздких эстакад, требующих заливку отдельных фундаментов. Глинистое сырье может выгружаться как непосредственно из кузова грузового автотранспорта, перевозящего глинистое сырье с мест добычи или промежуточного хранения, либо грейферным мостовым краном из закрытого глинозапасника. Для обеспечения стабильной работы приемного участка рекомендуется дублировать цепочку оборудования СМК 497 и PL 024.

Дозированная подача глинистого сырья по системе ленточных конвейеров подается для первичного измельчения глиномассы до размера частиц 5-10 мм на вальцы грубого помола СМ 1096 М. Над лентой конвейера установлен электромагнит, предназначенный для извлечения металлических включений, которые могут повредить вальцы грубого помола СМ 1096. Над вальцами установлено разравнивающее устройство для распределения массы по всей

ширине ленты. Это обеспечит подачу глины не на центральную часть банджа, а по всей его ширине, что, в свою очередь, уменьшит износ бандажей в центральной части, продлит срок их службы и позволит держать более точный зазор.

После вальцев шихта по ленточному конвейеру подается в двухвальный смеситель с протирачной (фильтрующей) решеткой PL 250, где происходит тщательное перемешивание компонентов шихты, ее увлажнение и продавливание через протирачную (фильтрующую) решетку. При этом из массы извлекаются все инородные включения, превышающие по размеру отверстия в решетке. На данной технологической операции в смеситель подаются жидкие технологические добавки - мазут и суперпластификатор, из технологических емкостей. Дозирование производится при помощи дозаторов жидких сред. При необходимости возможно проведение корректировки влажности шихты путем подачи воды в двухвальный смеситель.

Из смесителя PL 250 гомогенизированная шихта ленточным конвейером подается на вальцы тонкого помола CM 1096 с рабочим зазором между валками 3-4 мм. Над конвейером установлен электромагнит, для извлечения металлических включений, которые могут повредить вальцы тонкого помола CM 1096. Над вальцами установлено разравнивающее устройство для распределения массы по всей ширине ленты. Это обеспечит подачу глины не на центральную часть банджа, а по всей его ширине, что, в свою очередь, уменьшит износ бандажей в центральной части, продлит срок их службы и позволит держать более точный зазор. После вальцев шихта поступает на ленточный конвейер, который поднимает ее на высоту бункеров буферных питателей PL 024У с бункером объемом около 45 куб.м, которые выполняют функцию “технологического разрыва” между операциями по массопереработке и операциями по формованию гранул сырца. Использование системы накопительных бункеров позволяет исключить шихтозапасник классической конструкцией с загрузочным мостом и многоковшовым экскаватором. Тем не менее установка трех накопительных бункеров позволит обеспечить

вылеживания шихты до 1 суток, что обеспечит проявления эффекта от введения суперпластифицирующих добавок, а также способствует достижению однородности свойств всего объема шихты.

Для выгрузки из дополнительных питателей установлен общий конвейер, по которому шихта поступает в вальцы тонкого помола УСМ 40, где происходит измельчение глиномассы до размера 1...1,5 мм. Над конвейером вальцами установлен электромагнит для извлечения механических включений и разравнивающее устройство (входит в комплект поставки вальцев УСМ 40) для распределения массы по всей ширине ленты. Это обеспечит подачу глины не на центральную часть бандаж, а по всей его ширине, что, в свою очередь, уменьшит износ бандажей в центральной части, продлит срок их службы и позволит держать более точный зазор.

Тонко подготовленная глиномасса из вальцев УСМ 40 направляется по конвейеру в экструдер шнековый вакуумный PL 100, который формирует из нее жгуты, размер поперечного сечения которых задается конструкцией формовочной плиты. Экструдер оборудуется устройством резки гранул. В связи с тем, что планируется организация работы отделения формовки и отделения обжига в круглосуточном режиме, то необходимо предусмотреть возможность установки параллельно двух формовочных агрегатов один из которых должен находиться в резерве.

Сформованные и нарезанные гранулы выгружаются на ленточный конвейер, на который поступает тонко дисперсный минеральный порошок из шнекового питателя для опудривания гранул, которое препятствует их слипанию между собой. Для равномерного распределения порошка по поверхности гранул и придания им округлой формы предусмотрен барабанный смеситель СБФ-2,8\*10.

Окатанные гранулы сырца по конвейеру направляются на тепловую обработку, проходящую на участке сушки-обжига.

В связи с тем, что проектом предусматривается параллельная работа двух печей обжига, общий объем гранул сырца при помощи делителя распределяется на два потока и по системе ленточных конвейеров поступает на

участок сушки-обжига 1 и 2, которые представляют собой независимые идентичные наборы технологического оборудования для проведения операций по сушке сырцовых гранул и высокотемпературного обжига и охлаждения керамзитового гравия, с системой подачи и обеспыливания теплоносителя и газовой горелкой.

Гранулы сырца подаются в сушильный барабан БС 1,2 работающий по принципу противотока. В качестве теплоносителя используются смесь атмосферного воздуха и дымовых газов, поступающих из печи обжига.

Отработанный теплоноситель по системе воздухопроводов поступает на систему газоочистки, состоящей из батареи циклонов и рукавных фильтров, затем удаляется в атмосферу через дымовую трубу.

Из сушильного барабана высушенные гранулы направляются конвейером в буферный питатель на базе удлиненного пластинчатого питателя PL 024У, где создается технологический запас полуфабриката.

Обжиг керамзитового гравия производится во вращающихся печах 1218 (длина 40 м диаметр 2.5 м) оборудованных газовой горелкой. Дымовые газы из печи поступают в пылесадительную камеру для предварительного обеспыливания, а затем после смешивания с атмосферным воздухом подаются в качестве теплоносителя в сушильный барабан.

Обожженный керамзитовый гравий поступает для охлаждения в слоевой холодильник СМ-1250. Затем охлажденный керамзитовый гравий поступает при помощи элеватора на гравиесортировку ГС-14 где производится рассев по фракциям 0-5 мм, 5-10 мм, 10-20 мм и более 20 мм. В случае выхода некондиционного керамзитового гравия предусматривается возможность его подачи при помощи отдельного конвейера в бункер брака.

Готовая продукция после классификации по фракциям распределяется по силосам склада готовой продукции для предварительного хранения 25.

Емкость склада готовой продукции должно обеспечивать хранение минимально 5 суточного запаса по фракции.

Планируемые минимальные объемы керамзитового гравия, подлежащие размещению на складе готовой продукции, с учетом коэффициента заполнения силосов 0,8:

- 1000 м<sup>3</sup> - номинальная годовая производительность  $\Pi = 85\,000$  м<sup>3</sup>/г. (одна линия обжига).

Для обеспечения оптимального хранения четырех фракций керамзитового гравия рекомендуется разместить 10 бункеров номинальным объемом по 200 м<sup>3</sup>.

В случае выпуска керамзитового гравия с размерами гранул более 20 мм он подвергается дроблению до фракции менее 10 мм на дробящем устройстве С 197.03.00.000 производства Строммашина.

## **2.5.Режим работы цеха по производству керамзитового гравия.**

Отправными данными для расчета технологического оборудования, потоков сырья и т.п. является режим работы цеха,

Режим работы устанавливают в соответствии с трудовым законодательством по нормам технологического проектирования предприятий «вязущих веществ»

При назначении режима работы цеха необходимо стремиться обеспечить возможно более полное использование оборудования /основных фондов/ и принимать наибольшее количество рабочих смен в сутки. Завод по производству керамзитового гравия будет иметь два цеха основного производства: сушильно-обжиговое отделение и отделение массопереработки и формовки.

Проектная мощность предприятия определяется по номинальной производительности основного обжигового агрегата исходя из годового фонда работы оборудования.

Годовой фонд рабочего времени — 8760 ч (круглосуточная работа предприятия 365 суток/г.)

Режим работы основного сушильно-обжигового отделения:

Двенадцатичасовая смена, круглосуточный режим (8.00–20.00, 20.00–8.00), количество смен – 4

Режим работы отделения массопереработки и формовки, отсева по фракциям и складирования готовой продукции:

Двенадцатичасовая смена, круглосуточный режим (8.00-20.00, 20.00-8.00), количество смен – 4.

Расчет материального баланса.

Вид изделий: гравий керамзитовый ГОСТ 32496-2013.

Тип изделий: высокопрочный фракционированный керамзитовый гравий (ВПФКГ) Д500 - Д600, фракционированный керамзитовый гравий (ФКГ) , керамзитовый песок (КП) Д900.

Таблица 11. Характеристика продукции до реконструкции.

Параметры продукции	КП	ВПФКГ	ФКГ	ФКГ
Фракция, мм	0-5	5-10	10-20	20-40
Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>	900	600	600	500
Марка по прочности	П200	П150	П125	П 100
Доля в общем выпуске, % куб. м	10	30	40	20

Средняя плотность продукции: 550 кг/м<sup>3</sup> (Д700).

Таблица 12. Характеристика продукции после реконструкции.

Параметры продукции	КП	ВПФКГ	ФКГ	ФКГ
Фракция, мм	0-5	5-10	10-20	20-40
Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>	900	550	500	-
Марка по прочности	П200	П200	П150	-
Доля в общем выпуске, % куб. м	10	40	50	-

Средняя плотность продукции: 550 кг/м<sup>3</sup> (Д700).

Общая годовая производительность: не менее 80 тыс. куб. м керамзитового гравия в год.

В качестве базового способа производства принимаем производство керамзитового гравия по пластичному способу формования гранул полуфабриката, с последующем обжигом в однобарабанной вращающейся трубной печи. Техническое решение по выбору пластического способа производства обусловлено карьерной влажностью глинистого сырья, которая, для месторождений Томского района составляет 18-24%. Однобарабанные вращающиеся трубные печи являются классическим решением для организации

процесса высокотемпературной обработки керамзитового гравия. Использование двухбарабанных обжиговых печей и аэрофонтанных печных установок направлены на получение облегченного керамзитового гравия и песка.

В состав производства входят следующие основные технологические переделы:

1. Карьер глинистого сырья (разработка и рекультивация осуществляется по действующим ТНПА).
2. Отделение приема и хранения сырья и добавок.
3. Отделение массопереработки и формовки гранул сырца.
4. Сушильно-обжиговое отделение (включая системы пылеочистки теплоносителя и охлаждения керамзитового гравия).
5. Отделение отсева по фракциям и складирования готовой продукции.

Таблица 13. Показатели работы основного теплового агрегата.

Тип обжигового агрегата	Годовой фонд календарного времени обжигового агрегата в час	Коэффициент использования календарного времени Ки	Рабочее время на выработку продукции	Производительность обжигового агрегата при марке керамзита Д500	
				м <sup>3</sup> /ч (смену)	М <sup>3</sup> /г. (обжиговый агрегат)
Печь вращающаяся D=2,5м, L=40 м	8760	0,92	8059	10,8	87 000

Необходимо пересчитать номинальную производственную мощность обжигового агрегата, м<sup>3</sup>/г., с учетом отличия средней насыпной плотности готовой продукции в заявленном оборудовании:

$$M_{\text{обж агр}} = C \cdot T \cdot K_{\text{и}} \cdot K_{\text{об}} = 10,8 \cdot 8760 \cdot 0,92 \cdot 0,95 = 85\,000 \text{ м}^3/\text{г}$$

$M_{\text{обж агр}}$  — годовая производительность агрегата, м<sup>3</sup>;

$C$  — паспортная часовая производительность агрегата по керамзиту для марки Д500, м<sup>3</sup>/ч;

$T$  — календарный фонд рабочего времени в час;  $T = 8760$ ;

$K_{\text{и}}$  — коэффициент использования календарного времени;

$K_{\text{об}} = 0,95$  — объемный коэффициент, учитывающий марку керамзита по насыпной массе Д550 по отношению к Д500;

Для гарантированного обеспечения выполнения плановых показателей необходимо использовать одну линию обжига керамзитового гравия, на базе вращающихся печей обжига диаметром 2,5 м и длиной 40 м. В качестве

основной единицы обжигового оборудования рекомендуем принять трубную печь обжига ПВ 40x2,5 типа 1218 производства “Самарский завод Строммашина” г. Самара. (ТУ 22-3404-75 Код ОКП 484681). Печь, вращающаяся состоит из следующих основных сборочных единиц: цилиндрического корпуса, приводов, загрузочной и разгрузочной головок, уплотнений холодного и горячего концов печи, станции опорной, станции опорно-упорной, кожуха венцовой пары.

Дальнейший расчет проведен для двух вариантов:

- Вариант №1: номинальная годовая производительность  $P = 75\ 000$  м<sup>3</sup>/г. (до реконструкции).

- Вариант №2: номинальная годовая производительность  $P = 80\ 000$  м<sup>3</sup>/г. (после реконструкции).

Варианты средней производительности проектируемого предприятия (по керамзиту Д600)

Таблица 14.

	Годовая производительность, м <sup>3</sup> /год  (Д700)	Суточная производительность,  м <sup>3</sup> /сутки  (Д700)	Сменная производительность,  м <sup>3</sup> /смена  (Д700)	Часовая производительность,  м <sup>3</sup> /час  (Д700)
Вариант 1	75 000	220	109,75	9,13
Вариант 2	80 000	233	116,34	9,67

Удельные расходы сырьевых материалов при производстве керамзитового гравия принимаем согласно норм технологического проектирования, с учетом средней насыпной плотности продукции.

Удельный расход глинистого сырья для производства керамзитового гравия марки Д500 в среднем по отрасли принимают как 750 кг/м<sup>3</sup>. Следовательно при перерасчете на марку керамзитового гравия Д700 с учетом объемного коэффициента 0,69, удельный расход глины составит 1087 кг/м<sup>3</sup>.

Уточненный удельный расход сырья Н, кг/м<sup>3</sup>, при проектировании предприятия:

$$N = r / ((1 - \text{ППП}/100) \cdot (1 - W_0) \cdot (1 - \text{Птр}/100 - \text{Пс}/100 - \text{Побж}/100)) \\ = 655 / ((1 - 10/100) \cdot (1 - 20/100) \cdot (1 - 1/100 - 2/100 - 2/100)) = 655 / 0,684 = 958 \text{ кг.}$$

$r = 555 \text{ кг/м}^3$  — насыпная плотность керамзита;

ППП = 10% — потери при прокаливании по результатам испытаний сырья;

$W_0 = 20\%$  — влажность глины, поступающей в производство;

Птр = 1% — технологические потери при транспортировке;

Пс = 2% — технологические потери при сушке;

Побж = 2% — технологические потери при обжиге.

Для проектируемого предприятия принимаем:

- максимальный допустимый удельный расход глинистого сырья (с карьерной влажностью 20%) - 1090 кг/м<sup>3</sup>.

- максимальный удельный расход жидкой газообразующей добавки (мазут марки М100) - 10 кг/м<sup>3</sup>.

- максимальный удельный расход жидкой суперпластифицирующей добавки (ССБ и его аналоги) - 10 кг/м<sup>3</sup>.

- максимальный удельный расход порошковой опудривающей добавки – 10 кг/м<sup>3</sup>.

- максимальный удельный расход воды на технологические нужды - 0,03 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>.

Для расчета материального баланса двух вариантов проектирования технологических линий предприятия определяем номинальную суточную потребность в основных сырьевых материалах.

Таблица 15. Средняя суточная потребность в сырьевых материалах проектируемого предприятия по производству керамзитового гравия.

	Вариант 1	Вариант 2
Глинистое сырьё	180	191
Мазут	1,65	1,75
Суперпластификатор	1,65	1,75
Опудривающие добавки	1,65	1,75
Вода	4,95	5,2

Производственная площадка предприятия по производству керамзитового гравия должна включать отделения приема и хранения сырья и добавок, массопереработки и формовки гранул сырца, сушки и обжига (включая системы пылеочистки теплоносителя и охлаждения керамзитового гравия), отсева по фракциям и складирования готовой продукции.

Отделение приема и хранения сырьевых материалов должно располагать объемом складских сооружений, достаточным для обеспечения хранения запасов сырьевых материалов согласно норм технологического проектирования.

Таблица 16. Минимальные нормы запасов сырья, и технологических добавок.

	Норма запаса в рабочих сутках	Норма запаса в тоннах	
		Вариант 1	Вариант 2
Запасы сырья: а) открытый склад (конус): 1) доставка автотранспортом, сут: до 20 км - Вариант №1: номинальная годовая производительность П=80.000 м3/г. (до реконструкции). - Вариант №2: номинальная годовая производительность П=85.000 м3/г. (после реконструкции). св. 20 км	90	16 200	17 172
б) глинозапасник закрытый, расчетные рабочие сутки	180	32 400	34 344
	15	2 700	2862
Мазут	15	24,75	26,24
Суперпластификатор	15	24,75	26,24
Опудривающие добавки	15	24,75	26,24

Для определения складских объемов для хранения сырьевых материалов, следует принимать насыпную плотность влажного глинистого сырья 1,6-1,8 т/м3.

Карьер глинистого сырья (Воронинское месторождение) находится на удалении менее 20 км от производственной площадки проектируемого предприятия.

Операция по созданию запаса глинистого сырья в открытом глинозапаснике (формирование буртов на территории производственной площадки)

предназначена как для формирования технологического резервного запаса глинистого сырья, так и служит для усреднения и вылеживания, что приводит к улучшению технологических свойств глинистого сырья. Рекомендуемый минимальный объем буртов открытого глинозапасника для двух вариантов технологического проектирования должен составлять:

- 10 000 м<sup>3</sup> для варианта 1

Глинистое сырье доставляется на производственную площадку грузовым автотранспортом. Необходимо предусмотреть организацию внутрипроизводственный путей, позволяющих осуществлять выгрузку глинистого сырья как непосредственно в приемные бункера питателей отделения массопереработки, так и на создание накопительных буртов открытого глинозапасника.

Оформление формы буртов в виде конусов производится при помощи бульдозера. Отгрузка сырья из конусов ведется при помощи экскаватора и подается на технологию грузовым автотранспортом.

Глинистое сырье, доставляемое с карьера или открытого глинозапасника расположенного на производственной площадке, поступает на предварительное хранение в теплый закрытый глинозапасник, либо напрямую в приемные бункера питателей. Номинальное время вылеживания глинистого сырья в закрытом глинозапаснике 15 суток.

Рекомендуемый минимальный объем закрытого отапливаемого глинозапасника для двух вариантов технологического проектирования должен составлять:

- 1 750 м<sup>3</sup> для варианта 1 (одна линия обжига)

Для обеспечения нормативного запаса мазута (плотность мазута 0,86 - 1 т/м<sup>3</sup>) минимальный объем емкости под мазут должен составлять 60 м<sup>3</sup>, с учетом коэффициента запаса принимаем значение 100 м<sup>3</sup>. Для усреднения качественных показателей мазута с целью исключения колебания коэффициента вспучивания в зависимости, рекомендуем увеличение емкости для хранения мазута до 1000 м<sup>3</sup>.

Запас добавок суперпластификатора хранится в теплом складе в ёмкостях, предоставленных производителем.

В качестве опудривающих добавок возможно использование пыли-уноса из системы пыле-газо очистки.

Вода на технологические нужды подается из системы заводского водоснабжения.

Для определения номинальной производительности оборудования участка массопереработки и формовки принимаем удельный расход глинистого сырья 1090 кг/м<sup>3</sup>.

Средняя суточная производительность участка массопереработки и формовки

$Q_{\text{ср. СуТ}} = 180 + 1,65 + 1,65 = 183,3$  т/сут для варианта 1 (до реконструкции);

$Q_{\text{ср. СуТ}} = 191 + 1,75 + 1,75 = 194,5$  т/сут для варианта 2 (после реконструкции).

Номинальная производительность оборудования участка массопереработки и формовки рассчитывается по формуле:

$$Q_{\text{н}} = Q_{\text{ср. СуТ}} / (24 * K_{\text{р}} * K_{\text{г}} * K_{\text{ух}})$$

$K_{\text{н}}$  - минимальная номинальная паспортная производительность оборудования в технологической линии массопереработки и формовки;

$K_{\text{р}} = (T_{\text{к}} - T_{\text{р}}) / T_{\text{к}} = (8760 - 760) / 760 = 0,91$  коэффициент использования рабочего времени с учетом планово-предупредительных ремонтов;

$K_{\text{ух}} = 0,93$  коэффициент, учитывающий затраты рабочего времени на уход за оборудованием (чистка, смазка и т. д.);

$K_{\text{г}} = 0,75$  коэффициент готовности технологической линии учитывающий устранение случайных сбоев (отказов) при работе оборудования.

$$Q_{\text{н}} = 183,3 / (24 * 0,91 * 0,75 * 0,93) = 12,04 \text{ т/ч для варианта 1 (до реконструкции);}$$

$Q_{\text{н}} = 194,5 / (24 * 0,91 * 0,75 * 0,93) = 12,76$  т/ч для варианта 2 (после реконструкции).

Принимаем минимальную номинальную производительность технологической линии участка массопереработки и формовки 15 т/ч.

Реальная установочная мощность оборудования может превышать  
минимальную допустимую производительность.

## 2.6. Подбор сушильного барабана и системы газо очистки.

Сушильная производительность сушильных барабанов и других установок определяется количеством испаряемой влаги. Ее обычно характеризуют удельным паронапряжением (количеством воды, испаряемой 1м<sup>3</sup> рабочего объема сушильного барабана за 1 ч). При расчете сушильных барабанов, шаровых мельниц, используемых для одновременного помола и сушки, удельную паронапряженность  $A$  принимают равной: при сушке глины – 20 – 40 кг/м<sup>3</sup>·ч;

Принимаем сушильный барабан объемом 1080 м<sup>3</sup>;

Типа СМ; Производительностью 10,5 т/ч;

Мощностью электродвигателя 12,5 кВт

Обеспыливание отходящих газов и аспирационного воздуха необходимо для уменьшения загрязнения пылью окружающей местности, создания нормальных санитарных условий в производственных помещениях, а также для повышения эффективности производства: возврат пыли сокращает расход сырья, топлива и электроэнергии.

Санитарными нормами на проектирование промышленных предприятий регламентированы предельно допустимые концентрации пыли в воздухе рабочих помещений до 1-10 мг/м<sup>3</sup>; в отходящих газах, выбрасываемых в атмосферу до 30 – 100 мг/м<sup>3</sup>. Наиболее жесткие требования предъявляются к очистке воздуха и газов от пыли, содержащей двуокись кремния.

Для создания нормальных условий труда цехи по производству керамзита обеспечивают системами искусственной и естественной вентиляции, герметизируют места, где происходит пылевыделение, осуществляют отсос /аспирацию/ воздуха от источников пылеобразования /бункеров, течек, дробильно-помольных установок, элеваторов и т.п./

Очистку отходящих газов и аспирационного воздуха до предельно допустимых концентраций осуществляют в одно-, двух-, трех- и более ступенчатых пылеочистных установках. На первой ступени пылеочистки обычно устанавливают циклоны, на второй – батарейные циклоны.

Циклоны, батарейные циклоны подбирают по производительности, характеризуемой количеством газа и воздуха, м<sup>3</sup>, которые можно очистить в них за 1 ч,

Количество аспирационного воздуха, отсасываемого от сушильного барабана:

$$V_{ВОЗ} = 3600 V_0; \text{ м}^3/\text{ч}$$

S-площадь свободного сечения барабана мельницы, равная 50 % от номинальной, м<sup>2</sup>;

$$S = 50\% \cdot 12,56 = 6,28 \text{ м}^2 ;$$

V- скорость отсасываемого воздуха в мельнице, м/с при нормальном аспирационном режиме составляет 0,6-0,7 м/с.

$$V_{ВОЗ} = 3600 \cdot 6,28 \cdot 0,65 = 146,25 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Вентилятор: ВМ-12;

Мощность 12 кВт;

Масса 1900 кг;

Производительность 15000 м<sup>3</sup>/ч;

Циклон: НИИО газ. Серии ЦН 15;

Диаметром 600 см;

Допускаемая максимальная температура газов 250°С;

Характеристика ковшовых элеваторов

Количество поступаемого материала в элеватор №1 равно 20 м<sup>3</sup>/ч;

Количество поступаемого материала в элеватор №2 равно 40 м<sup>3</sup>/ч;

Отсюда следует, что принимаем элеваторы:

Производительность – 51,5 м<sup>3</sup>/ч;

Мощность электродвигателя -3-4 кВт;

## 2.7. Расчет потребности в энергетических ресурсах

К энергетическим ресурсам относят топливо, пар, электроэнергию и сжатый воздух, необходимые для выполнения технологических операций.

Расход электроэнергии устанавливают расчетным путем, исходя из технических характеристик основного и транспортного оборудования. Расчет расхода электроэнергии для каждой группы электродвигателей рекомендуется вести по форме табл.

Таблица 17. Расход электроэнергии

Основное оборудование и его наименование с электродв.	Кол-во единиц оборуд.	Мощность эл. двигателей, кВт		Коэфф. использ. з. во времен и	Коэфф. по мощност и	Часовой расход эл. Энергии с учетом коэффициента использования и загрузки по мощности, кВтч
		Единицы	Общая			
Кран мостовой	1	77	77	0,8	0,13	0,29
Глинорыхлитель	2	60	120	0,8	0,04	0,09
Питатель пластинчатый	2	5,5	11	0,8	0,13	1,60
Конвейер	13	5,5	71,5	0,8	0,13	0,29
электромагнит ГЭМ-2000	2	0,8	1,6	0,8	0,31	4,50
Устройство для разравнивания глиномассы	2	1,85	3,9	0,8	0,32	17,6
Вальцы камневыделительные	2	42,5	85	0,8	0,31	4,50
Смеситель двухвальный	2	95	24	0,8	0,32	17,6

с фильтрующей решеткой						
Вальцы тонкого помола	2	4	8	0,8	0,31	4,50
Пресс шнековый	2	90	180	0,8	0,32	27,6
Барабанный смеситель	1	4	4	0,8	0,32	17,6
Барабан сушильный	1	4	4	0,8	0,32	17,6
Элеватор	2	7,5	15	0,8	0,13	0,29
Печь вращающаяся	1	23,5	23,5	0,8	0,82	18,6

В данном ориентировочном расчете коэффициент использования двигателя во времени отражает отношение времени фактической работы оборудования в смену к продолжительности смены.

Коэффициент нагрузки по мощности отражает использование мощности двигателя, установленного при данном оборудовании в зависимости от степени его загрузки в период работы. Если оборудование загружается полностью в соответствии с технической производительностью и двигатель работает на полную мощность, то он равен 1, а если полностью не используется, то он будет меньше единицы.

Коэффициент загрузки во времени технологического и транспортного оборудования, связанного между собой без промежуточных емкостей, применяется одинаковый для всех машин. Например, питатели непрерывного действия, мельница, винтовой конвейер, ведущий выдачу измельченного продукта, имеют одинаковое время работы. Часовой расход электроэнергии (кВт·ч) получают умножением общей мощности каждой машины (графа 4) на коэффициент загрузки и использования во времени (графы 6 и 7).

Расход электроэнергии в смену, в сутки и в год устанавливают умножением соответствующего количества рабочих часов в смену, сутки.

## 2.8.Вакуумный экструдер PL100

Учитывая тенденции рынка строительных материалов ПАО «Завод «Красный Октябрь» разработал новый шнековый вакуумный пресс PL100 для производства кирпича и камня керамического по ГОСТ 530-2012 и ДСТУ БВ.2.7-61:2008.

Экструдер PL100 является следующей моделью в линейке прессового оборудования завода «Красный Октябрь» после пресса УСМ 50.

За счет новой конструкции шнековой группы и упорных узлов, давление в головке при прессовании достигает 40 атм., что приближает пресс PL100 к прессам для полужесткой экструзии и по своим характеристикам пресс не уступает аналогам мировых производителей.

В прессе применены отдельные приводы смесителя и пресса. Приводы оснащены двухступенчатыми планетарными редукторами итальянской фирмы Bonfiglioli общепромышленной серии.

Применена система смазки, хорошо зарекомендовавшая себя на других машинах (в частности на прессе УСМ 50) – смазка выполняется жидким маслом под давлением. Смазка узлов смесителя и шнекового вала производится отдельно и имеет собственные насосы. Каждая система имеет два фильтра очистки и замкнута, что исключает попадание загрязняющих материалов извне.

Применено новое решение уплотнения шнекового вала на входе в вакуум-камеру – уплотнение выполняется солидолом под давлением. Пресс выполнен по типу «комби»: смеситель и пресс независимы и могут быть устанавливаться как параллельно, так и перпендикулярно. Диаметр шнека на выходе 500 мм позволяет формировать как кирпич, так и камень крупноформатный.

Пресс поставляется в собранном виде (все узлы и детали расположены на общей раме), что значительно упрощает монтаж.

Концевой шнек имеет шлицевое зацепление с промежуточным и может быть выставлен в любом положении с шагом поворота 18°.

Замена валов смесителя и шнекового вала производится без разборки редуктора, подшипников и систем уплотнения, что позволяет сократить простои прессы при ремонтах.

Пресс комплектуется преобразователями частоты тока фирмы «Schneider Electric», что позволит регулировать частоту вращения валов шнекового и смесителя в зависимости от ситуации. Также преобразователи частоты тока защищают электродвигатели от перегрузок, перебоев напряжения, перекоса фаз и пр.

Пресс комплектуется импортным вакуумнасосом высокой производительности и малой мощности.

Как и предыдущая модель, пресс PL100 разработан с учетом специфики работы в странах СНГ, а потому в его конструкцию заложен целый ряд особенностей.

\* – пресс оснащен преобразователями частоты тока, которыми регулируется скорость вращения валов.

\*\* – Формовочная оснастка разрабатывается индивидуально с учетом свойств сырья и технического задания, для чего проводятся лабораторные

1.2 Основные параметры и размеры пресса шнекового вакуумного должны соответствовать указанным в таблице 1.

Таблица 1

Наименование параметра	Значение
Максимальная производительность по керамической массе, т/ч:	25
Установленная мощность общая, кВт, в т. ч.:	225,2
- пресс	160
- смеситель	55
- лопастные валы	4x2
- маслonaсосы	1,1x2
Диаметр шнека пресса, мм	
- заборной части	550
- на выходе	500
Частота вращения, об/мин	
- шнекового вала	22
- валов смесителя	22
- лопастных валов	40
Давление в прессовой головке, МПа	(4)**
Габаритные размеры, мм	
- длина без головки	4405
- ширина	4770
- высота	2423
Масса (без вакуум-установки и шкафов управления), кг	17054
Гамма-процентный ресурс до первого капитального ремонта при $\gamma=80\%$ , ч, не менее	16000
Средняя наработка на отказ, ч, не менее	400
Напряжение питания, В	380
Частота тока питающей цепи, Гц	50

**Примечание:**

1. \*При формовании изделий из малопластичных глин с числом пластичности менее 7 по ГОСТ 9169-85 допускается снижение производительности, но не более чем на 20%.

2. \*\*При значении бокового давления, указанного в скобках, при формовании пустотелых изделий допускается снижение расчетной производительности, но не более чем на 25%.

3. Пресс шнековый вакуумный по своим вибрационным характеристикам и уровню звукового давления в октавных полосах частот, измеренным при проведении приемочных испытаний, соответствует требованиям ТУ.

					PL100.00.00.000ПС	Лист
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		4

массы.

Характеристика пресса PL100.

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
з-5301	Сидоров Никита Геннадьевич

<b>Институт</b>	<b>Электронного обучения</b>	<b>Кафедра</b>	<b>ТСН</b>
Уровень образования	Специалитет	Направление/специальность	ХТТНСМ

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

1. Стоимость ресурсов проекта: материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах; анкетирование; опрос.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

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

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала проекта	Проведение предпроектного анализа. Определение целевого рынка и проведение его сегментирования. Выполнение SWOT-анализа проекта
2. Разработка устава научно-технического проекта	Определение целей и ожиданий, требований проекта. Определение заинтересованных сторон и их ожиданий.
3. Планирование процесса управления проектом: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Определение производственной мощности. Расчет сырья, материалов, оборудования, фонда оплаты труда. Расчет себестоимости готового продукта. Расчет точки безубыточности.
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Проведение оценки экономической эффективности по реконструкции отделения массопереработки предприятия по выпуску керамзитового гравия

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

1. Расчет точки безубыточности графическим и математическим методами.
2. Расчет технико-экономических показателей
3. Расчет чистого денежного потока
4. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности проекта

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

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент	Рыжакина Т.Г.	К.Э.Н.		11.02.16

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
з-5301	Сидоров Никита Геннадьевич		11.02.16

### 3. Экономическая часть.

#### 3.1. Расчёт производственной мощности.

Под производственной мощностью химического предприятия (производства, цеха) понимается максимально возможный годовой выпуск готовой продукции в номенклатуре и ассортименте, предусмотренных на плановый период при наилучшем использовании производственного оборудования, площадей в результате внедрения инноваций или проведения организационно-технических мероприятий.

$$M = P_{\text{час.}} \cdot T_{\text{эф.}} \cdot K_{\text{об.}},$$

$$M = 7,7 \cdot 8088 \cdot 1 = 62278$$

где  $P_{\text{час.}}$  – часовая производительность оборудования в натуральных единицах;

$T_{\text{эф.}}$  – эффективный фонд времени работы оборудования (час.);

$K_{\text{об.}}$  – количество однотипного оборудования, установленного в цехе.

Эффективный фонд времени оборудования:

$$T_{\text{эфф}} = T_{\text{ном.}} - T_{\text{ППР}} - T_{\text{ТО}},$$

$$T_{\text{эф}} = 365 - 28 = 337$$

где  $T_{\text{ном.}}$  – номинальный фонд работы оборудования;

$T_{\text{ППР}}$  – время простоя в ремонтах за расчетный период (для расчета  $T_{\text{ППР}}$  необходимо построить график ППР с указанием времени работы между ремонтами и временем простоя в ремонте);

$T_{\text{ТО}}$  – время технологических остановок.

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

$$T_{\text{ном}} = 365 - 0 - 0 = 365$$

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

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

Таблица 18. Баланс рабочего времени оборудования

Показатели	Количество дней (часов)
Календарный фонд времени	365 (8760)
Режимные потери рабочего времени	
выходные	0
праздники	0
Номинальный фонд рабочего времени	365 (8760)
Простой оборудования в ремонтах	28 (672)
Эффективное время работы оборудования за год	337 (8088)

Для анализа использования оборудования рассчитываем экстенсивный и интенсивный коэффициенты.

Коэффициент экстенсивного использования оборудования равен

$$K_{\text{экс}} = T_{\text{эф}}/T_{\text{н}} .$$

$$K_{\text{экс}} = 8088/8760 = 0,923$$

Коэффициент интенсивного использования оборудования равен

$$K_{\text{инт}} = Q_{\text{пн}}/Q_{\text{мах}} ,$$

$$K_{\text{инт}} = 62278/70193 = 0,8872$$

где  $Q_{\text{пн}}$  – производительность единицы оборудования в единицу времени;

$Q_{\text{мах}}$  – максимальная производительность в единицу времени.

Интегральный коэффициент использования мощности:

$$K_{\text{им}} = K_{\text{экс}} \cdot K_{\text{инт}} .$$

$$K_{\text{им}} = 0,923 \cdot 0,8872 = 0,8189$$

Для определения фактического выпуска продукции рассчитывается производственная программа ( $N_{\text{год}}$ ):

$$N_{\text{год}} = K_{\text{им}} \cdot M,$$

$$N_{\text{год}} = 0,8189 \cdot 62278 = 51000$$

где  $K_{\text{им}}$  – коэффициент использования мощности.

### 3.2. Расчет себестоимости готовой продукции по действующему производству

Расчет годового фонда заработной платы цехового персонала

Расчет численности персонала:

- основных рабочих;
- вспомогательных рабочих;
- ИТР;
- служащих;
- МОП.

Таблица 19. Расчет численности персонала основных рабочих

Категория персонала	Норма обслуживания,	Число смен в	Число единиц оборудования,	Явочная численность,	Эффективное время рабочего,	Коэффициент перехода,	Списочная численность,
	Нобс	S					
Основные рабочие	1,86	3	13	21	1768	1,49	31
Вспомогательные рабочие	1,12	1	13	10	1768	1,49	19
Итого							50

Таблица 20. Расчет численности ИТР, служащих и МОП

Наименование должности	Категория	Тарифный разряд	Число штатных единиц	Количество смен в сутках	Штатная численность
Начальник цеха	ИТР		1	1	1
Технолог	ИТР	10	1	1	1
Энергетик	ИТР	13	1	1	1
Механик			1	1	
Младший обслуживающий персонал	МОП		3	1	3
Водители на производстве и отгрузке			3	1	3
Итого			10		

Таблица 21. Баланс эффективного времени одного среднесписочного работника

№	Показатели	Дни	Часы
1.	Календарный фонд рабочего времени	365	8760
2.	Нерабочие дни выходные праздничные	96 12	
3.	Номинальный фонд рабочего времени	257	2056
4.	Планируемые невыходы: очередные и дополнительные отпуска невыходы по болезни или декретные отпуска отпуск в связи с учебой без отрыва от производства выполнение госуд. обязанностей	28 7 1	
5	Эффективный фонд рабочего времени	221	1768

Таблица 22. График сменности

Номер смены	Часы работы	Дни месяца																	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	0–8	А	А	А	А	В	В	В	В	С	С	С	С	Д	Д	Д	Д		
2	8–16	С	Д	Д	Д	Д	А	А	А	А	В	В	В	В	С	С	С		
3	16-24	В	В	С	С	С	С	Д	Д	Д	Д	А	А	А	А	В	В		
Отдых		Д	С	В	В	А	Д	С	С	В	А	Д	Д	С	В	А	А		

Номер смены	Часы работы	Дни месяца																
		1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3
		5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	
1	0–8	А	А	А	А	В	В	В	В	С	С	С	С	Д	Д	Д	Д	
2	8–16	С	Д	Д	Д	Д	А	А	А	А	В	В	В	В	С	С	С	
3	16-24	В	В	С	С	С	С	Д	Д	Д	Д	А	А	А	А	В	В	
Отдых		Д	С	В	В	А	Д	С	С	В	А	Д	Д	С	В	А	А	

Расчет годового фонда зарплаты ИТР, служащих и МОП производится на основании их окладов согласно штатному расписанию.

Общий фонд заработной платы рабочих за год:

$$Z_{год} = Z_{осн} + Z_{доп},$$

где  $Z_{осн}$  – основной фонд заработной платы рабочих, тыс. руб;

$Z_{доп}$  – дополнительный фонд заработной платы рабочих, тыс. руб.

Основной фонд заработной платы для рабочих повременщиков:

$$Z_{осн} = Z_{тар} + Pr + Дн.вр + Дпр.дни + Дбриг,$$

где  $Z_{тар}$  – тарифный фонд заработной платы, тыс. руб;

$Pr$  – оплата премий, тыс. руб;

$Дн.вр$  – доплата за работу в ночное время, тыс. руб;

$Дпр.дни$  – доплата за работу в праздничные дни, тыс. руб;

$Дбриг$  – доплата не освобожденным бригадирам, тыс. руб.

Тарифный фонд заработной платы:

$$Z_{тар} = \sum Чсп \cdot Тст \cdot Тэф.раб,$$

где ***Чсн*** – списочная численность рабочих данного разряда, чел.;

***Тсн*** – дневная тарифная ставка данного разряда, тыс. руб.

Размер премий принимаем равным 20–70 % от тарифного фонда заработной платы.

По отношению к тарифному фонду заработной платы доплата за праздничные дни составит 40 %.

Дополнительная зарплата (ЗДОП):

$$\text{ЗДОП} = (\text{ДН} * \text{ЗОСН}) / \text{ТЭФФ},$$

где ***ДН*** – количество дней невыхода на работу по планируемыми причинам (отпуск, ученические, гос.обязанности).

Районный коэффициент для г. Томска – 1,3.

Отчисления на социальные нужды на зарплату – 30 % от (ЗОСН+ЗДОП).

Длительность сменоборота, дней:

$$\text{Тсм.об.} = a * b,$$

***a*** – количество бригад,

***b*** – количество дней, в течении которых бригада работает в одну смену, дней

$$\text{Тсм.об.} = 3 * 2 = 6 \text{ дней}$$

Количество выходных дней:

$$\text{Твых} = \text{Ткал} / \text{Тсм.об} * n,$$

***Твых*** – количество выходных дней,

***Ткал*** - календарный фонд времени работы одного среднесписочного рабочего, дней,

***N*** – количество смен за сменоборот.

Одна смена работает два дня в день – один день отдыхает – два дня в ночь – два дня отдыхает и т.д.

$$\text{Твых} = 365 = 365 / 6 * 4 = 243$$

Продолжительность рабочих смен в сменобороте:

$$\text{Траб.см.} = \text{Тсм} - n,$$

***Тсм*** – длительность сменоборота, дней,

***n*** – количество выходных дней.

$$\text{Траб.см.} = 6 - 4 = 2$$

Находим номинальный фонд рабочего времени

$$\text{Траб} = \text{Ткал} * \text{Траб.см.} / \text{Тсм},$$

$$\text{Траб} = 365 * 2 / 6 = 122 \text{ дня}$$

Находим количество персонала (производственного) работающего посменно:

$$\text{Няв} = \text{Ншт} * S,$$

*Няв* – явочная численность производственного персонала, работающего посменно, человек,

*Ншт* – штатное количество человек, работающих в смену,

*S* – число смен,

$$\text{Няв.осн.} = 7 * 3 = 21,$$

$$\text{Няв.вс.} = 13 * 1 = 13$$

Списочная численность:

$$\text{Нсп} = \text{Няв} * \text{Кпер},$$

*Кпер* – коэффициент перехода от явочной численности к списочной.

$$\text{Кпер} = \text{Тэфф.об.} / \text{Тэфф.раб.},$$

$$\text{Тэфф.об.} = \text{Твых} + \text{Тэфф.раб.} = 864 + 1768 = 2632 \text{ ч.}$$

*Тэфф.раб.* – эффективный фонд рабочего времени одного среднесписочного рабочего, ч.,

$$\text{Тэфф.раб.} = 1768$$

$$\text{Кпер.} = 2632 / 1768 = 1,49$$

Списочная численность равна:

$$\text{Нсп.осн.} = 21 * 1,49 = 31$$

$$\text{Нсп.вс.} = 13 + 1,49 = 19$$

Таким образом, штатное расписание предусматривает 60 человек, в том числе производственных рабочих – 31 человек, вспомогательных рабочих – 19 человека, руководителей – 10 человек с общим годовым фондом заработной платы 10800 тыс. руб. Общие данные и показатели по труду сведены в таблице.

Таблица 23. Показатели по труду и заработной плате.

Наименование	Ед. измерения	Показатели
Численность всего:	человек	60
-руководители, служащих, МОП		10
-основные рабочие		31
-вспомогательные рабочие		19
Годовой фонд заработной платы:	тыс.руб.	10800
-руководящего состава, служащих, МОП		1800
-основных рабочих		5580
-вспомогательных рабочих		3420

Отчисления на социальные нужды производятся в размере 30% и составят 3240 тыс. руб., соответственно по категориям:

- руководящий состав, служащие, МОП:  $1800 * 0,3 = 540$  тыс. руб.;
- основные рабочие  $5580 * 0,3 = 1674$  тыс. руб.,
- вспомогательные рабочие:  $3420 * 0,3 = 1026$  тыс.руб.

### 3.3. Расчет затрат на производство продукции

Расчет годовой потребности в сырье и материалах.

Определение затрат на сырье и материалы производим исходя из принятого объема производства, удельных норм расхода сырья и материалов и планово-заготовительных цен.

Таблица 24. Расчет годовой потребности в сырье и материалах

Наименование сырья	Ед. изм.	Цена, тыс. руб.	Расход, тонн		Затраты, тыс.руб.	
			На единицу готовой продукции	На весь объем производства	На единицу готовой продукции	На весь объем производства
Глина	т.	0,3	0,22	42277,76	0,166	8466
Опудривающая добавка	т.	0,01	0,04	1780,13	0,017	850
Мазут	т.	3,8	0,02	445,02	0,017	850
Итого		4,11	0,28	44503	0,199	10166

Расчет годовой потребности в электроэнергии

Таблица 25. Расчет потребности электроэнергии в текущем году

Наименование оборудования	Мощность (суммарная), кВт на 1м3 керамзита	Эффективный фонд времени оборудования, ч	Суммарно-потребляемая электроэнергия, кВт*ч/год
Всё производство	20	8040	1700000

Таблица 26. Расчет потребности в газе в текущем году

Наименование оборудования	Объём потребления (суммарный), м <sup>3</sup>	Эффективный фонд времени оборудования, ч	Суммарное потребляемая газа, м <sup>3</sup>
Всё производство	100	8040	510000

Таблица 27. Расчет затрат на энергию в текущем году

Наименование энергоносителя	Единица измерения	Годовой расход энергоносителя	Стоимость единицы измерения, руб.	Затраты на годовой объём производства, тыс. руб
Электроэнергия	кВт*ч	1700000	1,89	3213
Газ	м <sup>3</sup>	510000	7,6	3876
Итого				7089

#### Расчет амортизационных отчислений

Для расчета амортизационных отчислений необходимо учесть:

- полную стоимость зданий;
- полную стоимость оборудования;
- нормы амортизационных отчислений.

Таблица 28. Расчет амортизационных отчислений.

Наименование основных средств	Стоимость, тыс.руб.	Норма амортизации, %	Годовые амортизационные отчисления, тыс.руб.
1.Здания	56700	7	3969
2.Оборудование			
2.1.экскаватор	6500	7	455
2.2.глинорыхлитель	2100	7	145
2.3.ящичный питатель	1300	7	91
2.4.камневыделительные вальцы	1200	7	84
2.5.вальцы тонкого помола	2250	7	157,5
2.6.глиномеситель	1950	7	136,5
2.7.пресс-гранулятор	5600	7	392
2.8.сушильный барабан	1100	7	7,7
2.9.накопительный бункер	400	7	28
2.10.дозатор	80	7	5,6
2.11.печь обжига	30000	7	2100
2.12.барабанный холодильник	1500	7	105
Всего	52990	7	3709,3
Итого	109690	7	7678,3

Калькуляция себестоимости на производство и реализацию продукции при заданном объеме производства (Q)

Таблица 29. Калькуляция себестоимости на производство и реализацию продукции

Статьи затрат	Ед. изм.	Текущий год	Текущий год	Плановый год	Плановый год
		№год=51000	№год=51000	№год=54000	№год=54000
		Затраты на единицу готовой продукции	Затраты на весь объем	Затраты на единицу готовой продукции	Затраты на весь объем
1. Сырье	Тыс. руб.	0,199	10149	0,199	10746
2. Электроэнергия на технологические нужды		0,063	3213	0,063	3402
3. Топливо на технологические нужды		0,46	23460	0,46	24840
Итого условно-переменных издержек		0,722	36822	0,722	38988
4. Заработная плата производственных рабочих		0,11	5580	0,10	5580
4.1. Отчисления на соц.нужды производственных рабочих (30%)		0,033	1674	0,031	1674
5.1. Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования: Амортизация		0,15	7648,3	0,14	7863,8

оборудования; Ремонт оборудования;		0,021	1059,8	0,020	1112,8
5.2. Заработная плата ИТР Отчисление на соц. нужды ИТР (30%)		0,035 0,00105	1800 540	0,033 0,01	1800 540
5.3. Заработная плата вспомогательного персонала Отчисление на соц.нужды вспомогательного персонала (30%)		0,07 0,02	3420 1026	0,06 0,01	3420 1026
Итого условно-постоянных издержек		0,450	22748,1	0,405	23016,6
Цеховая (производственная) Себестоимость		1,172	59570,1	1,127	62004,6
6.Управл расходы (5% от цех себ-сти)		0,058	2978,505	0,055	2978,505
Заводская себестоимость		1,23	62548,605	1,182	64983,105
7. Коммерческие расходы (1% от заводской себестоимости)		0,012	625,49	0,011	625,49
Полная себестоимость		1,172	59570,1	1,127	62004,6
Условно-переменные издержки		0,722	36822	0,722	38988
Условно-постоянные издержки		0,450	22748,1	0,405	23016,6

Определение цены готовой продукции

Цену продукта определяем по формуле:

$$C = C*(1+P/100),$$

где  $C$  – полная себестоимость единицы готовой продукции;

$P$  – рентабельность *продукции* (20%).

$$C_{тек} = 1,172 * (1 + 20/100) = 1,4064 \text{ тыс. руб.}$$

### 3.4. Анализ безубыточности по действующему производству.

Цель анализа – определение точки безубыточности, т.е. минимального объема продаж, начиная с которого предприятие не несет убытков. В точке безубыточности выручка от продажи продукции ( $B_{ПФ}$ ) равна общим затратам на производство и реализацию продукции:

$$B_{ПФ} = \text{Изд.пост} + \text{Изд.пер}$$

$$B = 1,4064 * 51000 = 71726,4 \text{ тыс.руб}$$

$$B = 1,4064 * 54000 = 75945,6 \text{ тыс.руб.}$$

Определение точки безубыточности:

Аналитическим способом:

$$Q_{кр.} = \frac{\text{Изд}_{\text{пост}}}{\text{Ц}_{ГП} - \text{Изд}_{\text{фГП}}}, \text{ тыс. тонн,}$$

где  $\text{Ц}_{ГП}$  – цена единицы готовой продукции (1 тонны);

$\text{Изд}_{\text{фГП}}$  – удельные переменные издержки (переменные издержки на единицу готовой продукции – 1 тонну).

$$Q_{кр.} = 22748,1 / (1,4064 - 0,722) = 33239 \text{ тыс. тонн}$$

$$Q_{кр.} = 23016,6 / (1,4064 - 0,722) = 33631 \text{ тыс. тонн}$$

Метод расчета срока окупаемости инвестиций **PI** (Токуп.) состоит в определении того периода, через который первоначальные инвестиции будут возвращены прибылью или чистыми денежными поступлениями. Этот метод ориентирован на краткосрочную оценку, рассматривает, как скоро инвестиционный проект окупит себя. Чем быстрее проект окупит первоначальные затраты, тем эффективнее проект. Использование данного показателя предполагает установление приемлемого значения срока окупаемости как меры оценки эффективности инвестиций.

Чем больше нужна ликвидность инвестору, тем короче должен быть срок окупаемости.

Существует два подхода к расчету срока окупаемости.

Первый заключается в том, что сумма первоначальных инвестиций делится на величину годовых поступлений (чистой прибыли):

$$PP = \frac{I_0}{\text{ЧДП}},$$

где  $I_0$  – первоначальные инвестиции;

ЧДП – чистый денежный поток от операционной деятельности

$$PP = 2650 / 19798,834 = 0,1338462658$$

т.е. вложенные затраты окупят себя в течение месяца.

Расчёт расходов для проведения реконструкции и чистого денежного потока представлен в таблицах 21, 22

Таблица 30. Расчёт расходов для проведения реконструкции

№ п/п	Статьи расходов	Сумма, тыс.руб.	Метод расчёта
	Экструдер с фильтрующей решёткой	8100	Коммерческое предложение сторонней организации
	Резательный агрегат	50	Коммерческое предложение сторонней организации
	Опудривающий тарельчатый гранулятор	100	Коммерческое предложение сторонней организации
Итого		8250	

Таблица 31. Расчет чистого денежного потока (ЧДП)

Наименование показателя		
	Текущий год	Плановый год
1. Объем продаж, тыс. т	51000	54000
2. Цена 1-ой тонны, тыс. руб.	1,4064	1,4064
3. Выручка от продажи, тыс. руб.	71726,4	75945,6
4. Суммарные издержки, тыс. руб.	59570,1	62004,6
4.1. Условно-переменные издержки, тыс. руб.	36822	38988
4.2. Условно-постоянные издержки, тыс. руб.	22748,1	23016,6
5. Амортизация здания, тыс. руб.	3969	3969
6. Амортизация оборудования, тыс. руб.	3709,3	3894,8
7. Проценты за кредит, тыс. руб.(20%)	-	-
8. Прибыль до вычета налогов, тыс. руб. (3–4–7)	16379,1	18412,2
9. Налог на прибыль, тыс. руб.	4252,566	4787,172
10. Чистая прибыль, тыс. руб. (8–9)	12120,534	13625,028
11. Амортизация, тыс. руб. (5+6)	7678,3	7863,8
12. Чистый денежный поток от операционной деятельности, тыс.руб.	19798,834	21488,828

## Определение технико-экономических показателей

Таблица 32. Технико-экономические показатели

	Наименование показателя	ед.изм	Q1	Q2
1	Объем производства	тыс.тонн	51	54
2	Объем продаж	тыс.тонн	51	54
3	Цена	тыс.руб	1,4064	1,4064
4	Выручка от реализации продукции	тыс.руб	71726,400	75945,600
5	Суммарные издержки	тыс.руб	59570,100	62004,600
5.1	Издержки переменные	тыс.руб	36822,000	38988,000
5.2	Издержки постоянные	тыс.руб	22748,100	23016,600
6	Операционная прибыль	тыс.руб	16379,100	18412,200
7	Налог на прибыль	тыс.руб	4258,566	4787,172
8	Чистая прибыль	тыс.руб	12120,534	13625,028
9	Себестоимость одной тонны	тыс.руб	1,172	1,127
10	Стоимость основных средств	тыс.руб	109690	111690
11	Численность основных рабочих	человек	60	60
12	Фондовооруженность	тыс.руб/чел	1828,167	1861,500
13	Фондоотдача	руб/руб	0,692	0,720
14	Фондоемкость	руб/руб	1,444	1,389
15	Производительность труда	тыс.руб/чел	992,835	1033,410
16	Рентабельность производства	%	21%	22%
17	Рентабельность продаж	%	16%	17%
18	Критический объем продаж	тыс.тонн	33,239	33,631
19	Критический объем продаж	тыс.руб	46747	47,299
20	Срок окупаемости	годы		0,1

В результате модернизации оборудования был получен следующий экономический эффект:

Снижение себестоимости на 1 тонну с 1,24 по 1,191 тыс. руб.

Увеличение выручки от продажи с 75949,2 по 80416,8 тыс.руб.

Увеличение чистой прибыли с 12120,534 по 13625,028 тыс.руб.

Увеличение выплат по налогам с 4258,566 по 4787,172 тыс.руб.

Увеличение показателя фондоотдачи с 0,692 по 0,720 тыс.руб./тыс.руб.

Увеличение производительности труда с 922,835 по 1033,410 тыс.руб/чел.

Увеличение рентабельности производства с 21% по 22%

Увеличение рентабельности продаж с 16% по 17%

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
з-5301	Сидоров Никита Геннадьевич

Институт	Электронного обучения	Кафедра	ТСН
Уровень образования	Специалитет	Направление/специальность	ХТТНСМ

### Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»

*1 Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона и области его применения, экологического и социального характера)*

Данная работа связана с проектированием реконструкции цеха по производству искусственного пористого заполнителя для лёгких бетонов, а также с проведением анализа сырьевой базы Томской области с целью определения возможности использования местных нерудных материалов для производства пористых заполнителей. Анализ вредных факторов на участке массопереработки глинистого сырья.

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

#### **1. Производственная безопасность**

*1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:*

- физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;
- действие фактора на организм человека;
- приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);
- предлагаемые средства защиты;
- (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства).

*1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:*

- механические опасности (источники, средства защиты);
- термические опасности (источники, средства защиты);
- электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты)

При анализе технологического процесса следует предусмотреть влияние всех возможных опасных и вредных факторов, и в случае необходимости предусмотреть мероприятия по ограничению воздействия этих факторов:

- Повышенный уровень шума на рабочем месте
- повышенный уровень вибрации
- Недостаточное освещение рабочей зоны.
- Состояние воздушной среды: - повышенная температура воздуха рабочей зоны, повышенная или пониженная
- Электробезопасность Повышенное напряжение в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека.
- Механические. Движущиеся машины, подвижные части производственного оборудования.

<p><b>2. Экологическая безопасность:</b>  - защита селитебной зоны  - анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);  - анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы);  - анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);  - разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.</p>	<p>В производстве керамзита образуются загрязнения с поступлением в окружающую среду большого количества пыли.  Для очистки газов от пыли применяются циклоны и пылеулавливающие аппараты. Для создания благоприятных условий, территория завода и прилегающие к нему районы озеленяются, при этом, целесообразно применять деревья и растения, поглощающие характерные для завода выбросы.  При производстве кирпича на предприятии образуются загрязненные сточные воды, которые в полном объеме перекачиваются. Бытовые сточные воды сбрасываются в существующую бытовую канализацию завода, откуда они перекачиваются коллектором и насосной станцией на городские очистные сооружения.</p>
<p><b>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>  - перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения;  - выбор наиболее типичной ЧС;  - разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;  - разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.</p>	<p>На данном предприятии есть вероятность возникновения чрезвычайных ситуаций техногенного характера :  пожароопасность;  взрывоопасность;  разлив мазута на окружающую территорию.</p>
<p><b>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b>  - специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;  - организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</p>	<p>Анализ специальных правовых и нормативных законодательных актов:  ФЗ №384 “Технический регламент о безопасности зданий и сооружений”  ФЗ “Технический регламент о требованиях пожарной безопасности №123-ФЗ от 22 июля 2008 года.”</p>
<p><b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b></p>	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Антоневич О.А.	К.б.н.		10.03.16

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5301	Сидоров Н.Г.		10.03.16

#### 4. Социальная ответственность

##### ВВЕДЕНИЕ

В данной работе разработана технология получения мелкозернистого керамзита с высокими прочностными характеристиками с применением сырьевой базы Томской области, а также проведен анализ сырьевой базы Томской области с целью определения возможности использования местных нерудных материалов для производства высокопрочных пористых заполнителей применимых для легких бетонов класса В25-В30. Разработаны научно-обоснованные составы и технологические приемы производства высокопрочного пористого заполнителя с маркой по прочности на сжатие П150-П200 и маркой по средней плотности М600-М800, а также разработаны принципиальные технологические предложения по производству высокопрочного керамзитового гравия из местного сырья.

Технология производства керамзита включает в себя основные переделы:

- Добыча сырья в карьере и его транспортирования в глинозапасник;
- Переработку исходного сырья и получение сырцовых гранул из однородной керамической массы или зерен (крошки) установленных размеров;
- Термическую обработку сырцовых гранул или зерен, включающую сушку, обжиг и последующие охлаждение готового продукта;
- Сортировку, а при необходимости частичное дробление или разделение готового продукта по плотности;
- Складирование и отгрузку заполнителя.

#### 4.1. Производственная безопасность

Таблица 33. Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы по ГОСТ 12.0.003-74 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».

Наименование видов работ и параметров производственного процесса	Факторы (ГОСТ 12.0.003-74)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Управление технологическим процессом смешивания сыпучей добавки: - размещение систем управления питателем на пульте и щитах управления; - визуальное наблюдение работы обслуживающего привода питателя с электродвигателем, шнекового механизма	<p>1.Повышенный уровень шума на рабочем месте</p> <p>2.повышенный уровень вибрации</p> <p>2.Недостаточное освещение рабочей зоны.</p> <p>3. Аспирация и тепловлажностный режим в помещении: - повышенная температура воздуха рабочей зоны, повышенная или пониженная влажность воздуха.</p>	<p>Опасный фактор поражения электрическим током. Повышенное значение в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека.</p> <p>Опасный фактор механического воздействия.</p> <p>Движущиеся машины, подвижные части производственного оборудования.</p> <p>Опасность взрыва и пожара.</p> <p>Мазутное хозяйство.</p> <p>Газовое хозяйство и газовые горелки печи.</p> <p>Возгорание электропроводки.</p>	<p>СанПиН 2.2.4.548-96.</p> <p>СанПиН 2.2.4.1191-03.</p> <p>Р 2.2.2006-05</p> <p>СанПиН 2.1.6.1032-01</p> <p>(ГОСТ) 12.1.005 - 88</p>

#### **4.1.1 Описание вредных веществ, источники возникновения, воздействие на человека и предлагаемые средства защиты**

##### **1) Недостаточная освещенность рабочей зоны**

**Источники возникновения:** недостаточная освещенность искусственного света в ночное время.

**Воздействие на организм:** плохое освещение в ночное время приводит к утомляемости глаз и всего организма, ухудшает или приводит к потере ориентации.

**Средства защиты:** Зрительную работу в цехе можно отнести к IV-V разряду. Согласно СНиП 23-05-95 естественное освещение в производственных цехах предусматривается 100-200лк, а при общем 150 лк. Производственное помещение должно быть равномерно освещено, иметь рациональное направление светового потока, исключать слепящее действие света и образование резких теней. Искусственное освещение дополняет естественное — светом неба, проникающим через световые проемы в стенах цеха. Фактическая освещенность 150 лк.

Таблица 34. Параметры систем естественного и искусственного освещения на рабочих местах.

Наименование рабочего места	Тип светильника и источника света	Коэффициент естественной освещённости, КЕО, %		Освещённость при совмещённой системе, лк	
		Фактический	Норм, знач.	Фактический	Норм, знач.
Массо-заготовительное отделение	Светильник ЛГ (2 шт.), естественный источник -дневное освещение (окно)	1,5	2,0	320	300
Пульт управления	Светильник ЛЛ (8 шт.)	3,2	3,0	310	300

Рекомендуемое значение яркости в поле зрения работника должно лежать в пределах 2,5%.

Определяем отношение расстояния между светильниками  $L$  и высота их подвеса  $h_c$ . В зависимости от типа светильников отношение  $L/h_c$  при расположении светильников прямоугольником может быть равным 1,4-2,0.

При  $h_c=0,3$  м;  $L=0,6$  м.

$$\frac{L}{h_c} = \frac{0.6}{0.3} = 0.2$$

Высота светильников над рабочей поверхностью:

$$H_c = h - h_c - h_p$$

Где  $H$  - общая высота помещения;

$h_c$  - высота подвеса светильников;

$h_p$  - высота от пола до освещаемой поверхности.

$$H_c = 3 - 0.3 - 0.8 = 1,9 \text{ м.}$$

Находим расстояние между рядами светильников:

$$L = 1.4 \cdot H_c$$

$$L = 1.4 \cdot 1.9 = 2.66$$

Определяем площадь помещения:

$$S = A \cdot B$$

$$S = 4.5 \cdot 10 = 45 \text{ м}^2$$

Коэффициент запаса, предусматривающий уменьшение световой отдачи ламп при старении и загрязнении, принимаем равным 1,5. В качестве источника света используются УСП-35 с двумя лампами ЛБ-60. В зависимости от уровня освещенности, площади помещения, и высоты подвеса принимаем удельную мощность лампы  $W=20 \text{ Вт/м}^2$ .

Общая установочная мощность:

$$P = S \cdot W$$

$$P = 45 \cdot 20 = 900 \text{ Вт}$$

Находим количество ламп:

$$n = \frac{P}{N}$$

$N$  – мощность одной лампы, равна 60 Вт.

$$n = \frac{900}{60} = 15 \text{ шт.}$$

Светильники устанавливаются в три ряда.

$$F_{расч} = F_{табл} + (-)10\%$$

При расчете общего равномерного освещения принимаем метод коэффициента использования.

Величина светового потока лампы определяется по формуле:

$$F =$$

Где  $E_H$  – нормируемая минимальная освещенность; (СНиП 23-05-95)

$$E_H = 400 \text{ лк.}$$

$k$  – коэффициент запаса;

$n$  – число ламп в помещении;

$\eta$  – коэффициент использования;

$Z$  - коэффициент равномерности.

Для определения значения коэффициента использования необходимо знать индекс помещения, который вычисляется по формуле:

$$i = \frac{S}{H_c \cdot (A + B)}$$

где  $S$  – площадь помещения,  $45 \text{ м}^2$ ;

$H_c$  – высота расположения светильника над рабочей поверхностью,  $1,9 \text{ м}$ ;

$A$  и  $B$  – стороны помещения,  $\text{м}$ .

$$i = \frac{45}{1,9 \cdot (4,5 + 10)} = 1,6$$

Коэффициент использования  $q=45$  ( $g_{потолка}=70$  и  $g_{стен}=50$ ),  
коэффициент равномерности освещения  $Z=0,9$ .

$F = = 3600 \text{ лм.}$

$F_{\text{ТАБЛ}}=3950 \text{ лм.}$

Определяем фактическую освещённость  $E_{\text{ф}}$  и погрешность расчёта  $E$ :

$E_{\text{ф}} = (F_{\text{ТАБЛ}} \times n \times \eta) / (S \times k \times Z) = (3960 \cdot 15 \cdot 0.45) / (45 \cdot 1.5 \cdot 0.9) = 440 \text{ лк.}$

$\Delta E = \% = 10 \%$

Светильники обеспечивают заданную освещённость в  $E_{\text{н}} = 400 \text{ лк.}$

$E_{\text{ф}} > E_{\text{н}}. 440 > 400 \text{ лк.}$

Фактическая величина освещённости не должна отличаться от нормированной больше чем на  $(-10 \pm 20) \%$ . [15]

## **2) уровень шума в рабочих помещениях**

**Источники возникновения:** Производственные процессы на предприятии по производству керамзита сопровождаются шумом, особенно большое количество шума приходится на цех дробления. Источниками шума являются вращающиеся части помольного оборудования, а также электродвигатели, транспортеры и питатели материала.

**Воздействие на организм:** Шум оказывает вредное влияние на организм человека, вызывая функциональные расстройства нервной и сердечно-сосудистой систем, быструю утомляемость, снижение внимания и работоспособности, поражение слуха.

**Средства защиты:** - уменьшение и ликвидация шума в источнике его образования, с этой целью устанавливают звукопоглощающие облицовки и глушители шума;

- уменьшение шума по пути его распространения, для этого устанавливают звукопоглощающие экраны и конструкции между помольным оборудованием и рабочей зоной, а также звукопоглощающие кабины наблюдения;

- снижение шумового воздействия с использованием средств индивидуальной защиты, для этого используют противозумные каски,

специальные наушники, вкладыши в ушную раковину, защитное действие этих средств основано на изоляции и поглощении звука.

- для снижения уровня вибрации оборудования для измельчения и помола материалов устанавливается в отдельных помещениях на виброизоляционных фундаментах с применением амортизаторов из стальных пружин и резиновых прокладок. На вибрационную поверхность кожухов, ограждений и других деталей наносят вибропоглощающее покрытие, выполненное из резины, пластика или вибропоглощающих мастик. Эти покрытия рассеивают энергию колебаний. Для индивидуальной защиты от воздействия вибраций применяется обувь на толстой подошве (резиновой) или подошве из войлока, а также виброгасящие перчатки.

### **3) Повышение или понижения температуры воздуха окружающей среды.**

**Источники возникновения:** природные явления, погодные условия.

**Воздействие на организм:** Допускаемое состояние микроклиматических условий – это взаимосвязь параметров микроклимата, которые при длительности и систематическом воздействии на человека могут вызывать изменения функционального и теплового состояния организма и напряжение реакций терморегуляций, не выходящие за пределы физиологических приспособительных возможностей. При этом не возникает повреждений или нарушающей состояние здоровья, но могут наблюдаться состояние теплового дискомфорта, ухудшение самочувствия и понижения работоспособности.

Метеорологические условия, или микроклимат, зависят от теплофизических особенностей технологического процесса, климата, сезона года.

**Средства защиты:** Выдача средств СИЗ, в летнее время легкой спец. одежды, в зимнее время утепленной спец. одежды.

#### **4.1.2. Характеристика опасных факторов на производстве: источник возникновения и средства защиты для минимизации воздействия фактора.**

##### **1) Опасность поражения электрическим током.**

**Источники возникновения:** По электробезопасности цех в соответствии с требованием ПУЭ (правила установки электрооборудования) относится к категории с повышенной опасностью (2 класс).

Для защиты людей от поражения электрическим током производственное оборудование должно удовлетворять следующим требованиям:

токоведущие части производственного оборудования, являющиеся источником опасности, должны быть надежно изолированы или расположены в недоступных для людей местах;

металлические части производственного оборудования, которые вследствие повреждения изоляции токоведущих частей могут оказаться под напряжением опасной величины, должны быть заземлены (занулены).

В схеме электроцепей оборудования предусматривается устройство централизованного отключения сети. Площадка для обслуживания печных агрегатов находится выше пола, оборудуется прочным ограждением и сплошной обшивкой по нижнему контуру.

Правилами устройства электрических установок считаются безопасными, в отношении безопасности человека и пожарном отношении, такие установки, в которых утечка между двумя нижними предохранителями не более 1 мА. Это обеспечивается сопротивлением изоляции 120 кОм.

**Воздействие на организм:** действие электрического тока на человека носит различный характер. Электрический ток (ЭТ), проходя через организм человека, вызывая различные повреждения путем электрического, термического и биологического воздействия.

Электрические травмы представляют собой четко выраженные местные повреждения тканей организма, вызванные воздействием электрического тока (или дуги).

**Средства защиты:** -разрешается пользоваться лишь исправными приборами. Соединительные шнуры должны иметь неповреждённую изоляцию. Все соединения должны быть надежными и исключать возможность случайного замыкания или отсоединения проводов во время работы;

-Все крупные электроприборы в металлических корпусах необходимо снабжать защитным заземлением;

-Все монтажные работы, а также присоединения и отсоединения проводов можно производить только на установке, полностью отключенной от электросети;

-Следует избегать прикосновения к проводникам, находящимся под напряжением;

-Для защиты работников, обслуживающего электротехнические установки, от поражения электрическим током применяются защитные средства, к которым относятся диэлектрические перчатки, инструменты электромонтеров с изолирующими ручками.

-недоступностью токоведущих частей;

-надлежащей, а в отдельных случаях повышенной (двойной) изоляцией;

-заземлением или занулением корпусов электрооборудования и элементов электроустановок, могущих оказаться под напряжением;

-надежным и быстродействующим автоматическим защитным выключателем.

2) Опасность от движущихся машин и механизмов.

**Источники возникновения:** приводы машин и механизмов, транспортеры, толкатели.

**Свойства:** движущиеся и вращающиеся части машин и механизмов, клино-ременные и зубчатые передачи.

**Воздействие на организм:** механические воздействия- ушибы, ссадины, переломы.

**Средства защиты:** обязательное ограждение движущихся частей, ограждение опасных зон, системы оперативного выключения двигателей механизмов.

3) Опасность взрыва и пожара.

**Источники возникновения:** обрушение элементов строительных конструкций, замыкание электрических сетей.

**Свойства вещества:** открытое пламя, искра, электрическая дуга, нагретые поверхности и др.

**Воздействие на организм:** Потеря видимости вследствие задымления, пониженная концентрация кислорода.

**Средства защиты:** Электропроводку во избежание возникновения короткого замыкания, способного привести к пожару, изолируют. Изолируют от влаги розетки, расположенные в санузлах и на внешних стенах. Устанавливают автоматические предохранители. Теплоизолируют газовые и электрические плиты от деревянной мебели. Для тушения окурков используют пепельницы. Не допускается воздействие открытого огня на мазут. Не допускаются утечки газового топлива из трубопроводов и образования газо-воздушной смеси в замкнутых объемах.

## 4.2. Экологическая безопасность

В производстве керамзита образуется загрязнение с поступлением в окружающую среду большого количества пыли.

Для очистки газов от пыли применяются циклоны и пылеулавливающие аппараты. Для создания благоприятных условий, территория завода и прилегающие к нему районы озеленяются, при этом, целесообразно применять деревья и растения, поглощающие характерные для завода выбросы. При производстве кирпича на предприятии образуются загрязненные сточные воды, которые в полном объеме перекачиваются. Бытовые сточные воды сбрасываются в существующую бытовую канализацию завода, откуда они перекачиваются коллектором и насосной станцией на городские очистные сооружения.

Таблица 35.

Природные ресурсы и компоненты окружающей среды	Вредные воздействия	Природоохранные мероприятия
Земля и земельные ресурсы	Уничтожение и повреждение почвенного слоя Засорение почвы Производственными отходами и мусором	Рациональное планирование мест и сроков проведения работ, соблюдение отводов земель и рекультивация земель. Повторное использование производственных отходов, вывоз и захоронение. Мероприятия по восстановлению земель, озеленение местности.
Вода и водные ресурсы	Загрязнение бытовыми стоками	Очистные сооружения для бытовых стоков.

		Канализационные устройства и тд.
Воздушный бассейн	Выбросы пыли и вредных веществ в атмосферу наблюдаются на участке погрузки и разгрузки глины, на складах, при перевозке сырья ленточными транспортёрами, при приготовлении сырьевой смесив смесителях	Мероприятия по оснащению мощным пылеулавливающим оборудованием

**Для предотвращения возможности заболеваний, вызываемых пылью на заводе, проводят ниже перечисленные мероприятия:**

- в качестве вентиляции в помещении цеха установлены вытяжные осевые вентиляторы и отсосы;
- производится отсос и очистка запыленного воздуха над ленточным транспортером сырья в массоподготовительном отделении;
- двухстадийная очистка отходящих газов из сушильного барабана в отделение сушки добавок (циклоны и электрофильтр).

### **4.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.**

Наше производство по изготовлению керамзита, как и многие другие, является стратегическим объектом. Здесь есть вероятность возникновения чрезвычайных ситуаций техногенного, природного или военного характера. Выделим наиболее вероятные ЧС для нашего предприятия:

#### **1. Техногенного характера**

Пожары, взрывы. Пожары (взрывы) на коммуникациях и технологическом оборудовании промышленных объектов.

Внезапное обрушение зданий. Обрушение производственных зданий и сооружений.

Аварии на электроэнергетических сетях. Аварии на автономных электростанциях с долговременным перерывом электроснабжения всех потребителей.

#### **2. Природного характера**

Геологически опасные явления (экзогенные геологические явления). Склоновый смыв.

Метеорологические и агрометеорологические опасные явления. Бури (9-11 баллов). Ураганы (12-15 баллов). Сильный снегопад.

#### **3. Экологического характера**

Чрезвычайные ситуации, связанные с изменением состава и свойств атмосферы (воздушной среды). Превышение ПДК вредных примесей в атмосфере по содержанию минеральной пыли и содержанию СО.

#### 4.4. Пожарная и взрывная безопасность

Как на любом производстве, на заводе по производству керамзита из-за несоблюдения техники безопасности могут возникать чрезвычайные ситуации, которые могут привести к опасным для здоровья человека ситуациям. Среди самых распространенных чрезвычайных ситуаций встречаются утечка газа, остановка работы вагонеток в печи и другое.

В качестве топлива при работе печи для обжига керамзита используется газ, который считается пожаровзрывоопасным веществом (главной составляющей частью природного газа является метан  $\text{CH}_4$ ) Продукты горения природного газа (дымовые газы  $\text{CO}$  и  $\text{NO}_2$ ) вредные вещества.  $\text{CO}$  (оксид углерода (II)) — ядовитый газ без цвета и запаха, горючий легковоспламеняющийся, горит голубоватым пламенем, температура самовоспламенения -  $605^\circ\text{C}$ .  $\text{NO}_2$  - оксид азота (IV) – бурый трудно горючий газ, получивший в промышленности название "лисий хвост", неспособный к горению на воздухе, но способный возгораться в воздухе от источника зажигания, оказывает вредное воздействие на организм человека. Утечка газа может произойти из-за скопления большого количества газа в печи, из-за повреждений газопроводных труб. Утечка газа может привести к смерти рабочих, поэтому важно ее устранить. Для проверки утечки останавливают печь, выключают горелку и обрабатывают мыльным раствором стыки газовых труб. Помещение проветривают, рабочих эвакуируют из помещения на свежий воздух. Также необходимо устранить источник открытого огня, не курить в помещении с утечкой газа.

В производстве керамзита подача керамзита в печь для обжига производится механическими и автоматическими толкателями.

Одними из наиболее вероятных видов ЧС в этом отделении являются пожар или взрыв на рабочем месте.

Пожарная безопасность объекта обеспечивается рядом противопожарных мероприятий, предусмотренных в соответствии с Федеральным законом

Российской Федерации от 22 июля 2008 г. N 123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности". [54]

Работники, обязаны пройти противопожарный инструктаж, а мастер и начальник занятия по пожарно-техническому минимуму.

При работе на взрыво - пожароопасном производстве безопасность работающего персонала должна обеспечиваться:

- конструктивно-планировочным решением помещений, гарантирующим возможность осуществления быстрой эвакуации людей и ограничивающим распространение пожара;
- постоянным содержанием в надлежащем состоянии специального оборудования, способствующего успешной эвакуации людей в случае пожара (системы экстренного оповещения, аварийное освещение, знаки безопасности);
- ознакомлением всех работающих с основными требованиями пожарной безопасности и мерами личной предосторожности, которые необходимо соблюдать при возникновении пожара, а также планом эвакуации людей из помещения;
- установлением со стороны администрации систематического контроля за строжайшим соблюдением мер предосторожности при ремонтных работах, эксплуатации электроприборов, электроустановок и отопительных систем.

Для локализации и ликвидации пожара должны использоваться стационарные средства пожаротушения.

Размещение оборудования противопожарного водоснабжения и пожаротушения на площадке цеха выполнено согласно требованиям Федерального закона № 384-ФЗ от 30.12.2009, Федерального закона № 123-ФЗ от 22.07.2008, с учетом ГОСТ 31385-2008.

На объекте предусмотрено применение оборудования пенного и порошкового пожаротушения, а также первичных средств пожаротушения огнетушитель типа ОУ-80, ОВП-5, ОВП-10, песок, асбестовые одеяла.

Организационные и технические меры по предотвращению распространения пожаров и взрывов

При возникновении загорания или пожара на участке предприятия необходимо немедленно объявить пожарную тревогу и сообщить об этом в пожарную охрану по телефону, номер которого вывешен на видных местах на территории участка. О пожаре сообщают четко, с указанием цеха, участка и фамилии сообщаемого. Сообщение о пожаре необходимо сделать, даже если в подразделении имеется автоматическая пожарная сигнализация. Одновременно с сообщением о пожаре рабочие принимают меры к его ликвидации и эвакуации людей из горящего здания или помещения. Для тушения пожара используют первичные средства пожаротушения, которые имеются на данном объекте и могут применены в соответствии с характером пожара.

К организационным мероприятиям относятся обучение производственного персонала противопожарным правилам и издание необходимых инструкций и плакатов. К техническим мероприятиям относится соблюдение противопожарных норм при сооружении зданий, установки оборудования и организации технологического процесса, монтаже электрооборудования, устройстве вентиляции, первичные средства пожаротушения. [23]

### **Первичные средства пожаротушения, немеханизированный пожарный инструмент и инвентарь.**

К первичным средствам пожаротушения относятся:

- огнетушители, песок (в ящике), вода (объемом 0,2 м<sup>3</sup> и/или 0,02 м<sup>3</sup>);
- асбестовое полотно, грубошерстная ткань или войлок (кошма, покрывало из негорючего материала).

К немеханизированному пожарному инструменту и инвентарю относятся:

- лом, багор, крюк с деревянной ручкой, ведро, лопаты.

Определение необходимого количества первичных средств пожаротушения для защиты зданий и сооружений выполнено по Приложениюб. Правил противопожарного режима в Российской Федерации.

#### **4.5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

##### **Правила работы с веществами, применяемыми в производстве, средства защиты работающих.**

При работе необходимо соблюдать следующие меры предосторожности:

- 1.** Постоянно иметь при себе противогаз марки (БКФ) или самоспасатель марки (ПДУ-3), которыми пользоваться во всех случаях загазованности и при работе, где возможны выделения вредных газов и жидкостей.
- 2.** На рабочем месте находиться только в спецодежде: Костюм лавсано-вискозный, ботинки, резиновые перчатки, респиратор, защитные очки в соответствии с нормами.
- 3.** При термическом ожоге пострадавший должен немедленно обратиться в медпункт, запрещается отдирать от кожи пригоревшие остатки одежды, обрезать обгоревшую кожу, прокалывать ожоговые волдыри и промывать водой пораженные участки кожи
- 4.** Во избежание несчастных случаев необходимо соблюдение требований общецеховой инструкции по технике безопасности. [33]

## Заключение

В результате запланированной реконструкции предприятия по производству керамзитового гравия в г. Томске были внесены изменения в технологическую схему на этапе формовки сырцовых гранул:

1. Был заменен действующий безвакуумный экструдер на более мощный вакуумный пресс PL 100, для формования гранул сырца через формовочную решетку с уменьшенными размерами фильер.

2. После формовочного агрегата был установлен резательный роторный аппарат для нарезки экструдированных жгутов на отдельные гранулы, с целью стабилизации исходного фракционного состава гранул и снижения доли дефектных гранул при сушке и обжиге.

3. В технологическую схему введен барабанный гранулятор для окатывания сырцовых гранул и одновременного опудривания поверхности сырцовых гранул керамзитовой пылью уносом, из бункеров циклонов газоочистки.

Проведенные меры позволили:

1. Исключить производство невостребованной фракции керамзитового гравия 20-40 мм;
2. Повысить прочностные характеристики керамзитового гравия до П150;
3. Увеличить валовое производство керамзитового гравия с 75 до 80 тыс. кубических метров в год.

### Список использованных источников

1. Арустамов Э. А. Безопасность жизнедеятельности. – М.: Высш. шк., 2001. – 678 с.
2. Башмаков И.Я. Повышение энергетической эффективности зданий в Европе / И.Я. Башмаков, В.И. Башмаков // Энергосбережение, 2013. – №5. – с.
3. Беляев, В.С. Энергоэффективность и теплозащита зданий / В.С. Беляев, Ю.Г. Граник, Ю.А. Матросов. – М.: Изд-во АСВ, 2012. – 396 с.
4. Беляков, Геннадий Иванович. Охрана труда и техника безопасности [Электронный ресурс]: учебник для прикладного бакалавриата / Г. И. Беляков. — 3-е изд., перераб. и доп. — Мультимедиа ресурсы (10 директорий; 100 файлов; 740МВ). — Москва: Юрайт, 2016.
5. Борбат, П.Т. Производство и применение керамзита в строительстве (опыт Военстроя) / П.Т. Борбат. – Информационный сборник. М.: Госстройиздат, 1962.
6. Вакалова, Т.В. Управление качеством строительной и теплоизоляционной керамики путем проектирования состава массы / Т.В. Вакалова, В.М. Погребенков //Строительные материалы. – 2007. – No 2. – С. 27.
7. Верещагин, В.И. Использование природного и техногенного сырья Сибирского региона в производстве строительной керамики и теплоизоляционных материалах / В.И. Верещагин, В.М. Погребенков, Т.В. Вакалова, // Строительные материалы. – 2004. – No 7. – С. 28–31.
8. Гервидс, И.А. Керамзит / И.А. Гервидс. – М.: Госстройиздат, 1957. – 76 с.
9. Горин В. М., Токарева С. А., Кабанова М. К.. Высокопрочный керамзит и керамдор для несущих конструкций и дорожного строительства.// Строительные материалы, 2010. – №1. – С. 9-11.
10. Горин, В.М. Керамзит. Опыт и перспективы развития производства и применения / В.М. Горин, С.А. Токарева, М.К. Кабанова // Строительные материалы, 2004. – №11. – С. 32-34.

11. Еременко В.В, Куйбышев В.В. «Инструкция по обжигу керамзитового гравия: изд. 2-е» — 1970.
12. Исаев В.Ф. и др. Керамзитобетон в мостостроении, . III Всесоюзная конференция по легким бетонам. - М., Стройиздат, 1985. – С. 146.
13. Каленов, Е.М. Строительные легковесные материалы ячеистой структуры из местных легкоплавких глин / Е.М. Каленов, Т.Т. Троцко; под ред. А.В. Жукова. – К.: Издательство академии архитектуры Украинской ССР. – 1955.
14. Каленов, Е.М. Повышение качества керамзита / Е.М. Каленов. – К.: Будивельник, 1984.
15. Книгина, Г.И. Лабораторные работы по технологии строительной керамики и искусственных пористых заполнителей: учебное пособие для студентов ВУЗов по спец. «Производство строительных изделий и конструкций». – 3-е изд., перераб. и доп. / Г.И. Книгина, Э.Н. Вершинина, Л.Н. Тацки. – М.: Высш. шк., 1985. – 223 с.
16. Комисаренко Б. С., А. Г. Чикноворян. Керамзитобетон – эффективный материал для наружных ограждающих конструкций // Известия ВУЗов. Строительство, 2000. – № 1.
17. Копаница, Н.О. Строительные материалы и изделия на основе модифицированных торфов Сибири / Н.О. Копаница, А.И. Кудяков, Ю.С. Саркисов. – Томск: Изд-во ТГАСУ, 2013. – 294 с.
18. Кошляк, Л.Л. Производство изделий строительной керамики / Л.Л. Кошляк, В.В. Калиновский. – М.: Высшая школа, 1990. – 207 с.
19. Кудяков, А.И. Минеральное сырье Томской области и рациональное его использование в технологии бетона / А.И. Кудяков. – Томск: Изд-во ТГУ, 1991. – 222 с.
20. Кудяков, А.И. Сертификационные испытания строительных материалов и изделий / А.И. Кудяков, И.Н. Нагорняк. – Томск: изд-во ТГАСУ, 1999. – 334 с.

21. Кудяков, А.И. Зернистый пористый материал из микрокремнезема / А.И. Кудяков, Н.А. Свергунова // Строительные материалы, 2006. – №6. – С. 86-87.
22. Кудяков А.И., Петров Г.Г., Абакумов А.Е., Сергеева А.В. Высокопрочный керамзитобетон для строительства энергосберегающих жилых зданий. Перспективные материалы в технике и строительстве (ПМТС-2013). Материалы первой Всероссийской научной конференции молодых ученых с международным участием. Томск: Изд-во ТГАСУ, 2013. - С. 399-401.
23. Кукин П.П. [и др.]. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств. Охрана труда: учебное пособие для вузов /— 5-е изд., стер. — Москва: Высшая школа, 2009. — 335 с.: ил. — Для высших учебных заведений. — Безопасность жизнедеятельности. — Библиогр.: с. 333.
24. Левченко, П.В. Расчет печей и сушил силикатной промышленности / П.В. Левченко. – М.: Высшая школа, 1968.
25. Макарова Г.В. , Васина Г.В. «Охрана труда в химической промышленности» и др. – М.: Химия, 1989.
26. Мاستрюков Б.С. Безопасность в чрезвычайных ситуациях в природно-техногенной сфере. Прогнозирование последствий: учебное пособие / Б. С. Мاستрюков. — Москва: Академия, 2011. — 368 с.: ил. — Высшее профессиональное образование. Безопасность жизнедеятельности. — Библиогр.: с. 364-365.
27. Мороз И.И. Технология строительной керамики 1976г. 416с. 2-е издание
28. Онацкий, С.П. Производство керамзита: 3-е изд., перераб. и доп. / С.П. Онацкий. – М.: Стройиздат, 1987. – 333 с.
29. Перегудов В.В., Роговой М.Н.; «Тепловые процессы и установки в технологии строительных изделий и материалов» ; Стройиздат, 1982.;

30. Погребенков В. М., Абакумов А.Е, Пьянков А.Г. Повышение износостойкости формующей оснастки ленточных прессов. Строительные материалы.–2007.–№2 с.54-55.
31. Пособие по проектированию предварительно напряженных железобетонных конструкций из тяжёлых бетонов (к СНиП 2.03.01-84), часть 1, М., Центральный институт типового проектирования, 1988.
32. Протас, Л.Е. Производство керамзита с мокрой подготовкой сырья / Л.Е. Протас, Л.М. Итин. – М.: Стройиздат, 1965. – 160 с.
33. Пряников В.И. Техника безопасности в химической промышленности. – М.: Химия, 1989.
34. Соловьева, О.В. Исследование легкоплавких глин для производства керамзита / О.В. Соловьева. – Информационный сборник. М.: Госстройиздат, 1962.
35. Станевич В.Т. "Строительная керамика: учебное пособие" / – Павлодар : Кереку, 2008. – 96 с.
36. Тацки Л.Н., Кучерова Э.А., Баландина Т.С. Проектирование предприятий по производству заполнителей для бетона. Новосибирск: Изд-во НИСИ, 1987. – 91 с.
37. Чентемиров, М.Г. Производство и применение керамзита / М.Г. Чентемиров, В.П. Горных. – М.: Госстройиздат, 1963 г. – 104 с.
38. Шубин, И.Л. Особо легкие бетоны новых модификаций для решения задач ресурсо-энергосбережения / И.Л. Шубин, Н.П. Умнякова, В.Н. Ярмаковский // Технология строительства, 2012. – №4. – С. 42-46.
39. Элинзон, М. П. К вопросу о выборе сырья для производства керамзитового гравия и аглопорита. Керамзит и аглопорит как строительный материал / М.П. Элинзон, Б.Н. Виноградов // Сборник статей. М.: «Недра», 1966 г. – 152 с.

- 40.ГОСТ 9758-2012 Заполнители пористые неорганические для строительных работ. Методы испытаний.
- 41.ГОСТ 32026-2012 Сырье глинистое для производства керамзитовых гравия, щебня и песка. Технические условия.
- 42.ГОСТ 12.0.002 – 80 (1999) ССБТ. Термины и определения.
- 43.ГОСТ 12.1.003 – 83 (1999) ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.
- 44.ГОСТ 12.1.005 – 88 (1999, с изм. 1 2000) ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху санитарной зон.
- 45.ГОСТ 12.1.007-76 (1999) ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.
46. ГОСТ 12.1.019 – 79 (2001) ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
- 47.ГОСТ 12.4.021 – 75 (1999) ССБТ. Системы вентиляционные. Общие требования.
- 48.ГОСТ 12.4.011-89 «Средства защиты работающих. Общие требования и классификация».
- 49.ГОСТ-12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны».
- 50.ГОСТ 12.1.038-82 «Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов».
- 51.ГОСТ 12.1.019-79 «Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты».
52. ГН 2.2.5.1313-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны».
- 53.Пособие к СНиП II-4-79 Пособие по расчету и проектированию естественного, искусственного и совмещенного освещения.
54. Российская Федерация Федеральный закон технический регламент о требованиях пожарной безопасности №123-ФЗ от 22 июля 2008 года.

55. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий».
56. Методическое письмо НИИ Атмосфера № 355/33-07 от 17 мая 2000 г. "О проведении расчётов выбросов ".