ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

УПРАВЛЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Технология вяжущих веществ, бетонов и строительной керамики»

Методические указания

к курсовой работе по дисциплине

«Технология заполнителей бетона»

Автор
Шляхова Е.А.

Ростов-на-Дону, 2017

Аннотация

Изложена методика выполнения курсового проекта, определен объем и порядок оформления результатов, а также порядок составления основных технологических схем производства искусственных пористых заполнителей. В указаниях приведены некоторые справочные данные и список основной литературы.

Методические указания предназначены для бакалавров направления подготовки (специальности) 08.03.01 «Строительство», профиль подготовки «Производство строительных материалов, изделий и конструкций».

Автор

к.т.н., доцент кафедры «ТВВБиСК» Шляхова Е.А.

Оглавление

1. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ 4

2. СОСТАВ КУРСОВОГО ПРОЕКТА 5

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ПРОЕКТА 6

4 СОДЕРЖАНИЕ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ 7

4.1 Введение 7
4.2 Общие положения 7
4.3 Технологическая часть 10
4.4 Охрана труда, техника безопасности и охрана окружающей среды. 25
4.5 Технико-экономические показатели проекта 25

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ 26

1. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

1.1 Цель настоящего курсового проекта (КП) состоит в углублении и закреплении теоретических знаний по дисциплине "Технология заполнителей бетона", самостоятельной детальной проработке технической, нормативной и проектной литературы по технологии производства одного из видов заполнителей и выработке навыков решения задач проектирования.

В ходе курсового проектирования студент должен принимать самостоятельные решения, обосновывая их технико-экономическими расчетами с учетом современных достижений науки и техники.

В части I ПЗ приведен порядок выполнения расчетов по проектированию предприятий по производству искусственных пористых заполнителей (ИПЗ), в части II ПЗ приведен порядок выполнения расчетов при проектировании предприятий по производству плотных заполнителей.

1.2 В задании на КП указывается производительность завода или основного оборудования, определяющего годовой выпуск продукции, характеристика исходного сырья и материалов и некоторые другие данные.

1.3 В ходе работы над КП студент должен пользоваться нормами технологического проектирования соответствующих предприятий, типовыми проектами или проектами с прогрессивной технологией по производству аналогичных заполнителей, а также настоящими методическими указаниями.

2. СОСТАВ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

2.1 Проект состоит из расчетно-пояснительной записки и графической части

Объем расчетно-пояснительной записки 25-30 страниц рукописного текста. Графическая часть представлена чертежом формата А1, содержащей план и разрезы основного цеха или технологического передела в масштабе 1:100 или 1:200. состав графической части уточняется заданием.

При разработке и оформлении ПЗ и чертежей следует руководствоваться нормативными документами и государственными стандартами, приведенными в списке литературы.

2.2 Рекомендуется принимать следующее содержание пояснительной записки:

Введение

1 Общие положения.

1.1 Характеристика выпускаемой продукции.

1.2 Характеристика сырьевых материалов.

1.3 Состав предприятия.

2 Технологическая часть.

2.1 Выбор и технико-экономическое обоснование технологии производства.

2.2 Технологическая схема производства.

2.3 Режим работы цеха (завода).

2.4 Технология производства заполнителя.

2.5 Расчет производительности и потребности в сырье, топливе и электроэнергии.

2.6 Подбор и расчет технологического оборудования.

2.7 Штатная ведомость работающего персонала.

2.8 Контроль технологических процессов и качества продукции.

3 Охрана труда, техника безопасности и охрана окружающей среды.

4 Технико-экономические показатели проекта.

Список использованной литературы.

2.3 В отдельных случаях при выборе и обосновании технологии производства целесообразно проведение патентного поиска, позволяющего определить эффективные составы, технологические режимы и оборудование. Проведенные патентные исследования оформляются на специальных бланках и включаются в состав проекта.

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ПРОЕКТА

При выполнении проекта рекомендуется весь процесс работы расчленить на отдельные задачи и решить их в определенной последовательности.

Работу следует начинать с изучения технической литературы по технологии производства определенного заданием вида заполнителя [1-16,18]. КП выполняется в следующем порядке:

– определяется комплекс свойств заполнителей с учетом требований государственных стандартов и выбираются необходимые для производства данного вида заполнителя виды сырья и материалов;

– на основании литературных данных принимается несколько вариантов технологии производства (2-3), обеспечивающих получение заполнителя с заданными свойствами. Эти варианты могут предусматривать различные способы первичной обработки сырья, применение различных типов оборудования и т.д.

Сравнение вариантов проектирования производится по технико-экономическим показателям, выбирается наиболее экономически эффективный;

– для принятого варианта производства ИПЗ составляется технологическая схема, которая согласовывается с консультантом;

– принимается режим работы цеха (завода);

– составляется детальное описание технологического процесса с указанием технологического оборудования и параметров технологических режимов: подготовки сырья, состава шихты, формования гранул, тепловой обработки, обжига (спекания), дробления, грохочения и т.д., в зависимости от вида заполнителя и принятой технологии;

– рассчитывается производительность цеха или по заданной мощности рассчитывается необходимое количество основного оборудования – печей для обжига, агломерационных машин и т.д.;

– определяется потребность в сырье и материалах, выбирается технологическое и транспортное оборудование, составляется сводная ведомость оборудования, рассчитывается потребность в энергетических ресурсах и рабочей силе;

– уточняется компоновка оборудования в цехе, эскиз согласуется с консультантом;

– решается вопрос организации контроля качества продукции;

– выполняются разделы 3 и 4 ПЗ;

– оформляется ПЗ и графическая часть проекта.

4 СОДЕРЖАНИЕ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ

4.1 Введение

Вводная часть ПЗ должна содержать сведения о состоянии и перспективах развития конкретного вида заполнителей, отражать основные направления совершенствования технологических процессов и качества продукции, эффективность и область применения данного заполнителя. Цели и задачи проекта. Объем введения 1-1,5 страниц.

4.2 Общие положения

4.2.1 Характеристика выпускаемой продукции

Для заполнителя, указанного в задании определяется комплекс показателей свойств: зерновой состав, плотность, прочность, влажность, содержание вредных включений и т.д., в соответствии с требованиями ГОСТ на конкретный вид заполнителя. В зависимости от качества заполнителей определяется рациональная область их использования – вид бетона, марка бетона по плотности, класс бетона, теплопроводность и т.д.

Из общего объема выпуска искусственных пористых заполнителей более ¾ приходится на долю керамзита и его разновидностей, остальное – на вспученный перлит, вермикулит, аглопорит, шлаковую пемзу, термолит и др. Оптимальные мощности цехов керамзитового (шунгизитового) гравия и песка составляет 100…200 тыс.м^3 в год, заводов – от 200 до 400 тыс. м^3 в год. При проектировании производства основными критериями оценки эффективности применяемых технологий служат показатели ресурсо – и энергозатрат, а также показатели стабильности качества выпускаемых искусственных пористых заполнителей.

4.2.2 Характеристика сырьевых материалов.

При проектировании производства искусственных пористых заполнителей – керамзита, аглопорита, шунгизита, вермикулита, перлита и др., основные требования определяются в соответствии с рекомендациями приведенными в научной литературе [2-4, 6-11], затем уточняются в соответствии с требованиями действующих на данный вид продукции стандартов. Номенклатура и некоторые характеристики сырья для производства ИПЗ приведены в таблицах 1, 2.

Основными характеристиками глинистого сырья являются: температура (легкоплавкость) и интервал вспучивания, коэффициент вспучивания, химический и минералогический составы, содержание органических примесей, а для пластичных и рыхлых глин еще и число пластичности, дисперсность, со держание включений, карьерная влажность (коэффициент консистенции).

В случае применения корректирующих добавок, улучшающих технологические свойства сырья или повышающих качество конечного продукта, дается краткое описание их свойств.

Для получения керамзитового гравия и песка с минимальной плотность и улучшения процесса обжига применяют минеральные и органические добавки. Корректи-

рующие добавки способствуют снижению температуры начала перехода массы в пиропластическое состояние, расширению температурного интервала вспучивания, увеличению в грануле количества расплава оптимальной вязкости и объема выделяющихся газов в интервале температуры вспучивания.

В качестве минеральных корректирующих добавок используют тонкомолотую дисперсную железную руду, молотые пиритные огарки. Коэффициент вспучивания может быть повышен добавкой в исходное глинистое сырье примерно 1% мазута, солярового масла, нефти. Для расширения температурного интервала вспучивания используют опудривание сырцовых гранул порошком огнеупорной глины, молотым кварцевым песком, что позволяет избежать оплавления гранул при обжиге.

Таблица 1 – Сырье для производства искусственных пористых заполнителей

Сырье	Характеристика	Вспучиваемость	Назначение
1	2	3	4
Природные глинистые породы			
Глина	Горная порода различной пластичности, содержит более 30% частиц размером менее 1 мкм	Вспучивается при быстром нагревании до 1250°С	Керамзитовый гравий и песок
Суглинок и супесь	Малопластичная порода, содержит от 10 до 30% частиц менее 1 мкм	Не вспучивается или слабо вспучивается	Аглопоритовый щебень и песок или связующая добавка
Аргиллит	Камнеподобная порода, в воде не размокает	Вспучивается при быстром нагревании	Керамзитовый гравий и песок
Глинистые сланцы, в том числе шунгитовые	Камнеподобная порода, не размокает в воде, с четко выраженной слоистостью	Вспучивается при быстром нагревании; Не вспучивается или слабо вспучивается	Керамзитовый гравий и песок; Аглопоритовый щебень и песок
Природные неглинистые породы			
Опаловые (кремнистые) породы	Малопластичные с повышенным содержанием крем-незема	Вспучивается при быстром нагревании; Не вспучивается или слабо вспучивается	Керамзитовый гравий и песок; Термолитовый гравий и щебень
Вулканическое водосодержащее стекло (перлит, обсидиан и др.)	Изверженная горная порода (перлит, обсидиан, витрофир и др.) с содержанием вулканического стекла более 85%	Вспучивается при нагревании	Вспученный перлит
Гидратированные слюдистые сланцы	Содержат гидратированную магнезиально-железистую слюду (вермикулит) в количестве не менее 20-30%	Вспучивается при нагревании	Вспученный вермикулит
Побочные продукты промышленности			
Зола – уноса ТЭС	Тонкодисперсный сухой продукт пылеугольного сжигания топлива	Спекается или вспучивается при быстром нагревании	Аглопоритовый гравий, щебень, зольный гравий, глинозольный керамзит

Окончание табл. 1

1	2	3	4
Золошлаковая смесь отвалов ТЭС	Смесь золы и шлака гидроудаления	Спекается или вспучивается при быстром нагревании	Аглопоритовый гравий, щебень, зольный гравий, глинозольный керамзит
Глинистые отходы угле-добычи и углеобогащения	Неоднородная грубообломочная смесь глины, глинистого сланца, углистого вещества и примесей (песчаников, песков, реже известняков)	В основном не вспучивается	Аглопоритовый щебень и песок

Температурным интервалом вспучивания (Δt) называют разницу между предельно возможной температурой обжига и температурой начала вспучивания сырья. За температуру начала вспучивания ($t'_{всп}$) принимают температуру, при которой уже получается керамзит с плотностью гранулы 0,95 г/см^3.

Предельно возможной температурой обжига ($t'_{обж}$)считается температура начала оплавления гранул. Следовательно,

$$\Delta t = t'_{обж} - t'_{всп} \qquad (1)$$

Таблица 2 – Классификация глинистого сырья по степени его вспучивания

Группа сырья	Плотность пористого черепка в куске в кг/м^3, которую способно давать при обжиге глинистое сырье	Коэффициент вспучивания
Высоковспучивающиеся	Не более 400	7 - 8
Средневспучивающиеся	400 – 750	4 - 5
Слабовспучивающиеся	750 – 1500	2 – 2,5
Невспучивающиеся	1500 и более	Менее 2

Чтобы обеспечить практическую возможность производства керамзита в промышленных условиях, интервал вспучивания сырья должен быть не менее 50 ºС.

Для технологий с использованием топлива (твердого, жидкого и газообразного) приводятся его характеристики и способы подготовки (для угля).

4.2.3 Состав предприятия.

В этом подразделе дается перечень основных цехов или технологических переделов (узлов), вспомогательных и подсобных служб, а также приводятся данные о карьерном хозяйстве, режиме его работы и способах транспортировки сырья.

4.3 Технологическая часть

4.3.1 Выбор и технико-экономическое обоснование технологии производства.

Выбор технологической схемы производства искусственных заполнителей связан с определением способа переработки сырья и обоснованием типа обжигового агрегата. *Выбор способа переработки сырья* зависит от свойств исходного сырья, а качество заполнителя – от режима термообработки, при котором создаются оптимальные условия вспучивания подготовленных сырцовых гранул или иного процесса, способствующего образованию пористого заполнителя.

Основные способы производства керамзитового гравия в зависимости от свойств исходного сырья приведены в таблице 3.

Таблица 3

Наименование способа производства	Вид исходного сырья	Влажность,%	Краткое описание способа подготовки сырья
Сухой способ	Твердое, камнеподобное хорошо вспучивающееся сырье (шунгиты, аргиллиты, глинистые сланцы)	До 8	Карьерная глина подвергается дроблению и рассеву. При карьерной влажности свыше 8% - гранулы сушат, затем отправляют на обжиг. Способ наиболее экономичен.
Пластический способ	Рыхлое глинистое сырье, хорошо намокающее в воде, с карьерной влажностью ниже или равной их формовочной влажности	18…28	Глинистое сырье в увлажненном состоянии перерабатывается в вальцах, глиномешалках. Затем из пластичной массы формуют на шнековых прессах сырцовые гранулы в виде цилиндров с дальнейшем их окатыванием. При данном способе возможно увеличение коэффициента вспучивания.
Порошково-пластический способ	Неоднородное по составу глинистое сырье	Обязательная сушка при любой влажности	Сырье подвергают сушке и измельчению, получая порошок, из которого при добавлении воды формуют гранулы. Способ требует дополнительных затрат на сушку, но при этом качество подготовки неоднородного сырья значительно возрастает.
Мокрый (шликерный)	Глины с высокой формовочной влажностью, высоковязкие глины и с высоким содержанием каменистых включений (более 10%)	Свыше 28	Способ является бесформовочным. Сырье поступает в глиноболтушки, откуда с влажностью примерно 50% шликер (шлам) поступает во вращающиеся печи. Способ не получил широкого распространения из-за высоких энергозатрат.

Следует учитывать, что экономическая эффективность технологии производ-
водства в значительной мере зависит от исходного сырья. Например, использование для производства аглопорита отходов ТЭС или углеобогащения позволяет снизить себестоимость продукции на 20-30% [1].

4.3.2 Разработка технологической схемы производства

Для принятого способа производства заполнителя составляется технологическая схема процесса, на которой представляются только основные технологические операции и оборудование для их выполнения. Внутрицеховое транспортное оборудование – конвейеры, элеваторы, краны, транспортеры и т.д. – связывающее технологические аппараты и машины в единую технологическую линию, уточняется в процессе компоновки оборудования (построения планов и разрезов проектируемого цеха). Ниже приводятся технологические схемы для некоторых производств (рисунок 1 – 5).

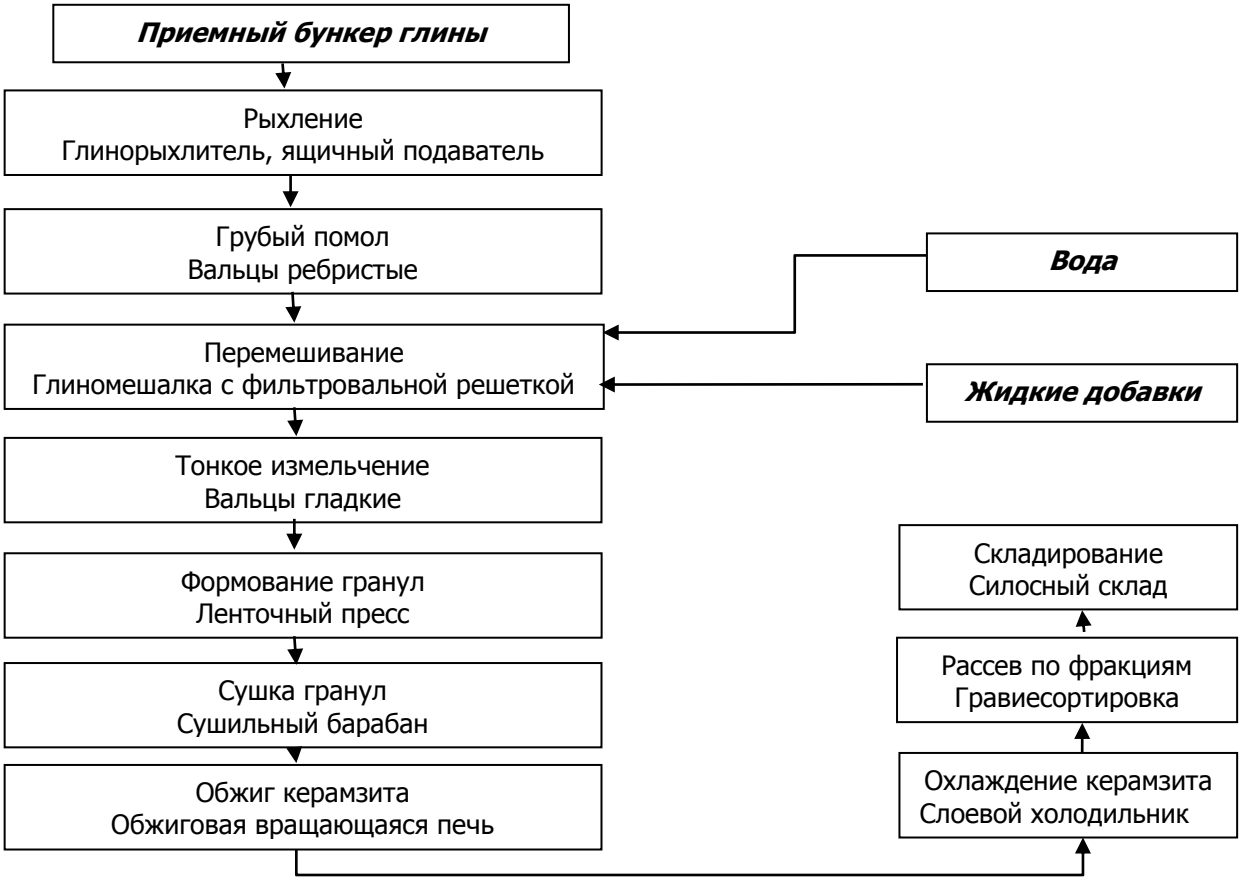

Рисунок 1. Технологическая схема производства керамзитового гравия пластическим способом

Основной особенностью технологии производства *глинозольного керамзита*, по сравнению с технологией обычного керамзита является более тщательная гомогенизация шихты и более тонкое измельчение глины до перемешивания с золой, что обеспечивается двухстадийным перемешиванием глины с золой и установкой вальцов

тонкого помола глины перед глиномешалкой.

Особенностью технологии производства *зольного гравия* является использование для обжига коротких прямоточных печей длиной до 20 м.

Для формования сырцовых гранул наиболее рационально применение тарельчатого гранулятора. При недостаточном содержании в золе несгоревшего угля в технологической схеме производства *аглопоритового гравия* предусмотреть линию подачи топлива.

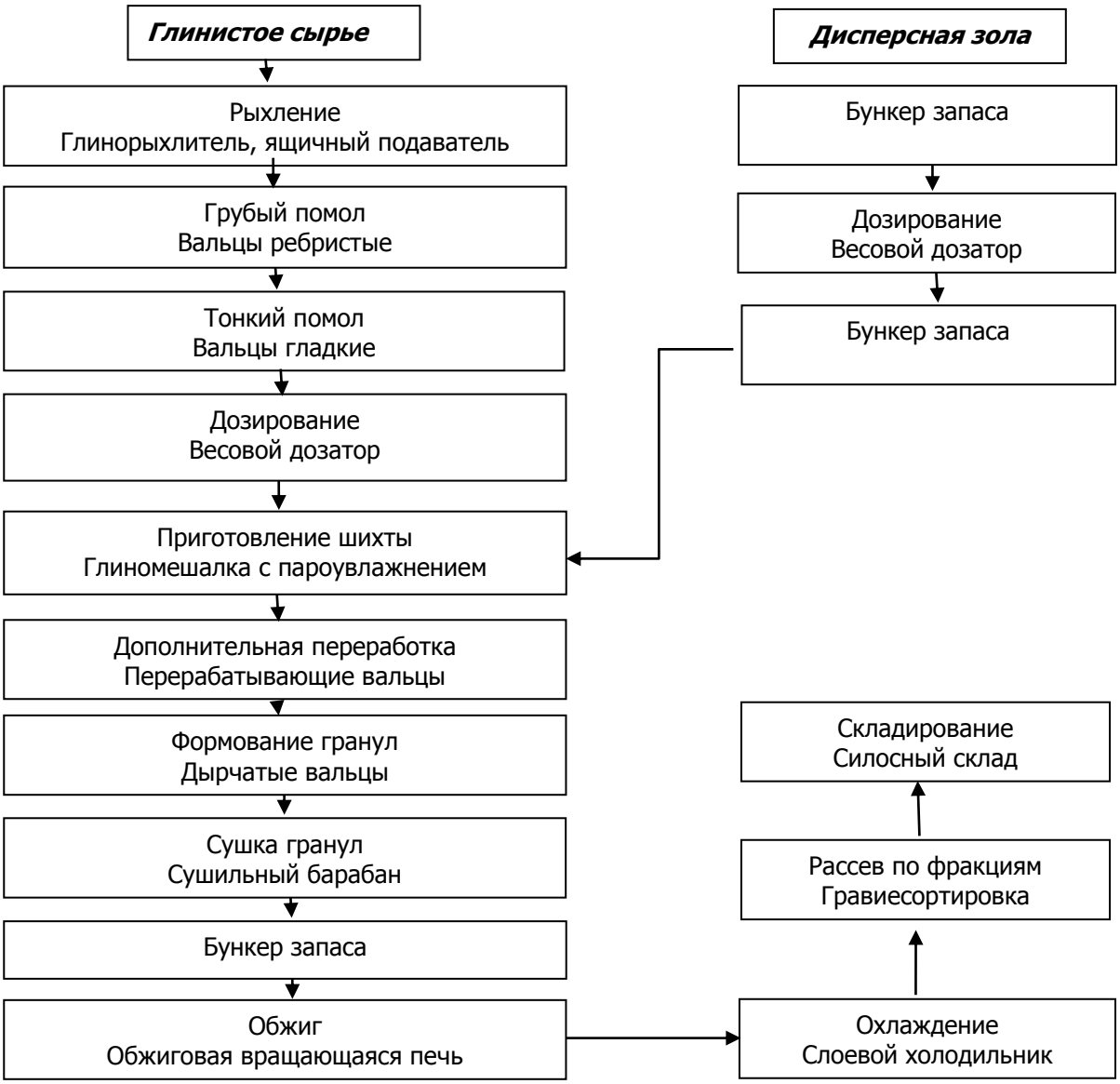

Рисунок 2 Технологическая схема производства глинозольного керамзита

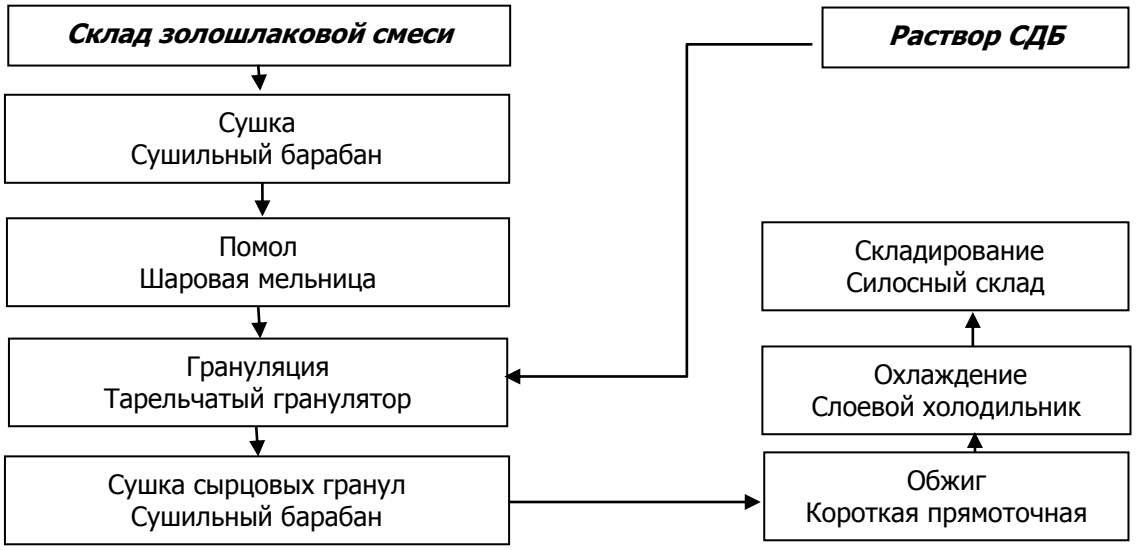

Рисунок 3 Технологическая схема производства зольного гравия

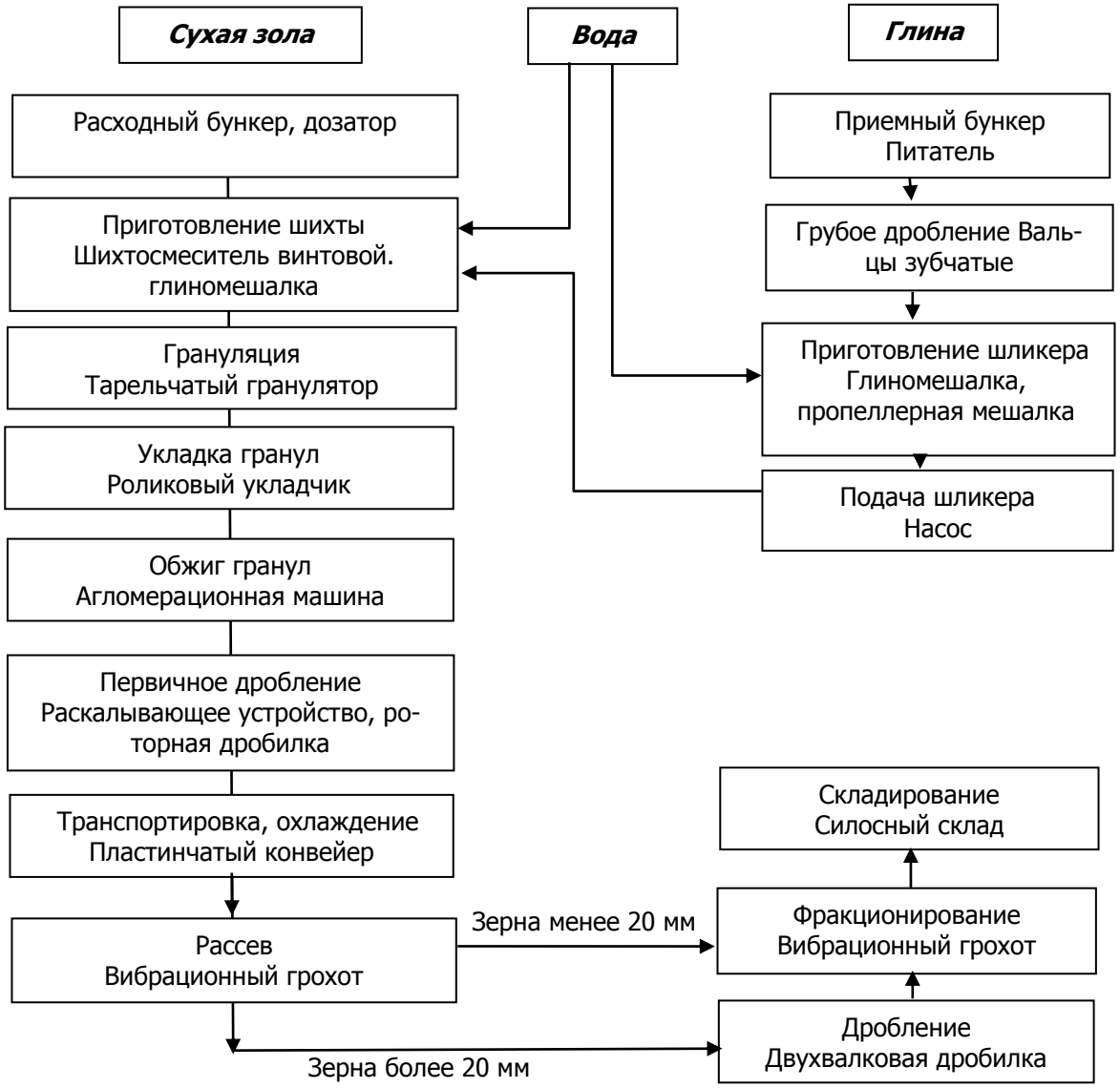

Рисунок 4 Технологическая схема производства аглопоритового гравия

При приготовлении *аглопоритового щебня* из отходов углеобогащения добавка глины вводится в сухом виде, крупность глинистых частиц не должна превышать 3 мм. В случае использования глины с высокой влажностью целесообразно вводить ее в состав шихты в виде шликера. Этот способ подготовки глинистой породы представлен на рисунке 4.

4.3.3 Режим работы предприятия

Режим работы предприятия и отдельных цехов (технологических переделов) зависит от характера производства, характеристик и вида используемого оборудования, климатических условий и других факторов. При назначении режима работы следует руководствоваться нормативными документами [13, 15] и следующими рекомендациями, приведенными в таблице 4:

Таблица 4 – Основные режимы работы цехов

№	Наименование цеха	Режим работы цехов	Суточный фонд рабочего времени, ч
1	Цеха, оборудованные печами обжига и агломерационными машинами	По непрерывной рабочей неделе, в 3 смены, с остановкой на плановый ремонт	24
2	Подготовительные отделения	По режиму работы обжиговых цехов, по непрерывной рабочей неделе. Допускается работа в 2 смены с обязательной организацией буферных запасов сухих гранул для обеспечения бесперебойной работы обжиговых агрегатов	24
3	Складское хозяйство	По приему готовой продукции работают в три смены, по прерывной рабочей неделе. По выдаче на ж/д транспорт – в три смены, по непрерывной рабочей неделе. По выдаче на а/т транспорт – по прерывной рабочей неделе, в 2 смены	24 24 16
Примечание: годовой фонд рабочего времени при непрерывной работе в три смены составляет 8760 ч, при работе по пятидневной рабочей неделе в две смены составляет 4169 ч, при работе по пятидневной неделе в три смены – 6240 ч.			

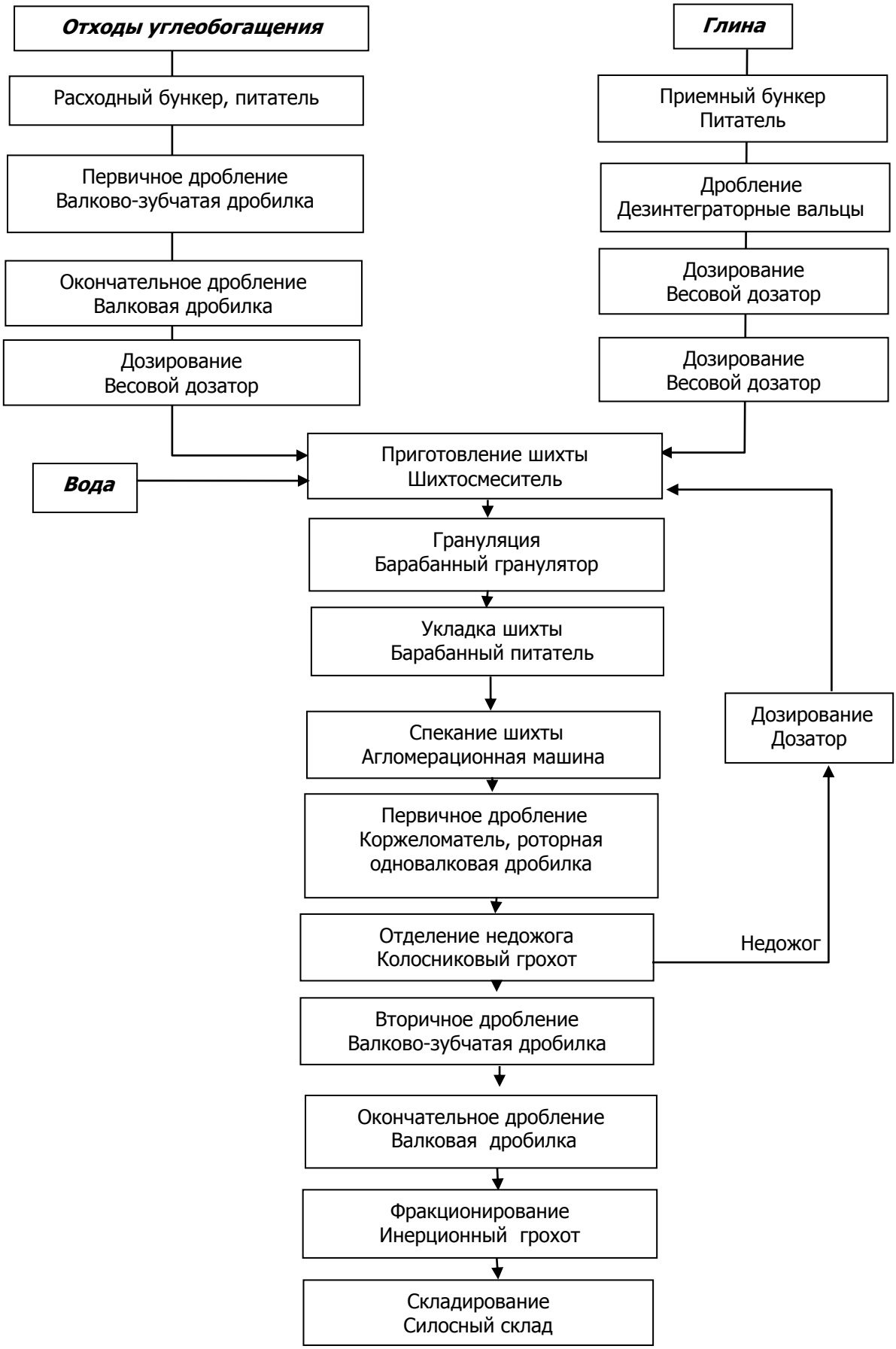

Рисунок 5 Технологическая схема производства аглопоритового щебня из отходов углеобогащения

4.3.4 Описание технологического процесса производства заполнителя

В соответствии с принятой технологической схемой составляется подробное описание технологического процесса.

Для каждой операции указываются параметры технологических режимов и конкретное оборудование для ее выполнения.

Для пористых заполнителей определяется состав шихты с учетом свойств заданного сырья и материалов, свойств готовой продукции и способа производства.

Данные для определения свойств шихты приведены в литературе [1-7, 11, 13-15]. С целью повышения качества керамзита используются различные добавки: органические, железистые, минеральные, соли и окислы металлов и их комплексы [2, 3, 15]. При производстве аглопорита следует обосновать выбор технологического топлива и его количество, предусмотреть использование возврата в шихту, введение выгорающих и других добавок.

Способ подготовки сырья для производства керамзита определяют свойства шихты: влажность шихты, перерабатываемой по пластическому способу, составляет 25-30%; влажность сырья при сухом способе переработки 8-18%; при мокром способе подготовки влажность шликера составляет 50-55%.

При пластическом способе внимание уделяется формованию. Режим формования гранул и принятое оборудование должны обеспечивать заданные размеры гранул, более или менее правильную геометрическую форму зерен (чем ближе коэффициент формы зерен к единице, тем лучше вспучивание, $к_ф = \frac{S_{зап}}{S_{шар}}$, где $S_{зап}$ – удельная поверхность заполнителя, см^2/г; $S_{шар}$ – удельная поверхность шаров той же крупности, см^2/г) и необходимую прочность. размер сырцовых гранул для получения керамзитового гравия находится в пределах 6-14 мм и зависит от коэффициента вспучивания и других свойств исходного сырья.

Для процесса сушки сырцовых гранул определяются следующие показатели: влажность гранул на входе и выходе из сушильного агрегата, температура теплоносителей (дымовых газов) и длительность сушки. Влажность подсушенных гранул можно принимать 12-20%.

Формование сырцовых гранул целесообразно осуществлять на ленточных прессах, оборудованных приставками НИИ керамзита, и только в случае применения суглинков с числом пластичности менее 15 формование гранул можно производить на дырчатых формующих вальцах.

Обжиг керамзитового гравия производится в обжиговых агрегатах, одно- и двухбарабанных вращающихся печах. Серийно выпускаются в настоящее время для производства керамзита вращающаяся печь однобарабанная Ø2,5х40 и обжиговый агрегат СМС-197, в состав которого входят: слоевой подготовитель, вращающаяся печь Ø2,8х20, слоевой холодильник, дробящее устройство для измельчения спеков.

В пояснительной записке приводится подробное описание физико-химических процессов происходящих при обжиге, назначаются параметры режимов обжига; температура и длительность переработки материалов в отдельных зонах печи, длина зон и др.

Режим охлаждения керамзитового гравия задается начальной температурой керамзита, длительностью охлаждения. Температурой материала на выходе; указывается значение процесса охлаждения на свойства керамзита.

Технология производства керамзитового песка отражена в [2, 3, 6, 12,13]. Обжиг керамзитового песка производится в печи кипящего слоя, двухзонной СМС-139 или, при соответствующем обосновании, путем дробления керамзитового гравия в валковых дробилках.

Данные для проектирования производства разновидностей керамзитового гравия – зольного и глинозольного приведены в источниках [2-6], в таблице 5 даны рекомендации для выбора оборудования для производства керамзита и его разновидностей.

Таблица 5 – Оборудование для производства керамзита и его разновидностей

Технологический передел	Керамзитовый гравий			Глинозольный керамзит	Зольный гравий
	Пластический способ	Сухой способ	Мокрый способ		
1	2	3	4	5	6
Переработка сырья	Рыхлительная машина Ящичный пластинчатый питатель Камневыделительные винтовые или зубчатые вальцы Вальцы тонкого помола Двухвалковая глиномешалка с пароувлажнением	Щековая дробилка Роторная дробилка (для сланцев) Валковая зубчатая дробилка (для аргиллитов)	Рыхлительная машина Ящичный подаватель Бак-мешалка для водных взвесей Глиноболтушка	Рыхлительная машина Ящичный подаватель Камневыделительные вальцы грубого помола Вальцы тонкого помола (для глин) Дозаторы Глиномешалка с пароувлажнением Перерабатывающие дырчатые вальцы	Ящичный подаватель Сушильный барабан Шаровая мельница
Приготовление шихты	Ленточный пресс	Грохоты	Насосы Шлам-бассейн Ковшовый питатель	Дырчатые вальцы или ленточный пресс	Тарельчатый гранулятор
Сушка	Сушильный барабан или слоевой подготовитель	-	-	Сушильный барабан	Сушильный барабан Струнное сито
Обжиг	Обжиговый агрегат, одно- и двухбарабанные вращающиеся печи	Одно- и двухбарабанные вращающиеся печи	Вращающаяся печь с завесой из цепей	Вращающаяся печь	Вращающаяся короткая печь прямоточного действия
Охлаждение	Самотечный слоевой холодильник или аэрожелоб				Барабанный или слоевой холодильник

Окончание таблицы 5

1	2	3	4	5	6
Дробление и сортировка по фракциям	Гравиесортировка				Щековая дробилка (для спеков) Колосниковое сито Гравиесортировка

*Для производства шунгизита используется то же оборудование, что и для сухого способа производства керамзита.

При проектировании производства аглопорита на основании литературных данных [2-6, 16,17,18] принимаются характеристики свойств шихты, обеспечивающих максимальную вертикальную скорость спекания, определенную удельную производительность агломерационной машины и заданные свойства аглопорита: влажность шихты, оптимальное содержание топлива, оптимальная крупность зерен, высота слоя шихты. Ориентировочные данные для расчета приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Рекомендуемые значения параметров шихты для производства аглопорита

Параметр	Значение параметра при использовании сырья:		
	Глинистые породы	Отходы углеобогащения	Золы ТЭС
Сосотояние шихты, % по массе:	Для легкоплавких		
Топливо	8-12	5-9	5-9
	Для средней плавкости		
		10-14	6-12
	Для тугоплавких		
		13-17	10-14
Глинистая порода	-	5-15	5-15
Возврат	5-15	5-15	5-15
Сульфитно-дрожжевая бражка	0,5-1,5	0,5-1,5	0,5-1,5
Отходы целлюлозно-бумажной промышленности	5-20	5-20	5-20
Крупность сырья, не более	5мм	5мм	2000см^2/г
Влажность шихты, %	14-22	10-13	25-35
Насыпная плотность шихты, кг/м^3	950-1070	1000-1050	≈1000

В таблице 7 приводится перечень основного оборудования для производства аглопоритового щебня и гравия с учетом свойств исходного сырья.

Таблица 7 – Оборудование для производства аглопоритового щебня и гравия

Технологический передел	Аглопоритовый щебень		Аглопоритовый гравий
	отходы углеобогащения	рыхлые природные глинистые породы	тонкодисперсная зола
Переработка основного сырья	Щековая дробилка первичного дробления Грохот Щековая дробилка вторичного дробления Весовой дозатор	Глинорыхлитель Ящичный, пластинчатый питатель Камневыделительные вальцы Дозатор-питатель	Силосы с барботирующим устройством Весовой дозатор
Подготовка топлива	При недостатке топлива	Подаватель ящичный Дробилка молотковая Дозатор ленточный	При недостатке топлива
Подготовка глинистой добавки	Глинорыхлитель, ящичный питатетль Валковая дробилка Дозатор-питатель		Вальцы грубого помола Агрегат для приготовления шликера Пропеллерная мешалка Насос Объемный дозатор
Приготовление шихты	Глиномешалка двухвальная	Глиномешалка двухвальная или барабанный шихтосмеситель	Винтовой смеситель Двухвальный шихтосмеситель
Грануляция шихты	Барабанный или тарельчатый гранулятор	Барабанный гранулятор	Тарельчатый гранулятор
Укладка шихты	Ленточный или барабанный питатель	Ленточный или барабанный питатель	Роликовый укладчик
Спекание шихты (гранул)	Прямолинейные агломерационные машины непрерывного действия Металлургические агломерационные и обжиговые машины		
Дробление и рассев по фракциям	Коржеломатель (в составе агломерационной машины) Грохот Валково-зубчатая дробилка Валковая дробилка Инерционный грохот		Коржеломатель Роторная дробилка Пластинчатый конвейер Инерционный грохот

В пояснительной записке должны быть отражены режимные параметры для всех технологических переделов, описаны процессы, протекающие при термической обработке шихты, выбран режим работы агломерационной машины.

Технология производства шлаковой пемзы, характеристика оборудования, требования к сырью и пористым заполнителям из металлургического шлака приведены в [1,2,6,9,19].

Производство вспученного перлита осуществляется по различным технологическим схемам в зависимости от свойств исходной горной породы, номенклатуры и назначения заполнителя. Технологические схемы производства вспученного перлита, характеристика оборудования, требования к сырью и параметры режимов даны в [6,10,12].

4.3.5 Расчет производственной мощности предприятия

Мощность предприятий по производству обжиговых пористых заполнителей определяется мощностью обжиговых агрегатов $П_{обж}$:

$$П_{обж} = T \cdot C \cdot K_{и} \cdot K_{об}, м^3 / год, \quad (1)$$

где T – годовой фонд рабочего времени, час;

C – часовая паспортная, при соответствующей насыпной плотности получаемого заполнителя, производительность агрегата, м^3/ч;

$K_{об}$ – объемный коэффициент, учитывающий марку получаемого пористого заполнителя, принимается по таблице 8;

$K_{и}$ – коэффициент использования годового фонда рабочего времени, принимается по таблице 9, в соответствии с требованиями ОНТП-11-86;

Таблица 8 – Объемный коэффициент выхода продукции в зависимости от ее марки

Марка заполнителя	Производство	
	керамзитового гравия и его разновидностей	керамзитового песка в печах кипящего слоя
300	1,25	-
350	1,21	-
400	1,15	-
450	1,10	-
500	1,00	1,20
550	0,95	-
600	0,86	1,00
700	0,69	0,85
800	0,63	0,75
900	-	0,65
1000	-	0,60

Годовая мощность агломерационных машин вычисляется по формуле:

$$П_{аг} = \frac{T \cdot C \cdot K_и}{\rho_{ср}}, м^3 / год, \quad (2)$$

где T, $K_и$ – то же, что и в (1);

C – расчетная часовая производительность агломерационной машины, т/ч;

$\rho_{ср}$ – средняя насыпная плотность аглопорита, т/м^3.

Таблица 9 – Производительность обжиговых агрегатов

Характеристика заполнителя	Обжиговый агрегат	Производительность, м^3/час	$K_и$
Гравий керамзитовый М500	Печь вращающаяся Ø2,5х40 Агрегат обжиговый СМС-197 То же, двухбарабанный: Ø2,5х20= Ø3,6х24 Ø3,0х24= Ø4,5х24	10,8 12,4 13,3 25,0	0,92 0,92 0,86 0,92
Песок: керамзитовый М600 перлитовый вспученный М100	Печь кипящего слоя СМС-139 Печи вертикальные СМТ-177 с печью термоподготовки СМТ-178 и ПУВ НИИСМИ	6,7 15,0	0,85 0,80
Щебень перлитовый вспученный М500	Печь вращающаяся СМТ-179 с печью термоподготовки СМТ-178; печь кипящего слоя	3,5	0,80
Щебень и песок аглопоритовые М700 (из суглинков и углеотходов)	Агломерационные машины: СМТ-117 (υ=5мм/мин) и СМ-96, размером 1,5х40 СМС-214 (υ=7мм/мин), размером 2,5х60	14,0 56,0	0,82 0,82
Аглопоритовый гравий из золы М800	Агломерационные машины: СМС-117 (υ=11мм/мин) (без охладителя) АКМ-105 (υ=11мм/мин), размером 2,5х42	21,0 76,0	0,82 0,90

Часовая производительность агломерационной машины, с учетом принятых технологических параметров, определяется по формуле:

$$C = 0{,}06 \cdot \upsilon \cdot L_a \cdot B_a \cdot \rho_c \cdot K_п \cdot K_в, \text{ т/ч} \quad (3)$$

где υ – вертикальная скорость спекания, мм/мин, принимается по результатам испытаний. Обычно для щебня υ=6-10 мм/мин, для гравия υ=11-16 мм/мин;

L_a – активная длина агломашины, м, равная общей длине машины L за вычетом длины зон сушки L_c = 0,05-0,1L и охлаждения L_0=0,1L;

B_a- активная ширина агломашины, м, равная ширине машины за вычетом толщины бортовой постели, обычно 2х50мм;

ρ_c – насыпная плотность сырцовых гранул, т/м^3, принимается 1-1,1 т/м^3;

$K_п$ – коэффициент выхода аглопорита, равен 0,75-0,90;

$K_в$ – коэффициент, учитывающий возврат части продукта, при отсутствии возврата $K_в$ = 1.

4.3.6 Расчет потребности в сырье и материалах

При расчете потребности в сырье и вспомогательных материалах для производства керамзита и шунгизита следует ориентироваться на данные таблицы 10.

С учетом принятого в проекте сырья его норма уточняется по формуле:

$$H = \rho_{н.к.} \cdot (1+\frac{ппп}{100}) \cdot (1+\frac{W_0}{100}), кг/м^3, \quad (4)$$

где $\rho_{н.к.}$ – насыпная плотность керамзита, кг/м^3;

ппп – потери при прокаливании, %;

W_0 – влажность глины, поступающей в производство, %.

Для производства аглопорита используется, как правило, многокомпонентная сырьевая шихта, составляющие которой имеют различную влажность и содержат значительное количество выгорающего углерода. В этом случае для расчета удельного расхода сырья задаются составом шихты в % по массе сухих компонентов с учетом потерь при прокаливании.

Таблица 10 – Удельные расходы сырья и материалов

Наименование сырья	Ед. изм.	Керамзитовый гравий*			Керамзитовый песок*	
		способ производства				
		пластич.	сухой	мокрый	пластич.	сухой
Глина разрыхленная при $\rho_{нас}$=1,4-1,5т/м^3	т м^3	0,75 0,5-0,55	- -	0,77 0,52-0,54	1,05 0,62-0,65	- -
Сланцы фракционированные при $\rho_{нас}$≈1,4т/м^3	т м^3	- -	0,72 0,5-0,52	- -	- -	0,85 0,6-0,61
Шунгизит фракционированный при $\rho_{нас}$=1,5-1,6т/м^3	т м^3	- -	0,72 0,45-0,48	- -	- -	0,85 0,53-0,57
Вода на технологические нужды	м^3	0,02-0,03	-	0,6-0,7	0,02	-
Пар на технологические нужды	т	0,03	-	-	0,03	-
Добавки: твердые жидкие	 т т	 0,03 0,01	 - -	 0,03-0,04 0,013-0,014	 0,03 0,032	 - -
Опудривающие порошки	% т	3-5 0,01	3-5 0,01			
Зола ТЭС при $\rho_{нас}$=0,57-1,00т/м^3	т м^3	0,57-1,15 1,0-1,15	- -	0,57-1,15 1,0-1,15	- -	- -
Примечание: *керамзитовый гравий марки 500, *керамзитовый песок марки 600						

Удельный расход каждого компонента определяется по формуле:

$$H = \rho_{н.агл.} \cdot \frac{n_i}{100} \cdot (1+\frac{ппп}{100}) \cdot (1+\frac{W_0}{100}), кг/м^3, \quad (5)$$

где $\rho_{н.агл.}$ – насыпная плотность аглопорита, кг/м^3;

n_i - % по массе i-ого компонента в шихте;

ппп – потери при прокаливании, %;

W_0 – влажность глины, поступающей в производство, %.

Потребность в сырье и материалах определяется на каждом технологическом переделе с учетом механических производственных потерь (таблица 11), а также физико-химических превращений, связанных с изменением массы: увлажнение шихты, сушка сырцовых гранул, обжиг, спекание.

Таблица 11 – Величины механических потерь материалов

Технологический передел	Величина потерь, %
Складирование	0,5-1,0
Транспортирование	0,5-1,0
Обжиг, спекание	До 2
Сушка, помол	1-1,5
Дозирование	0,1-0,2
Дробление	0,2-0,5

Результаты расчета потребности в основном и вспомогательном сырье, топливе рекомендуется сводить в табличную форму записи, таблица 12.

Таблица 12 – Потребность производства в сырье и материалах

Наименование сырья, материала	Ед. изм.	Расход			
		год	сутки	смена	час

4.3.7 Расчет и подбор технологического оборудования.

При составлении технологической схемы и описании технологии производства определяется тип или марка основного оборудования. В настоящем разделе на основании часовой производительности каждого технологического передела по справочным данным [2,6,13,15,17] уточняется марка оборудования и рассчитывается необходимое количество машин и механизмов:

$$N = \frac{П_{час}}{Q \cdot К_{исп}}, \qquad (6)$$

где N – число единиц оборудования;

$П_{час}$ – часовая производительность технологической линии на данном технологическом переделе;

Q – часовая производительность оборудования

$К_{исп}$ – коэффициент использования оборудования. Принимается по справочной и нормативной литературе [13,15].

Часовая производительность оборудования принимается по паспортным данным $Q_п$ или определяется расчетом, с учетом характеристик перерабатываемого сырья.

Полные технические характеристики выбранного оборудования приводятся в ведомости оборудования, таблица 13.

Таблица 13 – Ведомость технологического оборудования

Наименование	Тип, марка	Часовая производительность	Кол-во, шт	Масса единицы, кг	Мощность эл. двигателя, кВт	Коэффициент использования

4.3.8 Штатная ведомость работающего персонала

В штатной ведомости приводится состав производственных рабочих и цехового персонала. Число основных рабочих определяется установленным на технологической линии технологическим и транспортным оборудованием, количество вспомогательных рабочих составляет 20-40% от числа основных рабочих. При составлении штатной ведомости следует ориентироваться на аналогично действующие предприятия или типовые проекты, достигнутые нормы выработки на 1 рабочего [2,6,13,15,17].

Для примера: списочное число производственных рабочих цеха по производству керамзитового гравия производительностью 200 тыс.м^3 в год составляет 92 человека, для технологической линии вспученного перлитового песка производительностью 20…50 тыс.м^3 в год составляет 15 человек. Штатную ведомость рекомендуется представлять в виде таблицы 14.

Таблица 14 – Штатная ведомость предприятия

Профессия рабочего, должность	Разряд	Количество рабочих				
		1 смена	2 смена	3 смена	подсменная	всего
А. Производственные рабочие						
Итого						
Б. Цеховой персонал						
Всего						

4.3.9 Контроль технологических процессов и качества продукции.

Контроль производства включает контроль технологического процесса и контроль качества готовой продукции. Контроль осуществляется лабораторией и исполнителями рабочих операций. Рекомендации по организации контроля приводятся в источниках [2,6,15,16-19].контролируемые параметры и методы их определения для исходного сырья и различных видов заполнителей приведены в нормативных документах [18-30]. Основные положения по организации контроля сводятся в таблицу 15.

Таблица 15 – Схема организации контроля

Объект контроля, технологическая операция	Контролируемый параметр	Способ и средства контроля, НТД	Величина контролируемого параметра	Периодичность контроля	Исполнитель контроля

4.4 Охрана труда, техника безопасности и охрана окружающей среды.

4.4.1 В пояснительной записке приводятся общие требования по технике безопасности и охране труда, устанавливаются конкретные вредности и опасности проектируемого производства.

Описываются принятые инженерные решения по предупреждению травматизма, возгорания и обеспечения санитарных норм условий труда. Вопросы охраны труда и техники безопасности должны учитываться при компоновке оборудования, организации рабочих мест, при организации аспирации и общеобменной вентиляции и т.п.

4.4.2 Производство пористых заполнителей связано с большими объемами добычи природного сырья, в связи с чем в проекте должны быть отражены мероприятия по восстановлению и рекультивации земель, предусмотрены прогрессивные способы добычи сырья (например, подземная добыча), использование промышленных отходов, запроектирована воздухо- и газоочистная система.

4.5 Технико-экономические показатели проекта

Для проектируемого производства определяются:

- годовая производительность цеха, м^3 заполнителя;
- номенклатура выпускаемой продукции, м^3;
- основные технологические агрегаты;
- численность производственного персонала, чел;
- выработка на одного рабочего, м^3;
- общая масса технологического оборудования, т;
- удельная металлоемкость производства, кг/м^3;
- установочная мощность оборудования, кВт;
- удельные расходы энергоресурсов: электроэнергии, кВт·ч, топлива, м^3 (для газа), т (для мазута).

Полученные результаты рекомендуется сравнить с данными действующих предприятий, типовых проектов или средними показателями по отрасли и сделать выводы об эффективности принятых проектных решений.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ицкович С.М. Заполнители для бетона. – Минск: Высшая школа, 1983. – 213 с.
2. Элинзон М.П. Производство искусственных пористых заполнителей. – М.:Стройиздат, 1974. – 255с.
3. Роговой М.И. Технология искусственных пористых заполнителей и керамики. – М.:Стройиздат, 1974. – 320с.
4. Элинзон М.П., Васильев С.Г. Топливосодержащие отходы промышленности в производстве строительных материалов. – М.:Стройиздат, 1980. – 222с.
5. Иванов И.А. Легкие бетоны с применением зол электростанций. – М.:Стройиздат, 1980. – 133с.
6. Искусственные пористые заполнители и легкие бетоны на их основе: Справ. Пособие / С.Г.Васильков, С.П.Онацкий, М.П.Элинзон и др.: Под ред. Ю.П.Горлова – М.:Стройиздат, 1987 – 304с.
7. Онацкий С.П. Производство керамзита. – М.:Стройиздат, 1971. – 331с.
8. Резников Ю.К., Шубенкин П.Ф., Ершов К.В. Шунгизит и шунгизитобетон. – М.:Стройиздат, 1974. – 118с.
9. Александров С.Е., Васильков Г.М. Шлаковая пемза – эффективный строительный материал. – Воронеж: Центрально-Черноморское книжное изд-во, 1974. – 88 с.
10. Полиновская А.И., Сергеев Н.И., Чернова О.А. Вспученный перлитовый заполнитель для легких бетонов. – М.:Стройиздат, 1972. – 83с.
11. Рекомендации по технологии производства искусственного пористого заполнителя из трепельных пород/ВНИИстром, М.:НИИЖБ Госстроя СССР, 1978, – 38 с.
12. Ахундов А.А., Петрихина Г.А. и др. Обжиг в кипящем слое в производстве строительных материалов. – М.:Стройиздат, 1975. – 102 с.
13. Общесоюзные нормы технологического проектирования предприятий и цехов по производству керамзитового гравия и песка ОНТП-11-86/Минстройматериалов СССР. – М.:Стройиздат, 1986. – 30 с.
14. Бурлаков Г.С. Основы технологии керамики и искусственных пористых заполнителей. – Л.:Стройиздат, 1972. – 320 с.
15. Нормы технологического проектирования предприятий промышленности нерудных строительных материалов. – М.:изд-во АСВ, 2005. – 608 с.
16. Строительные материалы. Учебно-справочное пособие/Под ред. Г.А.Айрапетова, Г.В.Несветаева. – Ростов н/Д.: изд-во "Феникс", 1977. – 366 с.
17. Чумаков Л.Д. Технология заполнителей бетона (практикум). – Л.:Стройиздат, 1977. – 366 с.
18. ГОСТ 32026-2012 Сырье глинистое для производства керамзитовых гравия, щебня и песка. Технические условия
19. ГОСТ 32496-2013 Заполнители пористые для легких бетонов. Технические условия