

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

Китайско-Российский институт

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

 С. Т. Князев
« 14 » июля 2024 г.

ПРОЕКТ ЗАВОДА ПО ПРОИЗВОДСТВУ СТЕНОВЫХ БЛОКОВ
НА ОСНОВЕ БЕЗОБЖИГОВОГО ЗОЛЬНОГО ГРАВИЯ
ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ 50 000 М³ В ГОД

Выпускная квалификационная работа

Направление подготовки 27.04.04 – «Управление в технических системах»
Образовательная программа «Проектирование объектов и систем цифровой
экономики»

Студент гр. КРИМ-
Руководитель




Тянь Синьлэй
Е.С. Герасимова

Нормоконтролер

А.А. Карбанова

Екатеринбург

2024

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

Китайско-Российский институт
Направление подготовки 27.04.04 Управление в технических системах
Образовательная программа 27.04.04/33.02 Проектирование объектов и систем цифровой экономики

УТВЕРЖДАЮ
Директор 
«22» мая 2024 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

студента Тянь Синьлэй группы КРИМ-220013к
(фамилия, имя, отчество)

1. **Тема выпускной квалификационной работы** Проект завода по производству стеновых блоков на основе безобжигового гравия производительностью 50 000 м³ изделий в год

Утверждена распоряжением по институту от «22» мая 2024 г. № 33.21.06/33-1

2. **Руководитель** Герасимова Е.С., ст. преподаватель

3. **Исходные данные к работе** научно-техническая литература по вопросам использования кирпичного боя в строительстве, результаты исследовательской работы по применению кирпичного боя в тяжелом бетоне, методика проектирования бетономесительного завода.

4. **Перечень демонстрационных материалов** Цель и задачи исследования, результаты определения свойств исходных материалов, свойства полученного БЗГ, свойства легкого бетона на основе керамзитового гравия и БЗГ, технологические схемы, план и разрезы цеха, выводы.

5. Календарный план

№ п/п	Наименование этапов выполнения работы	Срок выполнения этапов работы	Отметка о выполнении
1.	Выбор темы, получение задания, изучение результатов предшествующих исследований, научной литературы	с 20.02.2024 по 12.03.2024	выполнено
2.	Сбор, обработка исходной информации, написание теоретического материала	с 06.03.2024 по 17.04.2024	выполнено
3.	Выполнение практической части ВКР	с 22.03.2024 по 21.05.2024	выполнено
4.	Общее оформление ВКР	с 15.05.2024 по 29.05.2024	выполнено
5.	Подготовка доклада и презентации	с 29.05.2024 по 08.06.2024	выполнено
6.	Нормоконтроль ВКР	с 29.05.2024 по 07.06.2024	выполнено
7.	Предзащита ВКР	14.06.2024	выполнено

Руководитель 
(подпись)

Герасимова Е.С.
Ф.И.О.

Задание принял к исполнению 20.02.24
дата

(подпись)

6. **Выпускная квалификационная работа закончена «25» мая 2024 г.** Считаю возможным допустить Тянь Синьлэй к защите его выпускной квалификационной работы в Государственной экзаменационной комиссии.

Руководитель 
(подпись)

Герасимова Е.С.
Ф.И.О.

7. **Допустить Тянь Синьлэй** к защите выпускной квалификационной работы в Государственной экзаменационной комиссии (протокол заседания кафедры № 7 от «14» июня 2024 г.)

Директор 
(подпись)

Князев С.Т.
Ф.И.О.

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 97 с., 25 рис., 41 табл.,
50 источн., 18 листов демонстрационных материалов

БЕЗОБЖИГОВЫЙ ЗОЛЬНЫЙ ГРАВИЙ, ЗОЛА-УНОС, ГРАНУЛЯЦИЯ,
ЛЕГКИЙ БЕТОН, ПЛОТНОСТЬ, ПОЧНОСТЬ, СТЕНОВОЙ БЛОК,
АГРЕГАТНО-ПОТОЧНАЯ ЛИНИЯ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА

Объектом исследования является БЗГ, изготовленный на основе отхода теплоэнергетики – золы-унос Рефтинской ГРЭС.

Цель работы – разработать проект завода по производству стеновых блоков на основе безобжигового зольного гравия производительностью 50 000 м³ в год.

Проведен эксперимент по получению безобжигового зольного гравия из золы-унос Рефтинской ГРЭС (Свердловская область, РФ). Получен БЗГ, обладающий маркой по плотности М900 для гранул после нормального твердения и маркой М1000 для гранул после пропаривания. Марка по прочности – П250. Полученный БЗГ соответствует требованиям ГОСТ 32496–2013. Получен облегченный бетон на БЗГ класса В12,5. Разработана технологическая схема и подобрано основное оборудование для производства БЗГ.

Для производства стеновых блоков выбран агрегатно-поточный способ производства. Составлена технологическая схема, определено количество постов. Рассчитано и подобрано основное и вспомогательное оборудование: для обеспечения работы каждой из четырех линии нужно 65 форм, ямная камера размерами 8,0x4,7x2,9 м, бетоноукладчик СМЖ-859, вибротумба СМЖ-200, рельсовая механизированная тележка СМЖ-151 и мостовой кран грузоподъемностью 10 т. Рассчитан склад готовой продукции: 30 х 36 м. Определен список и численность работников формовочного цеха. Выполнена графическая часть.

СОДЕРЖАНИЕ

ПЕРЕЧЕНЬ ЛИСТОВ ДЕМОНСТРАЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	6
ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ.....	7
ВВЕДЕНИЕ.....	8
1 ТЕХНОГЕННЫЕ ЗАПОЛНИТЕЛИ ДЛЯ БЕТОНОВ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ	11
1.1 Использование легких заполнителей в строительстве	11
1.2 Основные виды природных и техногенных легких заполнителей.....	12
1.3 Понятие «Безобжиговый зольный гравий».....	15
1.4 Общие сведения о золе-уносе.....	16
1.5 Исследование и получение безобжигового зольного гравия.....	19
2 ПОЛУЧЕНИЕ БЕЗОБЖИГОВОГО ЗОЛЬНОГО ГРАВИЯ НА ОСНОВЕ ЗОЛЫ-УНОС РЕФТИНСКОЙ ГРЭС И ИЗУЧЕНИЕ ЕГО СВОЙСТВ	24
2.1 Характеристика материалов	24
2.2 Методы исследования сырьевых материалов.....	29
2.3 Получение БЗГ и его свойства	30
2.4 Расчет состава легкого бетона В7,5 П1	35
2.5 Свойства бетонной смеси и легкого бетона.....	37
2.6 Разработка технологии промышленного производства безобжигового зольного гравия	41
3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗАВОДА ПО ПРОИЗВОДСТВУ СТЕНОВЫХ БЛОКОВ ИЗ ЛЕГКОГО БЕТОНА НА ОСНОВЕ БЗГ.....	47
3.1 Выбор базового изделия.....	47
3.2 Требования к материалам	48
3.3 Расчет состава легкого бетона.....	49
3.4 Выбор способа производства стеновых блоков	50
3.5 Описание технологической схемы и определение количества технологических постов	53
3.6 Технологический расчет поточно-агрегатной линии.....	56
3.7 Тепловлажностная обработка.....	60
3.8 Подбор режима тепловой обработки и определение размеров ямной камеры	62
3.9 Подбор технологического оборудования.....	64

3.10	Проектирование склада готовой продукции.....	70
3.11	Контроль технологических операций и готовой продукции	71
3.12	Охрана труда и техника безопасности	73
3.13	Список и численность работников формовочного цеха.....	75
4	ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОЕКТА	77
4.1	Оценка осуществимости проекта.....	77
4.2	Реализация организационного плана по совершенствованию технологической программы	80
4.3	Экономические планы по внедрению программ новых технологий	86
4.4	Расчет показателей финансовой жизнеспособности проектов	88
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	93
	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	94

ПЕРЕЧЕНЬ ЛИСТОВ ДЕМОНСТРАЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Наименование документа	Обозначение документа	Формат листа
1. Актуальность работы	27.04.04 08.12.12 007 ТБ	А4
2. Цель и задачи работы	27.04.04 08.12.12 007 ТБ	А4
3. Характеристика портландцемента ЦЕМ 1 42,5 Н (ООО «СЛК Цемент»)	27.04.04 08.12.12 007 ТБ	А4
4. химический состав золы-уноса. характеристика золы-уноса	27.04.04 08.12.12 007 ТБ	А4
5. Гранулометрический состав материалов	27.04.04 08.12.12 007 ТБ	А4
6. характеристика керамзитового гравия. Характеристика песка из отсевов дробления гранита	27.04.04 08.12.12 007 ТБ	А4
7. Грануляция шихты	27.04.04 08.12.12 007 ТБ	А4
8. Зерновой состав сырцовых гранул БЗГ. Характеристика сырцовых гранул БЗГ	27.04.04 08.12.12 007 ТБ	А4
9. Характеристика БЗГ фракции 5-20 мм. Состав бетона	27.04.04 08.12.12 007 ТБ	А4
10. Характеристика бетонных смесей. Внешний вид и структура бетона	27.04.04 08.12.12 007 ТБ	А4
11. Характеристика бетона. Фактический класс бетона	27.04.04 08.12.12 007 ТБ	А4
12. Технологическая схема производства БЗГ	27.04.04 08.12.12 007 ТБ	А4
13. Технология изготовления стеновых блоков	27.04.04 08.12.12 007 ТБ	А4
14. План цеха на отметке 0,000	27.04.04 08.12.12 007 АЧ	А1
15. Разрез 1-1, разрез 2-2	27.04.04 08.12.12 007 АЧ	А1
16. Экспликация завода по производству стеновых блоков	27.04.04 08.12.12 007 ГП	А1
17. Экономическая часть	27.04.04 08.12.12 007 ТБ	А4
18. Выводы	27.04.04 08.12.12 007 ТБ	А4

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

В настоящей ВКР применяют следующие термины с соответствующими определениями, сокращения и обозначения.

Безобжиговый зольный гравий – это искусственный заполнитель, который получают в виде гранул из тонкомолотой, предварительно увлажнённой сырьевой смеси из золы ТЭЦ и портландцемента с последующим твердением

Лёгкий бетон – бетон с насыпной плотностью 200-1800 кг/м³. К ним относятся бетоны на пористых заполнителях (керамзитобетон, аглопоритобетон, перлитобетон), бетоны на лёгких органических заполнителях (арболит, костробетон, полистиролбетон) и ячеистые бетоны (пенобетон, газобетон)

Портландцемент – гидравлическое вяжущее вещество, получаемое путём совместного помола цементного клинкера, гипса и добавок, в составе которого преобладают силикаты кальция (70-80 %).

Пропаривание – тепло-влажностная обработка изделий на основе портландцемента паровоздушной смесью при повышенной температуре

Стеновой блок – это элемент конструкции для возведения наружных стен и перегородок различных сооружений (жилых и административных зданий, нежилые помещения хозяйственного назначения)

БЗГ – безобжиговый зольный гравий

ККК – коэффициент конструктивного качества

ОК – осадка конуса, см

ОТК – отдел технического контроля

РФ – Российская Федерация

ТВО – тепло-влажностная обработка

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы. На сегодняшний день предприятия по производству железобетонных изделий остро нуждаются в альтернативных видах заполнителей, которые могли бы заменить высокопрочный щебень и гравий. В большей степени это относится к предприятиям, которые не имеют собственных месторождений по добыче хорошего заполнителя по близости, а доставка заполнителей к потребителю издалека значительно увеличивает себестоимость продукции. Также актуальны вопросы снижения массы ограждающих конструкций зданий, что можно сделать при использовании легких бетонов на пористых крупных заполнителях.

На сегодняшний день известен ряд искусственных пористых заполнителей к которым можно отнести: керамзитовые песок, щебень и гравий; аглопоритовые песок, гравий и щебень; щебень и песок из пористого металлургического шлака (шлаковая пемза); перлитовые вспученные песок и щебень и другие. Эти материалы играют роль заполнителей в различных бетонах, а именно: теплоизоляционных; конструкционно-теплоизоляционных; конструкционных, в том числе высокопрочных. Актуальным заполнителем в ближайшем будущем может стать, например, безобжиговый зольного гравия. Это искусственный пористый заполнитель, получаемый в виде сферических гранул из тонкомолотой сырьевой смеси золы и вяжущего с последующим твердением. Производство БЗГ положительно отличается рационализацией использования энерготопливных ресурсов. Затраты условного топлива на порядок ниже, в сравнении с производством искусственных обжиговых пористых заполнителей.

Цель работы – разработать проект завода по производству стеновых блоков, изготавливаемых на основе безобжигового зольного гравия производительностью 50 000 м³ изделий в год.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие **задачи**:

– выполнить аналитический обзор научно-технической литературы по вопросам получения и применения техногенных заполнителей в строительстве,

– выполнить исследовательскую часть по получению и изучению свойств безобжигового зольного гравия на основе золы-уноса Рефтинской ГРЭС и производству легкого бетона,

– разработать проект завода стеновых блоков на безобжиговом зольном гравии производительностью 50 000 м³ изделий в год,

– выполнить графическую часть проекта.

Научная новизна результатов исследований:

– установлена зависимость плотности и прочности бетона, содержащего безобжиговый зольный гравий, от условий и времени твердения.

Практическая значимость работы:

– показана практическая возможность получения БЗГ с маркой по насыпной плотности М1000 и маркой по прочности П250 из смеси Зола:Цемент = 75:25 %,

– рассчитан и подобран состав бетона на основе безобжигового зольного гравия, получен облегченный бетон класса В12,5,

– разработана технологическая схема получения БЗГ на основе портландцемента и золы-уноса, подобрано основное оборудование.

Апробация работы. Результаты работы были доложены на V Международной научно-практической конференции молодых ученых «Роль технического регулирования и стандартизации в эпоху цифровой экономики» (2023 г.).

Публикации по работе. Опубликована 1 работа: Оценка соответствия гранулированного доменного шлака требованиям ГОСТ 8267-93 / Синьлэй Тянь, Е. Герасимова. – Текст : электронный // Роль технического регулирования и стандартизации в эпоху цифровой экономики : сборник статей участников V Международной научно-практической конференции

молодых ученых (Екатеринбург, 2 ноября 2023 г.) . – Издательский дом «Ажур» : Екатеринбург, 2023. – С. 225-230.

Структура и объем магистерской диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, трех разделов, основных выводов, библиографического списка из 39 наименований. Работа изложена на 97 страницах машинописного текста, включая 25 рисунков и 41 таблица.

1 ТЕХНОГЕННЫЕ ЗАПОЛНИТЕЛИ ДЛЯ БЕТОНОВ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

В современной строительной индустрии производство бетонных и железобетонных изделий требует альтернативных искусственных заполнителей, в основном, в связи с нехваткой высокопрочного природного щебня и гравия. Эту потребность так же можно объяснить тем, что не во всех регионах имеются месторождения качественных заполнителей, а доставка к потребителю из других регионов таких материалов значительно увеличивает финансовые расходы [1].

1.1 Использование легких заполнителей в строительстве

Современное строительство нуждается в перспективных экономичных материалах, не менее важно – качество этих материалов. В настоящее время искусственные пористые заполнители используются как для производства ограждающих конструкций (стеновых), так и для использования в комплексном легкобетонном строительстве. Данный факт объясняет, что разработка техногенного заполнителя, пригодного для производства легких высокопрочных бетонов, необходима для экономического и экологического прогресса в сфере строительства.

Легкий бетон на основе природных или искусственных пористых заполнителях – наиболее актуальный материал для массового производства разных стеновых бетонных или железобетонных изделий, в частности панелей, блоков, камней.

Снижение массы бетона за счет применения заполнителей с меньшей насыпной плотностью приводит к уменьшению себестоимости изделий. Совместное использование легкобетонных изделий в ограждающих и несущих конструкциях зданий позволяет снизить материалоемкость строительства и уменьшить массу здания в целом.

Продуктивность использования легких бетонов обуславливается тремя основными критериями: насыпной плотностью, прочностью и зерновым

составом заполнителя. На коэффициент теплопроводности бетона влияет структура используемого заполнителя, его фазовый и зерновой состав[2]. Из этого можно сделать вывод: наименьшие показатели теплопроводности легких бетонов достигаются за счет использования заполнителей с высокой пористостью.

Конструкционно-теплоизоляционные и конструкционные легкие бетоны включают в себя пористые заполнители, а теплоизоляционные бетоны – особо легкие заполнители.

В строительной промышленности применение находят все виды бетонов, начиная от особо легких, заканчивая высокопрочными. И для разных видов бетона нужны заполнители, отвечающие определенным свойствам.

Исходя из этого, можно заявить, что развитие легкогобетонного строительства напрямую зависит от модернизации технологии производства заполнителей, а так же от разработки и исследования новых искусственных заполнителей. Перспективным направлением в этой отрасли является использование отходов других видов промышленности, например, золы-уноса от сжигания твердого топлива на ТЭС [14].

1.2 Основные виды природных и техногенных легких заполнителей

В зависимости от происхождения заполнители подразделяются на:

- природные (вулканические и осадочные),
- искусственные (специально изготавливаемые или побочные продукты – отходы промышленности).

Природные заполнители вулканического происхождения:

- пемза – пористая сыпучая порода губчатого или волокнистого строения, представленная в основном кислым вулканическим стеклом,

- вулканический шлак – сыпучая порода ноздреватого или губчатого строения от красного до черного цвета, состоящая из вулканического стекла основного состава,

- вулканический туф – мелкопористая порода, состоящая из сцементированного вулканического стекла и пепла,

- заполнители осадочного происхождения: пористые известняки, известняки-ракушечники, опока, трепел, диатомиты.

К техногенным заполнителям можно отнести:

- пористые металлургические шлаки,

- топливные шлаки пористого строения,

- грубодисперсные золы-уносы или золошлаковые смеси ТЭС,

- кирпичный бой – пористые кусковые материалы, получаемые дроблением боя кирпича и других пористых керамических изделий.

Искусственными, в том числе техногенными пористыми заполнителями считают:

- керамзит (в виде гравия, щебня или песка) и его разновидности (шунгизит, зольный гравий, глинозольный керамзит, вспученные аргиллит и трепел), получаемые обжигом со вспучиванием во вращающейся печи или печи кипящего слоя подготовленных гранул (зерен) из глин, глинистых сланцев, в том числе шунгитсодержащих, кремнеземистых опаловых пород, золы-уноса или золошлаковой смеси ТЭС и других; в отдельных случаях керамзитовый песок получают дроблением и рассевом крупных фракций керамзита и его разновидностей (более 40, а иногда и 20 мм) или спеков (сваров),

- вспученный вермикулит, получаемый обжигом подготовленных из природных гидратированных слюд зерен [4],

- аглопорит – сыпучий пористый материал имеющий форму щебня, гравия (аглопорит является продуктом контактного спекания на решетках агломерационных машин подготовленных гранул, которые состоят из песчано-глинистых пород, трепелов и других алюмосиликатных материалов,

а также глинистых углесодержащих пород (отходы от обогащения углей) или золы-уноса ТЭС от пылевидного сжигания углей),

- шлаковая пемза – кусковый пористый материал щебнеподобной или округлой формы, получаемый в результате поризации расплава металлургического шлака и химического производства,

- гранулированный шлак – сыпучий пористый мелкозернистый материал, производимый путем быстрого охлаждения расплава шлаков металлургического и химического производств,

- вспученный перлитовый щебень и песок – сыпучий пористый материал, получаемый обжигом со вспучиванием подготовленных зерен из вулканических водосодержащих пород (перлита, обсидиана и других водосодержащих вулканических стекол) во вращающейся печи или печи кипящего слоя.

В дополнение к этому перечню, к искусственным заполнителям так же относят термолит – обожженный без вспучивания щебень или подготовленные гранулы из кремнистых опаловых пород – диатомита, трепела, опоки [14].

Также существует классификация искусственных пористых заполнителей в соответствии с ГОСТ 25137-82.

К главным техническим характеристикам искусственных пористых заполнителей относят:

- плотность насыпная,
- плотность средняя,
- прочность,
- зерновой состав,
- пористость,
- форма зёрен,
- водопоглощение,
- теплопроводность.

1.3 Понятие «Безобжиговый зольный гравий»

Одним из главных путей развития производства техногенных пористых заполнителей является применение разных отходов промышленности, например, зол, образующихся на ТЭС или ТЭЦ. Наиболее перспективное направление применения зол – производство искусственных заполнителей, имеющих плотность от 700 до 2000 кг/м³, не нуждающихся в термической обработке (обжиге). Это позволяет значительно снизить, по сравнению с обжиговыми аналогами, стоимость продукции за счет исключения из технологической линии обжигового оборудования, а так же уменьшения расходов на электроэнергию и топливо.

Безобжиговый зольный гравий – это искусственный пористый заполнитель, который представляет собой сферические гранулы, сформированные из тонкомолотой, предварительно увлажненной, смеси золы и вяжущего вещества, которые могут набирать прочность в естественных условиях или в условиях повышенной влажности и температуры [6]- [8].

Для получения БЗГ применяют золы или отвальные шлакозольные смеси ТЭС от сжигания углей Донецкого, Кузнецкого, Экибастузского, Канско-Ачинского, Подмосковного, Черемховского и других угольных бассейнов. Эти виды бассейнов расположены на территории Российской Федерации. Что касается Китайской Народной республики, то наибольшие запасы угля сосредоточены в месторождениях Кайлуань, Фэнфэн, Датун, Янцюань, Сишань, Шигуайгоу. Наиболее крупными локальными месторождением являются Вэйбэй (провинция Шэньси), Шицзюйшань (Нинся-Хуэйский АР), Шаньдань (провинция Ганьсу), Ланьчжоу-Сининский угольный бассейн (провинция Цинхай), Людавань и Хами (Синьцзян-Уйгурский АР), Пинло (Нинся-Хуэйский АР). Кроме того, на севере страны, на границе АР Внутренней Монголии и провинции Шэньси расположено крупнейшее в мире угольное месторождение, освоение которого в настоящий

момент идет в достаточно активной форме [The overview of China's sustainable development. P. 110].

По свойствам у золы содержание остатков несгоревшего топлива не должно превышать 20 % для зол каменных углей, 7 % для зол бурых углей [9].

При получении БЗГ могут применяться различные вяжущие вещества, в частности портландцемент, гипсоцементно-пуццолановое вяжущее, строительная известь-пушонка, золы ТЭС сухого отбора (из-под фильтров и циклонов), то есть золы-уноса и высушенные золы из отвалов их гидроудаления (золошлаковые смеси) [10].

1.4 Общие сведения о золе-уносе

Зола-унос ТЭС – тонкодисперсный материал, получаемый в процессе сжигания твердого топлива, улавливаемый золоулавливающими устройствами из дымовых газов тепловых электростанций.

Характеристики золы определяется выбором систем золоулавливания. Кроме этого, наибольшую роль играет химический состав, который определяет направление и перспективы использования этого материала. Наиболее стабильны по данным химического анализа составы зол сухого улавливания и складирования. А золошлаковые смеси, взятые из гидроотвалов, имеют наибольшие отклонения и в зерновом и в химическом составе. Исходя из этого, метод сухого улавливания золы наиболее предпочтителен, если рассматривать золы-унос как сырье для вторичного использования [10].

Уголь, используемый в энергетике Российской Федерации, преимущественно имеет «кислый» состав золошлаков, с повышенным содержанием кислых оксидов, в частности кремния и алюминия. «Кислыми» считаются золы, в составе которых доля оксидов кальция и магния относительно невелика, и по этой причине они неспособны к самостоятельному твердению. Зольные гранулы на основе таких зол при

контакте с водой разрушаются, поэтому в золы необходимо вводить добавки, обеспечивающие их устойчивость к увлажнению, например цемент или другое гидравлическое вяжущее.

Кислые золы по своему минеральному составу близки к обожженной глине, а высококальциевые – к гидравлической извести, которая применялась в строительной промышленности вместо цемента, в то время когда он (портландцемент) еще не был изобретен [11].

Потенциал такого топлива, как уголь, на нашей планете превосходит запасы других горючих ископаемых, и еще на протяжении долгого времени твердое топливо будут использовать в качестве энергетического ресурса.

В соответствии с ГОСТ 25818-2017 по виду сжигаемого угля золы-уноса тепловых электростанций делятся на:

- на антрацитовые (А), образующиеся при сжигании антрацита, полуантрацита и тощего каменного угля;
- каменноугольные (КУ), образующиеся при сжигании каменного угля, кроме тощего;
- буроугольные (БУ), образующиеся при сжигании бурого угля.

В зависимости от химического состава их подразделяют на типы:

- кислые (К) – антрацитовые, каменноугольные и буроугольные, содержащие оксид кальция до 10 % мас.;
- основные (О) – буроугольные, содержащие оксид кальция более 10 % мас.

По назначению золы-уноса подразделяют на четыре вида:

- I – для железобетонных конструкций и изделий из тяжелого или мелкозернистого по ГОСТ 26663 и легкого по ГОСТ 25820 бетонов,
- II – для бетонных конструкций и изделий из тяжелого или мелкозернистого по ГОСТ 26663 и легкого по ГОСТ 25820 бетонов, строительных растворов по ГОСТ 28013,
- III – для изделий и конструкций из ячеистого бетона по ГОСТ 25485 и ГОСТ 31359,

- IV – для бетонных и железобетонных изделий и конструкций, работающих в особо тяжелых условиях (гидротехнические сооружения, дороги, аэродромы и др.) по ГОСТ 31384.

Высококальциевая зола образуется при сжигании бурых углей Канско-Ачинского бассейна, Березовского бассейна, горючих сланцев Прибалтики, а так же торфа некоторых месторождений.

Кислые золы образуются при сжигании каменных углей Экибастузского месторождения, Донецкого бассейна. Преимущественная доля кислых зол представлена алюмоферросиликатным стеклом, кварцем и муллитом, поскольку во время сгорания топлива протекают сложные химические преобразования минерального вещества.

Золы, полученные при сжигании твердого топлива, на 98-99 % состоят из свободно связанных химических соединений оксидов кремния, алюминия, железа, кальция, магния, калия, натрия, титана, серы. Обычно в золе, содержится углерод различных модификаций коксовых остатков. Содержание их зависит от вида сжигаемого топлива: для бурых углей и горючих сланцев оно составляет менее 4 %, каменных углей – 3-12 %, антрацита – 15-25 % [18].

Согласно ГОСТ 25818-2017 зола-унос должна соответствовать определенным характеристикам. Показатели, определяющие качество золы:

- химический состав (содержание оксида кальция, магния, содержание сернистых и сернокислых соединений в пересчете на SO_3 , содержание щелочных оксидов в пересчете на Na_2O , содержание хлорид-ионов),

- удельная поверхность,

- остаток на сите № 008.

Два последних показателя характеризует гранулометрический состав и дисперсность зол-уноса. Удельная поверхность зол-уноса обычно составляет 100-400 m^2/kg . Гранулометрический состав зол может значительно различаться: размеры зерен 1-200 мкм. В золах содержание фракции более 85 мкм обычно не превышает 20 %. Около 50 % частиц золы имеют обычно

размеры 30-40 мкм. На показатель дисперсности золы влияет тонина измельчения пылевидного топлива. Кроме того режим сжигания топлива значительно сказывается на гранулометрическом составе золы.

Значения истинной и насыпной плотности зависят от фракции золы, данный факт обуславливается химико-минералогическим составом и формой частиц. Крупные фракции имеют повышенное содержание Al_2O_3 . Средняя насыпная плотность золы равна 600-1000 кг/м³, истинная плотность – 1800-2400 кг/м³. Для золы характерно наличие частиц с мелкими замкнутыми порами, образовавшиеся во время вспучивания расплавленной минеральной массы газами, которые выделяются при дегидратации глинистых минералов, диссоциации частиц известняка, гипса и органических веществ. Суммарный объем пор обычно не превышает 60 % объема частиц золы. Повышенное содержание микропор в золе объясняет высокое значение ее действительной удельной поверхности.

Согласно ГОСТ 25818-2017 также предъявляют требования к золам по содержанию коксового остатка.

1.5 Исследование и получение безобжигового зольного гравия

Первые исследования по получению зольного гранулированного водостойкого продукта были проведены в Уральском ПромстройНИИпроекте (г. Свердловск, РФ) Мичкаревой В.И. Этот материал в перспективе мог стать альтернативой дефицитному и дорогостоящему керамзиту в составе легких бетонов. Он получил название «безобжиговый зольный гравий». В качестве вяжущего вещества использовали дешевое связующее, так называемый «изольцемент» на основе золы, извести и гипса. Для ускорения набора прочности материала, использовали пропарочные камеры. В 1960 году с использованием отвальной золы выпустили промышленную партию безобжигового зольного гравия, благополучно испытанную в составе сборных железобетонных конструкций. Ввиду

дефицита в стране качественной извести, с содержанием активных $\text{CaO}+\text{MgO}$ более 70 %, развитие производства БЗГ приостановилось [6].

Разработаны различные технологии получения БЗГ на основе молотой золы или золо-шлаковой смеси с добавкой 10-15 % портландцемента. Эти гранулы пропаривают в специальной камере (4 ч при температуре 90-95 °С). Насыпная плотность полученного материала составляет 700-950 $\text{кг}/\text{м}^3$. Прочностные показатели равны 0,6-0,8 МПа, это обуславливает возможность их транспортирования и складирования. Прочность повышается при естественном твердении (до 5-6 МПа в 28-суточном возрасте) и в составе бетонов при термообработке изделий. Для того чтобы ускорить срок термообработки и улучшить прочностные свойства, допускается использование добавок-ускорителей твердения, а именно сернокислого натрия, нитритнитратхлорида кальция и других солей неорганических кислот, вводимых с водой затворения в количестве 1-3 % от массы вяжущего [15].

Если же заменить портландцемент быстротвердеющим гипсо-цементно-пуццолановым вяжущим сырцовые гранулы сразу после процесса грануляции имеют достаточные прочностные показатели и термообработка может быть исключена. Прочность гранул на следующие сутки после грануляции при сдавливании в цилиндре составляет 0,7-1,5 МПа, через трое суток – 2,3-3,0 МПа.

Плотность БЗГ возможно снизить за счет введения в состав шихты облегчающих добавок: древесных опилок, вспученного перлитового песка, отходов пеностекла или газосиликата. Облегченный БЗГ имеет насыпную плотность 400-600 $\text{кг}/\text{м}^3$, а прочность при сдавливании – 1,0-1,6 МПа.

В 1980 году в Московском инженерно-строительном институте был исследована технология производства БЗГ на высококальциевых золах с применением такого связующего как портландцемент и пропариванием гранул. Данный способ производства не получил распространения из-за того, что во время пропаривания гранулы БЗГ слипались между собой,

превращаясь в прочный конгломерат. Этот факт можно объяснить реологическими особенностями гидратации портландцемента.

На сегодняшний день производство БЗГ на кислых золах осуществляется исключительно на основе портландцемент.

Применение золы в производстве БЗГ можно объяснить тем, что в ее составе присутствует метаксаолинит и алюмосиликатные минералы, которые дают ей активность при твердении. Взаимодействие активных составляющих золы и портландцемента, извести или другого вяжущего обуславливает твердение гранул БЗГ [19].

Получение БЗГ состоит из нескольких этапов или операций:

- дозировка исходных компонентов,
- приготовление сырьевой смеси (шихты),
- усреднение (гомогенизация) состава шихты за счет перемешивания в шаровом смесителе,
- увлажнение шихты и грануляция в тарельчатых или барабанных грануляторах – формирование гранул требуемой крупности,
- этап нормального твердения или пропаривание.

Грануляция – метод получения гранул из порошкообразного материала за счет вращательного движения и одновременной добавки жидкой связки [10]. Характер грануляции зависит от гранулометрического состава смеси: характеристики сырцовых гранул оптимальны при наличии в смеси до 30 % частиц размером менее 20 мкм [14].

Расход воды для увлажнения в процессе грануляции подбирается экспериментальным путем в зависимости от требуемого фракционного состава заполнителя и тонкости измельчения исходной сырьевой смеси.

Настройки работы тарельчатого гранулятора тоже определяются экспериментальным путем. Они зависят от диаметра тарели и свойств гранулируемой смеси. Например, при диаметре тарели 3 м скорость вращения может составлять 10 об./мин, а угол наклона 55°.

Твердение гранул, как сказано выше, может проходить в естественных условиях или же, с целью ускорения твердения, гранулы могут подвергаться кратковременной тепловой обработке в горизонтальных или вертикальных пропарочных камерах непрерывного действия. Температура в этих камерах составляет 90-100 °С, а время обработки составляет около 2-4 часов.

БЗГ, изготовленный по данной технологии, согласно ГОСТ 9757-90 должен иметь насыпную плотность 750-950 кг/м³ и прочность при сжатии не менее 0,4 МПа. Такие прочностные показатели обеспечат сохранность гранул в процессе дальнейшего транспортирования и складирования.

Физико-механические характеристики БЗГ в соответствии с

ГОСТ 9758-86 должны соответствовать следующим показателям:

- насыпная плотность – 700-1000 кг/м³;
- объем межзерновых пустот – 32-45 %;
- истинная плотность – 2,3-2,8 г/см³;
- плотность зерен заполнителя – 1,3-1,8 г/см³;
- водопоглощение – 17-25 %;
- прочность при сжатии – 3-6 МПа;
- коэффициент размягчения – 0,8-1,0;
- стойкость против силикатного распада – 0 %;
- морозостойкость (потеря в массе после 15 циклов) – 0,5-10,0 %.

Применяется БЗГ как крупный заполнитель для конструкционных и конструкционно-теплоизоляционных легких бетонов.

Выводы

Промышленность строительных материалов очень зависит от поставок сырья, а это ресурсы и энергия. Как избежать потерь ресурсов и энергии, улучшить их использование, разработать более функциональные, энергоэффективные и экологичные строительные материалы с более длительным сроком службы – вот основные проблемы промышленности строительных материалов. Изделия, изготовленные на основе легких

заполнителей, отличаются меньшей массой, относительно хорошими механическими свойствами, чем изделия, произведенные на плотных тяжелых заполнителях.

Безобжиговый зольный гравий – это эффективный пример безобжиговых заполнителей. Это искусственный пористый заполнитель, получаемый в виде гранул из тонкомолотой предварительно увлажненной сырьевой смеси из золы-уноса и портландцемента. [21]-[22] Для его производства можно использовать золы и отвальные шлакозольные смеси ТЭС от сжигания бурых и каменных углей и антрацита угольных бассейнов, которые в избытке есть и в Китае, и в РФ и других странах мира.

Работа безусловно является актуальной, поскольку при производстве БЗГ решаются как вопрос утилизации золошлаковых отходов, так и вопрос получения качественных искусственных заполнителей.

Цель работы – разработать проект завода по производству стеновых блоков, изготавливаемых на основе безобжигового зольного гравия производительностью 50 000 м³ изделий в год.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие **задачи**:

– выполнить аналитический обзор научно-технической литературы по вопросам получения и применения техногенных заполнителей в строительстве,

– выполнить исследовательскую часть по получению и изучению свойств безобжигового зольного гравия на основе золы-уноса Рефтинской ГРЭС и производству легкого бетона,

– разработать проект завода стеновых блоков на безобжиговом зольном гравии производительностью 50 000 м³ изделий в год,

– выполнить графическую часть проекта.

2 ПОЛУЧЕНИЕ БЕЗОБЖИГОВОГО ЗОЛЬНОГО ГРАВИЯ

3 НА ОСНОВЕ ЗОЛЫ-УНОС РЕФТИНСКОЙ ГРЭС И ИЗУЧЕНИЕ ЕГО СВОЙСТВ

2.1 Характеристика материалов

В качестве основного вяжущего для работы выбрали портландцемент ЦЕМ I 42,5 Н ГОСТ 31108-2020 производства ООО «СЛК Цемент» (таблица 2.1).

Таблица 2.1 – Характеристика портландцемента

Наименование показателя	Результаты испытания пробы	Требования ГОСТ 31108-2020
Тонкость помола, %	4,7	не нормир.
Истинная плотность, г/см ³	3,04	не нормир.
Насыпная плотность, кг/м ³	1215	не нормир.
Нормальная густота, %	31	не нормир.
Начало схватывания, мин	160	не ранее 60
Конец схватывания, мин	200	не нормир.
Удельная поверхность, см ² /г	3660	не нормир.

Для получения безобжигового зольного гравия была выбрана зола-унос Рефтинской ГРЭС, которая находится в Свердловской области РФ. Она улавливается в электрофильтрах при сжигании каменного угля Экибастузского месторождения. Она представляет собой тонкодисперсный материал, который состоит из сферических полых частиц с разветвленной поверхностью.

Химический состав золы-уноса показан в таблице 2.2. В соответствии с химическим составом эта зола относится к кислым: $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 = 90,3 \%$. Содержание остальных компонентов равно 9,7 %.

Таблица 2.2 – Химический состав золы-уноса

Оксид	Количество, %
SiO ₂	69,12
Al ₂ O ₃	21,16
Fe ₂ O ₃	3,91
CaO	2,10
TiO ₂	1,03
K ₂ O	0,63
Na ₂ O	0,58
P ₂ O ₅	0,50
MgO	0,48
BaO	0,10
SO ₃	0,12

По результатам определения тонкости помола и гранулометрического состава цемента и золы выяснили, что зола-унос почти в 5 раз грубее портландцемента, но поскольку частицы золы представляют собой полые замкнутые сферы, то значения плотностей значительно меньше (таблица 2.1, таблица 2.3).

Таблица 2.3 – Характеристика золы-уноса

Наименование показателя	Результаты испытания пробы
Тонкость помола, %	23,3
Истинная плотность, г/см ³	2,43
Средняя плотность, кг/м ³	1880
Насыпная плотность, кг/м ³	751
Удельная поверхность, см ² /г	4220

После уточнения гранулометрического состава цемента и золы выяснили, что у цемента наибольшее количество частиц – 3,9 % обладает размером 26,12 мкм, у золы – 3,71 % частиц обладает размером 138 мкм.

Максимальный размер частиц у цемента составляет около 188 мкм (0,014 %), у золы – 352 мкм (0,175 %). Установили, что минимальный размер у обоих материалов одинаковый и равен 0,241 мкм, при этом и одинаково содержание этих частиц: 0,058 и 0,051 % у цемента и золы соответственно

(рисунок 2.1-2.2).

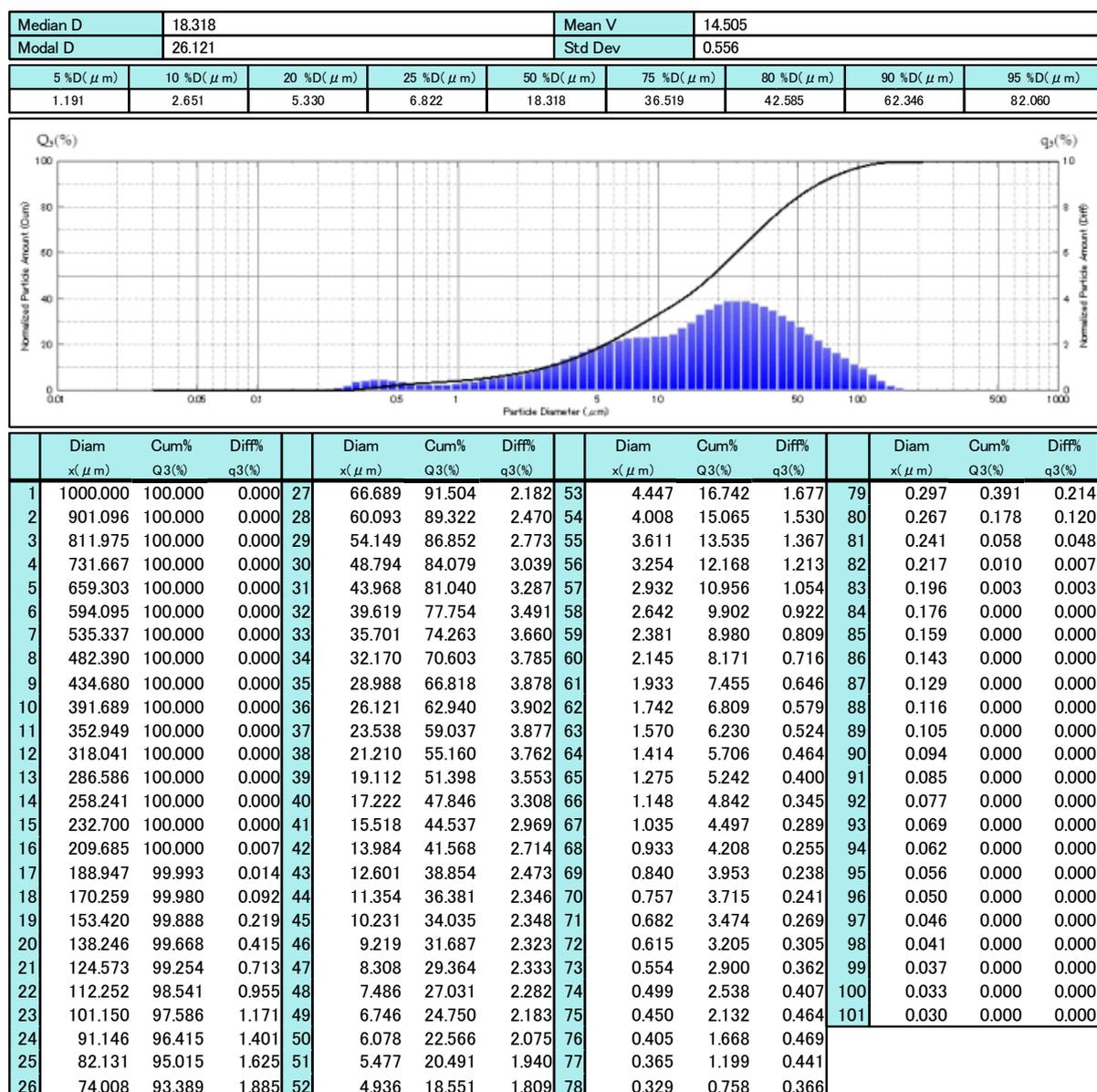


Рисунок 2.1 – Гранулометрический состав портландцемента

Для портландцемента характерно трехмодальное распределение частиц по размеру, для золы – многомодальное. Первая мода у цемента представлена частица размером от 0,2 до 0,7 мкм с серединой 0,405 мкм (0,469 %), вторая

мода: от 1 до 10 мкм с серединой 8 мкм (2,3 %) и третья мода: от 10 до 100 мкм с серединой 26 мкм (3,9 %).

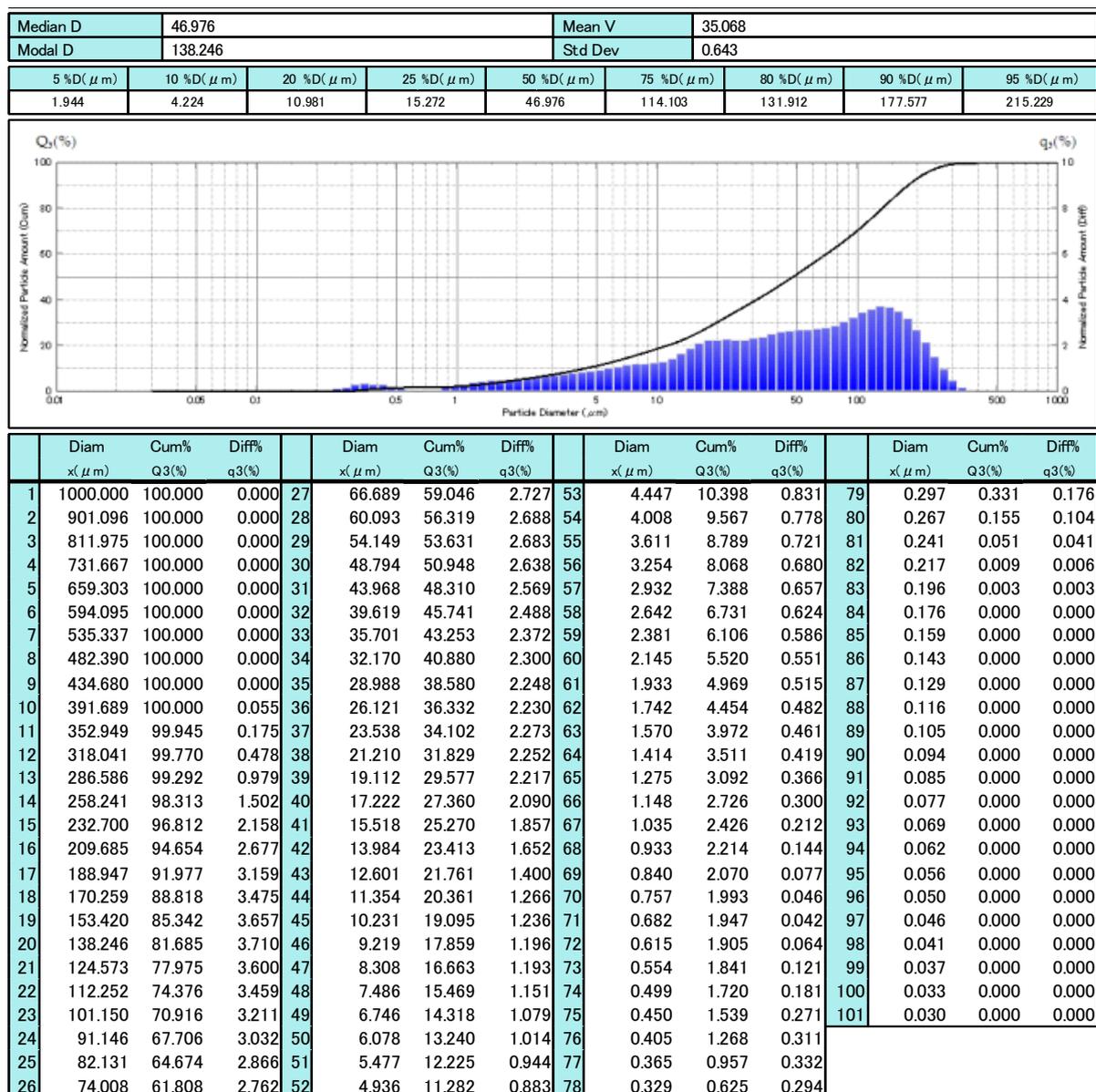


Рисунок 2.2 – Гранулометрический состав золы-уноса Рефтинской ГРЭС

Общее количество частиц менее и более 50 мкм у портландцемента составляет 85 и 15 %, а у золы-уноса – 52 и 48 % (таблица 2.4).

Таблица 2.4 – Фракционный состав портландцемента и золы-уноса

Материал	Количество частиц, % размером, мкм				
	0-1	1-10	10-50	50-100	> 100
Портландцемент	4,5	29,5	51	12	3
Зола-унос	2,4	16,6	33	18	30

В качестве эталонного крупного заполнителя взятого для сравнения был выбран керамзитовый гравий фракции 5-20 мм производства ООО «Кушвинский керамзитовый завод». Его основные свойства приведены в таблице 2.5 [24].

Таблица 2.5 – Характеристика керамзитового гравия

Наименование показателя	Результаты испытания пробы	Требования ГОСТ 32496-2013
Полные остатки, % на ситах, мм		
– менее d	100,00	не более 15
– d (5 мм)	99,95	85-100
– D (20 мм)	0	до 10
– более D	0	не более 10
– 2D	0	не допуск.
Насыпная плотность в сухом состоянии, кг/м ³	348	300-350
Прочность при сдавливании в цилиндре, МПа	1,4	1,0-1,5
Определение содержания расколотых зерен, %	1,5	не более 15
Водопоглощение, %	17,5	не более 30
Влажность, %	10,1	не нормир.
Истинная плотность, кг/м ³	2490	не нормир.

Таким образом, испытанный керамзитовый гравий соответствует требованиям ГОСТ 32496–2013, относится к марке по насыпной плотности М350 и марке по прочности – П50.

В качестве мелкого заполнителя для легкого бетона выбрали песок из отсевов дробления гранита Шабровского карьера (таблица 2.6).

Песок из отсевов дробления гранита имеет модуль крупности 2,9; относится к крупным пескам II класса. По содержанию зерен крупностью менее 0,16 мм и 5 мм не соответствует требованиям ГОСТ 31424–2010, в связи с чем песок был дополнительно просеян для удаления крупной и пылевидной фракций.

Таблица 2.6 – Характеристика песка из отсеков дробления гранита

Наименование показателя	Результаты испытания пробы	Требования ГОСТ 31424-2010
Насыпная плотность в сухом состоянии, кг/м ³	1480	не нормир.
Истинная плотность, кг/м ³	2610	не нормир.
Зерновой состав:		
– содержание зерен ≥ 10 мм, %	0,00	до 0,5
– содержание зерен ≥ 5 мм, %	17,67	до 5
– содержание зерен $\leq 0,16$ мм, %	21,00	до 20
Полные остатки, % на ситах, мм		
– 2,5	33,67	не нормир.
– 1,25	46,34	не нормир.
– 0,63	57,67	крупный – 45–70
– 0,315	69,00	не нормир.
– 0,16	80,67	не нормир.
Модуль крупности (M_k)	2,9	2,5-3,0
Содержание пылевидных и глинистых частиц, % (отмучивание)	21	не более 5

Для затворения бетонных смесей использовали водопроводную воду, которая соответствует требованиям ГОСТ 23732-2011.

2.2 Методы исследования сырьевых материалов

Определение истинной плотности, насыпной плотности, тонкости помола, нормальной густоты, начала схватывания, конца схватывания, удельной поверхности у цемента были определены по ГОСТ 30744–2001. Аналогично определяли свойства золы-уноса.

Для уточнения гранулометрического состава цемента и золы провели испытание проб методом лазерной дифракции, который более точно называется Low Angel Laser Light Scattering (LALLS) на лазерном анализаторе Shimadzu SALD-2201.

Химический анализ золы-уноса определили по ГОСТ Р 55410–2013 (ИСО 12677:2011) «Огнеупоры. Химический анализ рентгено-флуоресцентным методом». Проба золы подвергалась сушке и прокалке по методике, описанной в ГОСТ Р 55410-2013, оценивались потери после прокаливания. После чего осуществлялась пробоподготовка методом высокотемпературного растворения с помощью установки Katanax Prime K1. После этого производили элементный анализ остеклованной пробы методом сравнения с использованием ГСО К2Г и К11 (ЗАО «ИСО») и дополнительно модифицированным методом фундаментальных параметров с использованием ПО UniQuant 5.57. Анализ осуществлялся с помощью волнового спектрометра ARL Advant’X 4200. Условия возбуждения и регистрации спектральных линий выбирались согласно рекомендациям ПО OXSAS 2.5 с предварительной проверкой отсутствия спектральных наложений.

Определение влажности, зернового состава, насыпной плотности, истинной плотности, водопоглощения, прочности при сдавливании в цилиндре, содержания расколотых зерен у керамзитового гравия были определены по ГОСТ 9758–2012.

Определение зернового состава, модуля крупности, содержание пылевидных и глинистых частиц, истинной плотности, насыпной плотности, средней плотности у песка из отсевов дробления были определены по ГОСТ 8735–1988.

2.3 Получение БЗГ и его свойства

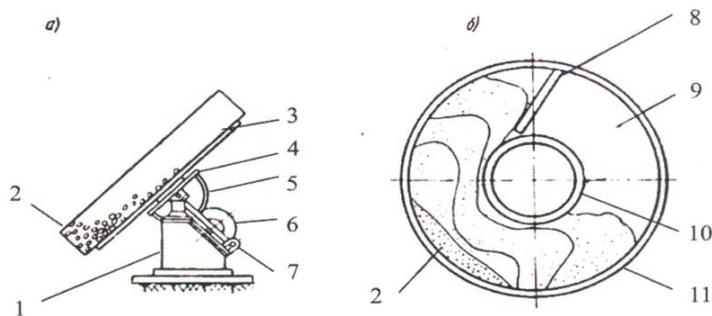
Для изготовления гранул БЗГ материалы отвешивали в заданной пропорции и тщательно перемешивали в сухом виде. В состав шихты БЗГ входит 75 % золы-уноса и 25 % цемента.

Грануляцию исходной шихты проводили на лабораторном тарельчатом грануляторе (рисунок 2.3), его схема представлена на рисунке 2.4.



Рисунок 2.3 – Вид лабораторного тарельчатого гранулятора

С помощью двигателя чаша гранулятора вращается вокруг своей оси и в нее засыпается шихта, в результате она начинается комковаться и при дальнейшем увлажнении гранулироваться.



- 1 – рама станины; 2 – место выгрузки готовых гранул; 3 – тарель;
 4 – регулятор угла наклона тарели; 5 – поворотная рама;
 6 – электродвигатель; 7 – редуктор вращения гранулятора;
 8 – скребок; 9 – место подачи воды и шихты;
 10 – внутренний цилиндр тарели; 11 – наружная обечайка;
 а – вид сбоку; б – вид на вращающуюся чашу сверху

Рисунок 2.4 – Схема тарельчатого гранулятора

В процессе грануляции, с помощью набора сит отбирали фракцию 5-20 мм, в среднем на увлажнение шихты расходовали 23 % воды (таблица 2.7).

Таблица 2.7 – Характеристика процесса грануляции

Расход материалов	Этап грануляции							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Вода (В), л	488	638	600	750	890	825	950	740
Шихта (Ш), кг	1953	2900	2570	3300	3800	3740	4250	3250
В/Ш, %	25,00	22,00	23,35	22,73	23,42	22,06	22,35	22,76

После грануляции часть материала хранили в воздушно-влажных условиях (рисунок 2.5), часть подвергали пропариванию (рисунок 2.6).



Рисунок 2.5 – Сырцовые зерна, хранившиеся в нормальных условиях

Режим пропаривания показан на рисунке 2.6: 3 ч – подъем температуры в камере, 6 ч – изотермическое выдерживание при температуре 85 °С, 3 ч – охлаждение. Следовательно, общее время ТВО равно 12 часов.

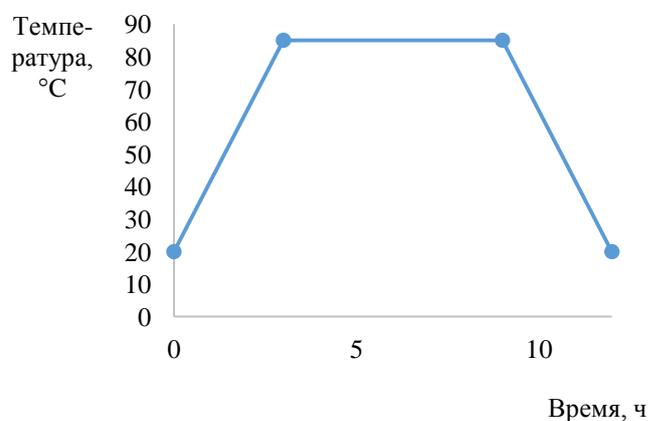


Рисунок 2.6 – Пропарочная камера (слева) и режим ТВО (справа)

В результате получили наполнитель, который по зерновому составу соответствует ГОСТ 32496-2013 (таблица 2.8).

Таблица 2.8 – Зерновой состав сырцовых гранул БЗГ

Сито, мм	Частный остаток, %	Полный остаток, %
20	4,03	4,03
10	68,46	72,49
5	17,89	90,38
<5	9,62	100,00

Прочность при ударе сырцовых гранул оценивали на приборе (рисунок 2.7) по двум показателям: по количеству сбрасываний с высоты

300 мм на металлическую плиту и по предельной высоте падения (начиная с 300 мм), которые сырцовая гранула выдерживает без разрушения.

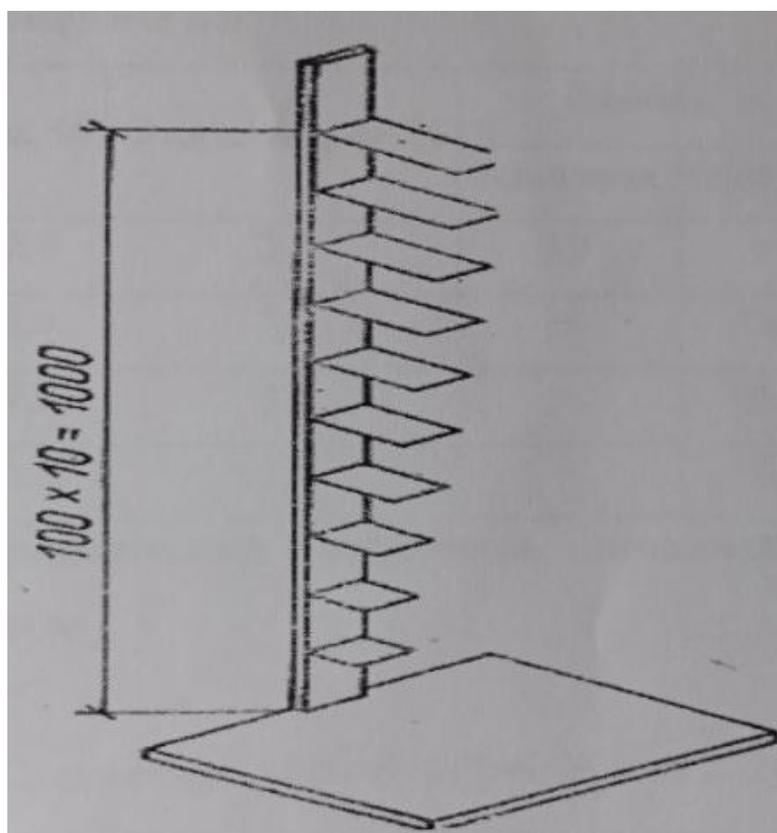


Рисунок 2.7 – Прибор для определения предельной высоты падения и количества сбрасываний сырцовых гранул

Установили (таблица 2.9), что большее количество воды для увлажнения шихты повышает степень гидратации цемента в гранулах и обеспечивает большую прочность, причем гранулы фракции 5-10 мм оказываются прочнее, чем гранулы фракции 10-20 мм независимо от В/Ш. Максимальная предельная высота падения сырцовых гранул находится в пределах от 40 до 60 см.

Таблица 2.9 – Характеристика сырцовых гранул БЗГ

В/Ш = 25 %		В/Ш = 22 %		В/Ш общая	
5–10	10–20	5–10	10–20	5–10	10–20
Количество сбрасываний сырцовых гранул, ед.					
6,2	3,6	3,4	3,2	4,8	3,4
Предельная высота падения сырцовых гранул, см					
66	56	40	60	56	54

Далее определили свойства готового БЗГ фракции 5-20 мм (таблица 2.10). Прочность заполнителя независимо от условий твердения и В/Ш находится в пределах 5,6-5,9 МПа, что соответствует марке по прочности П250. Плотность заполнителя после пропаривания оказалась выше, чем плотность БЗГ после 28-суточного твердения в нормальных условиях, это связано с более предпочтительными условиями твердения зольной составляющей шихты.

Водопоглощение, влажность и истинную плотность определили только у БЗГ, который подвергали пропариванию.

Истинная плотность заполнителя по значению занимает промежуточное положение между значением плотности портландцемента и золы-уноса.

У всех партий заполнителя отсутствуют расколотые зерна.

Таблица 2.10 – Характеристика БЗГ фракции 5-20 мм

Наименование показателя	После н/у при В/Ш = 25 %	После н/у при В/Ш = 22 %	После пропарки
Полные остатки, % на ситах			
– d (5 мм)	100,00	100,00	100,00
– 10 мм	86,33	86,19	68,82
– D (20 мм)	0	0	0
Насыпная плотность в сухом состоянии, кг/м ³	850 (М900)	865(М900)	936 (М1000)
Прочность при сдавливании в цилиндре, МПа	5,9 (П250)	5,7 (П250)	5,6 (П250)
Определение содержания расколотых зерен, %	0	0	0
Водопоглощение, %	-	-	5,15
Влажность, %	-	-	4,08
Истинная плотность, кг/м ³	-	-	2590

Таким образом, полученный БЗГ соответствует требованиям ГОСТ 32496–2013 и его можно применить для получения бетона.

2.4 Расчет состава легкого бетона В7,5 П1

Расход цемента: по марке керамзитобетона (М100) и марке керамзита (М350) определили, что расход цемента для бетонной смеси с подвижностью П1 равен 310,5 кг/м³, а масса бетона в сухом состоянии 1100 кг/м³.

Расход воды: по заданному показателю подвижности (П1) легкобетонной смеси выбрали ориентировочный расход воды равный 225 л/м³.

Расход керамзитового гравия: ориентировочный расход керамзитового гравия был принят для конструкционно-теплоизоляционных бетонов равный 0,95 м³ в насыпном состоянии на 1 м³ бетона.

Массовое содержание крупного заполнителя определяется по формуле:

$$K = \gamma_k V_k, \text{ кг/м}^3, \quad (2.1)$$

где γ_k – насыпная плотность крупного заполнителя ($\gamma_k = 347,5$), кг/м³;
 V_k – ориентировочный расход керамзитового гравия ($V_k = 0,95$), м³/м³.

Подставив имеющиеся значения в формулу (2.1), получаем расход керамзита:

$$K = 347,5 \times 0,9 = 330, \text{ кг/м}^3.$$

Расход песка: определили расход мелкого заполнителя (песка) по формуле:

$$\Pi = \gamma_0^{\text{сух}} - (1,15\Pi + K), \text{ кг/м}^3 \quad (2.2)$$

где $\gamma_0^{\text{сух}}$ – средняя плотность бетона ($\gamma_0^{\text{сух}} = 1100$), кг/м³.

Получаем расход песка:

$$\Pi = 1100 - (1,15 \times 310,5 + 330) = 413, \text{ кг/м}^3.$$

Окончательный результат расчета состава бетонной смеси занесен в таблицу 2.11.

Таблица 2.11 – Состав легкого бетона В7,5 П1

Материал	Расход, кг/м ³
Вяжущее	310,5
Крупный заполнитель	330,0
Мелкий заполнитель	413,0
Вода	225,0
Расчетная плотность бетонной смеси	1279,0

В соответствии с расчетной плотностью бетон относится к категории легких.

2.5 Свойства бетонной смеси и легкого бетона

Для определения характеристик бетона заформовали образцы-кубы размером 10x10x10 см из бетонных смесей рассчитанного состава, приготовленных на эталонном керамзитовом гравии и полученном БЗГ (после пропаривания). Дозирование крупного заполнителя производили по объему, соответствующему керамзитовому гравии. При рассчитанном количестве воды подвижность бетонных смесей оказалась равна 1,5-2,0 см, что соответствует марке П1 (таблица 2.12).

Таблица 2.12 – Характеристика бетонных смесей

Вид заполнителя	ОК, см	$\rho_{б.см.}, \text{кг/м}^3$
Керамзитовый гравий	1,5	1253
БЗГ	2,0	1642

По внешнему виду (рисунок 2.8) бетон на БЗГ представляет собой крупнопористый бетон с законтрастным типом структуры, бетон на керамзитовом гравии – обычный бетон с контактными типом структуры.

После формования часть образцов бетона подвергали пропариванию по режиму, указанному выше, а часть хранили в воздушно-влажных (нормальных) условиях и испытывали в возрасте 3, 7 и 28 суток.



Рисунок 2.8 – Внешний вид легкого бетона на керамзитовом гравии (слева) и БЗГ (справа)

При испытании и обнажении внутренней структуры легкого бетона установили, что бетон на керамзитовом гравии разрушается и по цементному раствору и по заполнителю, а бетон на БЗГ – разрушается больше по раствору, что говорит о довольно высокой прочности самого безобжигового зольного гравия (рисунок 2.9).



Рисунок 2.9 – Внутренняя структура легкого бетона на керамзитовом гравии (слева) и БЗГ (справа)

В соответствии с нормативной документации определение плотности и прочности легких бетонов необходимо проводить на образцах в сухом состоянии, поэтому их сначала сушили. Влажность меняется в зависимости от вида заполнителя и сроков твердения, за счет большей пористости керамзитового гравия влажность бетона выше в среднем на 35-40 % (таблица 2.13).

Таблица 2.13 – Влажность бетона, %

Вид заполнителя	После пропаривания	После твердения в нормальных условиях, в возрасте, сут		
		3	7	28
Керамзитовый гравий	5,7	11,7	3,0	2,0
БЗГ	3,7	7,7	1,7	1,0

Очевидно, что плотность бетонной смеси и бетона на БЗГ превышает этот показатель у бетона на керамзитовом гравии, так как БЗГ по плотности в два раза тяжелее (таблица 2.12-2.14). По значению плотности в возрасте 28 суток бетон на БЗГ относится к категории облегченных.

Таблица 2.14 – Средняя плотность бетона, кг/м³

Вид заполнителя	После пропаривания	После твердения в нормальных условиях, в возрасте, сут		
		3	7	28
Керамзитовый гравий	1183	1040	1240	1235
БЗГ	1519	1424	1655	1650

Прочность бетона на БЗГ также выше прочности бетона на керамзитовом гравии, что связано с большей плотностью и прочностью этого заполнителя (таблица 2.15).

Таблица 2.15 – Прочность бетона, МПа

Вид заполнителя	После пропаривания	После твердения в нормальных условиях, в возрасте, сут		
		3	7	28
Керамзитовый гравий	5,4	3,2	5,8	9,9
БЗГ	7,3	4,9	9,5	16,2

Чтобы сравнить бетон на разных заполнителях был рассчитан коэффициент конструктивного качества, который показывает прочностную эффективность материала (таблица 2.16). ККК бетона на БЗГ имеет большие значения, значит его соотношение прочности и плотности более оптимально, чем для бетона на керамзитовом гравии того же состава.

Таблица 2.16 – Коэффициент конструктивного качества бетона

Вид заполнителя	После пропаривания	После твердения в нормальных условиях, в возрасте, сут		
		3	7	28
Керамзитовый гравий	4,56	3,07	4,67	8,01
БЗГ	4,80	3,44	5,74	9,81

В результате проведенной работы были получены легкий бетон на керамзитовом гравии класса В7,5 и облегченный бетон на БЗГ класса В12,5 (таблица 2.17).

Таблица 2.17 – Фактический класс бетона

Вид заполнителя	Прочность в возрасте 28 суток после нормального хранения, МПа	Средняя прочность бетона для соответствующего класса, МПа	Класс бетона

Керамзитовый гравий	9,9	9,63	B7,5
БЗГ	16,2	16,05	B12,5

Бетон на БЗГ рассчитанного состава превысил класс на 2 порядка, поэтому в дальнейшем можно откорректировать этот состав за счет снижения расхода портландцемента.

Также можно увеличить количество золы-уноса и снизить количество портландцемента в составе шихты безобжигового зольного гравия при его получении для снижения плотности и изменения прочности. Но для этого необходимо провести дополнительные исследования.

2.6 Разработка технологии промышленного производства безобжигового зольного гравия

На рисунке 2.10 представлена разработанная технологическая схема производства БЗГ.

Согласно технологической схеме золу-унос со склада, состоящего из силосов № 1 и № 2 для золы, шнековым питателем 1 подают в дозаторы 2, которые дозируют в нужных пропорциях материал на главный ленточный конвейер 3. Цемент из силоса № 3 подается в бункер-дозатор 5. Из бункера-дозатора цемент дозируется в необходимом количестве на главный ленточный конвейер.

Главный ленточный конвейер подает отдозированные компоненты в лопастной двухвальный смеситель 6, в котором происходит перемешивание компонентов и их частичное увлажнение. Вода подается в середину смесителя из дозатора воды 16. Увлажненная смесь из смесителя поступает в бункер-распределитель 7, который подает смесь на тарельчатый гранулятор 8, на котором она увлажняется водой и гранулируется. Угол наклона тарели можно изменять в пределах 35-70 градусов, скорость вращения – 8-12

об./мин, а время пребывания смеси на тарели гранулятора составляет 15-20 мин.

Сырцовые гранулы поступают с помощью ленточного конвейера 9 в пропарочную камеру 10, в которой происходит твердение гранул заполнителя. Из камеры выходит готовый продукт – БЗГ, попадая на грохот 11, где происходит разделение по фракциям.

После готовый продукт движется по пластинчатому конвейеру 12 и поступает в бункер 13. Из бункера БЗГ поступает на ленточный конвейер 14 и транспортируется на склад 15.

Основным оборудованием при производстве БЗГ являются смеситель двухвальный, тарельчатый гранулятор и пропарочная камера, а вспомогательным – грохот. В результате выбрали оборудование, характеристика которых приведены ниже.

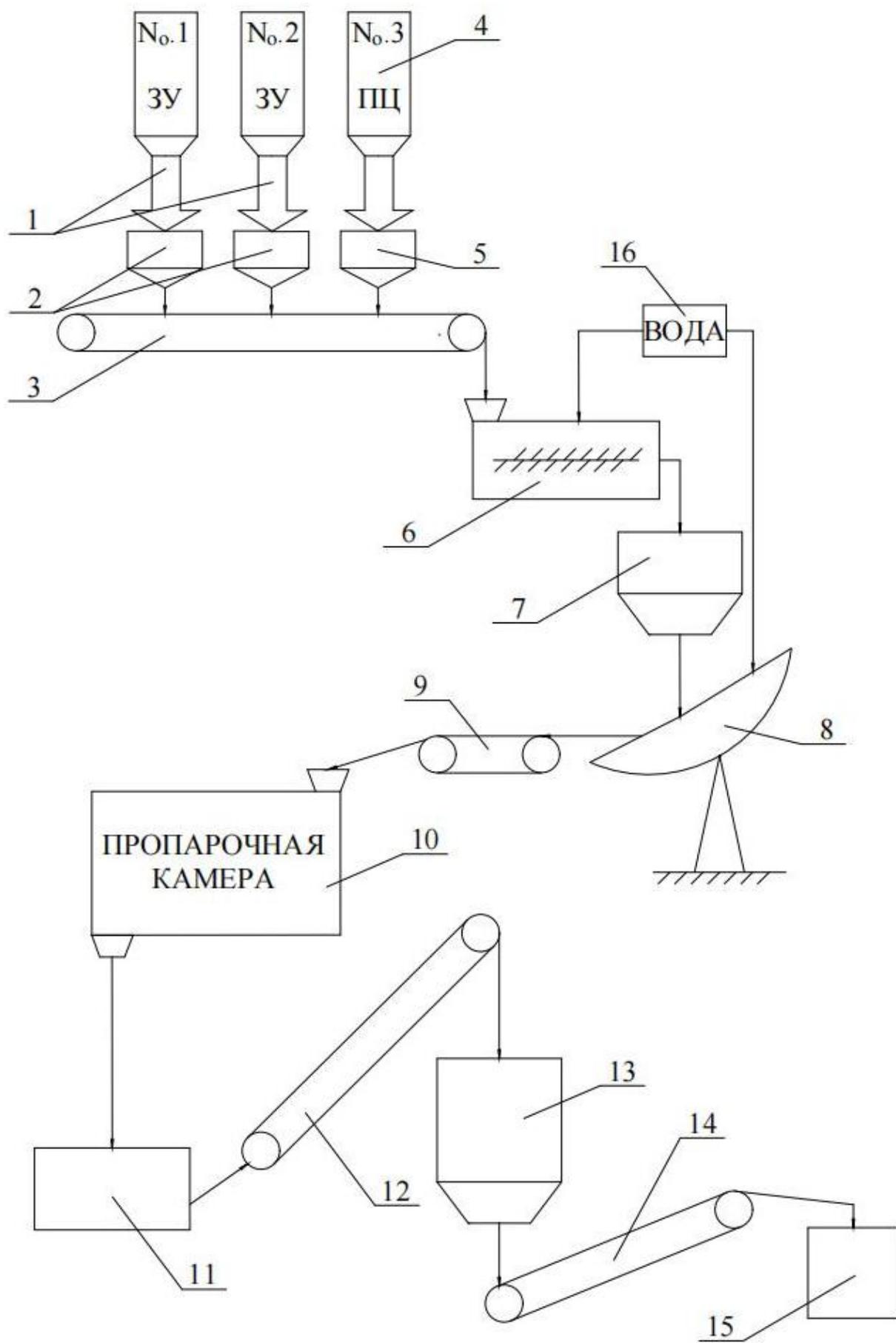


Рисунок 2.10 – Технологическая схема производства БЗГ

Техническая характеристика двухвального смесителя СМК 126А представлена в таблице 2.18.

Таблица 2.18 – Техническая характеристика смесителя СМК-126А

Наименование характеристики	Значение
Производительность, т/ч	64
Частота вращения вала, мин ⁻¹	30
Установленная мощность, кВт	37
Длина, мм	6240
Ширина, мм	1800
Высота, мм	1400
Масса, кг	4400

Общий вид смесителя СМК-126А приведен на рисунке 2.11. Это смеситель принудительного действия с двумя рабочими валами.



Рисунок 2.11 – Общий вид смесителя СМК-126А

Техническая характеристика тарельчатого гранулятора К8-220/4 представлена в таблице 2.19.

Таблица 2.19 – Техническая характеристика гранулятора К8-220/4

Наименование характеристики	Значение
Производительность, м ³ /ч	40
Диаметр тарели, мм	3200
Высота бортов тарели, мм: минимальная (нерегулируемая)	350
максимальная (вместе с передвижной обечайкой)	650
Частота вращения тарели, мин ⁻¹ : минимальная	3
максимальная	10
Угол наклона тарели, град	35-55
Мощность электродвигателя, кВт: привода тарели	25
подъема	1
Габаритные размеры, мм: длина	4400
ширина	3812
высота	3950
Масса гранулятора, кг	9700

Техническая характеристика инерционного грохота ГСТ-51 представлена в таблице 2.20.

Таблица 2.20 – Техническая характеристика инерционного грохота ГСТ-51

Наименование характеристики	Значение
Производительность, т/ч	от 10 до 80
Мощность, кВт	15
Масса, кг	10000

Для пропаривания гранул можно использовать камеры разного типа по времени действия: периодические или непрерывного действия. Для точно выбора камеры необходимо провести дополнительные расчеты.

Выводы

1. Испытаны сырьевые материалы, используемые в работе. Портландцемент ЦЕМ I 42,5 Н производства ООО «СЛК Цемент» соответствует требованиям ГОСТ 31108-2020.

Зола-унос Рефтинской ГРЭС относится к кислым, ее частицы почти в 5 раз грубее портландцемента, ее насыпная плотность равна 751 кг/м^3 , истинная плотность – $2,43 \text{ г/см}^3$.

Керамзитовый гравий соответствует требованиям ГОСТ 32496–2013, относится к марке по насыпной плотности М350 и марке по прочности – П50.

Песок из отсевов дробления гранита относится к крупным пескам II класса. По содержанию зерен крупностью менее $0,16 \text{ мм}$ и 5 мм не соответствует требованиям ГОСТ 31424–2010, в связи с этим песок был просеян для удаления крупной и пылевидной фракций.

2. Получен БЗГ, обладающий маркой по плотности М900 для гранул после нормального твердения и маркой М1000 для гранул после пропаривания. Марка по прочности для всех партий БЗГ – П250. Полученный БЗГ соответствует требованиям ГОСТ 32496–2013.

3. На основе характеристик керамзитового гравия рассчитан состав легкого бетона на подвижность П1 ($1\text{-}5 \text{ см}$) и плотность 1100 кг/м^3 . Получен легкий бетон на керамзитовом гравии класса В7,5 и облегченный бетон на БЗГ класса В12,5.

4. Разработана технологическая схема и подобрано основное оборудование для производства БЗГ.

4 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗАВОДА ПО ПРОИЗВОДСТВУ СТЕНОВЫХ БЛОКОВ ИЗ ЛЕГКОГО БЕТОНА НА ОСНОВЕ БЗГ

В этом разделе проектируется завод по производству мелкоштучных блоков для стен жилых и общественных зданий производительностью 50 000 м³ изделий в год.

3.1 Выбор базового изделия

Блок стеновой легкобетонный на пористом заполнителе изготавливается по ГОСТ Р 59957-2021. В качестве базового изделия выбираем однослойный блок, состоящий из одного основного слоя, выполняемого из бетона одного вида (рисунок 3.1) [27]. По виду стены выбираем блок для наружных стен или для внутренних стен, по назначению – рядовой.



Рисунок 3.1 – Общий вид базового изделия [1]

Выбор изделия обусловлен высокой распространенностью аналогичных изделий на рынке стеновых строительных материалов. Характеристика базового изделия приведена в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Характеристика стенового блока

Параметр	Значение		
Марка изделия	1БН60.30.20-10П		
Габаритные размеры, мм	b	l	h
	195	595	300
Класс бетона	В12,5		
Масса, кг	52,5		
Объем бетона, м ³	0,035		
Средняя плотность, кг/м ³	1500		
Отпускная прочность, %:			
- в теплый период	80		
- в холодный период	90		

Стеновые бетонные блоки применяются в соответствии с действующими строительными нормами и правилами как конструкционно-теплоизоляционный материал при возведении стен жилых зданий и зданий общественного и производственного назначения. Применение в строительстве позволяет снизить массу строящегося здания или конструкции до 30 %.

3.2 Требования к материалам

Блоки следует изготавливать из легкого бетона на пористых заполнителях средней плотности от 1000 до 1800 кг/м³.

Цемент должен отвечать требованиям ГОСТ 31108-2020. Выбираем цемент класса ЦЕМ I 42,5Н. Истинная плотность цемента – 3040 кг/м³, насыпная плотность – 1215 кг/м³.

В качестве крупного заполнителя выбираем БЗГ фракции 5-20 мм. Средняя плотность щебня – 2590 кг/м³, насыпная плотность щебня – 936 кг/м³, влажность – 2-4 %.

К мелкому заполнителю относится песок из отсевов дробления гранита по ГОСТ 8736-2014. Истинная плотность песка – 2610 кг/м³, насыпная плотность песка – 1480 кг/м³, влажность – 7 %, Модуль крупности – 2,9.

Для улучшения свойств бетонной смеси выбираем пластифицирующую добавку С-3. С-3 – представляет собой нафталинформальдегидный суперпластификатор для бетонов и строительных растворов. По своим потребительским свойствам добавка С-3 отвечает требованиям к суперпластифицирующим и суперводоредуцирующим добавкам по ГОСТ 24211, а также требованиям ТУ 5870-002-58042865-03. Пластификатор С-3 выпускается в форме водного раствора темно-коричневого цвета с массовой долей сухого вещества не менее 32 % и pH 8±1.

Вода удовлетворяет техническим требованиям ГОСТ 23732-2011.

3.3 Расчет состава легкого бетона

Для производства легковесных стеновых блоков выбираем бетонную смесь легкого бетона класса по прочности на сжатие В7,5, марки по удобоукладываемости П1 (ОК=1-5 см), средней плотности D1500: БСЛ В7,5 П2 D1500 ГОСТ 7473-2010. Расчет состава приведен в п. 2.3 и таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Состав легкого бетона на БЗГ

Материал	Расход, кг/м ³
Вяжущее	310,5
Крупный заполнитель	330,0
Мелкий заполнитель	413,0
Вода	225,0

Расчетная плотность бетонной смеси	1279,0
------------------------------------	--------

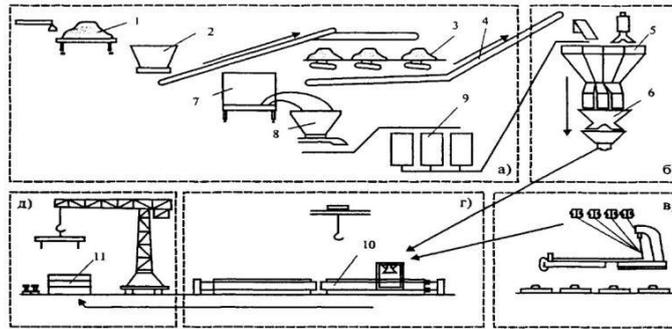
3.4 Выбор способа производства стеновых блоков

Выбор метода изготовления различных изделий зависит от их номенклатуры, технологических особенностей каждого метода и объема производства. Поэтому важную роль играют технико-экономические показатели, необходимые для производства конкретного изделия тем или иным способом. Способ производства определенного вида железобетонных конструкций выбирается в соответствии с требованиями СП 130.13330.2018 [7].

Процесс производства бетонных изделий начинается с получения исходного материала и заканчивается контролем качества, приемкой и доставкой готовой продукции потребителю, что является отдельным производственным процессом. В настоящее время различают три принципиально отличных способов производства бетонных изделий:

- поточно-агрегатный;
- конвейерный;
- стендовый.

При настольном методе формования изделие изготавливается в неподвижной форме или на столе. В процессе изготовления изделие удерживается на месте до достижения определенной прочности. Вместо этого устройства для обработки и управления оборудованием перемещаются из одной формы в другую. Поскольку формы не перемещаются, они менее жесткие и потребляют меньше металла, чем формы, которые перемещаются. Тепловая обработка осуществляется также на месте формирования изделий или за счет использования форм с паровыми рубашками или закрыванием стенда с пуском пара под крышки. Производственная программа для этой операции показана на рисунке 3.1.

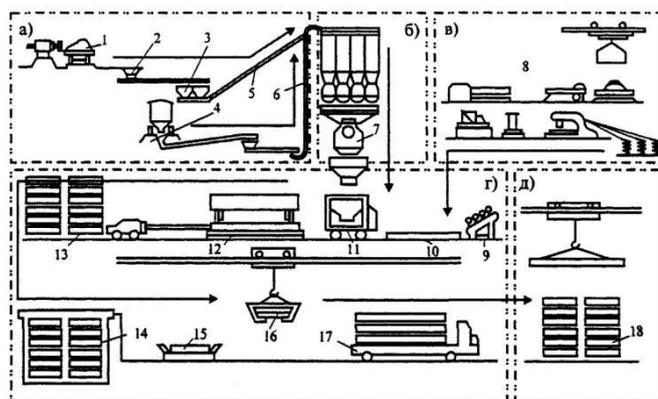


1 – пост разгрузки заполнителей; 2,8 – приемные бункеры; 3 – склады каменных материалов; 4 – транспортерная галерея; 5 – расходные бункеры; 6 – пост приготовления бетона; 7 – пост разгрузки цемента; 9 – склад цемента; 10 – стенд;
 11 – склад готовой продукции
 а – зона хранения и обработки сырья; б – зона приготовления бетона;
 в – зона изготовления арматурных элементов; г – зона формования и обработки изделий;
 д – зона хранения и выдачи конструкций

Рисунок 3.1 – Схема стандового способа производства изделий

При поточно-комбинированном методе производства производственный процесс осуществляется на специализированных станциях, а пресс-формы постоянно перемещаются от одной станции к другой. Транспортным оборудованием чаще всего является мостовой кран (один или два в цехе). При поточно-агрегатном способе производства чаще всего применяют пропарочные камеры периодического действия (ямные). Технологическая схема изготовления железобетонных изделий поточно-агрегатным способом представлена на рисунке 3.2.

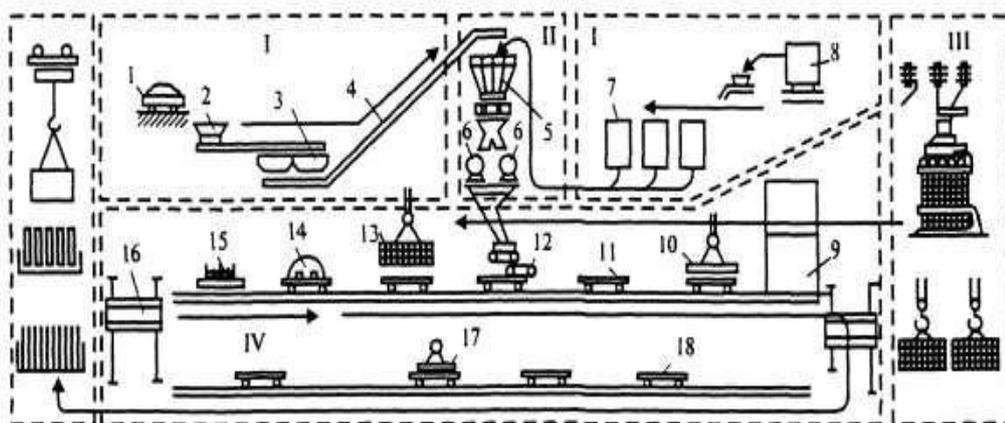
Они состоят из формовочной машины (обычно это виброплатформа), машины, распределяющей бетонную смесь по формам (бетоноукладчик), и машины, устанавливающей формы в формирующий блок (опалубочный укладчик). Сформированные в формах изделия транспортируются краном в помещение для термообработки. Завершающим этапом производства является извлечение изделий из камеры термообработки. После приемки отделом контроля качества готовая продукция отправляется на склад, а распалубленные формы возвращаются на формовочную станцию.



- 1 – пост разгрузки заполнителей; 2 – приемные бункеры;
 3 – накопительные бункера; 4 – пост разгрузки; 5 – транспортная галерея;
 6 – пневмоподача цемента; 7 – бетоносмесительный цех;
 8 – оборудование для производства арматурных каркасов и элементов;
 9 – агрегат для термического напряжения арматуры; 10 – пост армирования;
 11 – самоходный бетоноукладчик; 12 – агрегат для формования изделий;
 13 – зона выдержки изделий; 14 – промежуточный склад;
 15 – транспортирование ЖБИ; 16 – подъем и транспортирование изделий;
 17 – самоходная тележка; 18 – склад готовых ЖБИ
- а – зона хранения заполнителей бетонной смеси; б – зона приготовления бетонной смеси;
 в – зона изготовления арматурных каркасов; г – зона формирования и обработки ЖБИ;
 д – зона хранения и выдачи готовых изделий;

Рисунок 3.2 – Технологическая схема изготовления изделий поточно-агрегатным способом

При *конвейерном способе* технологический процесс расчленен на элементарные процессы, которые одновременно выполняют на отдельных рабочих местах. Форму и изделие непрерывно перемещают от одного рабочего места к другому, каждое из которых обслуживает закрепленное звено (рисунок 3.3). Основным условием осуществления конвейерного производства является ритмичность выполнения процессов, для чего их продолжительность должна быть одинаковой. Тогда через равные промежутки времени одновременно перемещают изделие с одного рабочего места (поста) на другое. При изменении типа изделий конвейеры требуют переоснастки.



1 – пост разгрузки каменных материалов; 2 – приемные бункеры; 3 – аккумулярующие бункеры; 4 – транспортная галерея; 5 – расходные бункеры; 6 – смесительное отделение; 7 – силосный склад цемента; 8 – вагон-цементовоз; 9 – пропарочные камеры; 10 – пост укладки термоизоляционного слоя; 11 – пост доводки изделий; 12 – пост формования изделий; 13 – пост укладки арматурных каркасов; 14 – смазка форм; 15 – очистка форм; 16 – передаточная тележка; 17 – пост распалубки; 18 – пост контроля

I – зона хранения материалов; II – зона приготовления цементобетонной смеси; III – зона изготовления арматурных каркасов; IV – зона изготовления изделий

Рисунок 3.3 – Конвейерная технология изготовления изделий

Таким образом, целесообразнее выбрать *поточно-агрегатный способ* производства стеновых блоков, который отличается от стандового возможностью применения более совершенных механических и термических приемов обработки изделий из бетона. Значительные первоначальные затраты на оснащения производства парком металлических форм компенсируются общим снижением стоимости изделий при массовом изготовлении.

3.5 Описание технологической схемы и определение количества технологических постов

Процесс производства стеновых блоков состоит из технологических операций, представленных в таблице 3.3. Их необходимо проводить в строгой последовательности и в соответствии с техническими условиями на производство этого вида продукции.

Таблица 3.3 – Технологические операции линии по производству СБ

Наименование операции	Этап операции	Описание
Оснащение формы	Чистка, смазка, сборка форм	Очистка форм с помощью ручных инструментов.
		Ручная сборка пресс-формы.
		Смазка вручную.
Укладка и уплотнение бетонной смеси	Укладка бетонной смеси	Выгрузка бетонной смеси в бетоноукладчик Укладка бетонной смеси в форму
	Уплотнение бетонной смеси	Уплотнения бетонной смеси на виброплощадке
ТВО	Обслуживание камеры твердения	Открывание, закрывание камер механизированное
	Контроль режима твердения	В камерах ямного типа: температура, влажность
	Перемещение изделий в зоне ТВО	Подача в камеру Выемка из камеры
Распалубка и съём изделий	Распалубка изделий	Раскрывание бортов вручную
	Съём изделий	Съём изделий из формы

На рисунке 3.6 показан технический процесс производства разработанных стеновых блоков.

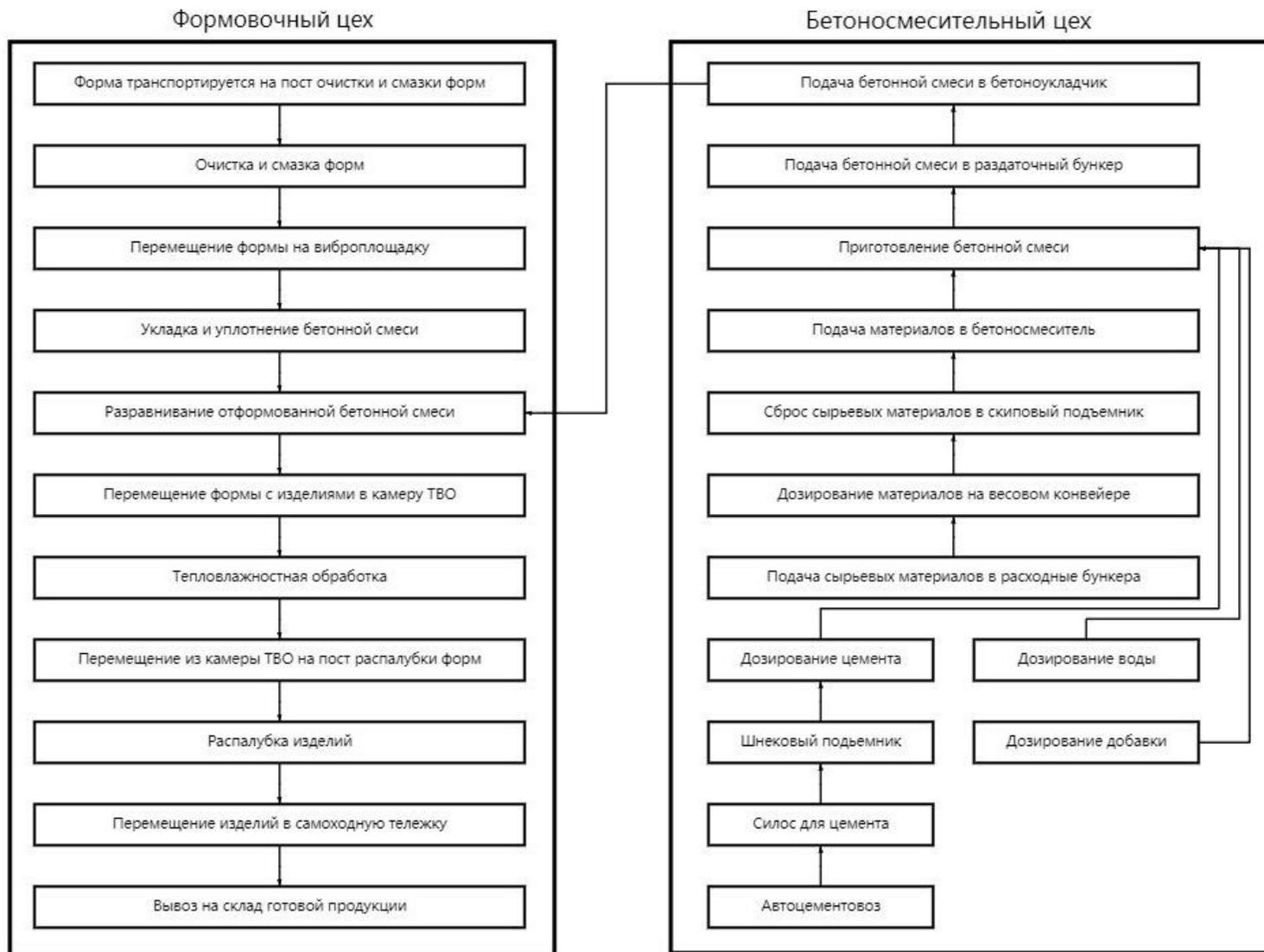


Рисунок 3.6 – Технология изготовления стеновых блоков

В соответствии со схемой и выполняемыми операциями выбираем 4 поста (таблица 3.4).

Таблица 3.4 – Количество постов технологической линии

I	Пост подготовки форм
II	Пост формования
III	Пост тепловлажностной обработки
IV	Пост контроля качества

Таким образом, разработана схема производства и определено количество постов, которые необходимы для дальнейших расчетов.

3.6 Технологический расчет поточно-агрегатной линии

Согласно нормам технологического проектирования выбираем следующий режим работы формовочного цеха, работающего с двумя выходными днями:

- номинальное количество рабочих суток в году – 260,
- продолжительность плановых остановок – 7,
- количество рабочих суток в году для агрегатно-поточной технологии – 253,
- количество рабочих смен в сутки – 2,
- количество рабочих смен в сутки для тепловой обработки – 3,
- продолжительность рабочей смены – 8 часов,
- количество рабочих часов в году – 4048.

Рассчитываем количество изделий, выпускаемых в сутки по формуле (3.1):

$$K = \frac{P_1}{T \cdot V_1}, \text{ шт.}, \quad (3.1)$$

где P_1 – проектная мощность ($P_1 = 50000$), м³/год;

T – годовой фонд рабочего времени основного оборудования ($T = 253$), сут;

V_1 – объем одного изделия ($V_1 = 0,035$), м³.

$$K = \frac{50000}{253 \cdot 0,035} = 5647 \text{ шт.}$$

Годовая производительность агрегатно-поточной технологической линии определяется по формуле (3.2):

$$P = \frac{60 \cdot B_p \cdot h \cdot V}{r}, \text{ м}^3/\text{год}, \quad (3.2)$$

где B_p – расчётное количество рабочих суток в году ($B_p = 253$), сут;

h – количество рабочих часов в сутки ($h = 16$), ч;

V – объем одновременно формуемых изделий ($V = 0,035 \times 22$), м³;

r – ритм работы поточно-агрегатной линии (принимается по ОНТП 07-85, $r = 12$), мин.

$$P = \frac{60 \cdot 253 \cdot 16 \cdot 0,77}{12} = 15585 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Требуемое количество технологических линий определяют по формуле:

$$N = \frac{\Pi_z}{P \cdot K_u}, \quad (3.3)$$

где Π_z – годовая производительность предприятия ($\Pi_z = 50000$), м³/год;

K_u – коэффициент использования оборудования ($K_u = 0,92$).

$$N = \frac{50000}{15585 \cdot 0,92} = 3,48 = 4.$$

Принимаем четыре технологических линий.

Принимаем металлические формы, в которых формуется сразу 22 изделия (рисунок 3.4).



Рисунок 3.4 – Металлическая форма для производства стеновых блоков

Основные характеристики формы показаны в таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Характеристика формы

Длина, мм	2380
Ширина, мм	1300
Высота, мм	300
Масса, кг	217
Материал деталей формы	Лист г/к 4 мм
Количество изделий, шт.	22

Технические требования к стальным формам, содержащие указания по материалам, состоянию рабочих поверхностей, допускам на линейные размеры, отклонениям от плоскости граней, перпендикулярности, прямолинейности, проектному положению элементов формы и другим параметрам приведены в ГОСТ 25781-2018.

Число форм на одной поточно-агрегатной линии с учетом 10 % запаса на ремонт вычисляется по формуле:

$$N = \left(m_k + \frac{S}{r} 60 \right) \cdot 1,1, \text{ шт.}, \quad (3.4)$$

где m_k – число постов поточно-агрегатной линии ($m_k = 4$), шт.;
 S – продолжительность тепловой обработки изделий ($S = 11$), ч.

$$N = \left(4 + \frac{11}{12} \cdot 60 \right) \cdot 1,1 = 65 \text{ шт.}$$

Число форм, находящихся в одном тепловом агрегате, определяется по формуле:

$$n_k = \frac{60 \cdot S}{r}, \quad (3.6)$$

где S – продолжительность тепловой обработки ($S = 11$), ч;
 r – ритм работы поточно-агрегатной линии, мин, принимается по ОНТП 07-85, мин.

$$n_k = \frac{60 \cdot 11}{12} = 59 \text{ шт.}$$



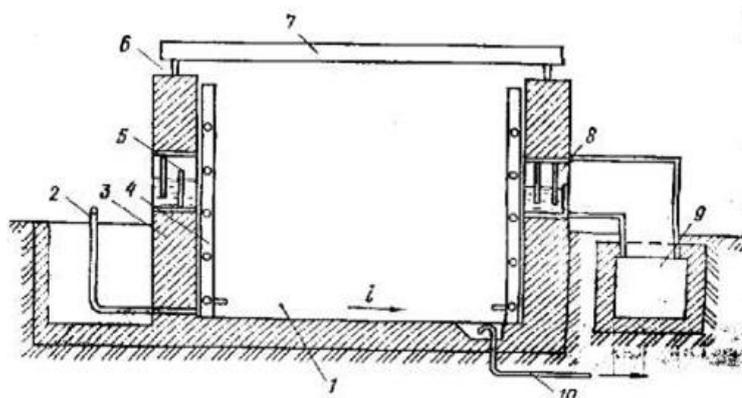
Рисунок 3.5 – Распылитель для смазки форм GLORIA 410 T

Для эффективного нанесения смазки на поверхность форм и снижения адгезии бетонной смеси к ним выбираем распылитель GLORIA 410 T (рисунок 3.5).

3.7 Тепловлажностная обработка

ТВО при агрегатно-поточной схеме производства бетонных изделий в основном осуществляется в среде насыщенного водяного пара или паровоздушной смеси в камерах периодического действия – ямных или туннельных. При этом может использоваться широкая номенклатура изделий с близкими размерами, изделия пропариваются в формах, которые штабелируются с зазором при установке в камеру, или при загрузке камеры с помощью самоходной тележки.

Наиболее широко распространены ямные камеры, которые отличаются простотой и надежностью в эксплуатации. Схема ямной камеры приведена на рисунке 3.6.



- 1 – камера; 2 – паропровод; 3 – стена камеры; 4 – кронштейны стоек; 5 – забор воздуха;
6 – водяной затвор; 7 – крышка камеры; 8 – водяной затвор; 9 – канал для отбора паровоздушной смеси; 10 – система отвода конденсата

Рисунок 3.6 – Ямная пропарочная камера

Изготавливаемая из железобетона пропарочная ямная камера имеет прямоугольную форму, стены камеры для уменьшения тепловых потерь делают комбинированными. По боковым стенам камеры установлены стойки кронштейнами. В одной из боковых стен делается отверстие для забора воздуха из атмосферы при охлаждении снабженная водяным затвором, сопряжение крышки со стенами камер снабжено также водяным затвором. Для отбора паровоздушной смеси устроен канал, сообщающийся через водяной затвор с системой вентиляции. В днище камеры предусмотрена

система отвода конденсата, пропускающая его и не попускающая пар. Через паропроводы в камеру подается пар для нагрева продукта. Варочные камеры размещаются на технологической линии и соединяются в единый блок. Размеры камеры соответствуют размерам обрабатываемого продукта. В зависимости от размеров продуктов они размещаются в нескольких стопках. Высота камеры составляет 2,5-5,0 м. Для обслуживания основная часть камеры печи (до 3/4 высоты) заглубляется в землю [3].

Коробка работает следующим образом: снимите крышку с коробки. Отформованное изделие поднимается в коробку с помощью крана и устанавливается на нижний кронштейн подставки. Нагруженный кронштейн заставляет открыться следующий ряд и так далее. По окончании загрузки крышка ящика закрывается, заполняется водой и включается подача пара. Продукт нагревается (период предварительного нагрева) и выдерживается при определенной температуре (изотермическая выдержка). Во время нагрева и изотермической выдержки пар конденсируется, экзотермизируется и выводится через систему в виде конденсата. По окончании времени выдержки подача пара прекращается, и паровоздушная смесь выводится через каналы в полость. В то же время вода в кристаллизаторе закипает и выводится в виде паровоздушной смеси. Воздух поступает в камеру печи через безводную и обводненную перегородки, соединяющие крышку со стенкой печи, охлаждает и нагревает продукт и выводится через каналы. После охлаждения продукта камера печи открывается, и продукт поступает в печь.

70-80 % марочной прочности выгружается из камеры краном [3].

Для производства стеновых блоков выбираем типовую ямную камеру для проведения ТВО.

3.8 Подбор режима тепловой обработки и определение размеров ямной камеры

Режимом тепловлажностной обработки называется совокупность условий окружающей среды, т.е. температуры влажности и давления, воздействующих на изделие в течение определенного времени и обуславливающих оптимальную для данного изделия скорость процесса твердения. Режим тепловлажностной обработки делится на четыре периода: предварительная выдержка, подъем температуры до оптимальной, изотермическая выдержка и охлаждение изделий.

Режим ТВО принимаем по ОНТП 07-85 в зависимости от толщины и класса бетона и он составит: 2 ч – предварительная выдержка при 23 °С, 3 ч – подъем температуры в камере с 23 до 70 °С; 4 ч – изотермический прогрев при 70 °С; 2 ч – снижение температуры в камере с 70 до 35 °С. Следовательно, режим ТВО длится 11 часов при температуре 70 °С. На рисунке 3.7 представлен график ТВО.

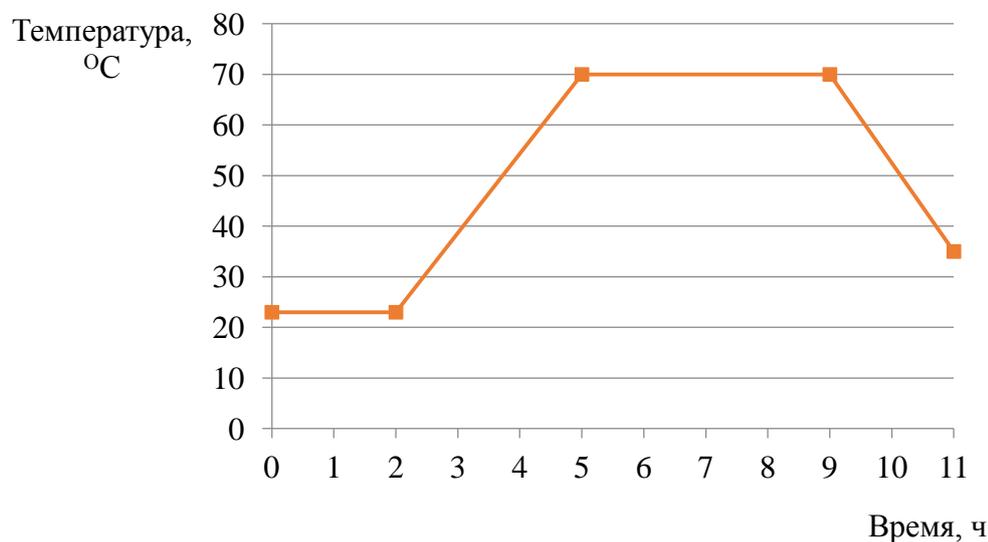


Рисунок 3.7 – Режим тепловлажностной обработки

Продолжительность выдерживания распалубленных изделий в цехе при температуре наружного воздуха ниже 0 °С после окончания тепловой обработки следует принимать 12 часов.

Рассчитаем размеры ямной камеры для одной линии. Длина ямной камеры определяется по формуле [6]:

$$L_k = n \cdot L_\phi + (n - 1) \cdot l_1 + 2 \cdot l_2 + 2\delta, \text{ м}, \quad (3.7)$$

где n – количество форм по длине камеры ($n = 3$), шт.;

L_ϕ – длина формы ($L_\phi = 2,38$), м;

l_1 – расстояние между формами по длине камеры ($l_1 = 0,1$), м;

l_2 – расстояние от поперечного борта крайней формы до торца камеры ($l_2 = 0,1$), м;

δ – толщина стенки камеры ($\delta = 0,2$), м.

Отсюда следует, что длина ямной камеры согласно формуле (3.7) равна:

$$L_k = 3 \cdot 2,38 + (3 - 1) \cdot 0,1 + 2 \cdot 0,1 + 0,4 = 7,94 \text{ м}.$$

Ширина ямной камеры определяется по формуле (3.8):

$$B_k = nB_\phi + mB_1 + 2\delta, \text{ м}, \quad (3.8)$$

где n – количество форм по ширине ($n = 3$), шт.;

B_ϕ – ширина формы ($B_\phi = 1,3$), м;

m – количество расстояний между формой и стенкой камеры ($m = 4$), шт.;

B_1 – расстояние между формой и стенкой камеры ($B_1 = 0,1$), м;

δ – толщина стенки камеры ($\delta = 0,2$), м.

$$B_k = 3 \cdot 1,3 + 4 \cdot 0,1 + 2 \cdot 0,2 = 4,7 \text{ м}.$$

Высота ямной камеры определяется по формуле (3.9):

$$H_k = n \cdot H_\phi + (n - 1)h_{кр} + H_1 + H_2 + \delta_1 + \delta_2, \text{ м}, \quad (3.9)$$

где n – количество форм по высоте камеры ($n = 7$), шт.;

H_ϕ – высота формы с изделием ($H_\phi = 0,3$), м;

$h_{кр}$ – шаг кронштейнов (прокладок) ($h_{кр} = 0,05$), м;

H_1 – расстояние между формой и крышкой камеры ($H_1 = 0,05$), м;

H_2 – величина зазора между полом камеры и поддоном формы ($H_2 = 0,05$), м;

δ_1 – толщина крышки камеры ($\delta_1 = 0,2$), м;

δ_2 – толщина пола камеры ($\delta_2 = 0,2$), м.

$$H_k = 7 \cdot 0,3 + (7 - 1)0,05 + 0,05 + 0,05 + 0,2 + 0,2 = 2,9\text{м.}$$

Внутренний объем камеры равен: $7,6 \cdot 4,3 \cdot 2,5 = 81,7 \text{ м}^3$.

В результате получили размеры $7,94 \times 4,7 \times 2,9$ м с учетом толщины стенок и крышки, которые необходимо округлить до целых значений, габариты камеры занесены в таблицу 3.6.

Таблица 3.6 – Размеры пропарочной камеры для стеновых блоков

Количество камер	Габариты, мм		
	Длина	Ширина	Высота
1	8000	4700	2900

В результате была выбрана пропарочная камера периодического действия и рассчитаны ее габариты.

3.9 Подбор технологического оборудования

Технологический процесс состоит из следующих основных процессов: распалубка, подготовка форм, формование, тепловая обработка и складирование. В свою очередь каждый процесс состоит из отдельных операций. Для выполнения технологических операций на проектируемых поточно-агрегатных линиях по производству стеновых блоков необходимо следующее оборудование:

- раздаточные бункеры,
- бетоноукладчики,
- вибрационное оборудование,
- рельсовые механизированные тележки,
- крановое оборудование.

Подбор бетоноукладчика начинается с определения требуемого объема приемного бункера:

$$V_{\sigma} = V_{\phi} \cdot K_p, \quad (3.10)$$

где V_{ϕ} – объем формируемых изделий ($V_{\phi} = 0,77$), м³;

K_p – коэффициент, учитывающий разницу между объемами разрыхленным и уплотненным бетоном ($K_p = 1,2$).

Исходя из найденного требуемого объема приемного бункера, выбираем марку бетоноукладчика:

$$V_{\sigma} = 0,77 \cdot 1,2 = 0,93 \text{ м}^3.$$

Принимаем бетоноукладчик СМЖ-859 с объемом бункера 1500 л. На рисунке 3.8 представлена схема бетоноукладчика СМЖ-859, в таблице 3.7 приведена его характеристика.

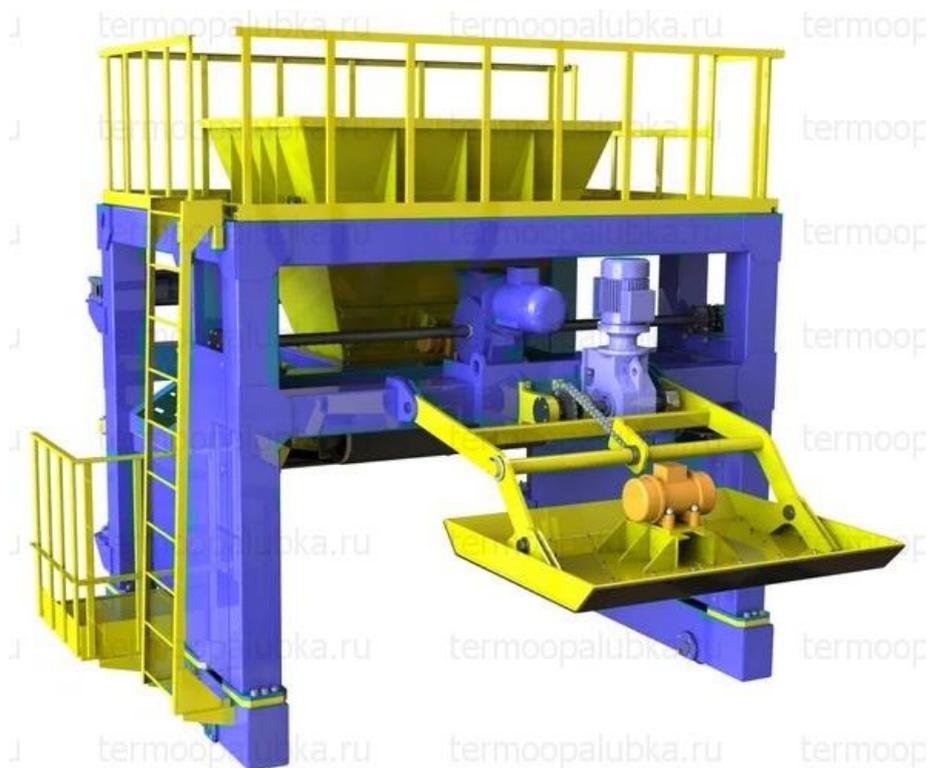


Рисунок 3.8 – Вид бетоноукладчика СМЖ-859

Бетоноукладчик СМЖ 859ЛВВ с ленточным питателем, выгрузной воронкой и заглаживающей вибролыжей предназначен для автоматизации, упрощения и ускорения процесса производства бетонных изделий.

Таблица 3.7 – Характеристика бетоноукладчика СМЖ-859

Наименование показателя	Значение
Колея, мм	2852
Количество бункеров, мм	1
Объем бункера, м ³	1,5
Ширина ленты питателя, мм	1000
Скорость передвижения бетоноукладчика, м/с	0,17
Габаритные размеры, не более, мм	
– длина	3577
– ширина	4369
– высота	3345
Установленная мощность, кВт	35
Масса без шкафа управления, кг	6000
Затвор секторный, привод	Пневмо

Для уплотнения бетонной смеси и повышения качества изделий необходимо вибрационное оборудование. Его расчет начинается с определения требуемой грузоподъемности:

$$Q_{mp} = M_{изд} + M_{ф}, \quad (3.11)$$

где $M_{изд}$ – масса формуемого изделия ($M_{изд} = 1,155$) т;

$M_{ф}$ – масса формы ($M_{ф} = 0,27$) т.

$$Q_{mp} = 1,155 + 0,27 = 1,425 \text{ т.}$$

Поскольку стальная форма выполнена из листа толщиной 4 мм, ее масса невелика, масса бетонной смеси не превышает 1,5 т, поэтому рациональнее выбрать вибротумбу СМЖ-200 (рисунок 3.9, таблица 3.8).



Рисунок 3.9 – Вид вибротумбы СМЖ-200

Вибротумба – это разновидность вибростола, предназначенная для изготовления железобетонных изделий небольшой массы. Как и любой вибростол, она уплотняет бетонную смесь при помощи высокочастотной вибрации.

Таблица 3.8 – Характеристика вибротумбы СМЖ-200

Показатель	Значение
Грузоподъёмность, т	4,5
Частота колебаний, Гц	44
Амплитуда колебаний, мм, не более	0,4-0,5
Время цикла, с, не более	90
Крепление формы	Электромагнитное
Габаритные размеры, мм	
– длина	2500
– ширина	1700

– высота	700
Масса, не более, кг	1300
Мощность, кВт	15

Для перемещения по цеху форм и форм с изделиями применяется крановое оборудование. Грузоподъемность кранов определяем по наибольшей массе груза. Наибольшей массой груза является сумма масс изделия, формы и траверсы, определяемая по формуле (3.12):

$$Q = m_1 + m_2 + m_3, \quad (3.12)$$

где m_1 – масса изделия в форме ($m_1 = 1155$), кг;

m_2 – масса формы ($m_2 = 270$), кг;

m_3 – масса траверсы ($m_3 = 500$), кг.

Отсюда следует, что наибольшая масса груза согласно формуле (3.16) равна:

$$Q = 1155 + 270 + 500 = 1925 \text{ кг.}$$

Принимаем кран грузоподъемностью 10 тонн (рисунок 3.10) [19].



Рисунок 3.10 – Кран мостовой двухбалочный опорный

Для вывоза готовой продукции из цеха на склад готовой продукции принимаем тележку СМЖ-151. На рисунке 3.11 представлена рельсовая механизированная тележка СМЖ-151.



Рисунок 3.11 – Рельсовая механизированная тележка СМЖ-151

В таблице 3.9 приведена характеристика рельсовой механизированной тележки СМЖ-151.

Таблица 3.9 – Характеристика рельсовой тележки СМЖ-151

Показатель	Значение
Грузоподъемность, т	До 20
Скорость передвижения, м/мин	32
Размер колеи рельсовых путей, мм	1524
Диаметр ходовых колес, мм	400
Предельная дальность хода, м	120
Мощность электродвигателя привода передвижения, кВт	7,5
Длина тележки, мм	7490
Ширина тележки, мм	2500
Высота, мм	1400
Масса, т	2,5

Список оборудования, которое необходимо для работы в формовочном цехе представлен в таблице 3.10.

Таблица 3.10 – Список оборудования формовочного цеха

Наименование оборудования	Марка	Количество, шт.	Габаритные размеры, м
Бетоноукладчик	СМЖ-859	4	3,6 × 4,4 × 3,3
Вибротумба	СМЖ-200	4	2,5 × 1,7 × 0,7
Мостовой кран грузоподъёмностью 10 т	РусТальКран	4	22,5 × 4,8 × 2,2
Рельсовая механизированная тележка	СМЖ-151	4	7,5 × 2,5
Ямная (пропарочная) камера	–	4	8,0 × 4,7 × 2,9

Всего для работы цеха производительностью 50 000 м³ изделий в год необходимо 20 едини оборудования.

3.10 Проектирование склада готовой продукции

Стеновые блоки необходимо хранить в штабелях на поддонах на складских открытых площадках с выровненным плотным основанием. На одном поддоне помещается 50 стеновых блоков выбранного размера, что соответствует 1,8 м³. Размеры поддона: 1200 х 800 мм, соответственно площадь поддона равна 0,96 м², почти 1 м².

Площадь склада готовой продукции определяется по формуле (3.13):

$$A = \frac{G_{\text{сут}} \cdot T_{\text{хр}} \cdot K_1 \cdot K_2}{G_{\text{н}}}, \text{ м}^2, \quad (3.13)$$

где $G_{\text{сут}}$ – суточное поступление изделий ($G_{\text{сут}} = 198$), м^3 ;

$T_{\text{хр}}$ – продолжительность хранения изделий, сут, по ОНТП 07-85 для всех заводов 10-14 сут ($T_{\text{хр}} = 10$), сут;

K_1 – коэффициент, учитывающий увеличение площади склада на проходы между штабелями изделий ($K_1 = 1,5$);

K_2 – коэффициент, учитывающий увеличение площади склада в зависимости от типа грузоподъемного механизма, для мостовых кранов ($K_2 = 1,3$);

$G_{\text{н}}$ – объем изделий, хранящихся на 1 м^2 ($G_{\text{н}} = 1,8 \text{ м}^3$), м^3 .

$$A = \frac{198 \cdot 10 \cdot 1,5 \cdot 1,3}{1,8} = 2145 \text{ м}^2.$$

Поскольку прочность бетона в блоках составляет не менее 7,5 МПа, то допускается устанавливать поддоны в два яруса, поэтому площадь склада готовых изделий можно уменьшить вдвое: 1073 м^2 . Исходя из полученной площади, определим размер сторон площадки под склад – 30 x 36 м.

Склад оборудован мостовым краном и обеспечен подъездными путями для отгрузки продукции.

3.11 Контроль технологических операций и готовой продукции

Согласно СП 130.13330.2018 [7] контроль качества изделий должен осуществляться лабораторией и отделом технического контроля (ОТК) предприятия путем осуществления входного контроля поступающих на предприятие материалов и изделий, операционного контроля всех производственных процессов и приемочного контроля качества готовых изделий, в том числе с использованием неразрушающих методов [32].

В процессе входного контроля показатели качества поступающих материалов и изделий определяются на основании паспортов или сертификатов и контрольных испытаний, вид и периодичность которых

установлены в стандартах менеджмента качества предприятия или технических картах.

Для того чтобы убедиться в том, что продукт соответствует заданным характеристикам качества, в процессе контроля качества каждой поступающей партии цемента и заполнителя должны быть проведены следующие испытания: активность, нормальная плотность и время схватывания цемента при автоклавировании, гранулометрический состав и загрязненность плотных заполнителей, насыпная плотность, гранулометрический состав и прочность пористых заполнителей.

Операционный контроль качества должен включать контроль:

- влажности, гранулометрии, насыпной плотности (для легких бетонов) и точности дозирования заполнителей;
- продолжительности перемешивания бетонной смеси;
- свойств бетонной смеси (удобоукладываемости, объема вовлеченного воздуха, температуры, средней плотности для легких бетонов, однородности);
- геометрических размеров и состояния собранных форм;
- качества смазки и нанесения ее на форму;
- правильность установки арматурных, закладных изделий и фиксаторов защитного слоя бетона;
- прочности анкеров арматуры, величины ее натяжения;
- антикоррозийной защиты арматуры и закладных деталей;
- заданных режимов формования (коэффициента уплотнения, интенсивности вибрации, длительности формования и т.д.);
- правильности установки и укладки комплектующих изделий, отделочных, тепло- и гидроизоляционных материалов;
- качества отделки изделий в процессе формования;
- структурной прочности уплотненной смеси и параметров немедленной или ускоренной распалубки;

- режима тепловой обработки изделий;
- передаточный и распалубочный прочностные изделия;
- складирования и хранения готовых изделий;

Организацию, периодичность и методы проведения операционного контроля следует устанавливать в стандартах предприятия на управление качеством или технологических картах производства в зависимости от вида изготавливаемых изделий и конструкций, а также принятой технологии.

Приемочный контроль включает в себя контроль качества бетона (отпускная и марочная прочность, морозостойкость, водонепроницаемость, средняя плотность и влажность для легкого бетона и др.), прочность, жесткость и трещиностойкость изделий, правильность укладки и транспортирования.

Приборы и измерительные инструменты, применяемые при контроле и испытании готовых изделий, должны удовлетворять требованиям стандартов и проверяться метрологическими организациями в установленном порядке.

3.12 Охрана труда и техника безопасности

Все работы, связанные с изготовлением сборных бетонных изделий, должны соответствовать требованиям СНиП 12-03-2001, а также ведомственным правилам охраны труда и техники безопасности.

Способы безопасного производства погрузочно-разгрузочных и складских работ должны соответствовать требованиям ГОСТ 12.3.009-76. Порядок и способы безопасного производства работ должны быть изложены в технологических картах [34].

В помещениях цехов уровень шума на рабочих местах не должен превышать «Санитарных норм допустимых уровней шума на рабочих местах». Для снижения уровня шума на рабочих местах при работе оборудования (виброплощадки, бетоноукладчики и другие) следует предусмотреть мероприятия согласно СП 51.13330.2011.

Уровень вибрации на рабочих местах не должен превышать установленный ГОСТ 12.1.012-2004. Для устранения вредного воздействия вибрации на работающих необходимо применять специальные мероприятия:

- снижение уровня вибрации в месте ее образования;
- конструктивные и технологические меры (уменьшение продолжительности виброуплотнения);
- дистанционное уплотнение формовочным оборудованием с размещением пультов управления в звукопоглощающих кабинах;
- применение средств виброизоляции и вибропоглощения по СНиП П-19-79;
- применение средств индивидуальной защиты.

Температура нагретых поверхностей оборудования и ограждений тепловых агрегатов (в нашем случае, ямных камер) на рабочих местах не должна превышать 36 °С. На участке тепловой обработки изделий должны предусматриваться мероприятия, исключающие паровыделение и сброс продуктов сгорания природного газа в воздух рабочей зоны – герметизация камер, работа их под разрежением, устройство вытяжной вентиляции.

Участки смазки, распалубки, как правило, должны иметь ограждение и вытяжную вентиляцию.

Естественное и искусственное освещение в производственных и вспомогательных цехах, а также на территории предприятия должно соответствовать требованиям СП 52.13330.2010.

При производстве изделий следует применять технологические процессы, не загрязняющие окружающую среду, и предусматривать комплекс мероприятий с целью ее охраны. Содержание вредных веществ в выбросах не должно вызывать увеличения их концентрации в атмосфере населенных пунктов и в водоемах санитарно-бытового пользования выше допустимых величин, установленных СН 245-71.

3.13 Список и численность работников формовочного цеха

Для обеспечения работы формовочного цеха проектируемого завода требуется руководители, специалисты и рабочие, которые устанавливаются в соответствии с производственной и организационной структурой предприятия.

Численность инженерно-технических работников показана в таблице 3.10.

Таблица 3.11 – Руководитель и специалист формовочного цеха

Должность	Численность, чел.
Начальник формовочного цеха	1
Мастер	2

Численность основных и вспомогательных работников показана в таблице 3.12.

Таблица 3.12 – Штатный список рабочих формовочного цеха

Наименование должности	Количество рабочих на 1 смену	Количество рабочих на 2 смены
Основные рабочие		
Рабочий по очистке форм	4	8
Оператор на бетоноукладчике и виброплощадке	4	8
Крановщик	4	8
Пропарщик	4	8
Подсобный рабочий	4	8
Вспомогательные рабочие		
Дежурный слесарь	2	4

Дежурный электрик	2	4
Механик	1	2
Контролер ОТК	2	4
Лаборант	2	4
Всего	29	58

Всего для работы цеха в две смены необходим 61 работник.

Выводы

1. Выбрано базовое изделие – стеновой блок 1БН60.30.20-10П. Прописаны характеристики сырьевых материалов. Выбран агрегатно-поточный способ производства.

2. Составлена технологическая схема производства стеновых блоков, определено количество постов – 4, рассчитан цех, состоящий из четырех линий общей производительностью 50 000 м³/год.

Рассчитано и подобрано основное и вспомогательное оборудование: для обеспечения работы каждой линии нужно 65 форм на 22 изделия, ямная камера размерами 8,0x4,7x2,9 м, бетоноукладчик СМЖ-859, вибротумба СМЖ-200, рельсовая механизированная тележка СМЖ-151 и мостовой кран грузоподъемностью 10 т. Рассчитан склад готовой продукции: 30 x 36 м. Определен список и численность работников формовочного цеха.

3. Выполнена графическая часть проекта в виде плана и разрезов формовочного цеха.

5 ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОЕКТА

4.1 Оценка осуществимости проекта

Китайский бетонный завод.

(1) Стоимость завода (измеряется в тоннах бетона).

Стоимость сырья: стоимость цемента составляет около 157,5 RMB, стоимость камня – около 28 RMB, стоимость песка - около 17,5 RMB, стоимость воды – около 0,35 RMB. Общая стоимость сырья составляет около 203,35 юаней.

Стоимость обслуживания оборудования: (1) потери оборудования: оборудование смесительной установки в основном включает в себя смеситель, конвейерную ленту, водяной насос, вентилятор и т.д. Стоимость составляет около 10 юаней. (2) Стоимость обслуживания оборудования: смесительная установка должна проводить регулярное техническое обслуживание или заменять части оборудования каждый год, стоимость составляет около 8 юаней. Общая стоимость обслуживания оборудования составляет около 18 юаней.

Затраты на рабочую силу: (1) Заработная плата управленческого персонала: смесительная установка нуждается в 2 управленческих работников для ежедневного управления, стоимость составляет около 8 юаней. (2) Заработная плата операторов: смесительная установка нуждается в определенном количестве операторов для управления оборудованием и транспортировки бетона, стоимость составляет около 6 юаней. Общая стоимость рабочей силы составляет около 14 юаней.

Стоимость энергии: (1) стоимость электроэнергии: электроэнергия смесительной установки в основном потребляется в смесителе, конвейерной ленте, водяном насосе, вентиляторе и другом оборудовании, и стоимость составляет около 32 RMB. (2) Стоимость дизельного топлива: стоимость составляет около 120 юаней. Общая стоимость энергии составляет около 152 юаней.

(2) Ресурсы и требования к фабричному производству.

Заводское производство требует закупки большого количества сырья, такого как цемент, камень, песок и вода.

Завод будет перерабатывать большое количество сырья, часто необходимо инвестировать в машины и оборудование, такие как бетономешалки, насосы, конвейерные ленты и так далее. И это оборудование должно использоваться и обслуживаться в течение длительного времени.

Использование машин и оборудования на заводах сопровождается использованием многих источников энергии, включая электричество, дизельное топливо и другие источники энергии для производства легких заполнителей.

(3) Производительность завода.

Фактическая производительность бетоносмесительной установки составляет около 60 кубических метров бетона в час, что дает примерно 480 кубических метров бетона в день.

Мой метод.

(1) Стоимость завода:

Сырьевые материалы: Сырьевые материалы являются одним из основных факторов, влияющих на стоимость приготовления легких заполнителей, составляя около 45 % от общей стоимости.

Затраты на машины и оборудование: качество и эффективность машин и оборудования напрямую влияют на себестоимость продукции, а покупка и обслуживание такого оборудования также требует определенных инвестиций, составляющих около 5 процентов от общей стоимости.

Затраты на рабочую силу: заработная плата и расходы на обучение рабочих являются одним из основных источников заводских затрат, составляя около 15 % от общих затрат.

Затраты на энергию: производство легких заполнителей требует большого количества электрической и тепловой энергии, которая составляет около 35 % от общей стоимости.

Резюме: Стоимость сырья является самой высокой и составляет около половины от общей стоимости, за ней следуют затраты на энергию и оплату труда. Затраты на машины и оборудование относительно невелики.

(2) Ресурсы и требования для производства завода.

Заводу необходимо закупать большое количество сырья для производства легких заполнителей, например, керамзит, цемент, золу-унос, песок и воду.

На заводе будет большое количество сырья для обработки, часто необходимо инвестировать в машины и оборудование, такие как вибрационный питатель, круговой вибрационный грохот, ленточный конвейер и так далее.

Использование машин и оборудования на заводах сопровождается использованием многих источников энергии, включая электричество и дизельное топливо.

(3) Производительность завода.

Теоретическая производительность завода составляет около 35 кубических метров легкого заполнителя в час, что дает примерно 280 кубических метров легкого заполнителя в день.

Таблица 4.1 – Сравнительная таблица

№ п/п	Характеристика	Производительность	Экологичность
1	Способ приготовления бетонной смеси с использованием непереработанных материалов	Обычные прочностные характеристики	Производит много промышленных отходов и не является экологически чистым
2	способ приготовления бетонной смеси с использованием переработанных материалов	Высокие прочностные характеристики	Экологически чистое производство с использованием промышленных отходов

4.2 Реализация организационного плана по совершенствованию технологической программы

(1) Применимые отрасли и предприятия

Промышленность строительных материалов: легкие заполнители используются в промышленности строительных материалов, что позволяет не только улучшить показатели безопасности зданий, но и эффективно снизить потребление энергии.

Ландшафтный дизайн: легкие заполнители обладают хорошей воздухопроницаемостью и водоудержанием и широко используются в городском ландшафтном дизайне и других отраслях. Например, Пекинское муниципальное бюро по благоустройству и озеленению в Китае использует легкие заполнители для улучшения качества почвы.

Производство легких перегородочных плит: легкие перегородочные плиты, изготовленные из легкого заполнителя, обладают хорошими теплоизоляционными и теплоизоляционными характеристиками и способностью снижать нагрузку на здание. Китайская компания Sichuan Longteng New Material Co., Ltd. использует эту технологию для производства более экологичных и эффективных легких перегородочных стеновых панелей.

Улучшение сельскохозяйственной почвы: легкие заполнители, используемые в сельском хозяйстве, могут применяться в качестве кондиционера почвы для улучшения проницаемости и удержания воды в почве и содействия развитию корней растений.

(2) Введение предприятия

Название компании: Henan Pengchao New Building Materials Co.

Время основания: 2019 год.

Адрес предприятия: завод в 100 метрах к югу от деревни Лю По, город Манглинг, район Яньши, город Лоян, провинция Хэнань.

Направление деятельности предприятия: компания Henan Pengchao New Building Materials Co., Ltd. стремится использовать технологию

производства легких заполнителей, производить экологически чистые, эффективные, легкие строительные материалы и способствовать переходу промышленности строительных материалов к устойчивому развитию.

Философия бизнеса: ориентация на клиента, низкая цена и высокое качество как основа, удовлетворение клиента как цель.

Продукция и услуги: производство композитного легкого бетона из сухой смеси типа А, композитного легкого бетона из сухой смеси типа В, легкого бетона со стеклянными шариками, теплоизоляционного раствора, полимерного антитрещинного раствора, полимерного связующего раствора и другой продукции.

(3) Примените мой технический процесс

Инициация и планирование проекта: Определите цели, бюджет и сроки проекта. Проведите маркетинговые исследования для определения позиционирования продукта и целевого рынка.

Получение необходимых лицензий и разрешений на строительство: взаимодействуйте с местными органами власти, чтобы обеспечить соблюдение всех законов и правил.

Закупка и установка современного оборудования: выберите подходящее оборудование в соответствии с требованиями производства и организуйте его установку и ввод в эксплуатацию. На этом этапе может потребоваться тесное сотрудничество с поставщиками оборудования для обеспечения надлежащей установки и ввода оборудования в эксплуатацию.

Демонтаж старого оборудования и замена оборудования: до поступления нового оборудования необходимо организовать демонтаж старого оборудования. Это требует точного управления временем, чтобы избежать перебоев в производстве.

Набор и обучение сотрудников: наймите подходящих сотрудников в соответствии с потребностями новой технологии и проведите техническое обучение имеющихся сотрудников, чтобы убедиться, что они могут квалифицированно работать с новым оборудованием.

Отладка и тестирование производственной линии: после установки нового оборудования будет проведена отладка и тестирование производственной линии, чтобы убедиться, что все работает нормально.

Официальный запуск в производство: После того как все готово, можно приступать к официальному производству.

Маркетинг и развитие каналов сбыта: Осуществление маркетинговой деятельности, создание и расширение каналов сбыта для обеспечения того, чтобы продукция могла достичь целевых клиентов.

Постоянная техническая поддержка и обслуживание: обеспечение постоянной технической поддержки и обслуживания оборудования для обеспечения непрерывности производства и качества продукции.

Таблица 4.2 – Основные организационные этапы проекта

№ п/п	Наименование мероприятия	Срок реализации, дней
1	Разработка и планирование проектов	30
2	Получение необходимых лицензий и разрешений на строительство	90
3	Приобретение и установка современного оборудования	120
4	Демонтаж старого оборудования и замена оборудования	30
5	Набор и обучение сотрудников	60
6	Наблюдение за производством в первый месяц	30
7	Ввод в эксплуатацию и тестирование производственной линии	30
8	Формальный контроль производства	120

В этой таблице представлена подробная программа внедрения и реализации новой технологии производства легкого заполнителя в компании

Henan PharmaTech New Building Materials Co Ltd., начиная с начала проекта и заканчивая официальным запуском производства и постоянной маркетинговой и технической поддержкой. Весь процесс внедрения занял около 510 дней и был разделен на 8 основных этапов, которые обеспечили плавное внедрение и применение технологии, одновременно уделяя особое внимание эффективности производства, повышению квалификации персонала и маркетингу продукции. Цикл внедрения охватывал подготовительные работы до начала эксплуатации, а также последующие маркетинговые мероприятия и техническое обслуживание.

(1) Оформление организационных мероприятий в форме диаграммы Ганта (учет последовательности реализации мероприятий). Составляем в Excel.



Рисунок 4.1 – Пример диаграммы Ганта

Выводы из таблицы. Из таблицы видно, что многие задачи решались одновременно, чтобы обеспечить бесперебойное использование новой технологии, при этом основное внимание уделялось производительности, повышению квалификации персонала и маркетингу продукции. Это позволяет эффективно выполнять производственные задачи и сокращает нерациональное использование ресурсов.

(2) Оценить влияние стейкхолдеров (лиц, влияющих на внедрение/ запуск развитого в диссертации технического (технологического) решения).
Оценку производим в матрице следующего вида:

Таблица 4.3 – Заявление о воздействии на заинтересованные стороны проекта

Влия- ние	Сильное	Конкурен		Поставщики сырья
	Среднее	строительная бригада	Исследова- тельская группа	андеррайтер
	Слабое			
		Против	Нейтрально	За
		Заинтересованность		

Выводы из таблицы. Ход реализации проекта тесно связан со строительной бригадой.

(3) Составить план работы со стейкхолдерами (что нужно сделать, чтобы незаинтересованные стейкхолдеры поменяли свое отношение, а заинтересованные сохранили свое положительное отношение). Оформить в виде таблицы:

Таблица 4.4 – Планы, связанные с участием заинтересованных сторон

№ п/п	Стейкхолдер	Влияние	Заинтересованность	Работа	Результат
1	Конкурент	Сильное	Против	Производство легких заполнителей	Привлечение лучших талантов
2	Строительная бригада	Среднее	Против	Завершение конкретных строительных работ	Обеспечивает эффективное и бесперебойное выполнение производственных работ
3	Исследовательская группа	Среднее	Нейтрально	Исследование новых технологий	Финансовая и иная поддержка исследовательских групп
4	Поставщики сырья	Сильное	За	Обеспечение производства сырьем	Расширение объемов производства и увеличение спроса на сырье
5	Андеррайтер	Среднее	За	Контроль над расходами	Ускорьте работу, чтобы не тратить деньги впустую

Выводы из таблицы. У моей фабрики много заинтересованных сторон, и важно предпринять шаги, чтобы извлечь из них максимальную выгоду.

(4) Финансовый план реализации программы усовершенствованных технологий.

Таблица 4.5 – Планы, связанные с участием заинтересованных сторон

№ п/п	Наименование мероприятия	Стоимость осуществления мероприятия, Рубли / Юани
1	Разработка и планирование проектов	1,200,000 юаней
2	Получение необходимых лицензий и разрешений на строительство	180,000 юаней
3	Приобретение и установка современного оборудования	1,000,000 юаней
4	Демонтаж старого оборудования и замена оборудования	500,000 юаней
5	Набор и обучение сотрудников	200,000 юаней
6	наблюдение за производством в первый месяц	50,000 юаней
7	Ввод в эксплуатацию и тестирование производственной линии	50,000 юаней
8	Формальный контроль производства	120,000 юаней
ИТОГО		3,200,000 юаней в начальный период

Выводы из таблицы. Основными расходами на производство завода станут закупка и установка современного оборудования, а также официальный запуск завода, на все это, как ожидается, уйдет в общей сложности 3,200,000 юаней.

4.3 Экономические планы по внедрению программ новых технологий

(1) Прогнозирование годового увеличения доходов от внедрения технического (технологического) решения (если проект обеспечивает повышение производительности). / Годовой план продаж. Результат оформляем в виде таблицы.

Таблица 4.6 – Годовой доход

	Месяц					ВСЕГО
	Январь	Февраль	Март	...	Декабрь	
Прирост дохода, юаней	200,000	200,000	200,000	...	200,000	2,400,000

Выводы из таблицы. Ожидается, что проект принесет дополнительный доход в размере 2,40 млн юаней в год, а среднемесячный доход увеличится на 200 000 юаней в месяц.

(2) Прогнозирование приращения расходов, необходимых для эксплуатации технического (технологического) решения (если проект обеспечивает повышение производительности).

Таблица 4.7 – Эксплуатационные расходы

Показатель	Месяц					ВСЕГО
	Январь	Февраль	Март	...	Декабрь	
Приращение расходов, юаней	-12,000	-12,000	-12,000	...	-12,000	-432,000
Заработная плата с начислениями	-7,000	-7,000	-7,000	...	-7,000	-252,000
Энергия	-1,000	-1,000	-1,000	...	-1,000	-36,000
Сервис и эксплуатация	-7,000	-7,000	-7,000	...	-7,000	-252,000
Материалы	1,000	1,000	1,000	...	1,000	36,000
Формальный контроль производства	3,000	3,000	3,000	...	3,000	108,000
Прочее	-10,000	-10,000	-10,000	...	-10,000	-360,000

Выводы из таблицы. Ожидается, что дополнительные расходы на проект составят -432,000 долларов в год, в среднем -12,000 долларов в месяц.

Таблица 4.8 – Таблица эффектов

Показатель	Месяц					ВСЕГО
	Январь	Февраль	Март	...	Декабрь	
1. Прирост дохода, юаней	200,000	200,000	200,000	....	200,000	2,400,000
2. Приращение расходов, юаней	-12,000	-12,000	-12,000	....	-12,000	-432,000
3. Приращение прибыли (1-2)	212,000	212,000	212,000	....	212,000	7,632,000
4. Налог(25%)	53,000	53,000	53,000	....	53,000	1,908,000
5. Чистая прибыль (3-4)	159,000	159,000	159,000	....	159,000	5,724,000

Выводы из таблицы. Ожидается, что внедрение системы позволит увеличить доход на 200 000 юаней в месяц и 2,40 млн юаней в год, а чистая прибыль составит 5,724,000 юаней в год.

4.4 Расчет показателей финансовой жизнеспособности проектов

Ключевая процентная ставка по однолетнему кредиту Центрального банка Китая (Народного банка Китая) составляет 3,45 %. Годовой уровень инфляции в Китае в феврале 2024 года составляет 0,7 %.

Премия за риск принимает значение 4 %.

$$r = \left(\frac{103.45}{100.7} \right) + 4 \% = 5.03 \%$$

Переведите годовую процентную ставку в месячную:

$$r_{\text{месячная}} = 5.03 \div 12 = 0.0042 \text{ или } 0.42 \%$$

Таблица 4.9 – Влияние годового дисконтирования

Показатель	Месяц					ВСЕГО
	Январь	Февраль	Март	...	Декабрь	
Чистая прибыль	159,000	159,000	159,000	.....	159,000	5,724,000
Чистая прибыль накопительным итогом	159,000	318,000	477,000	.....	5,724,000	
Дисконтированная чистая прибыль	158,335	157,673	157,013	.....	136,732	5,301,969
Дисконтированная чистая прибыль накопительным итогом	158,335	316,008	473,021	.....	5,301,969	

Расчет и анализ показателей оценки эффективности инвестиций:

- 1.Срок окупаемости: 21 месяца.
- 2.Дисконтированный срок окупаемости: 22 месяца.
- 3.Рентабельность инвестиций (PI): 1.78875.
- 4.Чистый приведенный доход (NPV): 2101968.883.
- 5.Внутренняя норма доходности (IRR): 44.64441867.

При значении PI больше 1 изделие должно быть принято.

NPV больше 0, и проект является прибыльным.

При таких условиях внутренняя норма прибыли $IRR > r$ и проект имеет положительную чистую приведенную стоимость. Таким образом, проект полностью осуществим.

Реализация моих разработок может быть организована на базе китайской компании «Henan Pengchao New Building Materials Co», что является экономически целесообразным.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Показатель	Месяц											
	Январь(1)	Февраль(2)	Март (3)	Апрель (4)	Май (5)	Июнь (6)	Июль (7)	Август (8)	Сентябрь (9)	Октябрь (10)	Ноябрь (11)	Декабрь (12)
Прирост дохода	200,000	200,000	200,000	200,000	200,000	200,000	200,000	200,000	200,000	200,000	200,000	200,000
Приращение расходов, в том числе	-12,000	-12,000	-12,000	-12,000	-12,000	-12,000	-12,000	-12,000	-12,000	-12,000	-12,000	-12,000
Заработная плата с начислениями	-7,000	-7,000	-7,000	-7,000	-7,000	-7,000	-7,000	-7,000	-7,000	-7,000	-7,000	-7,000
Энергия	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000
Сервис и эксплуатация	-7,000	-7,000	-7,000	-7,000	-7,000	-7,000	-7,000	-7,000	-7,000	-7,000	-7,000	-7,000
Материалы	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Мониторинг и оптимизация системы	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
Прочее	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000
Прибыль	212,000	212,000	212,000	212,000	212,000	212,000	212,000	212,000	212,000	212,000	212,000	212,000
Налог на прибыль	53,000	53,000	53,000	53,000	53,000	53,000	53,000	53,000	53,000	53,000	53,000	53,000
Чистая прибыль	159,000	159,000	159,000	159,000	159,000	159,000	159,000	159,000	159,000	159,000	159,000	159,000
Чистая прибыль накопительным итогом	159,000	318,000	477,000	636,000	795,000	954,000	1,113,000	1,272,000	1,431,000	1,590,000	1,749,000	1,908,000
Дисконтированная прибыль	158,335	157,673	157,013	156,357	155,703	155,051	154,403	153,757	153,114	152,474	151,836	151,201
Дисконтированная прибыль накопительным итогом	158,335	316,008	473,021	629,378	785,080	940,132	1,094,535	1,248,292	1,401,406	1,553,880	1,705,716	1,856,917

Показатель	Месяц											
	Январь(13)	Февраль(14)	Март (15)	Апрель (16)	Май (17)	Июнь (18)	Июль (19)	Август (20)	Сентябрь (21)	Октябрь (22)	Ноябрь (23)	Декабрь (24)
Прирост дохода	200,000	200,000	200,000	200,000	200,000	200,000	200,000	200,000	200,000	200,000	200,000	200,000
Приращение расходов, в том числе	-12,000	-12,000	-12,000	-12,000	-12,000	-12,000	-12,000	-12,000	-12,000	-12,000	-12,000	-12,000
Заработная плата с начислениями	-7,000	-7,000	-7,000	-7,000	-7,000	-7,000	-7,000	-7,000	-7,000	-7,000	-7,000	-7,000
Энергия	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000
Сервис и эксплуатация	-7,000	-7,000	-7,000	-7,000	-7,000	-7,000	-7,000	-7,000	-7,000	-7,000	-7,000	-7,000
Материалы	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Мониторинг и оптимизация системы	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
Прочее	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000
Прибыль	212,000	212,000	212,000	212,000	212,000	212,000	212,000	212,000	212,000	212,000	212,000	212,000
Налог на прибыль	53,000	53,000	53,000	53,000	53,000	53,000	53,000	53,000	53,000	53,000	53,000	53,000
Чистая прибыль	159,000	159,000	159,000	159,000	159,000	159,000	159,000	159,000	159,000	159,000	159,000	159,000
Чистая прибыль накопительным итогом	2,067,000	2,226,000	2,385,000	2,544,000	2,703,000	2,862,000	3,021,000	3,180,000	3,339,000	3,498,000	3,657,000	3,816,000
Дисконтированная прибыль	150,569	149,939	149,312	148,687	148,065	147,446	146,829	146,215	145,604	144,995	144,388	143,784
Дисконтированная прибыль накопительным итогом	2,007,485	2,157,424	2,306,736	2,455,423	2,603,488	2,750,934	2,897,764	3,043,979	3,189,583	3,334,578	3,478,966	3,622,750

Показатель	Месяц												ВСЕГО
	Январь(25)	Февраль(26)	Март (27)	Апрель (28)	Май (29)	Июнь (30)	Июль (31)	Август (32)	Сентябрь (33)	Октябрь (34)	Ноябрь (35)	Декабрь (36)	
Прирост дохода	200,000	200,000	200,000	200,000	200,000	200,000	200,000	200,000	200,000	200,000	200,000	200,000	7,200,000
Приращение расходов, в том числе	-12,000	-12,000	-12,000	-12,000	-12,000	-12,000	-12,000	-12,000	-12,000	-12,000	-12,000	-12,000	-432,000
Заработная плата с начислениями	-7,000	-7,000	-7,000	-7,000	-7,000	-7,000	-7,000	-7,000	-7,000	-7,000	-7,000	-7,000	-252,000
Энергия	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	-36,000
Сервис и эксплуатация	-7,000	-7,000	-7,000	-7,000	-7,000	-7,000	-7,000	-7,000	-7,000	-7,000	-7,000	-7,000	-252,000
Материалы	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	36,000
Мониторинг и оптимизация системы	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	108,000
Прочее	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	-36,000
Прибыль	212,000	212,000	212,000	212,000	212,000	212,000	212,000	212,000	212,000	212,000	212,000	212,000	7,632,000
Налог на прибыль	53,000	53,000	53,000	53,000	53,000	53,000	53,000	53,000	53,000	53,000	53,000	53,000	1,908,000
Чистая прибыль	159,000	159,000	159,000	159,000	159,000	159,000	159,000	159,000	159,000	159,000	159,000	159,000	5,724,000
Чистая прибыль накопительным итогом	3,975,000	4,134,000	4,293,000	4,452,000	4,611,000	4,770,000	4,929,000	5,088,000	5,247,000	5,406,000	5,565,000	5,724,000	
Дисконтированная прибыль	143,183	142,584	141,988	141,394	140,803	140,214	139,627	139,043	138,462	137,883	137,306	136,732	5,301,969
Дисконтированная прибыль накопительным итогом	3,765,933	3,908,518	4,050,506	4,191,900	4,332,702	4,472,916	4,612,543	4,751,587	4,890,048	5,027,931	5,165,237	5,301,969	

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключении можно сделать следующие выводы.

1. Безобжиговый зольный гравий – это эффективный пример безобжиговых заполнителей. Это искусственный пористый заполнитель, получаемый в виде гранул из тонкомолотой предварительно увлажненной сырьевой смеси из золы-унос и портландцемента. Для его производства можно использовать золы и отвальные шлакозольные смеси ТЭС от сжигания бурых и каменных углей и антрацита угольных бассейнов, которые в избытке есть и в Китае, и в РФ и других странах мира.

2. Выполнена исследовательская часть: испытаны все сырьевые материалы, проведено сравнение портландцемента и золы-уноса, как основных материалов для получения БЗГ, получен БЗГ, обладающий маркой по плотности М900-М1000 и маркой по прочности – П250. Получен легкий бетон на керамзитовом гравии класса В7,5 и облегченный бетон на БЗГ класса В12,5. Разработана технологическая схема и подобрано оборудование (смеситель, гранулятор, пропарочная камера, грохот) для производства БЗГ.

3. Разработан проект завода стеновых блоков на безобжиговом зольном гравии производительностью 50 000 м³ изделий в год. Для производства стеновых блоков 1БН60.30.20-10П выбран агрегатно-поточный способ производства, составлена технологическая схема их производства. Для обеспечения программы необходимо 4 линии, содержащая 65 форм на 22 изделия, ямную камеру размерами 8,0х4,7х2,9 м, бетоноукладчик СМЖ-859, вибротумбу СМЖ-200, рельсовую тележку СМЖ-151 и мостовой кран грузоподъемностью 10 т каждая.

Рассчитан склад готовой продукции: 30 х 36 м.

Определен список и численность работников формовочного цеха.

4. Выполнена графическая часть проекта, включая план формовочного цеха, продольный и поперечный разрезы, экспликацию завода.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Баженов Ю.М. Безобжиговый зольный гравий – новый эффективный заполнитель для бетонов / Ю.М. Баженов, И.Ю. Данилович, О.Б. Высоцкая // Строительные материалы. 1980. № 8. С. 19-20.
2. Безобжиговый зольный гравий [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://betony.ru/tehnologii-zapolnit/bezobjigoviy-zolniiy-graviy.php>.
3. Вишня Б.Л. Перспективные технологии удаления, складирования и использования золошлаков ТЭС / Б.Л. Вишня, В.М. Уфимцев, Ф.Л. Капустин. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2006. 156 с.
4. Волженский А.В. Безобжиговые искусственные заполнители для легких бетонов / А.В. Волженский, К.В. Гладких, А.М. Юдина // Строительные материалы. 1970. № 7. С. 80-81.
5. Добавки в бетоны и строительные растворы: учебно-справочное пособие / Л.И. Касторных. Ростов на Дону: Феникс, 2007. 221 с.
6. Искусственные пористые заполнители и легкие бетоны на их основе: учебно-справочное пособие / Ю.П. Горлов [и др.]; под ред Ю.П. Горлов, С.Г. Васильков, С.П. Онацкий, М.П. Элинзон. М.: Стройиздат, 1987. 304 с.
7. Ицкович С.М. Технология заполнителей бетона: учебник для вузов / С.М. Ицкович, Л.Д. Чумаков, Ю.М. Баженов. М.: Высш. Школа, 1991. 272 с.
8. Капустин Ф.Л. Российские стандарты по использованию золошлаков теплоэнергетики в производстве строительных материалов / В.М. Уфимцев, Ф.Л. Капустин // Энергетическое строительство. 2008. № 2. С. 36-38.
9. Крупные заполнители [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://bibliotekar.ru/spravochnik-98-beton/89.htm>.
10. Мичкарева В.И. Пористые безобжиговые заполнители для легкого бетона из пылевидных зол ТЭС / В.И. Мичкарева, М.Д. Спектор, А.А. Крайзер // Строительные материалы. 1964. № 11. С. 34-35.

11. Состав и свойства золы и шлака ТЭС: учебно-справочное пособие / В.Г. Пантелеев [и др.]; под редакцией В.Г. Пантелеев, Э.А. Ларина, 12. В.А. Мелентьева. Л.: ЭнергATOMиздат, 1985. 288 с.
13. Технология бетона, строительных изделий и конструкций: учебник / Ю.М. Баженов [и др.]. М.: АСВ, 2004. 256 с.
14. Технология изготовления строительных изделий и конструкций: методические указания / сост. Н.П. Комарова. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2002. 60 с.
15. Уфимцев В. М. Особенности кондиционирования гранулированных высококальциевых зол при атмосферном складировании / В.М. Уфимцев, И.К. Доманская, М.Н. Кайбычева // Энергетическое строительство. 1990. № 2 С. 36-38.
16. Спиридонова А.М. Строительные материалы. Бетоны / А.М. Спиридонова, Чесноков П.Н // Уральский политехнический институт им. С.М. Кирова, 1981. С. 31.
17. Проектирование бетоносмесительных предприятий по производству бетонных и железобетонных изделий и конструкций: учеб. пособие / С.В. Беднягин, Е.С. Герасимова; под общ. ред. доц. С.В. Бедягина; Мин-во науки и высшего образования РФ. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2019. – 100 с.
18. Тепловые агрегаты и установки: учеб. пособие / О.Ю. Баженова и др. – Москва: Изд-во МИСИ – МГСУ, 2020. – 96 с.
19. Конструктивный и теплотехнический расчет ямной пропарочной камеры: метод. указания / В.В. Власов, А.И. Макеев, С.В. Черкасов, А.М. Усачев. – Воронеж, 2015. – 40 с.
20. Расчет технологических линий и оборудования для производства железобетонных изделий [Электронный ресурс]: метод. указания / Л.Д. Чумаков, Б.И. Булгаков, О.В. Александрова – Москва: НИУ МГСУ, 2015. – 31 с.

21. ГОСТ 31108-2020. Цементы общестроительные. Технические условия. – Введ. 2021-03-01. М.: Стандартиформ, 2021. – 21 с.
22. СП 130.13330.2018. Производство сборных железобетонных конструкций и изделий. Свод правил. – Введ. 2019-06-20. – М.: Стандартиформ, 2019. – 36 с.
23. ГОСТ 8267-93. Щебень и гравий для строительных работ. Технические условия. – Введ. 1995-01-01. – М.: Стандартиформ, 2018. – 30 с.
24. ГОСТ 31434-2010. Материалы строительные нерудные из отсеков дробления плотных горных пород при производстве щебня. Технические условия. – Введ. 2011-07-01. – М.: Стандартиформ, 2011. – 28 с.
25. ГОСТ 23732-2011. Вода для бетонов и растворов. Технические условия. – Введ. 2012-10-01. – М.: Стандартиформ, 2012. – 35 с.
26. ОНТП-07-85. Общесоюзные нормы технологического проектирования предприятий сборного железобетона. – Введ. 1986-01-01.
27. СП 51.13330.2011. Защита от шума. Свод правил. – Введ. 2011-05-20. – М.: ОАО «ЦПП», 2010. – 46 с.
28. ГОСТ 12.1.012-2004. Вибрационная безопасность. Система стандартов безопасности труда – Введ. 2008-07-01. – М.: Стандартиформ, 2010. – 20 с.
29. СП 52.13330.2010. Естественное и искусственное освещение. Свод правил. – Введ. 2017-01-01. – М.: Стандартиформ, 2017. – 108 с.
30. СН 245-71. Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий – Введ. 1972-01-01. – М.: Издательство литературы по строительству, 1972 год. – 42 с.
31. СНиП 12-03-2001. Безопасность труда в строительстве. – Введ. 2001-09-01. – М.: Госстрой России, 2001. – 48 с.
32. ГОСТ 12.3.009-76. Работы погрузочно-разгрузочные. Общие требования безопасности. – Введ. 1977-07-01. – М.: Стандартиформ, 2008. – 7 с.

33. Металлоформы и оборудование для железобетона: официальный сайт. – Москва. – Обновляется в течение суток. – URL: <https://intekst.ru/products/metalloformyi-dlya-proizvodstva-zhbi/grazhdanskoe-stroitelstvo/fundamentyi/plityi-lentochnyix-fundamentov/>.

34. Экономическая информация о работе промышленности пористых заполнителей СССР за 1986–1990 гг. Государственная ассоциация «Союзстройматериалов», Строминноцентр, Государственный научно-исследовательский институт по керамзиту «НИИКерамзит». Самара, 1992. 255 с.

35. Горин В.М., Токарева С.А., Кабанова М.К. Керамзит, опыт и перспективы производства и применения // Строительные материалы . 2004. No 11. С . 32–34.

36. Самодуров В.В . Керамзит. М .: Знание, 1966. 30 с.

37. Пец Т. Как сделать энергосбережение эффективным быстро и безтрагических последствий // Строительные материалы . 2010. 2. С . 10–13.

38. Довжик В.Г., Кайсер Л.А. Конструктивно-теплоизоляционный керамзитобетон в крупнопанельном домостроении. Технология и опыт производства. М.: Стройиздат, 1964. 179 с.

39. Бикбау М.Я., Левитэс А.А. Новые технологии утепления ограждающих конструкций . Профессиональное строительство . 2002. 5 (21). С . 28–29.

40. Горин В.М., Токарева С.А., Вытчиков Ю.С., Беляков И.Г., Шиянов Л.П. Применение стеновых камней из беспесчаного керамзитобетона в жилищном строительстве // Строительные материалы . 2010. 2. С . 15–18.

41. Баженов Ю.М., Король Е.А., Ерофеев В. Т., Митина Е.А . Ограждающие конструкции с использованием бетонов низкой теплопроводности. М .: АСВ, 2008. 320 с.

42. Yifei S, Yue L, Yuzhou T, Xueliang Y, Qingsong W, Jinglan H and Jian Z 2019 Life cycle assessment of autoclaved aerated fly ash and concrete block production : a case study in China. *Environ Sci Pollut Res Int.* 26 25432-25444
43. Concrete technology for a sustainable development in the 21st century, 5-6.
44. Usanova K., Barabanshchikov Y.G. COLD-BONDED FLY ASH AGGREGATE CONCRETE // *Magazine of Civil Engineering.* 2020. № 3 (95). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/cold-bonded-fly-ash-aggregate-concrete>.
45. Statistics A B S Australia Bureau of Statistics 2019-2020.
46. K.H. Yang, J.K. Song, K.I. Song, Assessment of CO₂ reduction of alkali-activated concrete, *J. Clean. Prod.* 39 (2013) 265–272, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.08.001>.
47. E.I. Diaz, E.N. Allouche, S. Eklund, Factors affecting the suitability of fly ash assource material for geopolymers, *Fuel* 89 (2010) 992–996, <http://dx.doi.org/10.1016/j.fuel.2009.09.012>.
48. D.M.J. Sumajouw, D. Hardjito, S.E. Wallah, B.V. Rangan, Fly ash-based geopolymer concrete: study of slender reinforced columns, *J. Mater. Sci.* 42(9) (2007) 3124–3130, <http://dx.doi.org/10.1007/s10853-006-0523-8>.
49. I. Ismail, S.A. Bernal, J.L. Provis, S. Hamdan, J.S.J. van Deventer, Microstructural changes in alkali activated fly ash/slag geopolymers with sulfate exposure, *Mater. Struc.* 46 (3) (2013) 361–373, <http://dx.doi.org/10.1617/s11527-012-9906-2>.
50. A.M. Rashad, A comprehensive overview about the influence of different admixtures and additives on the properties of alkali-activated fly ash, *Mater.Des.* 53 (2014) 1005–1025, <http://dx.doi.org/10.1016/j.matdes.2013.07.074>.
51. ASTM C 618, Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2008.