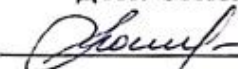


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ель-
цина»

Китайско-Российский институт

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

 С. Т. Князев
« 14 » июня 2024 г.

ПРОЕКТ ЗАВОДА ПО ПРОИЗВОДСТВУ БЕТОННЫХ И РАСТВОР-
НЫХ СМЕСЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВТОРИЧНЫХ ЗАПОЛНИТЕЛЕЙ
ИЗ КИРПИЧНОГО БОЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ

30 000 М³ В ГОД

Выпускная квалификационная работа

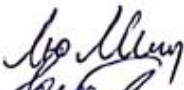
Направление подготовки 27.04.04 – «Управление в технических систе-
мах»

Образовательная программа «Проектирование объектов и систем циф-
ровой экономики»

Студент гр. КРИМ-220013к

Руководитель

Нормоконтролер

 Лю Минчжэ
 Е.С. Герасимова
 А.А. Карабанова

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 Лю Минчжэ группы КРИМ-220013к
(фамилия, имя, отчество)

1. Тема выпускной квалификационной работы *Проект завода по производству бетонных и растворных смесей с использованием вторичных заполнителей из кирпичного боя производительностью 30 000 м³ в год*

Утверждена распоряжением по институту от « 22 » мая 2024 г. № 33.21-05/33-1

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 бетоносмесительного завода.*

4. Перечень демонстрационных материалов *Цель и задачи исследования, результаты определения свойств исходных материалов, свойства продуктов дробления бетонного боя, свойства тяжелого бетона на основе разных заполнителей, технологическая схема, план и разрезы цеха, чертеж дробильного оборудования, 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

Герасимова Е.С.

Задание принял к исполнению 20.02.24

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

Руководитель

Герасимова Е.С.

7. Допустить Люд. Минчжэ к защите выпускной квалификационной работы в Государственной экзаменационной комиссии (протокол заседания кафедры № 6 от «14» июня 2024 г.).

Директор

Князев С.Т.

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 118 с., 29 рис., 48 табл., 18 источн., 19 листов демонстрационных материалов

БЕТОННЫЙ ЛОМ, ВТОРИЧНЫЙ ЗАПОЛНИТЕЛЬ, КИРПИЧ, КИРПИЧНЫЙ БОЙ, БЕТОН, БЕТОННАЯ СМЕСЬ, ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ, ПРОЧНОСТЬ, УДОБОУКЛАДЫВАЕМОСТЬ, ПОДВИЖНОСТЬ

Объектом исследования являлись бетонные смеси тяжелого бетона, содержащие вторичные заполнители – щебень и песок из кирпичного боя.

Целью работы является разработать проекта производства бетонных и растворных смесей с использованием вторичных заполнителей из кирпичного боя с заданным гранулометрическим составом производительностью 30 000 куб.м в год.

В ходе работы были проведены экспериментальные исследования в области производства новых бетонных смесей с использованием в качестве вторичного заполнителя измельченных отходов кирпичной кладки. Исследования включают расчет состава смеси, анализ физико-механических свойств использованных и полученных материалов, оценку прочностных свойств тяжелого бетона на основе разных заполнителей.

Разработано техническое решение по переработке строительных отходов и производству бетонных и растворных смесей, а также подобрано и рассчитано дробильно-сортировочное оборудование. Запроектирован завод по производству бетонных и растворных смесей заданной производительности.

Уровень внедрения – разработанные методы и технологии могут быть внедрены на заводах по производству строительных материалов, что поможет снизить затраты на сырье и уменьшить количество отходов, которые необходимо утилизировать.

Уникальность результатов исследования связано с возможностью замены натуральных материалов переработанными заполнителями без потери ка-

чества продукции, снижения себестоимости продукции, снижения воздействия на окружающую среду и повышения устойчивости строительной отрасли. Дальнейшие исследования и оптимизация процесса могут еще больше улучшить качество продукции и экономические выгоды.

СОДЕРЖАНИЕ

РЕФЕРАТ	3
ВВЕДЕНИЕ.....	11
1 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КИРПИЧНОГО БОЯ В СТРОИТЕЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ	14
1.1 Основное определение «строительный мусор».....	14
1.2 Способы утилизации строительных отходов	17
1.3 Кирпичный бой, его свойства, преимущества и недостатки, область применения	18
1.4 Опыт применения кирпичного боя, как вторичного заполнителя для бетонов и растворов.	25
2 ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВТОРИЧНЫХ ЗАПОЛНИТЕЛЕЙ, ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ КИРПИЧНОГО БОЯ.....	31
2.1 Характеристики исходных материалов и методы исследования	31
2.1.1 Определение основных характеристик природного щебня.....	31
2.1.2 Определение основных характеристик природного песка из отсевов дробления гранита	37
2.2 Исследование возможности использования продукта дробления кирпичного боя в качестве заполнителей в бетоне	39
2.2.1 Получение заполнителей из кирпичного боя.....	40
2.2.2 Расчет состава тяжелого бетона В25 П4.....	45
2.2.3 Испытания бетонной смеси и бетона.....	47
3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗАВОДА ПО ПРОИЗВОДСТВУ БЕТОННЫХ И РАСТВОРНЫХ СМЕСЕЙ	53
3.1 Расчет состава бетона (раствора).....	53
3.1.1 Расчет состава тяжелого бетона В25 П4.....	53
3.1.2 Расчёт состава штукатурного раствора М50 Пк2	53
3.2 Технологическая схема производства.....	54

3.2.1	Разработка технологической схемы производства бетонных и растворных.....	54
3.2.2	Разработка технологической схемы производства бетонных и растворных.....	58
3.3	Определение режима работы предприятия, годовой и суточной потребности предприятия в материалах	58
3.3.1	Режим работы и фонд рабочего времени, часовая производительность.....	58
3.3.2	Выбор режима работы и фонда рабочего времени, расчет часовой производительности.....	59
3.4	Расчет и подбор дробильного оборудования.....	65
3.5	Выбор Виброгрохота.....	69
3.6	Расчет и выбор необходимого оборудования.....	70
3.6.1	Смесительное отделение	70
3.6.2	Дозаторное и бункерное отделение.....	73
3.6.3	Бункер для воды	78
3.7	Склады сырьевых материалов.....	79
3.8	Емкость склада заполнителей:	81
3.9	Конвейерное оборудование	83
3.10	Бетонораздаточное отделение	86
3.11	Воздушная система.....	89
	Выводы по разделу 3	91
3.12	Список оборудования цеха	92
4	Планы и экономические выгоды по переработке и утилизации строительных отходов.....	93
4.1	Оценка существующей технологии.....	93
4.2	Типы разрабатываемых в диссертации технических решений.....	94
4.3	Обоснование целесообразности реализации разрабатываемого решения	95

4.4	Организационный план реализации усовершенствованного технического (технологического) решения.....	96
4.5	Финансовый план реализации усовершенствованного технического решения	102
4.5.1	Оценить в денежном выражении организационные мероприятия с учетом времени их проведения и последовательности реализации.	102
4.5.2	Прогнозирование эффекта от внедрения технического (технологического) решения.....	104
4.6	Расчет показателей экономической целесообразности реализации проекта.....	107
4.7	Расчет и анализ показателей оценки эффективности инвестиций:	109
ЗАКЛЮЧЕНИЕ		111
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК		113

ПЕРЕЧЕНЬ ЛИСТОВ ДЕМОНСТРАЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Наименование документа	Обозначение документа	Формат листа
1. Актуальность работы	27.04.04 38.11.59.190 005 ТБ	A4
2. Цель и задачи работы	27.04.04 38.11.59.190 005 ТБ	A4
3. Характеристика портландцемента ЦЕМ 1 42,5 Н (ОАО «Суходолжс-цемент»)	27.04.04 38.11.59.190 005 ТБ	A4
4. Свойства природного гранитного щебня. Характеристика песка из отсеков дробления гранита Шабровского карьера	27.04.04 38.11.59.190 005 ТБ	A4
5. Внешний вид кусков кирпичного боя. Внешний вид продукта дробления фракции 5-20 мм. Внешний вид продукта дробления фракции(снизу) 1,25-2,5 мм(сверху) и 2,5-5,0 мм	27.04.04 38.11.59.190 005 ТБ	A4
6. Характеристика вторичного щебня из боя кирпича. Характеристика вторичного песка из отсеков дробления боя кирпича	27.04.04 38.11.59.190 005 ТБ	A4
7. Состав тяжелого бетона. Удобоукладываемость бетонных смесей (В/Ц = const)	27.04.04 38.11.59.190 005 ТБ	A4
8. Плотность и фактический класс бетона (В/Ц = const). Прочность бетона в зависимости от вида заполнителя в возрасте 28 суток	27.04.04 38.11.59.190 005 ТБ	A4
9. Физические характеристики бетонной смеси одинаковой подвижности	27.04.04 38.11.59.190 005 ТБ	A4

10. Физико-механические характеристики бетона (смеси одинаковой подвижности). Физико-механические характеристики бетона с пластифицирующей добавкой (смеси одинаковой подвижности)	27.04.04 38.11.59.190 005 ТБ	A4
11. Внутреннее строение бетона с пластифицирующей добавкой после испытания на сжатие	27.04.04 38.11.59.190 005 ТБ	A4
12. Технологическая схема производства вторичных заполнителей. Технологическая схема производства бетонной смеси. Технологическая схема производства растворной смеси	27.04.04 38.11.59.190 005 ТБ	A1
13. Схема генерального плана завода по производству бетонных и растворных смесей	27.04.04 38.11.59.190 005 ГП	A1
14. План БСУ на отметке 0,000. Разрез А-А. Разрез Б-Б	27.04.04 38.11.59.190 005 АЧ	A1
15. Щековая дробилка РЕ-250 × 400	27.04.04 38.11.59.190 005 СЧ	A1
16. Экономический сегмент	27.04.04 38.11.59.190 005 ТБ	A4
17. Выводы	27.04.04 38.11.59.190 005 ТБ	A4

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

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

Водопоглощение – свойство материала поглощать воду. Водопоглощение может быть выражен двумя способами: массовое водопоглощение и объемное водопоглощение

Заполнитель – один из основных компонентов бетона, делится на два типа: крупный заполнитель и мелкий заполнитель. Стандарты классификации строительных заполнителей различаются в разных странах и регионах, но основной принцип заключается в разделении заполнителей на разные уровни в зависимости от размера частиц

Истинная плотность – это физический термин, который относится к фактическому объему твердого вещества в объеме материала в абсолютно плотном состоянии, исключая внутренние пустоты

Крупный заполнитель – это щебень или гравий, образующий основу бетона

Мелкий заполнитель – это песок, который заполняет промежутки между крупным заполнителем

Насыпная плотность – масса единицы объема сыпучего материала при заданных условиях наполнения

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы. В настоящее время строительство зданий и сооружений вследствие существенного увеличения объема и интенсивности работ диктует аналогичное увеличение производства строительных материалов требуемого качества, для переработки исходного сырья которых необходимы минимальные энергозатраты и капиталовложения. Такой подход позволяет застройщику быстро и надежно строить и обеспечивать потребителя жильем высокого качества и долговечности.

В результате реализации государственных, региональных и ведомственных программ по сносу устаревших зданий и сооружений, природных и техногенных катастроф, вооруженных конфликтов в различных регионах страны и мира накоплено большое количество техногенного сырья в виде кирпичного и бетонного лома, производственного брака технологических производств строительной индустрии, которое в первую очередь должно быть использовано для реализации вышеуказанных задач в строительном производстве.

Цель работы – разработать проект производства бетонных и растворных смесей с использованием вторичных заполнителей из кирпичного боя с заданным гранулометрическим составом производительностью 30 000 куб.м в год.

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

- выполнить аналитический обзор научно-технической литературы по использованию кирпичных отходов в строительстве,
- выполнить исследовательскую часть по изучению возможности использования вторичных заполнителей, полученных из кирпичного боя для производства тяжелого бетона,
- разработать проект бетоно- и растворосмесительного завода производительностью 30 000 м³ смесей в год,

– выполнить графическую часть проекта.

Научная новизна результатов исследований:

– установлена зависимость удобоукладываемости бетонной смеси и прочности тяжелого бетона от вида крупного и мелкого заполнителя и присутствия суперпластификатора: независимо от величины водоцементного отношения введение вторичных заполнителей снижает прочность бетона на сжатие.

Практическая значимость работы:

– получены вторичный щебень и вторичный песок из остатков кирпичной кладки от сноса здания и подробно изучены их свойства,

– показана практическая возможность получения тяжелого бетона классов В20-В25 при использовании исключительно вторичных заполнителей,

– получен бетон рассчитанного состава, содержащий вторичные заполнители и пластифицирующую добавку класса В25,

– разработана технологическая схема получения вторичного щебня и песка из кирпичных строительных отходов.

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. Опубликовано 1 работа: «Оценка соответствия вторичного бетонного заполнителя из кирпичного боя требованиям ГОСТ 8736-2014» / Минчжэ Лю, 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. 262-267.

Структура и объем магистерской диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, трех разделов, основных выводов, библиографического списка из 39 наименований. Работа изложена на 116 страницах машинописного текста, включая 29 рисунка и 48 таблиц.

1 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КИРПИЧНОГО БОЯ В СТРОИТЕЛЬ- НОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

В этом разделе приводятся теоретические и практические данные об использовании кирпичных отходов в строительном производстве.

1.1 Основное определение «строительный мусор»

В понятие «строительный мусор» входит общее обозначение отходов, образующихся в производственной деятельности лиц, занятых в сфере строительства (в том числе отделки), ремонта и реставрации, и сноса, а также строительные отходы, образующиеся в результате природных катастроф (землетрясений, тайфунов, цунами, оползней и пр.).

С ускорением индустриализации и урбанизации одновременно быстро развивается и строительная отрасль, поэтому увеличивается объем сопутствующих отходов, однако большая их часть вывозится строительными организациями без какой-либо обработки на свалки, находящиеся как правило, за городом. На содержание и обслуживание свалок расходуется много финансовых средств. К ним относятся стоимость приобретения земли, сборы за сбор и транспортировку мусора. Также актуальна проблема распространения пыли, образующейся во время строительных процессов, а также при сборе, транспортировке и хранении строительного мусора. Это приводит к серьезному загрязнению окружающей среды.[1]

Классификация строительного мусора. К строительным отходам относятся:

- битый кирпич и бетон;
- конструкции из металла и дерева;
- сбитая штукатурка;
- демонтированные настенные и напольные покрытия;
- старая сантехника и мебель;
- кафельная плитка;

- стекла;
- кровельные материалы и др.

Сегодня существует несколько классификаций строительных отходов.

По разновидности сырья различают 3 группы:

I - крупногабаритный, который возникает при проведении строительных работ (арматура, бетонные блоки, кирпичи),

II - среднегабаритный, который появляется при использовании стройматериалов (упаковочные пленки, пластиковые панели, обрезки, остатки клея, лака, смолы),

III - мелкогабаритный, который образуется во время отделочных работ (куски обоев, пыль, штукатурка).[2]

По опасности отходы относятся к 4–5 классу, то есть они оказывают минимальный вред экосистеме с восстановлением около 3 лет. Но при строительстве и монтаже не исключено выделение тяжелых металлов, солей, газообразующих смесей, возникновения кислотных и щелочных остатков.

По агрегатному состоянию выделяют такие типы мусора:

– твердый - характеризуется небольшой инертностью и экологической безопасностью (примеры: бетонный и кирпичный бой, отходы металлоконструкций, древесные отходы и др.);

– жидкий - отличается повышенной взрывоопасностью и неблагоприятным воздействием на экосистему (шлам от промывки оборудования, машин и механизмов, отходы от краски и др.);

– газообразный - наиболее опасный тип, обладающий высокой пожароопасностью (пары красок и растворителей).

По степени горючести отходы классифицируют на следующие категории:

- А – газы и пары, возгораемые при комнатной температуре;
- Б – пары ацетона и лакокрасочных материалов;
- В – волокна горючих твердых остатков, пыль, древесина, алюминий;
- Г – топливо, масла, защитные покрытия;

– Д – кирпич и бетон.[3]

Складирование мусора группы В категорически запрещено вблизи проводки и открытого огня. Рекомендуется хранить его в железных контейнерах и перевозить на специализированном транспорте. Такие разновидности, как резина, древесина и полиэтилен желательно убирать с рабочей площадки максимально быстро по мере накопления.

Способы образования разных видов строительного мусора.

1. Отходы материалов на цементной основе состоят из кусков бетона и раствора разного размера. Это могут быть остатки обычного тяжелого бетона, бетона с легкими заполнителями, ячеистого бетона, разных видов растворов. Они образуются в результате сноса объектов, зданий или сооружений, при проведении ремонтных работ фасадов зданий и их капитального ремонта.

Также большая часть этих отходов может образовываться в результате природных катастроф и военных конфликтов.

2. Отходы керамических изделий состоят из обломков керамического кирпича, глиняной черепицы, огнеупорного кирпича и др. Способы образования этих видов отходов аналогичны способам первой группы, но можно добавить, что отходы из огнеупорных материалов образуются при замене футеровок тепловых агрегатов (печей и т.п.).

3. Отходы на основе битума – это остатки асфальтобетона, которые образуются при ремонте покрытий дорог, путепроводов (мостов) и тротуаров.

4. Металлические отходы (металлический лом) – куски и остатки арматуры, дефектные метизы (гвозди, шурупы и пр.), куски и остатки проволоки, обрезки металлических труб и пр.

5. Отходы изделий из древесины и бумаги – обрезки древесины, опилки, стружка, доски, из которых был возведен каркас деревянных сооружений и домов, бумажная или картонная упаковка.

6. Полимерные отходы – упаковочная пленка, засохшая краска, детали пластиковых окон и дверей, бывшие в употреблении рулонные и плиточные

полимерные материалы для полов (плитка ПВХ, линолеум), отделочные материалы для стен и потолков, теплозвукоизоляционные полимерные материалы (пенополистирольные), емкости, трубы, кабели, погонажные и профильные изделия (обрезки и остатки) и т. д.

7. Стекольные отходы – остатки и бой стекла (от дверей, окон, внутренней отделки).[4]

1.2 Способы утилизации строительных отходов

С виду безобидные объемы строительного мусора могут стать причиной пожара, взрыва и быть крайне опасными для человека. Поэтому своевременный вывоз из жилых зон и утилизация – важнейший этап по обеспечению безопасной жизнедеятельности каждого населенного пункта.

Существует несколько методов утилизации строительного мусора:

- захоронение;
- сжигание;
- переработка.

Захоронение – распространенный способ, предполагающий аккумуляцию отходов на специально обустроенных свалках-полигонах. Нужно отметить, что такой вид утилизации приводит только к увеличению объемов мусора, загрязнению природных ресурсов, снижению количества сельскохозяйственных земель и территорий для проживания. К тому же отходы, содержащие химические вещества, люминофоры и ртуть, захоранивать запрещено.[5]

Сжигание – все еще популярный и доступный способ, но не все разновидности строительных отходов можно сжечь. Также метод может способствовать выделению токсичных веществ при сжигании полимеров, пластиков и других подобных отходов, и серьезному загрязнению окружающей среды.

Переработка отходов – это самый предпочтительный способ их утилизации. Она позволяет экономить природные материальные ресурсы, энергоресурсы и улучшать состояние окружающей среды.[6]

Области применения разных видов строительного мусора. Практически все виды строительного мусора можно преобразовать в новые материалы после специальной обработки и повторно использовать:[7]

- измельченные остатки бетонных, железобетонных изделий и конструкций, остатки раствора можно использовать в качестве заполнителей, как крупного, так и мелкого. Заполнители низкого качества возможно применять для устройства оснований дорог, материалы среднего и высокого качества, после дополнительных испытаний, можно применять в качестве заполнителей для бетонов и растворов,

- бой керамического кирпича, плитки, черепицы могут подойти для архитектурно-декоративных дорожных покрытий, для забутовки и усиления грунтов и почвы. При условии дополнительной обработки – в качестве заполнителей для производства искусственного камня,

- вскрышную породу можно использовать для строительства дорог, проведения работ по устройству фундаментов и т.п,

- древесные материалы удовлетворительного качества можно использовать повторно для тех же целей, а сильно поврежденные деревянные остатки используют в качестве сырья для производства композиционных материалов на основе древесины или бумаги,[8]

- отходы дорожного покрытия на основе битума можно повторно использовать в качестве заполнителя для асфальтобетона для покрытия автомобильных дорог местного значения или частных дорог,

- стальной лом, лом цветных металлов можно отправлять в переплавку для получения товарных продуктов[9].

1.3 Кирпичный бой, его свойства, преимущества и недостатки, область применения

Кирпич – это строительное изделие стандартного размера и формы. Керамический кирпич изготавливают из глинистого сырья. Обычно глина в

основном состоит из кремнезема (песка), глинозема, извести, железа, марганца, серы и фосфата в различных пропорциях. Глинистые минералы относятся к типу алюмосиликатных минералов. Помимо воды, в их химическом составе обычно содержится большое количество SiO_2 и Al_2O_3 , а некоторые также содержат некоторое количество Fe_2O_3 , MgO и небольшое количество K_2O , Na_2O , CaO . Керамический кирпич имеет среднюю плотность 1700 кг/м^3 . Кирпич изготавливается следующим образом: глину измельчают в мельнице и смешивают с водой, до определенной пластичности. Затем его формуют, сушат и, наконец, обжигают. Кирпичи имеют темно-красный, темно-коричневый или темно-коричневый цвет, в зависимости от температуры обжига и сырья, из которого они были изготовлены. Кирпичи обжигают при температуре от 900 до 1200°C . [10]

Кирпич является одним из наиболее распространенных материалов для строительства и облицовки домов.

Виды кирпича. Существует несколько видов кирпича, каждый из которых обладает определенными характеристиками и применяется для разных целей. Некоторые из них включают строительный, облицовочный, печной, огнеупорный и клинкерный кирпич.

Керамический кирпич производится путем обжига глины при высокой температуре. Он обладает разнообразием цветов, размеров и форм, прост в укладке, имеет длительный срок службы и хорошие тепло- и звукоизоляционные свойства. Однако некачественный керамический кирпич может иметь неправильную геометрию и низкую долговечность.

Силикатный кирпич производится из песка и извести. Он широко используется для строительства наружных и внутренних стен. Однако по сравнению с керамическим кирпичом, силикатный кирпич менее влагоустойчив и не переносит высоких температур. Он также плохо удерживает тепло. Силикатный кирпич имеет более низкую цену по сравнению с керамическим кирпичом и может быть окрашен в любой цвет.

Облицовочный кирпич используется для отделки фасадов, цоколя и может быть использован во внутренней отделке. Облицовочным кирпичом могут быть как керамический, так и силикатный кирпичи, а также гиперпрессованный и клинкерный. Облицовочный кирпич отличается точной геометрией и интересным внешним видом. Его можно подразделить на фактурный и фасонный, при этом фасонный кирпич имеет сложные профильные конфигурации и используется для обустройства арок, окон и других нестандартных архитектурных форм.[11]

В настоящее время большая часть сносимых в Китае зданий представляет собой кирпично-бетонные конструкции, а керамический кирпич составляет относительно большую долю строительных отходов, и если игнорировать переработку этой части отходов, это неизбежно приведет к еще большему загрязнению.

Отходы кирпича от сноса зданий обычно можно перерабатывать и повторно использовать в качестве вторичных кирпичей, если их форма сохранена, а затвердевший раствор легко отслаивается. Такие кирпичные отходы подвергают дроблению и сортировке, в результате получают вторичные заполнители.

Он обладает преимуществами износостойкости, легкого веса, сохранения тепла и звукоизоляции, а также является экологически чистым продуктом.

Кирпич – распространенный строительный материал, который используется в строительстве, обладает определенными свойствами и характеристиками, которые делают его пригодным для использования в различных конструкциях.[12]

Кирпичи из строительных отходов, также известные как кирпичи из отходов строительства и сноса, представляют собой кирпичи, которые изготавливаются из переработанных или утилизированных материалов в результате строительных и сносных работ. Эти кирпичи обычно изготавливаются путем дробления и измельчения отходов, таких как бетон,

кирпичи, плитка и керамика, а затем смешивания их со связующими веществами или добавками для образования нового кирпичного материала.

Свойства и характеристики кирпича из строительных отходов могут варьироваться в зависимости от конкретных используемых отходов и используемого производственного процесса, однако некоторые общие свойства и особенности этих кирпичей включают:[13]

1. Экологическая устойчивость: кирпичи из строительных отходов способствуют сокращению отходов и сохранению ресурсов за счет повторного использования материалов, которые в противном случае были бы утилизированы на свалках.

2. Прочность и долговечность. Кирпичи из строительных отходов могут иметь хорошие механические свойства, такие как прочность на сжатие и долговечность, в зависимости от качества отходов и производственного процесса.

3. Теплоизоляция: эти кирпичи обладают теплоизоляционными свойствами, помогая регулировать температуру в помещении и снижая потребление энергии на обогрев и охлаждение.

4. Звукоизоляция. Кирпич из строительного мусора также обеспечивает звукоизоляцию, снижая передачу шума между помещениями.

5. Огнестойкость. В зависимости от состава и технологии изготовления эти кирпичи могут иметь различную степень огнестойкости.

6. Эстетика. Кирпичи из строительных отходов могут иметь уникальный внешний вид, часто демонстрируя характер и текстуру используемых переработанных материалов.[14]

Преимущества повторного использования брошенного кирпича в качестве вспомогательных материалов:

1. Польза для окружающей среды: повторное использование брошенных кирпичей сокращает количество отходов и способствует устойчивому строительству, помогает направлять отходы строительства и сноса на свалки, сводя к минимуму воздействие на окружающую среду.

2. Рентабельность: повторное использование брошенных кирпичей может быть рентабельнее по сравнению с покупкой новых кирпичей, поскольку устраняет необходимость в производстве новых кирпичей и снижает затраты на приобретение материалов.

3. Сохранение исторической ценности: если брошенные кирпичи имеют историческое или архитектурное значение, их повторное использование в строительстве может помочь сохранить характер и подлинность здания или сооружения.

4. Поскольку керамические отходы имеют определенную пористость и шероховатую поверхность, их легко комбинировать с органическими покрытиями, в керамических частицах нет проблемы фазового перехода, и они не разлагаются при температуре обжига.[15]

Недостатки повторного использования брошенных кирпичей в качестве вспомогательных материалов:

1. Вопросы качества: Брошенные кирпичи могли подвергнуться износу, что может повлиять на их структурную целостность и долговечность. Важно тщательно осмотреть и оценить качество кирпичей перед повторным использованием, чтобы убедиться, что они соответствуют необходимым стандартам.

2. Несовместимые свойства: брошенные кирпичи могут различаться по размеру, цвету, текстуре и составу, что может привести к несоответствиям в готовой конструкции. Правильная сортировка и подготовка кирпичей необходимы для обеспечения однородности конечного результата.

3. Кирпичи легко впитывают воду, даже когда они не контактируют с воздухом. Чрезмерное водопоглощение снизит прочность на растяжение, и внутри появятся трещины, что создаст угрозу безопасности. (Эта проблема может быть решена наружным покрытием водостойкой краской)

Чтобы устранить недостатки, упомянутые выше, существует несколько технических рекомендаций:[16]

1. Оценка качества: перед повторным использованием кирпичей проводится тщательный осмотр для выявления структурных дефектов, трещин или признаков износа. Кирпичи должны соответствовать необходимым требованиям прочности и долговечности для предполагаемого использования.

2. Очистка и подготовка: нужно очистить вторичный кирпичи от мусора, раствора и других загрязняющих веществ, возможно для этого нужно использовать соответствующие инструменты и методы для восстановления кирпичей до пригодного состояния.

3. Сортировка и сопоставление: отсортировать кирпичи по их размеру, цвету и текстуре, чтобы обеспечить единообразие конечной конструкции.

4. Армирование и испытания: в зависимости от состояния и качества брошенных кирпичей может потребоваться дополнительное армирование или испытания для обеспечения их структурной стабильности и производительности в строительном проекте.

5. Соблюдение нормативных требований: необходимо убедиться, что повторное использование кирпичей соответствует местным строительным нормам, правилам и стандартам. Эти требования могут различаться в зависимости от местоположения и конкретного строительного проекта.[17]

Для реализации повторного использования отбракованных кирпичей можно рассмотреть следующие методы:

1. Очистка и классификация: очистите и классифицируйте кирпичи из отходов, удалите поврежденные части и приведите их в соответствие со стандартами для повторного использования.

2. Дробление и сортировка: используйте дробильное оборудование для дробления кирпичных отходов, а затем используйте просеивающее оборудование для классификации битых кирпичей на фракции.

3. Расчет состава бетона: в соответствии с размером частиц и характеристиками переработанного кирпича выполняется расчет состава бетона, и переработанные кирпичи добавляются в бетон в качестве заполнителя или наполнителя.[18]

4. Применение в строительстве: использование вторичного кирпичного боя при возведении строительных конструкций, фундаментов, дорожных покрытий и т. д. для обеспечения его безопасности и надежности.

Возможные варианты применения кирпичного боя следующие.

1. Отходы кирпича и плитки используются вместо натуральных заполнителей для приготовления переработанного бетона с легким заполнителем. Порошок отработанного кирпича, полученный путем дробления отходов кирпича и черепицы, просеивания и механического измельчения строительных отходов, обладает определенной активностью в условиях получения известкового, гипсового или портландцементного клинкера. Кажущаяся плотность частиц зеленого кирпича менее 3 см составляет 752 кг/м^3 , а кажущаяся плотность частиц красного кирпича составляет 900 кг/м^3 , что в основном соответствует условиям для легкого заполнителя, дополненного мелким заполнителем или порошком с более низкой кажущейся плотностью. Изготовление цементных изделий, таких как конструкционные легковесные изделия (плиты, блоки) с несущими и теплоизоляционными функциями, воздухопроницаемые тротуарные кирпичи и решетки.

2. Использование песка из кирпичного боя (фракции менее 5 мм) для производства силикатных изделий. Для этого готовят смесь заполнителя с известью, золой-уносом и активатором, из которой формуют изделия и подвергают их автоклавной обработке. Автоклавные силикатные изделия обладают достаточно высокой прочностью, долговечностью и трещиностойкостью, их теплоизоляционные характеристики лучше, чем у керамического пустотелого кирпича.

3. Использование песка из кирпичного боя (фракции менее 5 мм) в качестве цветного песка для декоративных целей.

4. Использование пылевидной составляющей песка из кирпичного боя (фракции менее 0,16 мм) в качестве наполнителя для растворов, бетонов и других строительных материалов.[19]

1.4 Опыт применения кирпичного боя, как вторичного заполнителя для бетонов и растворов.

Комплексная утилизация строительных отходов – эффективный способ экономии ресурсов и защиты экологии. В этом отношении развитые страны, такие как Япония, США и Германия, начали действовать относительно рано и предоставили нам множество передовых опытов и методов обработки. После Второй мировой войны здания в Японии, Европе и других странах были серьезно повреждены, а после сноса разрушенных зданий образовалось большое количество строительных отходов. Как обращаться со строительными отходами, стало предметом исследований. Соединенные Штаты, Советский Союз и другие развитые страны начали изучать переработанный бетонный и кирпичный бой и провели множество международных конференций по этим темам.

Япония. В 1977 году японское правительство сформулировало «Спецификации по использованию переработанного заполнителя и переработанного бетона» и последовательно создало заводы по переработке в различных местах, чтобы в основном перерабатывать бетонные отходы для производства переработанного цемента и переработанного заполнителя, производя самые большие объемы перерабатываемой продукции: 100т/ч. В 1991 году японское правительство приняло «Закон о содействии повторному использованию ресурсов», который предусматривает, что строительные отходы, такие как навоз, бетонные блоки, асфальтобетонные блоки, древесина и металл, образующиеся во время строительства, должны отправляться на «предприятия по переработке» для переработки. В 2005 году уровень утилизации отходов бетона, произведенных в Японии, достиг 95 %.[20]

Соединенные Штаты Америки. Соединенные Штаты придают большое значение продвижению и использованию переработанного бетона. Еще в 1980-х годах битый гидравлический цементный бетон был включен в бетон-

ные заполнители, и был сформулирован «Стандарт бетонных заполнителей» (ASTM C-33-82).

Правительство США приняло «Закон о суперфонде», который гласит: «Любая компания, производящая промышленные отходы, должна надлежащим образом обращаться с ними самостоятельно и не должна сбрасывать их без разрешения». Это ограничивает количество строительных отходов, образующихся у источника, и побуждает предприятия сознательно искать способы использования ресурсов строительных отходов. Национальная ассоциация домостроителей продвигает «ресурсосберегающий дом» со стенами, построенными из переработанных шин и алюминиевых отходов, большая часть стали, используемой в крыше, собрана со строительных площадок, а используемые панели сделаны из древесных отходов и древесных отходов. Полиэтилен 20 %, основное сырье для крыши – старые газеты и картонные коробки. Такой дом не только активно использует выброшенный металл, дерево и картон, но и лучше решает противоречие между нехваткой жилья и защитой окружающей среды.

Кроме того, компания CYCLEAN в США использует микроволновую технологию для переработки 100 % старых асфальтовых дорожных тканей. Ее качество такое же, как и у новых асфальтовых дорожных тканей, при этом стоимость может быть снижена на 1/3, а также экономит затраты на вывоз и переработку мусора, что значительно снижает загрязнение городской среды, предварительно очищенные строительные отходы транспортируются в «Центр переработки вторичного сырья» для централизованной переработки методом сжигания.[21]

Франция. Французская компания CSTB – ведущая европейская группа в сфере «отходы и строительная индустрия», специализирующаяся на координации бизнеса в этой сфере в Европе. Общий план управления отходами, предложенный компанией, преследует две основные цели: во-первых, контролировать образование строительных отходов из источника путем изучения экологических характеристик вновь разрабатываемых строительных из-

делий, во-вторых, во время проектов строительства, благоустройства и сноса контроль над строительными отходами. Проводить прогнозные оценки производства и сбора для определения соответствующих применений переработки, тем самым повышая уровень управления отходами. Основываясь на мощной базе данных, компания использует программные инструменты для анализа и контроля всего процесса строительных отходов от образования до утилизации, чтобы помочь в принятии решений на разных этапах жизненного цикла здания.

Нидерланды. В Нидерландах строительная индустрия производит примерно 14×10^6 т отходов в год, в основном это продукты сноса и ремонта старых зданий (смесь камня, металла, пластика и дерева). В настоящее время 70 % строительных отходов можно переработать, но правительство Нидерландов хочет увеличить этот процент до 90 %. Поэтому они приняли ряд законов и создали системы контроля качества, которые ограничивали сброс отходов и организовывали принудительную переработку отходов. Важным побочным продуктом переработки строительных отходов в Нидерландах является фракционированный песок с выходом примерно 1×10^6 т/год. Песок легко загрязняется, и его повторное использование ограничено. С этой целью в Нидерландах создана сеть по переработке песка, где сортировочные компании отвечают за эффективную сортировку песка: классифицируют его по уровню загрязнения, хранят чистый песок и очищают загрязненный песок.

Германия. В Германии строительные отходы делятся на отходы земляных работ, измельченные старые строительные материалы, отходы дорожных работ и отходы строительных площадок. Штаб-квартира Федерального фонда окружающей среды Германии была построена с использованием старых бетонных заполнителей. Исследования переработанного бетона в Германии начались раньше: в 2014 году объем производства бетонных отходов составил около 0,3 тонны на человека, что намного ниже, чем в среднем по другим странам, большая часть этого бетона после переработки стала сырьем для дорожного строительства. В 1997 году Германия ввела в действие Закон

о вторичной переработке, а годом позже сформулировала «Руководство по применению вторичного заполнителя в бетоне».[22]

В прошлом отходы бетона за рубежом использовались в основном в качестве вторичных заполнителей, а исследования в основном были направлены на классификацию и основные характеристики вторичных заполнителей и вторичного бетона, влияние исходного бетона на характеристики вторичного бетона и разработку технических спецификаций для вторичных заполнителей и вторичного бетона. Однако в прошлом переработка строительных отходов в Китае была относительно простой: неповрежденные кирпичи, окна, двери и сталь использовались в качестве строительных материалов для низкосортных зданий (например, сельских домов) или временных построек, но большинство строительных отходов, в основном бетонные блоки, битый кирпич и растворные блоки, выбрасывались в открытые кучи или на свалки. Кроме того, из-за отсталости китайской строительной технологии, строительных методов и плохой экологической осведомленности самих строительных бригад, а также отсутствия сильного государственного механизма, сдерживающего предприятия от образования строительных отходов, количество строительных отходов на строительных площадках в Китае гораздо больше, чем за рубежом.[23]

В 21 веке Китай придает большое значение этим вопросам, приняв Закон о предотвращении и контроле загрязнения окружающей среды твердыми отходами и Закон о захоронении твердых бытовых отходов. Однако применение вторичных заполнителей в Китае все еще находится на предварительной стадии экспериментов и осторожного использования, не имея более глубокой проработки.

В 2007 году в Шанхае был принят “Технический регламент по применению вторичного бетона”, который предусматривает классификацию и стандарты переработки отходов бетона, разделяя их на две категории: перерабатываемые и неперерабатываемые. Легкий бетон и газобетон перерабатываются из-за их низкой прочности.[24]

Для производительности переработанного бетона еще предстоит дальнейшее изучение правил классифицируются как неперерабатываемые, но эта часть отходов бетона в строительных отходах занимает большую долю, поэтому как легкие агрегатные отходы бетона - в том числе отходы прогона газобетонных блоков, бетонных пустотелых блоков и цементно-песчаных кирпичей, переработка, является актуальной проблемой в переработке строительных отходов.

Выводы по разделу 1

После исследований большого количества экспертов и ученых, а также развития зарубежного передового технологического опыта, технология использования ресурсов строительных отходов в моей стране и соответствующие стандарты становятся все более развитыми и передовыми, а решение экологических проблем в процессе переработки строительных отходов становится сохраняется актуальным. Проблемы переработки отходов решаются.

Это исследование реализует национальную политику развития экономики замкнутого цикла, которая может принести хорошие социальные и экологические выгоды, снизить экологическую и транспортную нагрузку, вызванную городскими строительными отходами, сэкономить большое количество земли и невозобновляемых ресурсов, а также обеспечить определенным количеством строительных материалов. Это поможет сформировать новые производственные цепочки и будет способствовать экономическому развитию региона. Таким образом, проведение комплексных оценочных исследований по изучению ресурсов строительных отходов возможно и имеет широкие перспективы развития.

Эти исследования в основном направлены на классификацию, дробление и сортировку строительных отходов для производства заполнителей, которые могут заменить натуральные щебень и песок. Поэтому работы по возможности использования строительных отходов имеют высокую актуальность

Цель работы – разработать проект производства бетонных и растворных смесей с использованием вторичных заполнителей из кирпичного боя с заданным гранулометрическим составом производительностью 30 000 м³ в год.

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

- выполнить аналитический обзор научно-технической литературы по вопросам использования кирпичных отходов в строительстве,
- выполнить исследовательскую часть по изучению возможности использования вторичных заполнителей, полученных из кирпичного боя, для производства тяжелого бетона,
- разработать проект бетоно- и растворосмесительного завода производительностью 30 000 м³ смесей в год,
- выполнить графическую часть проекта.

2 ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВТОРИЧНЫХ ЗАПОЛНИТЕЛЕЙ, ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ КИРПИЧНОГО БОЯ

2.1 Характеристики исходных материалов и методы исследования

В качестве эталонного сырья для сравнения влияния заполнителей, изготовленных из кирпичного боя, выступали гранитный щебень и песок из отсеков дробления гранита Шабровского карьера.

2.1.1 Определение основных характеристик природного щебня

Определение зернового состава. Зерновой состав щебня определяют его рассевом через набор стандартных сит. Аналитическую пробу щебня высушивают до постоянной массы. Высушенную до постоянной массы пробу песка просеивают через сита с круглыми отверстиями диаметрами 40, 20, 10, 5, мм. Затем определяют суммарную массу просеянной пробы как сумму всех частных остатков.

По результатам просеивания вычисляют:

– частный остаток на каждом сите (a_i) в процентах по формуле (2.1):

$$a_i = \frac{m_i}{m} \times 100, \quad (2.1)$$

где m_i – масса остатка на данном сите, г;

m – масса просеиваемой навески, г;

– полный остаток на каждом сите (A_i) в процентах по формуле (2.2):

$$A_i = a_{20} + a_{10} + \dots + a_i, \quad (2.2)$$

где a_{20} , a_{10} , a_i – частные остатки на соответствующих ситах.

Таблица 2.6 – Результаты определения зернового состава щебня

Показатель	Остатки, % по массе, на ситах, мм				
	<5	5	10	20	40
Масса, г	13	722	4160	102	0
Частный, %	0,26	14,44	83,20	2,04	0
Полный, %	99,94	99,68	85,24	2,04	0

Определение содержания пылевидных и глинистых частиц. Содержание в щебне пылевидных частиц увеличивает водопотребность бетонной смеси, глинистые частицы снижают прочность сцепления заполнителя с цементным камнем. Пробу помещают в сосуд для отмучивания, заливаем водой и оставляем до полного размокания глиняной пленки на зернах щебня или комков глины. Высота слоя воды над щебнем должна быть примерно 200 мм. После отмучивания промытую навеску высушивают до постоянной массы m_1 .

Содержание в щебне отмучиваемых пылевидных и глинистых частиц ($P_{отм}$) в процентах по массе вычисляют по формуле (2.3):

$$P_{отм} = \frac{m - m_1}{m} \times 100, \quad (2.3)$$

Где m – масса высушенной навески до отмучивания, г;

m_1 – масса высушенной навески после отмучивания, г.

$$P_{отм} = \frac{5000 - 4990}{5000} \times 100 = 0,2 \, \%.$$

Определение истинной плотности с помощью пикнометра. Измельчают зерна щебня в ступке. Пикнометр высушивают и взвешивают, находят m_1 . Пикнометр наполняют на 1/3 его объема измельченными и просеянными через сито № 1 частицами, после этого пикнометр обтирают сухой чистой тканью и взвешиваем, это m_2 .

Затем наливают в пикнометр дистиллированную воду в таком количестве, чтобы пикнометр был заполнен примерно на 1/2 его объема, перемешивают содержимое и ставят его в слегка наклонном положении на песчаную

ванну или водяную баню. Содержимое пикнометра кипятят в течение 15–20 мин для удаления пузырьков воздуха; пузырьки воздуха могут быть удалены также путем выдерживания пикнометра под вакуумом в эксикаторе.

После удаления воздуха пикнометр обтирают, охлаждают до температуры помещения, доливают до метки дистиллированной водой и взвешивают, это m_3 . После этого пикнометр освобождают от содержимого, промывают, наполняют до метки дистиллированной водой и снова взвешивают, найдя m_4 . Все взвешивания производят с погрешностью до 0,01 г.

Истинную плотность песка (ρ) в г/см³ вычисляют по формуле (2.4):

$$\rho = \frac{(m-m_1)\rho_v}{m-m_1+m_2-m_3}, \quad (2.4)$$

где m – масса пикнометра с материалом, г;

m_1 – масса пустого пикнометра, г;

m_2 – масса пикнометра с дистиллированной водой, г;

m_3 – масса пикнометра с материалом и дистиллированной водой после удаления пузырьков воздуха, г;

ρ_v – плотность воды, равная 1 г/см³.

Расхождение между результатами двух определений истинной плотности не должно быть более 0,02 г/см³. В случаях больших расхождений проводят третье определение и вычисляют среднее арифметическое двух ближайших значений.

Таблица 2.7 – Результаты взвешивания при определении истинной плотности

№ испытания	m , г	m_1 , г	m_2 , г	m_3 , г
1	37,10	21,50	46,35	56,10
2	32,85	17,13	41,20	51,00

$$\rho_1 = \frac{37,10 - 21,50}{37,10 - 21,50 + 46,35 - 56,10} = 2666 \text{ кг/м}^3;$$

$$\rho_2 = \frac{32,85 - 17,13}{32,85 - 17,13 + 41,20 - 51,00} = 2655 \text{ кг/м}^3;$$

$$\rho_{\text{ср}} = \frac{2666 + 2655}{2} = 2660 \text{ кг/м}^3.$$

Определение насыпной плотности. Щебень насыпают в мерный цилиндр с высоты 10 см до полного заполнения цилиндра и образования над цилиндром конуса из материала, этот конус снимают вровень с краями цилиндра без уплотнения материала, после этого цилиндр со щебнем взвешивают.

Насыпную плотность песка (ρ_n) в кг/м³ вычисляют по формуле (2.5):

$$\rho_n = \frac{m_1 - m}{V}, \quad (2.5)$$

где m – масса мерного сосуда, кг;

m_1 – масса мерного сосуда с щебнем, кг;

V – вместимость сосуда, м³.

$$\rho_n = \frac{1,412}{0,001} = 1412 \text{ кг/м}^3.$$

Расчет пустотности. Пустотностью заполнителя называют выраженное в процентах отношение объема межзерновых пустот ко всему объему, занимаемому заполнителем без его уплотнения. Это важная характеристика заполнителя, так как она влияет на расход цемента в бетоне.

Пустотность (объем межзерновых пустот) щебня в стандартном неуплотненном состоянии определяют на основании значений истинной плотности и насыпной плотности, и вычисляют по формуле (2.6):

$$V_{\text{м.п}} = \left(1 - \frac{\rho_n}{\rho \times 1000}\right) \times 100, \quad (2.6)$$

где ρ – истинная плотность щебня, г/см³;

ρ_n – насыпная плотность щебня, г/см³.

$$V_{\text{м.п}} = \left(1 - \frac{1412}{2660}\right) \times 100 = 47 \text{ \%}.$$

Измерение дробимости щебня при сжатии в цилиндре. Для испытания берут фракции 5–10 мм. Испытание проводят в стальном цилиндре со съёмным дном и с плунжером, внутренний диаметр цилиндра 75, 150 мм.

Стальной цилиндр устанавливают на съёмное дно и с высоты 5 см засыпают щебнем так, чтобы после разравнивания верхний край материала не

доходил до верхнего края цилиндра на 15 мм. Затем в цилиндр вставляют пуансон.

Повышая давление пресси на 1–2 кН/с доводят его до 50 кН. Раздробленную пробу взвешивают, затем просеивают через сито 1,25, 2,5 мм.

Остаток щебня на сите взвешивают и вычисляют показатель дробимости по формуле (2.7):

$$Др = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100 \%, \quad (2.7)$$

где m_1 – раздробленная при испытании масса щебня, г;

m_2 – масса остатка на контрольном сите после просеивания, г.

$$Др_{(5-10)} = \frac{320 - 262}{330} \times 100 \% = 18,13 \, \%.$$

Определение водопоглощения. Образцы погружают в воду так, чтобы уровень воды в сосуде был на 2 см выше верха образцов. Через 48 ч образцы вынимают из воды, удаляют влагу с их поверхности мягкой влажной тканью и немедленно взвешивают, при этом масса воды, вытекающая из пор образца на чашку весов, включается в массу образца.

Водопоглощение вычисляют по формуле (2.8):

$$W_{\text{погл}} = \frac{m_4 - m_1}{m_1} \times 100 \%, \quad (2.8)$$

где m_1 – масса образца в сухом состоянии, г;

m_4 – масса образца через 48 ч насыщения водой, г.

Навеска 5 кг:

$$W_{\text{погл}} = \frac{5,08 - 5}{5} \times 100\% = 1,6 \, \%.$$

Определение количества пластинчатых и игловатых зерен. Испытание выполняется на пробах щебня, которые берутся из каждой фракции в количестве: 1 кг и 0,5 кг фракций 10–20 и 5–10 соответственно.

Из пробы щебня каждой фракции визуально отбирают зерна пластинчатой и игловатой форм. Содержание в каждой фракции щебня пластинчатых и игловатых зерен вычисляется с точностью до 1% по формуле (2.9):

$$П_i = \frac{m_i^{\text{II}}}{m_i} \times 100\%, \quad (2.9)$$

Для фракции 10–20 мм:

$$P_i = \frac{0,24}{1} \times 100\% = 24 \, \%.$$

Для фракции 5–10 мм:

$$P_i = \frac{0,12}{0,5} \times 100\% = 24 \, \%.$$

Таблица 2.8 – Сравнительная характеристика щебня с ГОСТ 8267–93

Показатели по ГОСТ	Единицы измерения	Требования ГОСТ	Фактический результат
Размеры зерен, полные остатки на ситах с диаметром отверстий, мм: 5 10 20	% по массе	От 90 до 100 От 30 до 60 До 10	99,68 85,24 2,04
Содержание зерен пластинчатой и игловатой формы: Фракция 5–10 мм Фракция 10–20 мм	% по массе	Группа 3 Св. 15 до 25 вкл.	Группа 3 24 24
Марка по дробимости, потеря массы при испытании: Фракция 5–10	%	Потеря по массе: Св. 16 до 20 вкл.	18,13
Содержание пылевидных и глинистых частиц	%, по массе	Не более 1	0,2
Насыпная плотность в сухом состоянии	кг/м ³	Не нормируется	1412

Таким образом, испытанный щебень из изверженных горных пород не соответствует требованиям ГОСТ 8267–93 по содержанию зерен более 10 мм. При дальнейшем использовании этого щебня будем сокращать количество фракции 10–20 мм. Фракция 5–10 мм имеет марку по дробимости М1000.

2.1.2 Определение основных характеристик природного песка из отсе- вов дробления гранита

Определение зернового состава и модуля крупности. Зерновой состав песка определяют его рассевом через набор стандартных сит. Отбирают навеску массой не менее 1000 г для определения зернового состава песка. Подготовленную навеску песка просеивают через набор сит с круглыми отверстиями диаметром 5 мм, 2,5 мм и с сетками № 1,25; 063; 0315 и 016. Просеивание производят механическим или ручным способами. Продолжительность просеивания должна быть такой, чтобы при контрольном интенсивном ручном встряхивании каждого сита в течение 1 мин через него проходило не более 0,1 % общей массы просеиваемой навески.

Модуль крупности песка M_k по формуле (2.10):

$$M_k = \frac{A_{2,5} + A_{1,25} + A_{0,63} + A_{0,315} + A_{0,16}}{100}, \quad (2.10)$$

где $A_{2,5}$, $A_{1,25}$, $A_{0,63}$, $A_{0,315}$, $A_{0,16}$ – полные остатки на сите с круглыми отверстиями диаметром 2,5 мм и на ситах с сетками № 1,25; 063; 0315; 016, %.

Таблица 2.9 – Результаты определения зернового состава песка

Размер сит, мм	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	Проход через 0,16
m, г	530	480	380	340	340	350	560
$A_{\text{частн}}, \%$	17,67	16,00	12,67	11,33	11,33	11,67	18,67
$A_{\text{полн}}, \%$	17,67	33,67	46,34	57,67	69,00	80,67	100,00

Определение содержания пылевидных и глинистых частиц. Содержание в щебне пылевидных частиц увеличивает водопотребность бетонной смеси, глинистые частицы снижают прочность сцепления заполнителя с цементным камнем. Пробу помещают в сосуд для отмучивания, заливаем водой и оставляем до полного размокания глиняной пленки на зернах щебня или комков глины. Высота слоя воды над щебнем должна быть примерно 200 мм.

После отмучивания промытую навеску высушивают до постоянной массы m_1 . Содержание в щебне отмучиваемых пылевидных и глинистых частиц ($\Pi_{\text{отм}}$) в процентах по массе вычисляют по формуле (2.3).

$$\Pi_{\text{отм}} = \frac{5000-4970}{5000} \times 100 = 21 \, \%.$$

Определение истинной плотности с помощью пикнометра. Результаты взвешивания при определении истинной плотности приведены в таблице 2.9.

Таблица 2.9 – Результаты взвешивания при определении истинной плотности

№ испытания	m , г	m_1 , г	m_2 , г	m_3 , г
1	37,10	21,30	46,35	56,10
2	32,85	17,02	41,20	51,00

$$\rho_1 = \frac{37,10 - 21,30}{37,10 - 21,30 + 46,35 - 56,10} = 2611 \, \text{кг/м}^3;$$

$$\rho_2 = \frac{32,85 - 17,02}{32,85 - 17,02 + 41,20 - 51,00} = 2625 \, \text{кг/м}^3;$$

$$\rho_{\text{ср}} = \frac{2611 + 2625}{2} = 2618 \, \text{кг/м}^3.$$

Определение насыпной плотности. При определении насыпной плотности песка в стандартном неуплотненном состоянии песок насыпают совком в предварительно взвешенный мерный цилиндр с высоты 10 см от верхнего края до образования над верхом цилиндра конуса. Конус без уплотнения песка снимают вровень с краями сосуда металлической линейкой, после чего сосуд с песком взвешивают [5].

Насыпную плотность песка (ρ_n) в кг/м^3 вычисляют по формуле (2.5).

$$\rho_n = \frac{1,48}{0,001} = 1480 \, \text{кг/м}^3.$$

Определение средней плотности. Кажущаяся плотность (средняя плотность) – масса единицы объема материала, включая и объем закрытых пор. Другими словами, чем ниже кажущаяся плотность – тем больше воздуха в материале.

$$Y_0 = \frac{1000}{376} = 2,66 \, \text{г/см}^3.$$

Таким образом, песок из отсеков дробления гранита относится к крупным пескам II класса. По содержанию зерен крупностью менее 0,16 мм и 5 мм не соответствует требованиям ГОСТ 31424–2010.

Таблица 2.10 – 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	2618	не нормир.
Зерновой состав: – содержание зерен ≥ 10 мм, % – содержание зерен ≥ 5 мм, % – содержание зерен $\leq 0,16$ мм, %	0 17,67 21,00	до 0,5 до 5 до 20
Полные остатки, % на ситах, мм – 2,5 – 1,25 – 0,63 – 0,315 – 0,16	33,67 46,34 57,67 69,00 80,67	не нормир. не нормир. крупный – 45-70 не нормир. не нормир.
Модуль крупности (M_k)	2,9	2,5-3,0
Содержание пылевидных и глинистых частиц, % (отмучивание)	21	не более 5 %

2.2 Исследование возможности использования продукта дробления кирпичного боя в качестве заполнителей в бетоне

В разделе приведена информация о получении вторичных заполнителей, испытаний экспериментальных составов и результатах испытаний.

2.2.1 Получение заполнителей из кирпичного боя

Для дробления использовали керамические кирпичи и керамический бой от сноса зданий (рисунок 2.7).



Рисунок 2.7 – Керамический кирпич до дробления

Методика дробления, количество стадий дробления и зерновой состав получаемого из отходов щебня способны оказывать значительное влияние на качество бетона. При подготовке к дроблению с помощью молотка измельчили керамические отходы до размера 20-30 мм.

Дальнейшее дробление производили на лабораторной щековой дробилке в две стадии с просевом продуктов дробления через лабораторные сита. На рисунке 2.8 представлен измельченный кирпич после первой стадии дробления.



Рисунок 2.8 – Продукт дробления кирпичного боя

Продукт дробления керамического боя представлен кусками исходного кирпича и цементного раствора из кладки. На рисунке 2.9 представлен внешний вид фракции 5-20 мм.



Рисунок 2.9 – Внешний вид фракции 5-20 мм после дробления

Частные и полные остатки продукта дробления керамического боя показаны в таблице 2.11.

Таблица 2.11 – Зерновой состав продукта дробления керамического боя

Остатки на ситах	Размер сит, мм			
	20	10	5	<5
Частные, %	5,32	53,99	20,21	20,21
Полные, %	5,32	59,31	79,52	99,73

Количество песочной фракции в продукте дробления керамического боя составляет 20,21 %.

Таблица 2.12 – Сравнительная характеристика вторичного щебня с ГОСТ 8267–93

Показатели по ГОСТ	Единицы измерения	Требования ГОСТ	Фактический результат
Размеры зерен, полные остатки на ситах с диаметром отверстий, мм: 5 10 20	% по массе	От 90 до 100 От 30 до 60 До 10	79,52 59,31 5,32
Содержание зерен пластинчатой и игловатой формы: Фракция 5–10 мм Фракция 10–20 мм	% по массе	4 группа 25-35	27 27
Марка по дробимости, потеря массы при испытании в водонасыщенном состоянии: Фракция 5–10 мм Фракция 10–20 мм	%	15–20	19,2 17,5
Содержание пылевидных и глинистых частиц	% по массе	Не более 1	0,4

Марка по дробимости в сухом состоянии по ГОСТ 8267-93 – М600, в водонасыщенном – М400. Водопоглощение 12 %.

Сравнивая результаты испытаний щебня, полученного из кирпичного боя, отметим, что он не удовлетворяет требования ГОСТ 8267-93 по полным остаткам на ситах, а именно по полному остатку на сите с диаметром отверстий 5 мм.

Внешний вид фракций 1,25–2,5мм и 2,5–5 мм после второй стадии дробления показаны на рисунке 2.10.

Таблица 2.13 – Зерновой состав продукта дробления керамического боя фракции менее 5 мм

Остатки на ситах	Размер сит, мм						
	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	<0,16
Частные, %	0,33	28,33	22,67	17,00	13,33	5,00	13,33
Полные, %	0,33	28,66	51,33	68,33	81,66	86,66	99,99

Видно, что при дроблении боя растворная часть отделяется от зерен керамического кирпича.

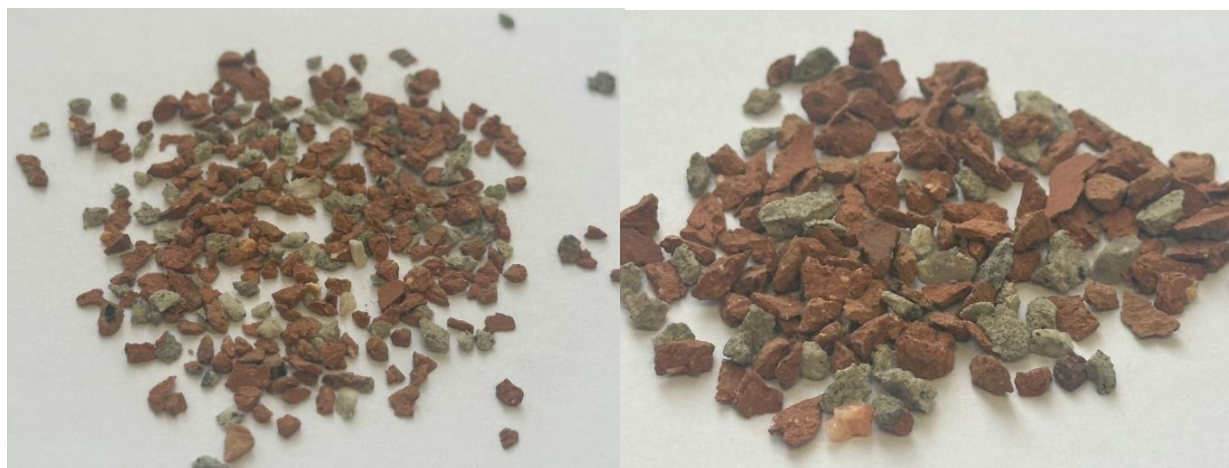


Рисунок 2.10 – Внешний вид фракций 1,25-2,5 мм (слева) и 2,5-5,0 мм (справа)

Рассчитана пустотность песка из отсевов дробления керамического боя, она составила 52 %.

Сравнивая результаты испытаний песка, полученного из кирпичного боя, отметим, что по содержанию пылевидных и глинистых частиц он не соответствует ГОСТ 31424-2010 (таблица 2.14).

Таблица 2.14 – Сравнительная характеристика песка из отсеков дробления керамического боя с ГОСТ 31424-2010

Наименование показателя	Результаты испытания пробы	Требования ГОСТ 31424-2010
Насыпная плотность в сухом состоянии, кг/м ³	1390	не нормир.
Истинная плотность, кг/м ³	2900	не нормир.
Зерновой состав: – содержание зерен ≥ 10 мм, % – содержание зерен ≥ 5 мм, % – содержание зерен $\leq 0,16$ мм, %	0 0,33 13,33	до 0,5 до 5 до 20
Полные остатки, % на ситах, мм – 2,5 – 1,25 – 0,63 – 0,315 – 0,16	28,66 51,33 68,33 81,66 86,66	не нормир. не нормир. Повыш. крупности – 65-75 не нормир. не нормир.
Модуль крупности	3,2	3,0-3,5
Содержание пылевидных и глинистых частиц, % (отмучивание)	11	не более 10 %

Для того, чтобы сравнить заполнители, полученные из кирпичного боя с природными заполнителями, смоделируем гранулометрический состав для вторичных заполнителей. Для этого вторичное сырье подвергали рассеву на

наборе стандартных сит и повторяли гранулометрический состав природных щебня и песка.

2.2.2 Расчет состава тяжелого бетона В25 П4

В качестве вяжущего используется цемент ЦЕМ I 42,5Н производителя «SLK Cement» по ГОСТ 31108-2020 «Цементы общестроительные. Технические условия». Истинная плотность цемента ρ – 3100 кг/м³, насыпная плотность ρ_n – 1000 кг/м³. Нормальная густота цементного теста – 31 %. Предел прочности при сжатии в возрасте 2 сут – 27,2 МПа.

Вода для бетона соответствует требованиям ГОСТ 23732-2011 «Вода для бетонов и строительных растворов. Технические условия».

Определение требуемой прочности бетона:

$$R_T = K_T B_{\text{норм}}, \quad (2.11)$$

где – нормируемое значение прочности бетона ($B_{\text{норм}} = 25$), МПа;

K_T – коэффициент требуемой прочности для всех видов бетона, равный 1,28, в соответствии с коэффициентом вариации 13%.

$$R_T = 1,28 \times 25 = 32 \text{ МПа.}$$

Водоцементное отношение:

$$B/C = \frac{AR_c}{(R_T + A \times 0,5R_c)}, \quad (2.12)$$

где A – коэффициент, определяемый по таблице «Коэффициенты, учитывающие качество заполнителей бетона» для рядовых материалов.

R_c – класс прочности или активность цемента, МПа;

R_b – класс прочности бетона, МПа;

Подставив имеющиеся значения в формулу (2.12), получаем водоцементное отношение:

$$\frac{B}{C} = \frac{0,6 \cdot 42,5}{(32 + 0,6 \cdot 0,5 \cdot 42,5)} = 0,57.$$

В зависимости от подвижности (16 и более) и наибольшей крупности щебня расход воды будет равен 230 литров. После корректировки расхода

воды повышенный показатель модуля крупности песка из отсеков дробления $M_k = 2,9 (+ 0,9)$, расход воды получится 226,4 литра.

Расход цемента:

$$Ц = \frac{B}{B/Ц}, \quad (2.13)$$

где B – расход воды;

$B/Ц$ – водоцементное отношение.

Подставив имеющиеся значения в формулу (13), получаем расход цемента:

$$Ц = \frac{226,4}{0,57} = 397 \text{ кг/м}^3$$

Пустотность щебня определяется по формуле:

$$V_{\text{пуст}} = 1 - \left(\frac{\rho_{\text{нас}}}{\rho_{\text{ист}}} \right), \quad (2.14)$$

$$V_{\text{пуст}} = 1 - \left(\frac{1412}{2660} \right) = 0,47.$$

Определение коэффициента раздвижки зёрен(α): $\alpha = 1,49$.

Расход щебня:

$$Щ = \frac{1}{\left(\frac{V_{\text{пщ}} \cdot \alpha}{\gamma_{\text{щ}}} + \frac{1}{\rho_{\text{щ}}} \right)}, \quad (2.15)$$

где $V_{\text{пщ}}$ – пустотность щебня;

α – коэффициент раздвижки зерен щебня, определяемый по таблице «Значения коэффициента α для подвижных бетонных смесей»;

$\gamma_{\text{щ}}$ – насыпная плотность щебня, кг/м^3 ;

$\rho_{\text{щ}}$ – истинная плотность щебня, кг/м^3 .

Подставив имеющиеся значения в формулу (2.15), получаем расход щебня:

$$Щ = \frac{1}{\left(\frac{1,49 \cdot 0,47}{1412} + \frac{1}{2660} \right)} = 1147 \text{ кг/м}^3.$$

Расход песка:

$$П = \left(1 - \left(\frac{Ц}{\rho_{\text{ц}}} + B + \frac{Щ}{\rho_{\text{щ}}} \right) \right) \cdot \rho_{\text{п}}, \quad (2.16)$$

где Ц, В, Щ – расходы цемента, воды, щебня, кг/м³;

$\rho_{\text{ц}}$, $\rho_{\text{щ}}$, $\rho_{\text{п}}$ – плотности цемента, щебня, песка кг/м³.

Подставив имеющиеся значения в формулу (16), получаем расход песка:

$$П = \left(1000 - \frac{397}{3,1} - 226,4 - \frac{1147}{2,66} \right) \cdot 2,618 = 561 \text{ кг/м}^3.$$

Таблица 2.15 – Состав бетонной смеси

Материал	Расход, кг/м ³
Вязущее	397
Крупный заполнитель	1147
Мелкий заполнитель	561
Вода	226
Расчетная плотность бетонной смеси	2331

По величине расчетной плотности бетон относится к тяжелым.

2.2.3 Испытания бетонной смеси и бетона

Для оценки влияния вторичных заполнителей на удобоукладываемость бетонной смеси и прочности бетона были приготовлены 4 состава с одинаковым расходом материалов и разным видом заполнителей (таблица 2.16).

Таблица 2.16 – Удобоукладываемость бетонных смесей при В/Ц = const

Номер состава	Вид крупного заполнителя		Вид мелкого заполнителя		Группа по удобоукладываемости
	Природный	Вторичный	Природный	Вторичный	
1	+	–	+	–	П4
2	+	–	–	+	П1
3	–	+	+	–	Ж1
4	–	+	–	+	Ж2

Для достижения необходимой подвижности эталонного состава № 1 расход воды увеличили до 260 л/м³, соответственно для остальных составов был взят расход воды 260 л/м³.

Для определения прочности и плотности бетона заформовали образцы–кубы размером 10х10х10 см. При помощи гидравлического пресса определяли предел прочности при сжатии в необходимом возрасте, результаты занесены в таблицу 2.17.

Таблица 2.17 – Физико-механические характеристики бетона при постоянном В/Ц

Номер состава	Вид крупного заполнителя		Вид мелкого заполнителя		$\rho_{\text{ср}}$, кг/м ³	$R_{\text{ср}}$, МПа, 28 сут	Фактический класс бетона
	Природный	Вторичный	Природный	Вторичный			
1	+	–	+	–	2348	32,1	B25
2	+	–	–	+	2330	30,3	B22,5
3	–	+	+	–	2006	16,5	B12,5
4	–	+	–	+	1810	13,9	B10

При испытании на сжатие образцов бетона на 28 сутки проектного класса достиг только контрольный состав. Испытания показали, что песок из керамического кирпичного боя в среднем снижает прочность бетона на 10 %, в то время как щебень из керамического кирпичного боя в среднем снижает прочность бетона на 52 %.

На втором этапе изучения свойств бетона были приготовлены смеси одинаковой подвижности, у которых подбирали количество воды затворения (таблица 2.18). А для снижения расхода воды провели эксперимент с пластифицирующей добавкой МПК 2. Это суперпластифицирующая добавка на поликарбоксилатной основе нового поколения, разработанная химической лабораторией компании ООО «Полипласт». Механизм действия добавки заключается в нескольких эффектах одновременно: стерическом и электростатическом. Также особенностью рассматриваемой добавки является формирование на поверхности частиц цемента геля, который благодаря стерическому

эффекту обуславливает эффект смазки, увеличивая удобоукладываемость бетонной смеси. Ее плотность равна 1050 кг/м^3

Перед этим подобрали расход добавки МПК 2 в бетонные смеси, и он составил 0,25 % по массе от цемента. Подбор расхода определялся тремя показателями: требуемой подвижностью, нерасслаиваемостью и передозировкой. Явление передозировки добавки выражается в выделении желтизны на поверхности растворной части, что может привести к ухудшению физико-механических характеристик набравшего прочность бетона.

Таблица 2.18 – Физические характеристики бетонной смеси одинаковой подвижности

Номер состава	Плотность смеси, кг/м^3	Плотность бетонной смеси с МПК 2, кг/м^3	Осадка конуса, см	Группа по удобоукладываемости
1	2410	2480	3	П1
2	2300	2320	2	П1
3	2220	2250	2	П1
4	2210	2230	2	П1

Очевидно, что введение вторичных заполнителей требует большего количества воды для достижения смесей равной подвижности (таблица 3.19-3.20).

Введение пластифицирующей добавки в бетонные смеси снижает на 21-35 % количество воды затворения.

Установили, что тенденция изменения плотности и прочности от вида заполнителя сохраняется (таблица 2.19–2.20).

Таблица 2.19 – Физико-механические характеристики бетона (смеси одинаковой подвижности)

Номер состава	Вид крупного заполнителя		Вид мелкого заполнителя		В/Ц	$\rho_{\text{ср}}$, кг/м ³	R _{ср} , МПа, в возрасте		
	Природный	Вторичный	Природный	Вторичный			3 сут	7 сут	28 сут
1	+	–	+	–	0,54	2380	36,0	42,9	53,1
2	+	–	–	+	0,61	2270	33,5	42,7	51,1
3	–	+	+	–	0,71	2190	20,7	25,2	31,7
4	–	+	–	+	0,80	2170	16,8	26,0	29,6

Прочность бетона на основе и вторичного щебня и вторичного песка на третьи сутки показывает класс В12,5, на седьмые - В20, на 28 - В22,5, а с пластифицирующей добавкой: В15, В20 и В25 соответственно.

Таблица 2.20 – Физико-механические характеристики бетона с пластифицирующей добавкой (смеси одинаковой подвижности)

Номер состава	Вид крупного заполнителя		Вид мелкого заполнителя		В/Ц	$\rho_{\text{ср}}$, кг/м ³	R _{ср} , МПа, в возрасте		
	Природный	Вторичный	Природный	Вторичный			3 сут	7 сут	28 сут
1	+	–	+	–	0,35	2440	47,9	46,9	60,6
2	+	–	–	+	0,43	2300	47,4	48,5	61,6
3	–	+	+	–	0,54	2240	32,0	34,3	40,3
4	–	+	–	+	0,63	2130	22,7	27,8	34,1

На рисунке 2.11 показана внутренняя структура бетона на разных заполнителях. При введении заполнителей из кирпичного боя можно получать некий декоративный эффект при обнажении внутреннего слоя, если это требуется в соответствии с архитектурным проектом. Но нужно предусматривать меры по защите покрытия от водопоглощения из-за высокой пористости этих заполнителей.

Также на рисунке виден правильный характер разрушения образцов, что говорит о верных данных по определению прочности бетона.



Рисунок 2.11 – Внутренне строение бетонных образцов состава №1 (слева сверху), состава №2 (справа сверху), состава №3 (слева снизу) и состава №4 (справа снизу) с пластифицирующей добавкой после испытания на сжатие

Выводы по разделу 2

В результате исследований были сделаны следующие выводы.

1. Получены вторичный щебень и песок из боя керамического кирпича
2. Определены основные характеристики вторичных заполнителей из керамического кирпичного боя. Щебень: марка по дробимости в сухом со-

стоянии по ГОСТ 8267-93 – М600, в водонасыщенном – М400. Водопоглощение 12 %. Песок: пустотность – 52 %, истинная плотность – 2900 кг/м³.

3. Определены основные характеристики природного щебня, песка из отсеков дробления гранита Шабровского карьера. Испытанный природный гранитный щебень не соответствует требованиям ГОСТ 8267–93 по содержанию зерен более 10 мм. Фракция 5–10 мм имеет марку по дробимости М1000. Песок из отсеков дробления гранита относится к крупным пескам II класса. По содержанию зерен крупностью менее 0,16 мм и 5 мм не соответствует требованиям ГОСТ 31424–2010.

4. В ходе исследования выявлено влияние вида заполнителя из кирпичного боя на удобоукладываемость бетонной смеси. Чем крупнее зерно вторичного заполнителя, тем сильнее оно снижает удобоукладываемость бетонной смеси.

Прочность бетона на песке из керамического кирпичного боя на 10 % ниже прочности бетона на песке из отсеков дробления гранита в возрасте 28 суток. А также прочность бетона на щебне из керамического кирпичного боя на 52 % ниже прочности бетона на гранитном щебне в возрасте 28 суток.

Таким образом, можно сделать вывод, что песок из керамического кирпичного боя может являться дешевым заменителем песка из отсеков дробления гранита в производстве бетона, применение щебня из керамического кирпичного боя как заменителя гранитного щебня в производстве бетона возможно только при использовании суперпластифицирующей добавки. Также использование вторичного щебня из кирпичного боя возможно для получения бетонов невысокого класса.

3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗАВОДА ПО ПРОИЗВОДСТВУ БЕТОННЫХ И РАСТВОРНЫХ СМЕСЕЙ

3.1 Расчет состава бетона (раствора)

3.1.1 Расчет состава тяжелого бетона В25 П4

Расчет состава бетона В25 П4 выполнен в пункте 2.3.2, подробности в таблице 2.15.

Материал	Расход, кг/м ³
Вяжущее	397
Крупный заполнитель	1147
Мелкий заполнитель	561
Вода	226
Расчетная плотность бетонной смеси	2331

3.1.2 Расчёт состава штукатурного раствора М50 Пк2

Расход вяжущего (цемента) на 1 м³ песка в зависимости от выбранной марки раствора и марки вяжущего определяется по таблице «Ориентировочный расход вяжущего для приготовления растворов». Марка раствора 50, марка вяжущего 400, соответственно расход цемента $Q_B = 140$ кг.

Расход цемента в м³ на 1 м³ песка:

$$V_B = \frac{Q_B}{\gamma}, \quad (3.1)$$

где Q_B – Расход вяжущего (цемента) на 1 м³ песка;

γ – насыпная плотность вяжущего, кг/м³.

Подставив имеющиеся значения в формулу (3.1) получим расход цемента:

$$V_B = \frac{140}{1000} = 0,14 \text{ м}^3$$

Пропорция объемных частей раствора:

Объемное соотношение раствора ($V_B:1$) определялось по данным расхода вяжущего, затем V_B использовалось для деления состава и в итоге получался состав раствора (вяжущее:песок):

$$(V_B : 1) \Rightarrow \left(\frac{V_B}{V_B} : \frac{1}{V_B} \right) \Rightarrow \left(\frac{0,14}{0,14} : \frac{1}{0,14} \right) \Rightarrow (1:7)$$

Расход воды:

Принимаем расход воды на 1 м³ раствора 250 л.

Сумма объемов сухих компонентов:

С учетом расхода воды сумма объемов сухих компонентов составит:

$$1000 - 250 = 750 = 0,75 \text{ м}^3.$$

Сумма объемных частей раствора:

$$1 + 7 = 8 \text{ частей.}$$

Объемы материалов на 1 м³ раствора:

$$\text{Вяжущее: } \frac{750}{8} \times 1 = 94;$$

$$\text{Песок: } \frac{700}{8} \times 7 = 656;$$

$$\text{Вода: } 250;$$

$$\text{Итого: } 94 + 656 + 250 = 1000 = 1 \text{ м}^3.$$

Расходы материалов на 1 м³ раствора в кг:

$$\text{Вяжущее: } 94 \times 3,099 \text{ кг/м}^3 = 291 \text{ кг};$$

$$\text{Песок: } 656 \times 2,618 \text{ кг/м}^3 = 1717 \text{ кг};$$

$$\text{Вода: } 250 \times 1 \text{ кг/м}^3 = 250 \text{ кг};$$

$$\text{Итого: } 291 + 1717 + 250 = 2258 \text{ кг.}$$

3.2 Технологическая схема производства

3.2.1 Разработка технологической схемы производства бетонных и растворных

Схема переработки строительных отходов для получения вторичного крупного и мелкого заполнителя показана на рисунке 3.1.

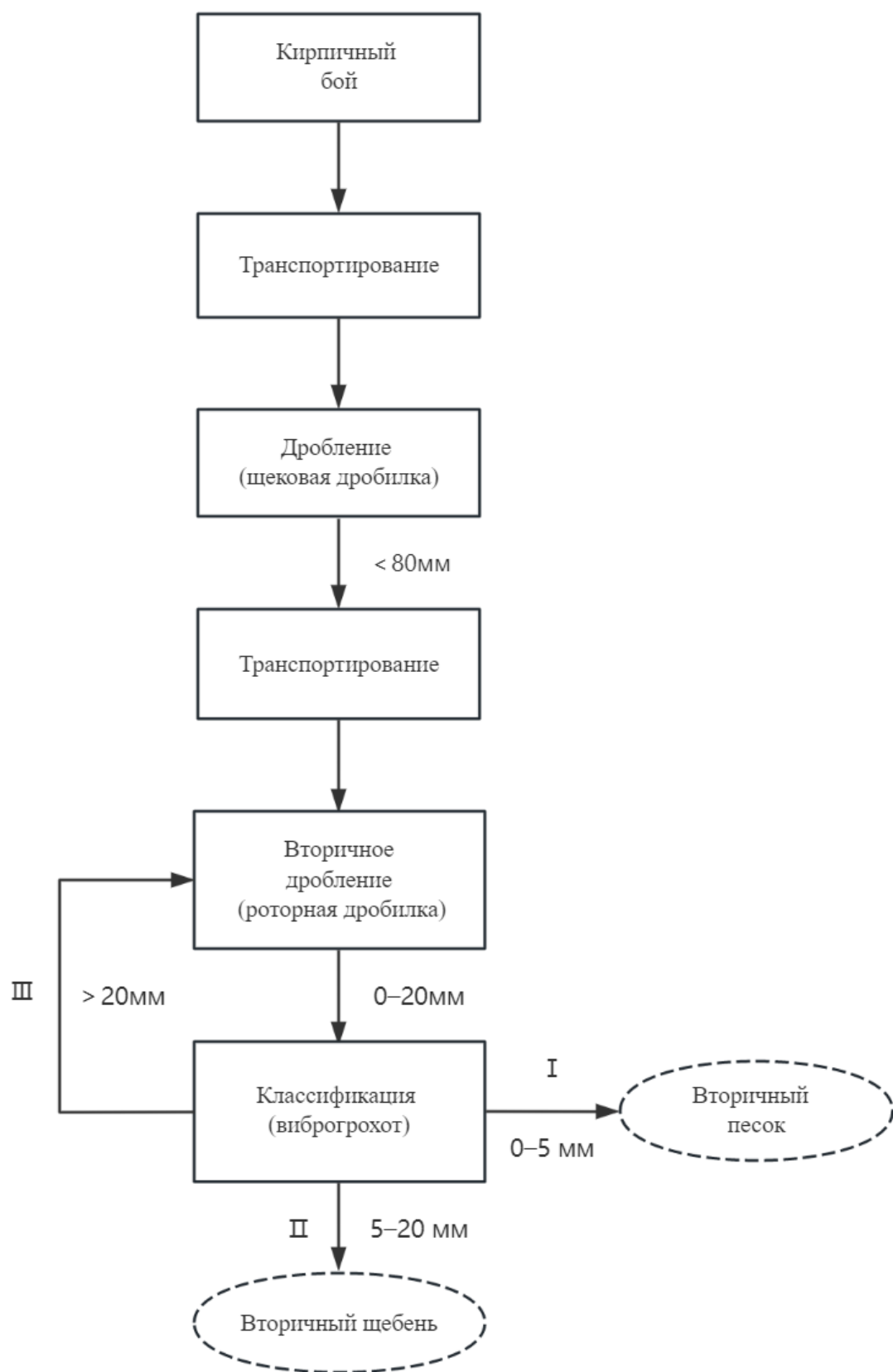


Рисунок 3.1 – Технологическая схема получения вторичных заполнителей

Процесс производства бетонной смеси показан на рисунке 3.2

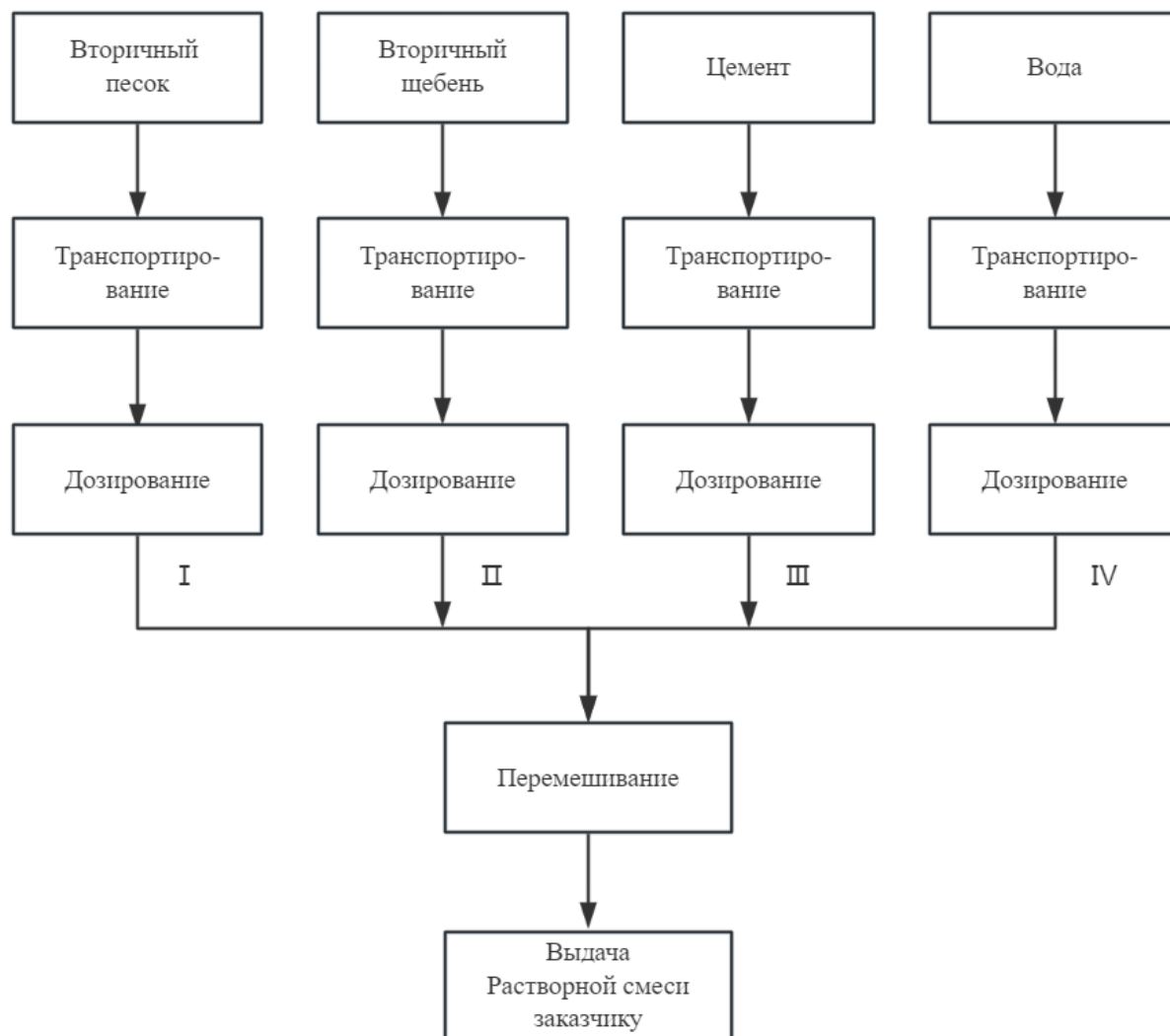


Рисунок 3.2 – Техническая схема производства бетонной смеси

Процесс производства растворной смеси показан на рисунке 3.3

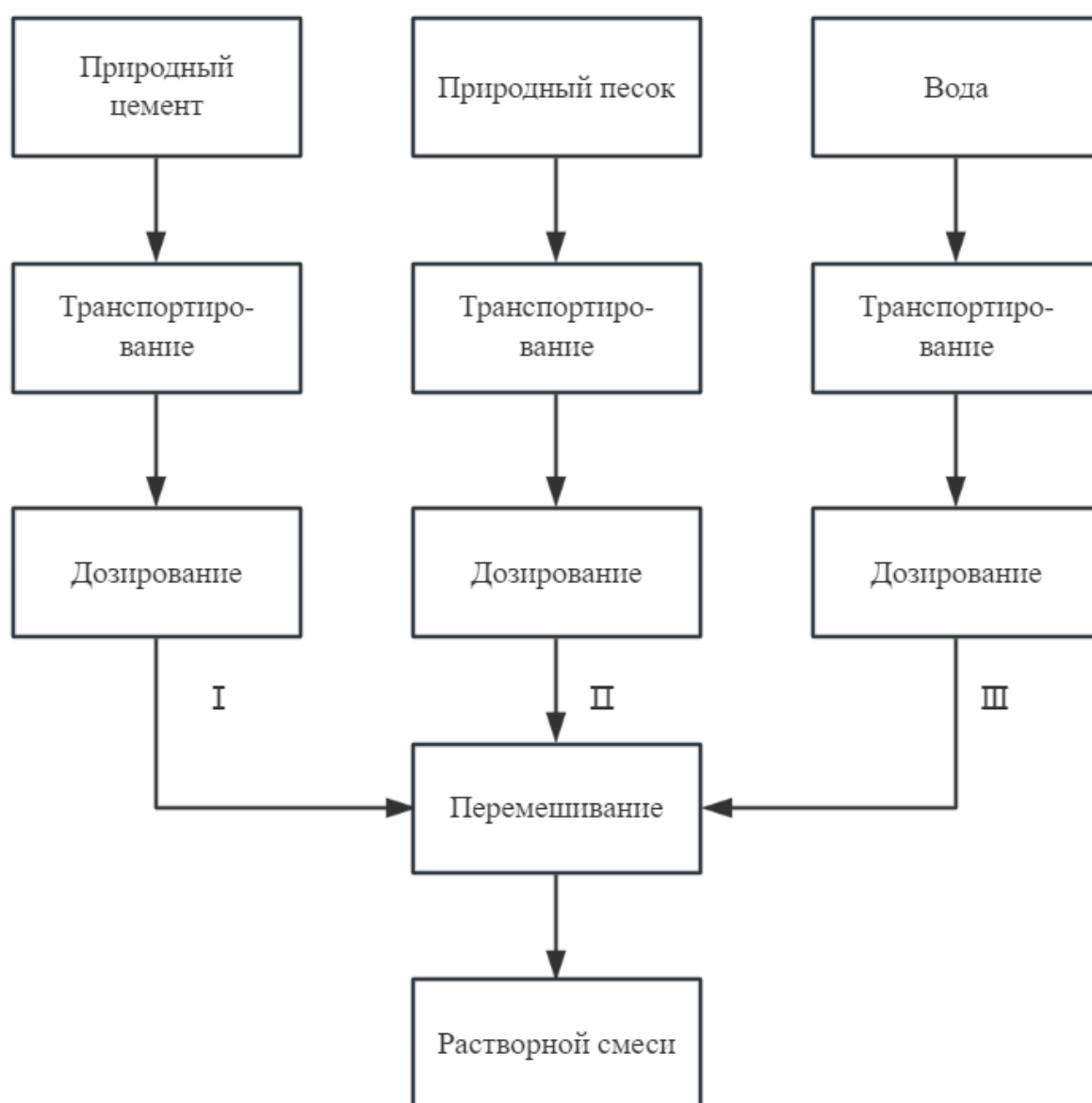


Рисунок 3.3 – Техническая схема производства растворной смеси

3.2.2 Разработка технологической схемы производства бетонных и растворных

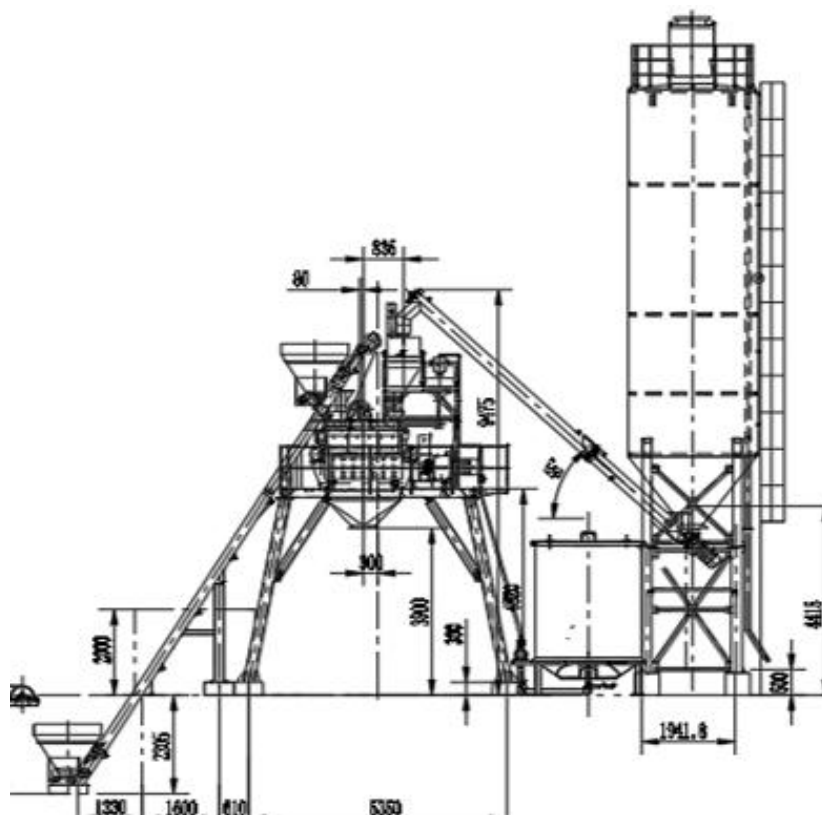


Рисунок 3.4 – Техническая программа для производства строительных растворов

3.3 Определение режима работы предприятия, годовой и суточной потребности предприятия в материалах

3.3.1 Режим работы и фонд рабочего времени, часовая производительность

Часовая производительность – это основной показатель, по которому в последующем будет выбираться оборудование.

При определении режима работы предприятия следует применять (ОНТП 07–85):

- номинальное количество рабочих суток в году – 260;
- количество рабочих смен в сутки – 2;
- продолжительность рабочей смены – 8 ч;

- продолжительность плановых остановок – 7 сут;
- расчетное количество рабочих суток (действительный годовой фонд времени работы основного технологического оборудования установок по приготовлению бетонных и растворных смесей) – 253.

3.3.2 Выбор режима работы и фонда рабочего времени, расчет часовой производительности

Ранее были посчитаны расходы материалов для приготовления бетонной и растворной смеси, составим таблицу.

Годовой объем смесей определяют с учетом их безвозвратных потерь при транспортировании, которые принимаются равными 0,5%

$$V_r = Q + Q \cdot \frac{0,5}{100}, \quad (3.2)$$

где Q – проектная производительность предприятия, м^3 .

Подставив имеющиеся значения в формулу (3.2) получим годовой объем смесей:

$$V_r = 30000 + 30000 \cdot \frac{0,5}{100} = 30150 \text{ м}^3.$$

Таблица 3.1 – Годовая производительность (с учетом потерь бетонной смеси) по отдельным маркам бетона и раствора

Наименование смеси	Объем	
	%	м^3
БСТ25 П4	50	15075
М50 Пк2	50	15075

Теоретический расход материалов:

$$M_T = \frac{Q \cdot V_r}{1000}, \quad (3.4)$$

где Q – расход материала, $\text{кг}/\text{м}^3$;

V_r – годовой объем смесей, м^3 .

Подставив имеющиеся значения в формулу (3.3) получим теоретический расход цемента для БСТ25 П4:

$$M_T^ц = \frac{397 \cdot 15075}{1000} = 9975 \text{ т.}$$

Подставив имеющиеся значения в формулу (3.3) получим теоретический расход щебня для БСТ25 П4:

$$M_T^{вщ} = \frac{1147 \cdot 15075}{1000} = 17291 \text{ т.}$$

Подставив имеющиеся значения в формулу (3.3) получим теоретический расход песка для БСТ25 П4:

$$M_T^{вп} = \frac{561 \cdot 15075}{1000} = 8457 \text{ т.}$$

Подставив имеющиеся значения в формулу (3,3) получим теоретический расход воды для БСТ25 П4:

$$M_T^в = \frac{226 \cdot 15075}{1000} = 3407 \text{ т.}$$

Подставив имеющиеся значения в формулу (3,3) получим теоретический расход цемента для М50 Пк2:

$$M_T^ц = \frac{291 \cdot 15075}{1000} = 4387 \text{ т.}$$

Подставив имеющиеся значения в формулу (3.3) получим теоретический расход песка для М50 Пк2:

$$M_T^{пп} = \frac{1717 \cdot 15075}{1000} = 25884 \text{ т.}$$

Подставив имеющиеся значения в формулу (3.3) получим теоретический расход воды для М50 Пк2:

$$M_T^в = \frac{250 \cdot 15075}{1000} = 3769 \text{ т.}$$

Практический расход материалов с учетом производственных потерь:

$$M_{\pi} = M_T \cdot \frac{100}{(100-\pi)}, \quad (3.4)$$

где M_T – теоретический расход материалов, т;

P – производственные потери (производственные потери для заполнителей принимаются равными 1,3; для цемента – 0,3), %.

Подставив имеющиеся значения в формулу (3.4) получим практический расход цемента для БСТ25 П4 с учетом производственных потерь:

$$M_{\Pi}^{\Pi} = 9975 \cdot \frac{100}{(100 - 0,3)} = 10005 \text{ т.}$$

Подставив имеющиеся значения в формулу (3.4) получим практический расход щебня для БСТ25 П4 с учетом производственных потерь:

$$M_{\Pi}^{\text{ВЩ}} = 17291 \cdot \frac{100}{(100 - 1,3)} = 17519 \text{ т.}$$

Подставив имеющиеся значения в формулу (3.4) получим практический расход песка для БСТ25 П4 с учетом производственных потерь:

$$M_{\Pi}^{\text{ВП}} = 8457 \cdot \frac{100}{(100 - 1,3)} = 8568 \text{ т.}$$

Практический расход воды для БСТ25 П4 равен теоретическому:

$$M_{\Pi}^B = 3407 \text{ т.}$$

Подставив имеющиеся значения в формулу (3.4) получим практический расход цемента для М50 Пк2 с учетом производственных потерь:

$$M_{\Pi}^{\Pi} = 4387 \cdot \frac{100}{(100 - 0,3)} = 4400 \text{ т.}$$

Подставив имеющиеся значения в формулу (3.4) получим практический расход песка для М50 Пк2 с учетом производственных потерь:

$$M_{\Pi}^{\text{ПП}} = 25884 \cdot \frac{100}{(100 - 1,3)} = 26225 \text{ т.}$$

Практический расход воды для М50 Пк2 равен теоретическому:

$$M_{\Pi}^B = 3769 \text{ т.}$$

Практический расход материалов в состоянии естественной влажности:

$$M_{\Pi}^W = M_{\Pi} \cdot \frac{100}{(100 - W)}, \quad (3.5)$$

где M_{π} – практический расход материалов с учетом производственных потерь, т;

W – влажность материала, %.

Практический расход цемента в состоянии естественной влажности для БСТ В25 П4 равен практическому расходу с учетом производственных потерь, $M_{\pi}^{wц} = 10005$ т.

Подставив имеющиеся значения в формулу (3.5) получим практический расход щебня в состоянии естественной влажности

для БСТ25 П4:

$$M_{\pi}^{wвщ} = 17519 \cdot \frac{100}{(100 - 5)} = 18441 \text{ т.}$$

Подставив имеющиеся значения в формулу (3.5) получим практический расход песка в состоянии естественной влажности для БСТ25 П4:

$$M_{\pi}^{wвп} = 8568 \cdot \frac{100}{(100 - 7)} = 9213 \text{ т.}$$

Практический расход цемента в состоянии естественной влажности для М50 Пк2 равен практическому расходу с учетом производственных потерь, $M_{\pi}^{wц} = 4400$ т.

Подставив имеющиеся значения в формулу (3.5) получим практический расход песка в состоянии естественной влажности для М50 Пк2:

$$M_{\pi}^{wпп} = 26225 \cdot \frac{100}{(100 - 7)} = 28199 \text{ т.}$$

Таблица 3.2 – Расходы материалов: теоретические, практические с учетом производственных потерь и практические в состоянии естественной влажности

Вид смеси	Материал	M_t , т	M_p , т	M_p^w , т
БСТ25 П4	Цемент	9975	10005	10005
	Вторичный щебень	17291	17519	18441
	Вторичный песок	8457	8568	9213
	Вода	3407	3407	3407
М50 Пк2	Цемент	4387	4400	4400
	Природный песок	25884	26225	28199
	Вода	3769	3769	3769

Составляем материальный баланс производства бетонных и растворных смесей, ведомость расхода сырьевых материалов.

Таблица 3.3 – Ведомость расхода сырьевых материалов

Показатель			Смесь 1	Смесь 2	Всего
Вид бетона			БСТ25 П4	М50 Пк2	
Требуемый годовой объем бетона,м³			15075	15075	30150
Расход компо- нентов, кг/м³	Цемент		397	291	688
	Вторичный щебень		1147	–	1147
	Вторичный песок		561	–	561
	Природный песок		–	1717	1717
	Вода		226	250	476
Показатель			Смесь 1	Смесь 2	Всего
Расход компо- нентов, т	Цемент	час	2,47	1.09	3.56
		сут.	39,55	17.39	56.94
		год	10005	4400	14405
	Вторичный щебень	час	4,56	–	4.56
		сут.	72,89	–	72,89
		год	18441	–	18441
	Вторичный песок	час	2,27	–	2,27
		сут.	36,42	–	36,42
		год	9213	–	9213
	Природный песок	час	–	6,96	6,96
		сут.	–	111,45	111,45
		год	–	28199	28199
	Вода	час	0,84	0,93	1,77
		сут.	13,47	14,90	28,37
		год	3407	3769	7176

Таблица 3.4 – Месячный материальный баланс производства бетонных и рас-
творных смесей

ПРИХОД			РАСХОД				
Поступило на предприятие			Отпущено с предприятия				
Наименование	Ед. изм	Значение	Вид смеси	Ед. изм.	Средняя плотность, кг/м³	Количество, м³	Расход, т
Цемент	т	864	БСТ25 П4	м³	2331	1256	2928
Вторичный щебень	т	1441	М50 Пк2	м³	2258	1256	2836
Вторичный песок	т	705	ИТОГО				5764
Природный песок	т	2156	Потери технологические, 0,5 %				28,82
Вода	т	598					
ИТОГО	т	5764					
Влажность							
Щебень	%	5					
Песок	%	7					
Потери при транспортировании и хранении							
Цемент, 0,3 %	т	2,59					
Щебень, 1,3 %	т	18,73					
Песок, 1,3 %	т	37,19					

3.4 Расчет и подбор дробильного оборудования

Дробление первого уровня: строительные отходы в загрузочном бункере выгружаются на конвейер, а затем транспортируются в щековую дробилку для грубого дробления. Выпускное отверстие регулируется на 80 мм, чтобы размер выходящих частиц был менее 80 мм. После дробления материалы вы-

гружаются на ленточный конвейер и транспортируются в следующую дробилку.

Вторичное дробление: конвейер транспортирует материалы в бункер молотковой дробилки. Вторичное дробление заключается в разбиении материалов на мелкие кусочки и настройке выпускного отверстия дробилки в соответствии с требованиями к размеру частиц.

Производительность дробилки рассчитывается по формуле:

$$Q_{\text{ч}} = \frac{M}{m \cdot n \cdot (1+K)}, \quad (3.6)$$

где $Q_{\text{ч}}$ – производительность в час, т;

m – число рабочих часов в сутки;

n – число рабочих дней в году;

K – коэффициент, учитывающий потери (в процессе дробления определенный процент материала теряется из-за неправильной эксплуатации, износа оборудования и других факторов, поэтому $K = 7$), %.

Подставив имеющиеся значения в уравнение (3.6), мы можем получить объем вторичного щебня как:

$$Q_{\text{ч}} = \frac{18441}{8 \cdot 2 \cdot 253 \cdot 1,007} = 4,5 \text{ т/ч.}$$

Подставив имеющиеся значения в уравнение (3.6), мы можем получить объем вторичного песка как:

$$Q_{\text{ч}} = \frac{9213}{8 \cdot 2 \cdot 253 \cdot 1,007} = 2,3 \text{ т/ч.}$$



Рисунок 3.5 – щековой дробилки PE-250×400

По результатам расчета производительности выбираем модель щековой дробилки PE-250×400 (рисунок 3.5). Ее технические характеристики приведены в таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Технические параметры щековых дробилок

Показатель	Значения
Размер загрузочного отверстия, мм	250×400
Максимальный размер подачи, мм	210
Диапазон регулировки разгрузочного отверстия, мм	20–80
Производительность, т/ч	5–20
Мощность двигателя, кВт	18,5
Общий вес, т	3,1
Габаритные размеры (Д×Ш×Г), мм	2060×1261×1413

По результатам расчета производительности была выбрана модель роторной дробилки PFD-54 (рисунок 3.6).



Рисунок 3.6 — роторной дробилки PFD-54

технические характеристики которой приведены в таблице 3.6.

Таблица 3.6 – Технические характеристики роторной дробилки PFD-54

Показатель	Значения
Размер загрузочного отверстия, мм	Ø500×400
Максимальный размер подачи, мм	100
Диапазон регулировки разгрузочного отверстия, мм	<20
Производительность, т/ч	4–8
Скорость вращения эксцентрикового вала, об/мин	970
Мощность двигателя, кВт	7,5
Общий вес, т	1,4
Габаритные размеры (Д×Ш×Г), мм	1495×1152×1010

3.5 Выбор Виброгрохота

Для разделения частиц разного размера по заданной производительности выбрали вибросито, которое идеально подходит для этого вида работ (таблица 3.7).

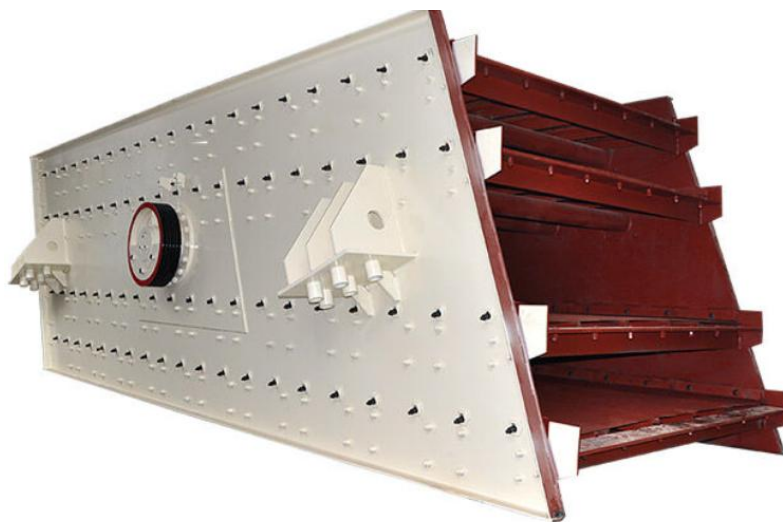


Рисунок 3.7 – двухъярусного кругового вибрационного грохота ЗУК1235

технические характеристики которой приведены в таблице 3.7.

Таблица 3.7 – Технические характеристики двухъярусного кругового вибрационного грохота ЗУК1235 (рисунок 3.7)

Показатель		Значения
Параметры поверхности сита	Количество слоев	3
	Площадь, м ²	4,2
	Наклон, градусы	15
	Диаметр отверстия, мм	3-80
Размер подачи, мм		≤200
Производительность обработки, т/ч		20-150
Двойная амплитуда, мм		6-8
Электродвигатель мощность, кВт		7,5
Общий вес, т		4,6

3.6 Расчет и выбор необходимого оборудования

3.6.1 Смесительное отделение

Машины в технологической линии связаны между собой так, что их выбор начинают с последних, считая по ходу процесса производства. В линии машин, обеспечивающих получение бетонной смеси, главными являются бетоносмесители. Бетоносмеситель выбирают с учетом вида и удобоукладываемости бетонной смеси.

Смесители принудительного действия следует применять для бетонных, легкогобетонных и мелкозернистых смесей любой подвижности и жесткости; гравитационные смесители – для тяжелого бетона с подвижностью 5 см и более.

Когда на заводе выбрана только одна бетономешалка, следует использовать миксер принудительного действия.

Производительность бетоносмесительных и растворосмесительных цехов (отделений, установок) рассчитывается по максимальной часовой потребности:

$$Q_{\text{ч}} = \frac{K_2 \cdot P_6}{m \cdot n \cdot K_1}, \quad (3.7)$$

где $Q_{\text{ч}}$ – часовая производительность, м^3 ;

K_2 – коэффициент, обеспечивающий запас (резерв) производительности 20%,

$K_2 = 1,2$;

P_6 – проектная производственная мощность, м^3 ;

m – число рабочих часов в сутки;

n – число рабочих дней в году;

K_1 – коэффициент неравномерности выдачи бетонной (растворной) смеси, $K_1 = 0,8$.

Подставив имеющиеся значения в формулу (3.7) получим часовую производительность:

$$Q_{\text{ч}} = \frac{1,2 \cdot 30150}{16 \cdot 253 \cdot 0,8} = 11,2 \text{ м}^3$$

Число замесов в час:

$$n = \frac{3600}{t_1 + t_2 + t_3}, \quad (3.8)$$

где t_1 – время загрузки, с;

t_2 – продолжительность перемешивания, с;

t_3 – время разгрузки, с.

Продолжительность перемешивания в циклических смесителях (время от момента окончания загрузки всех материалов в работающий смеситель до начала выгрузки из него смеси) устанавливается опытным путем лаборатории завода - изготовителя бетонной смеси, она должна быть не менее указанной в ГОСТ 7473–2010 (минимальное время перемешивания - 50 секунд).

После выбора конкретного смесителя проверяют его производительность по формуле:

$$Q_{\text{см.ч}} = V \cdot n \cdot \mu \cdot K_{\text{и}}, \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}, \quad (3.9)$$

где V – объем смесительного барабана (емкость по загрузке), м^3 ;

n – число замесов в час;

μ – коэффициент выхода бетона;

$K_{\text{и}}$ – коэффициент использования во времени в час (0,91);

Подставив имеющиеся значения в формулу (3.7) и (3.8) получим число замесов в час для БСТ В25 П4:

$$\beta = \frac{1000}{\frac{\text{Ц}}{\rho_{\text{н.ц}}} + \frac{\text{П}}{\rho_{\text{н.п}}} + \frac{\text{Щ}}{\rho_{\text{н.щ}}}} = \frac{1000}{\frac{397}{1,00} + \frac{561}{1,48} + \frac{1147}{1,41}} = 0,63$$

$$n = \frac{3600}{30+60+50} = 26,$$

$$Q_{\text{см.ч}} = 1,0 \times 26 \times 0,63 \times 0,91 = 14,9 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Коэффициент выхода бетонной смеси определяется по формуле:

Подставив имеющиеся значения в формулу (3.7) получим число замесов в час для М50 Пк2:

$$\beta = \frac{1000}{\frac{\text{Ц}}{\rho_{\text{н.ц}}} + \frac{\text{П}}{\rho_{\text{н.п}}}} = \frac{1000}{\frac{291}{1,00} + \frac{1717}{1,48}} = 0,68,$$

$$n = \frac{3600}{25+40+35} = 36.$$

Подставив имеющиеся значения в формулу (3.7) и (3.8) получим число замесов в час для М50 Пк2:

$$Q_{\text{см.ч}} = 1,0 \times 36 \times 0,68 \times 0,91 = 22,6 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Для БСТ В25 П4 и М50 Пк2 Выбираем бетономешалку принудительного действия JS750 (рисунок 3.8).



Рисунок 3.8 – Принудительная бетономешалка JS750

технические характеристики представлены в таблице 3.8.

Таблица 3.8 – Технические характеристики бетоносмесителя JS750

Показатель	JS750
Вместимость по загрузке, л	1200
Объем готового замеса, л	750
Число циклов в 1 ч	20
Наибольшая крупность заполнителя, мм	80
Частота вращения барабана, об/мин	31,0
Габариты, мм	3650 x 2660 x 2890
Масса, кг	5,5

3.6.2 Дозаторное и бункерное отделение

Дозирование – важный процесс приготовления бетонной смеси. При дозировании происходит отмеривание нужного количества материала. Весовой дозатор периодического действия состоит из мерника (прямоугольного или чаще цилиндрического сосуда с пирамидальной или конической нижней частью), затвора и весового механизма (устройства).

Важна точность дозирования: активные компоненты (цемент, вода, растворы химических добавок) дозируются с точностью $\pm 1\%$, остальные компоненты – с точностью $\pm 2\%$.

Для выбора дозатора необходимо рассчитать объем мерника, подобрать затвор и тензодатчики. Объем мерника считают на максимально возможное количество компонента, идущего на один замес бетоносмесителя (руководствуясь номенклатурой составов бетонных и растворных смесей и учитывая запас 10–15 %). Затем подбирают конфигурацию и размеры мерника, и выбирается затвор. После этого определяют тип и марку тензодатчиков.

Подставив имеющиеся значения получим расход материала на 1 замес для БСТ В25 П4:

$$\beta = \frac{1000}{\frac{\text{Ц}}{\rho_{\text{н.ц}}} + \frac{\text{П}}{\rho_{\text{н.п}}} + \frac{\text{Щ}}{\rho_{\text{н.щ}}}} = \frac{1000}{\frac{397}{1,00} + \frac{561}{1,48} + \frac{1147}{1,41}} = 0,63.$$

Цемент: $397 \times 0,63 \times 1,2 = 300$ кг;

Щебень_(в): $1147 \times 0,63 \times 1,2 = 867$ кг;

Песок_(в): $561 \times 0,63 \times 1,2 = 424$ кг;

Вода: $226 \times 0,63 \times 1,2 = 170$ кг.

Подставив имеющиеся значения получим расход материала на 1 замес для М50 Пк2:

$$\beta = \frac{1000}{\frac{\text{Ц}}{\rho_{\text{н.ц}}} + \frac{\text{П}}{\rho_{\text{н.п}}}} = \frac{1000}{\frac{291}{1,00} + \frac{1717}{1,48}} = 0,68.$$

Цемент: $291 \times 0,68 \times 1,2 = 237$ кг;

Песок_(п): $1717 \times 0,68 \times 1,2 = 1401$ кг;

Вода: $250 \times 0,68 \times 1,2 = 204$ кг.

Расход компонентов бетона и раствора показан в таблице 3.9.

Таблица 3.9 – Расход компонентов на один замес, кг

Материал	БСТ В25 П4	М50 Пк2
Цемент	300	237
Вторичный щебень	867	–
Вторичный песок	424	–
Природный песок	–	1401
Вода	170	204

Объем бункеров для заполнителей подсчитывается по необходимой массе заполнителя и их насыпной плотности. При этом насыпную плотность отсева следует принимать наименьшей по соответствующей влажности.

Расходные бункера БСУ проектируются так, чтобы они могли содержать необходимые для приготовления бетонной смеси материалы на 2–4 часа работы. Как правило, запас материалов в расходных бункерах принимают равным: для заполнителей – на 1–2 часа, для цемента 2–3 часа.

$$V = \frac{W \cdot t \cdot K}{\gamma}, \quad (3.10)$$

где W – количество расходуемого материала (песка, щебня, цемента, и т.п.), кг/ч;

t – время, на которое запасается материал, ч;

K – коэффициент перехода от полезного к геометрическому объему ($K = 1,10–1,15$);

γ – насыпная плотность материала с естественной влажностью, кг/м³.

Подставив имеющиеся значения в формулу (3.10) получим объем бункера щебня для БСТ В25 П4:

$$V (\text{Щ}) = \frac{4560 \times 2 \times 1,15}{1160} = 9,0 \text{ м}^3.$$

Подставив имеющиеся значения в формулу (3.10) получим объем бункера песка для БСТ В25 П4:

$$V (\Pi) = \frac{2270 \times 2 \times 1,15}{970} = 5,4 \text{ м}^3.$$

Подставив имеющиеся значения в формулу (3.10) получим объем бункера песка для М75 Пк2:

$$V (\Pi) = \frac{6960 \times 2 \times 1,15}{1480} = 10,81 \text{ м}^3.$$

Суммарный объем бункеров для щебня – 9,0 м³; для песка – 16,21 м³ (включает вторичный песок – 5,4 м³ и песок природный – 10,81 м³).

На основе приведенных выше расчетных данных выбрали модель дозатора PLD1200–4 (рисунок 3.9).



Рисунок 3.9 – Дозаторное оборудование PLD1200–4

Подробные параметры машины показаны в таблице 3.10.

Таблица 3.10 – Выбор дозирующих устройств

Материал	Мелкий за- полнитель	Крупный за- полнитель	песок
Пределы взвешивания, кг на один замес	3000		
Емкость весового ковша, L	1200		
Емкость накопит-ельного бункера, м ³	4×9		
Точность дозирования, %	±2		
Высота подачи, м	2,9		
Электродви-гатель мощность, кВт	5×3		
Теоретическая производительность, м ³ /ч	56		
Размеры машины, мм	12200×2200×3680		

Цементные весы состоят из бункера, кронштейна, датчика, пневматического разгрузочного клапана и т. д. Соответствующие цементные весы в основном выбираются в зависимости от узла смешивания. Цементные весы в основном используются на станциях смешивания бетона, стабилизированного грунта и варочных станциях для измерения цемента, угольной золы и т. д.

Из таблицы 3.9 видно, что максимальный расход цементного сырья на замес составляет 300 кг, а максимальный расход водного сырья – 204 кг. Выберите комплексные весы с весами для цемента JS750 и весами для воды (рисунок 3.10). Конкретные параметры приведены в таблице 3.11.



Рисунок 3.10 — JS750 весы для измерения цемента

Оборудование включает в себя оборудование для взвешивания воды. Бункер для измерения воды подвешивается на раме с помощью датчика и опорожняется водяным насосом.

Таблица 3.11 – Параметры шкалы измерения цемента JS750

Показатель		JS750
контейнер для взвешивания цемента	Диапазон измерения, кг	≤ 300
	Точность измерения, кг	± 2
	Метод разгрузки	Пневматический дроссельный клапан
контейнер для взвешивания воды	Диапазон измерения, кг	220
	Точность измерения, кг	± 1
	Метод разгрузки	Пневматический дроссельный клапан

Из таблицы 3.3 видно, что потребность цемента в час составляет 3,56 тонны. Выберите модель винтового конвейера для цемента LSY100 (рисунок 3.11).



Рисунок 3.11 — Цементный винтовой конвейер модели LSY100.

Конкретные параметры приведены в таблице 3.12.

Таблица 3.12 – Параметры винтового конвейера для цемента LSY100

Показатель	LSY100
Диаметр спирали, мм	Φ88
Диаметр обечайки, мм	Φ114
Допустимый рабочий угол, градусы	0–60
Максимальная длина транспортировки, м	8
Максимальная производительность транспортировки, т/ч	6

3.6.3 Бункер для воды

Подставив имеющиеся значения в формулу (3.10) получим объем бункера воды для БСТ В25 П4:

$$V (B) = \frac{840 \times 4 \times 1,15}{1000} = 3,87 \text{ м}^3.$$

Подставив имеющиеся значения в формулу (3.10) получим объем бункера воды для М50 Пк2:

$$V (B) = \frac{930 \times 4 \times 1,15}{1000} = 4,28 \text{ м}^3.$$

$$V = 3,87 + 4,28 == 8,15 \text{ м}^3.$$

Из приведенного расчета видно, что общий объем бака для воды составляет не менее $8,15 \text{ м}^3$, поэтому выбирают бак для воды объемом 10 м^3 .

Условные размеры 10-тонного круглого резервуара для воды: диаметр 2200мм, высота 2630мм (рисунок 3.12). Вышеуказанные размеры представляют собой размеры изолированного вкладыша резервуара для воды из нержавеющей стали.

Проверьте объем резервуара для воды:

$$V = \pi r^2 \times h = 3,14 \times \left(\frac{2,2}{2}\right)^2 \times 2,63 = 9,99\text{м}^3 > 8,15\text{м}^3$$

Геометрические размеры удовлетворяют данному условию.

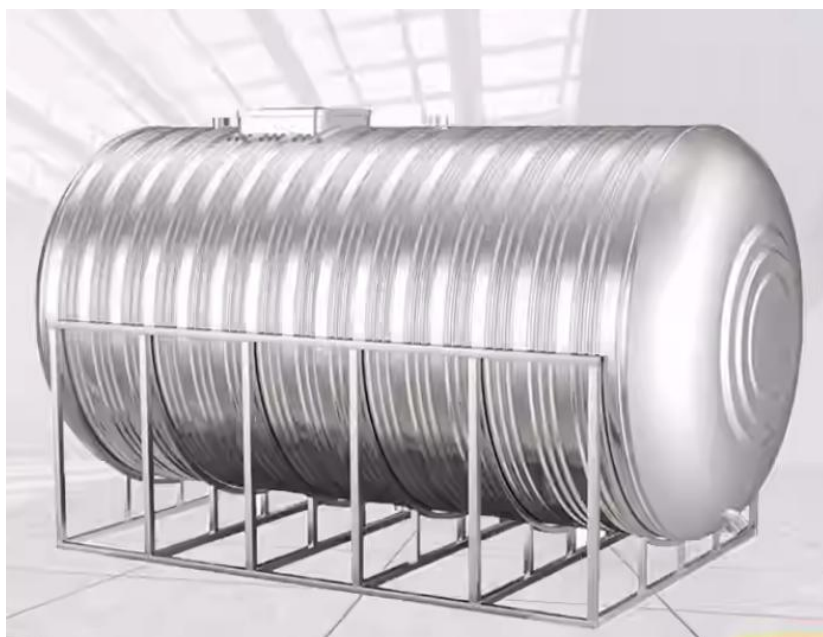


Рисунок 3.12 — Резервуар для воды объемом 10 м³

3.7 Склады сырьевых материалов

Склады цемента

В современных условиях для хранения цемента на предприятиях по производству железобетонных изделий и товарного бетона проектируются только силосные склады.

При проектировании БСУ небольшой мощности (менее 50 тыс. м³/год и ограниченной номенклатуры смесей) можно предусматривать два силоса цемента.

Расчет склада цемента, сводится к определению объемов и размеров силосов.

Запас цемента:

$$\text{Ц} = \frac{\text{П}_\Gamma \cdot \text{Ц}_1 \cdot \text{З}_\text{ц} \cdot \text{К}}{0,9 \cdot \text{Р}}, \quad (3.11)$$

где П_Γ — годовая производительность БСУ по базовой смеси, м^3 ;

Ц_1 — средний расход цемента на 1 м^3 базовой смеси, т;

$\text{З}_\text{ц}$ — запас цемента, сут., (Так как нет данных о расстоянии, на которое транспортируют цемент с завода в силоса, принимаем его около 20 км, следовательно, мы можем сократить запас цемента с 7 суток до 5, тогда $\text{З}_\text{ц} = 5$ сут.);

К — коэффициент, учитывающий потери цемента при разгрузке и транспортных операциях ($\text{К} = 1,003$); 0,9 — коэффициент заполнения силоса;

Р — расчетный годовой фонд рабочего времени, сут.

Подставив имеющиеся значения в формулу (5.8) получим запас цемента БСТ В25 П4:

$$\text{Ц} = \frac{15075 \times 0,397 \cdot 5 \cdot 1,003}{0,9 \cdot 253} = 132 \text{ т.}$$

Подставив имеющиеся значения в формулу (5.8) получим запас цемента М50 Пк2:

$$\text{Ц} = \frac{15075 \cdot 0,291 \cdot 5 \cdot 1,003}{0,9 \cdot 253} = 97 \text{ т.}$$

Общий запас цемента:

$$\text{Ц} = 132 + 97 = 229 \text{ т.}$$

По результатам расчета были выбраны два цементных силоса JLSNC 150Т (рис. 3.13).



Рисунок 3.13 — Цементный силос JLSNC 150T

Конкретные параметры приведены в таблице 3.13.

Таблица 3.13 – Параметры цементного силоса JLSNC 150T

Диаметр резервуара, м	Высота бака, м	Общая высота резервуара, м	Подходящий хост
4,7	9	29	JS750

Примерно посчитаем объем:

$$V = \pi r^2 \times h = 3,14 \times \left(\frac{4,7}{2}\right)^2 \times 9 = 156 \text{ м}^3.$$

3.8 Емкость склада заполнителей:

$$V_z = Q_{\text{сут}} \times T_{\text{хр}} \times 1,2 \times 1,013, \quad (3.12)$$

где $Q_{\text{сут}}$ — суточный расход материалов, м³;

$T_{\text{хр}}$ — норма запаса хранения материалов, сут.;

1,2 — коэффициент разрыхления;

1,013 — коэффициент, учитывающий потери при транспортировке.

1) Для вторичного щебня:

Подставив имеющиеся значения получим суточный расход вторичного щебня:

$$Q_{\text{сут.вщ}} = \frac{72890}{1147} = 64 \text{ м}^3,$$

Норма запаса хранения щебня $T_{\text{хр}} = 5$ сут.

Подставив имеющиеся значения формулу (5.9) получим емкость склада щебня:

$$V_3^{\text{щ}} = 64 \times 5 \times 1,2 \times 1,013 = 389 \text{ м}^3.$$

2) Для вторичного песка:

Подставив имеющиеся значения получим суточный расход вторичного песка:

$$Q_{\text{сут.вп}} = \frac{36420}{561} = 65 \text{ м}^3,$$

Норма запаса хранения песка $T_{\text{хр}} = 5$ сут.

Подставив имеющиеся значения формулу (5.9) получим емкость склада песка:

$$V_3^{\text{вп}} = 65 \times 5 \times 1,2 \times 1,013 = 395 \text{ м}^3.$$

3) Для природного песка:

Подставив имеющиеся значения получим суточный расход вторичного песка:

$$Q_{\text{сут.пп}} = \frac{111450}{1717} = 65 \text{ м}^3,$$

Норма запаса хранения песка $T_{\text{хр}} = 5$ сут.

Подставив имеющиеся значения формулу (5.9) получим емкость склада песка:

$$V_3^{\text{пп}} = 65 \times 5 \times 1,2 \times 1,013 = 395 \text{ м}^3.$$

Получаем общую емкость склада заполнителей:

$$V_3 = 389 + 395 + 395 = 1179 \text{ м}^3.$$

После определения емкости склада выбирают его тип в зависимости от климатических условий района и определяют площадь склада.

Тип склада: закрытый штабельный.

Длину закрытого штабельного склада при угле естественного откоса заполнителей α подсчитывают по формуле:

$$L_{\text{ск}} = \left[\left(V - \frac{\pi \cdot h^3 \cdot \text{ctg } \alpha}{2} \right) \cdot \frac{1}{h \cdot \text{ctg } \alpha} + 2 \cdot \text{ctg } \alpha \right] \cdot K_3, \text{ м}, \quad (3.13)$$

Полезную площадь находят по формуле:

$$S = L_{\text{ск}} \cdot 2 \cdot h \cdot \text{ctg } \alpha, \quad (3.14)$$

где V – емкость склада заполнителей, м^3 ;

h – высота штабеля, м; α – угол естественного откоса заполнителей, град.;

K_3 – коэффициент, учитывающий полноту заполнения склада, равный 1,15–1,25.

Подставив имеющиеся значения формулу (3.13) получим длину открытого штабельного склада при угле естественного откоса заполнителей 40° :

$$L_{\text{ск}} = \left[\left(1179 - \frac{\pi \times 7,5^3 \times \text{ctg } 40}{2} \right) \times \frac{1}{7,5 \times \text{ctg } 40} + 2 \times \text{ctg } 40 \right] \times 1,2 = 55 \text{ м}.$$

Подставив имеющиеся значения формулу (3.14) получим полезную площадь штабельного склада:

$$S = 55 \times 2 \times 8 \times \text{ctg } 40 = 982 \text{ м}^2.$$

3.9 Конвейерное оборудование

Конвейеры применяют для транспортировки главным образом сыпучих материалов (гравия, щебня, цемента, бетонных смесей и т. п.).

К конвейерам можно отнести:

- транспортеры (ленточные, цепные, винтовые, скребковые, вибрационные и др.);
- пневматические транспортерные устройства.

В этом процессе для транспортировки заполнителей используются ленточные конвейеры.

Принимаем угол наклона ленточного конвейера 15° . Ширина ленты составляет 650 мм. Скорость движения тканевой прорезиненной ленты конвейера принимаем 2 м/с.

Среднюю теоретическую производительность горизонтального конвейера определяют для плоской ленты при перемещении сыпучего груза по формуле:

$$P_{\text{ср.л}} = 150B^2v\gamma, \quad (3.15)$$

где B – ширина ленты, м;

v – скорость движения ленты, м/с;

γ – насыпная плотность транспортируемого груза, т/м³.

Основная мощность привода на валу барабана:

$$N_6 = \frac{((37 \cdot Pr \cdot H + 37 \cdot \omega \cdot Pr \cdot L + k \omega L v) \cdot 0,736)}{10}, \quad (3.16)$$

где Pr – производительность конвейера, т/ч;

H – разность уровней концевых барабанов конвейера, м, применяемая со знаком «+» при подъеме и со знаком «–» при спуске;

ω – удельное сопротивление движения ленты;

L – длина конвейера, м;

k – коэффициент, зависящий от массы ленты и роlikоопор;

v – скорость ленты, м/с.

При длине ленточного конвейера меньше 30 и больше 400 м вводят поправочные коэффициенты к мощности, которые изменяются от 1,05 до 1,2. Следовательно.

Мощность двигателя:

$$M_{\text{дв}} = \frac{N_6}{\eta}, \quad (3.17)$$

где η — КПД привода, зависит от конструкции передаточного механизма и может изменяться от 0,8 до 0,9

Для вторичного щебня, подставив имеющиеся значения в уравнение (3.15), (3.16) и (3.17), теоретическая производительность плосколенточного конвейера при перемещении агрегатов составит:

$$P = 150 \times 0,65^2 \times 2 \times 1,16 = 147 \text{ т/ч},$$

$$N_6 = \frac{((37 \times 147 \times 8,6 + 37 \times 0,04 \times 147 \times 25 + 5,2 \times 0,04 \times 25 \times 2) \times 0,736)}{10} = 3844 \text{ Вт},$$

$$N_{\text{г}} = 3844 \times 1,1 = 4228 \text{ Вт},$$

$$M_{\text{дв}} = \frac{4228}{0,9} = 4698 \text{ Вт}.$$

Для вторичного песка, подставив имеющиеся значения в уравнение (3.15), (3.16) и (3.17), теоретическая производительность плосколенточного конвейера при перемещении агрегатов составит:

$$\Pi = 150 \times 0,65^2 \times 2 \times 0,97 = 123 \text{ т/ч},$$

$$N_{\text{г}} = \frac{((37 \times 123 \times 8,6 + 37 \times 0,04 \times 123 \times 25 + 5,2 \times 0,04 \times 25 \times 2) \times 0,736)}{10} = 3216 \text{ Вт},$$

$$N_{\text{г}} = 1910 \times 1,1 = 3538 \text{ Вт},$$

$$M_{\text{дв}} = \frac{2101}{0,9} = 3931 \text{ Вт}.$$

Для природного песка, подставив имеющиеся значения в уравнение (3.15), (3.16) и (3.17), теоретическая производительность плосколенточного конвейера при перемещении агрегатов составит:

$$\Pi = 150 \times 0,65^2 \times 2 \times 1,48 = 188 \text{ т/ч},$$

$$N_{\text{г}} = \frac{((37 \times 188 \times 8,6 + 37 \times 0,04 \times 188 \times 25 + 5,2 \times 0,04 \times 25 \times 2) \times 0,736)}{10} = 4916 \text{ Вт},$$

$$N_{\text{г}} = 2919 \times 1,1 = 5408 \text{ Вт},$$

$$M_{\text{дв}} = \frac{3211}{0,9} = 6009 \text{ Вт}.$$

По результатам расчетов используется лента шириной 650 мм производства Dahan Machinery Equipment Co., Ltd. Подходит для различных сыпучих материалов с объемной плотностью 0,5–2,5 т/м³ при комнатной температуре (рисунок 3.14).



Рисунок 3.14 — Ленточный конвейер 650 мм

Конкретные параметры приведены в таблице 3.14.

Таблица 3.14 – Подробные параметры ленточного конвейера 650 мм

Ширина ленты	Длина транспортировки, м	Мощность, кВт	Скорость транспортировки, м/с	Производительность транспортировки, т/ч
650	25	12,5	2,0	120 – 223

Система транспортировки заполнителей использует ковшовый элеватор, совмещенный с дозатором PLD1200 (рисунок 3.15).



Рисунок 3.15 — Ковшовый элеватор для транспортировки заполнителей

Он отличается большой высотой подъема, стабильной работой, небольшой занимаемой площадью, длительным сроком службы и простотой демонтажа.

3.10 Бетонораздаточное отделение

Бетонную или растворную смесь можно транспортировать из бетоносмесительного цеха на формовочную станцию ковшами, самоходными silo-ами, самосвалами, бетоновозами, бетононасосами, конвейерами и т.п. Готовую смесь доставляют на строительную площадку автобетоносмесителем (рисунок. 3.16).



Рисунок 3.16 — Ковшовый элеватор для транспортировки заполнителей

Выберите модель автобетоносмесителя Zoomlion ZLJ5259GJB, автобетоносмесителя Sany SY5310GJB1 и автобетоносмесителя Sany SY5310GJB1, их параметры приведены в таблице 3.15.

Таблица 3.15 – Технические характеристики автобетоносмесителя

Марка	Zoomlion ZLJ5259GJB	SANY SY5310GJB1 (12m ³ Euro III)	SANY SY5310GJB1 (15m ³ Euro III)
Объем перевозимой смеси, м ³	8	12	15
Угол наклона смесительного барабана, градусы	12	11	10
Производительность подачи, м ³ /мин	3	3	3
Производительность разгрузки, м ³ /мин	2	2	2
Габариты:			
Длина, мм	8435	10500	11110
Ширина, мм	2490	2490	2490
Высота, мм	3825	3985	3985
Загрузочная масса, кг	12405	16500	16500
Общая масса полной загрузки, кг	25000	31000	31000

Когда бетон загружается в автобетоносмеситель, мы можем использовать электронные весы для грузовиков, чтобы узнать, сколько бетона загружено. Преимущества электронных автомобильных весов — быстрое и точное взвешивание, интуитивно понятный дисплей и обширный набор функций. Их считают идеальными измерительными приборами. Поскольку максимальная полная масса выбранного автобетоносмесителя составляет 31000 кг, мы можем выбрать 40-тонные электронные весы для грузовиков (рисунок. 3.17).



Рисунок 3.17 — Электронные автомобильные весы

Конкретные параметры приведены в таблице 3.16.

Таблица 3.16 — Технические характеристики электронных автомобильных весов

Номер продукта	SCS-40
Диапазон взвешивания, т	10-40
Ширина, м	3,4
Длина, м	12

3.11 Воздушная система

Система воздушного контура состоит из воздушного компрессора, фильтра, резервуара для хранения воздуха, триплекса источника воздуха, трубопровода, электромагнитного клапана и цилиндра, включая дозирование заполнителя, дозатор, силос для цемента, пылеудаление и другие ветви.

Сжатый воздух в воздушном компрессоре очищается, разгерметизируется и заправляется фильтром и триадой источников воздуха в ответвления, при этом давление в воздушных контурах должно поддерживаться в диапазоне от 0,5 до 0,8 МПа в нормальном рабочем состоянии.

Воздушный контур ветви дозирования заполнителей состоит из блока управления воздухом и двенадцати цилиндров, которые управляют открыти-

ем и закрытием дверцы для материала, чтобы реализовать дозирование и дозировку через цилиндры.

Ветвь воздушного контура системы дозирования состоит из воздушно-го блока управления, цилиндров и дроссельных заслонок для завершения процесса дозирования и подачи, включая подачу заполнителей, дозирование и подачу цемента, летучей золы, воды и жидких добавок.

Модель воздушного компрессора – w-1/8 (рисунок 3.18).



Рисунок 3.18 – Модель воздушного компрессора w-1/8

конкретные технические параметры показаны в таблице 3.17.

Таблица 3.17 – Технические характеристики воздушных компрессоров

Модель воздушного компрессора	w-1/8
Номинальный объем выхлопных газов, м ³ /мин	1,0
Номинальное давление выхлопных газов, МПа	0,8
Мощность двигателя, кВт	7,5
Габаритные размеры (Д×Ш×Г), мм	1580×660×1100
Загрузочная масса, кг	313

Выводы по разделу 3

1. Проведенные расчеты состава бетонных и растворных смесей показали точные пропорции необходимых материалов для производства БСТ В25 П4 и М50 Пк2.

2. Подобрана подходящая модель дробильно-сортировочного оборудования, исходя из расчетов производительности и технических требований. Варианты следующие: щековые дробилки РЕ–250×400, роторная дробилка PFD–54 и двухъярусный вибрационный грохот 2УК1237 были признаны наиболее подходящими для обработки строительных отходов и получения качественного вторичного щебня и песка.

3. Выбран подходящий смеситель и дозировочное устройство на основе расчетов, чтобы обеспечить эффективность производственных операций. Если на заводе используется только один смеситель, следует использовать аппарат принудительного действия. Мы используем смеситель принудительного действия JS750 и дозировочное устройство PLD–1200.

4. Выбрано два силоса по 150 тонн для хранения цемента и резервуар для воды объемом 10 м³. Размер бункера заполнителя был определен расчетным путем. Это обеспечивает бесперебойность производственных операций и оптимальное управление запасами.

5. Все оборудование в этом проекте тщательно отбирается с целью повышения эффективности производства и обеспечения устойчивой работы и развития проекта, при соблюдении принципов построения современной экологической экономики.

6. Проектная мощность – годовая мощность производства бетонной и растворной смеси составляет более 30000 м³, что соответствует заданию.

Эти результаты подтверждают, что завод, спроектированный с использованием вторичного сырья, соответствует современным стандартам и требованиям отрасли.

3.12 Список оборудования цеха

Конфигурация бетоносмесительной установки приведена в таблице 3.18.

Таблица 3.18 – Список оборудования

Наименование оборудования	Марка	Количество, шт.	Примечание
Щековая дробилка	PE-250×400	1	-
Роторная дробилка	PFD-54	1	-
Двухъярусный круговой вибрационный грохот	ЗУК1235	1	-
Бетоносмеситель принудительный	JS750	1	Высота разгрузки 3,8 метра, гидравлическое открывание дверей, включая рабочую платформу, лестницу для подъема, приемную насадку, гидравлическую коробку с колесами, воздушный насос.
Машина для дозирования бетона	PLD1200	1	Стандартные компьютеризированные ковшовые весы.
Резервуар для хранения воды	—	1	-
Винтовой конвейер	LSY100	2	-
Вертикальная цементная труба	JLSNC 150T	2	Включая силосную лестницу, ограждение.
Автобетоносмесители	ZLJ5259GJB	4	-
Система взвешивания	Вода	1	В комплект входит рама для взвешивания.
	Цемент	1	

4 ПЛАНЫ И ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ВЫГОДЫ ПО ПЕРЕРАБОТКЕ И УТИЛИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОТХОДОВ

Строительная отрасль ежегодно производит большое количество различных строительных отходов, в основном это рассыпанный раствор и бетон, каменная кладка и фрагменты бетона, полученные долблением, отрезанные от свай железобетонные головки свай, металлолом, бамбуковая древесина, различные упаковочные материалы. что составляет около 80 % от общего объема строительных отходов, а другие компоненты отходов составляют около 20 %. Согласование вывоза строительных отходов (в том числе вывоз, транспортировка, перемещение, засыпка, потребление, утилизация и т.д.) строительных отходов. Его создание осуществляется на основании согласования правил обращения со строительными отходами (включая сброс, транспортировку, перемещение, засыпку, потребление, утилизацию и т.п. строительных отходов).

4.1 Оценка существующей технологии

1) Свалка: Свалка – это традиционный метод переработки строительных отходов. Строительные отходы вывозятся на свалку и уменьшаются в объеме за счет уплотнения и других способов. Неперерабатываемые строительные отходы можно выбрасывать на свалки. Преимуществом свалки является низкая стоимость переработки, но недостатком является то, что она будет загрязнять почву и грунтовые воды, тратить ценные земельные ресурсы, а свалка будет производить вредные газы и жидкости, вызывая загрязнение окружающей среды. Поэтому современное общество рассматривает свалку как последний вариант утилизации строительных отходов.

Согласно статистике исследования рынка, стоимость вывоза на свалку обычно составляет около 300 юаней за тонну.

2) Сжигание: Сжигание строительных отходов — это метод высокотемпературной окислительной обработки, при котором строительные отходы сжигаются в золу и дымовые газы. Высокотемпературный пар, образующийся в результате сгорания, может привести в движение турбину для выработки электроэнергии, тем самым перерабатывая энергию. Преимущество сжигания заключается в том, что оно позволяет уменьшить объем мусора, уменьшить площадь пола и производить полезную энергию, но недостатком является то, что при сжигании образуются вредные газы и углекислый газ, вызывающие загрязнение окружающей среды.

4.2 Типы разрабатываемых в диссертации технических решений

Повторное использование ресурсов: повторное использование строительных отходов является устойчивым способом переработки строительных отходов. Он использует технологию тонкого разделения и переработки для преобразования строительных отходов во вторичные ресурсы многократного использования. Повторное использование - это экологически чистый метод утилизации строительных отходов. Он может сократить выбросы оксида азота на 50%, соединений азота на 99,3% и угарного газа на 28%. Преимущество состоит в том, что оно может уменьшить образование строительных отходов, сократить отходы ресурсов и уменьшить загрязнение окружающей среды.

Требуются основные машины:

Для переработки строительных отходов в основном требуются мобильная щековая дробилка и мобильная ударная дробилка.

Мобильная щековая дробилка: поместите крупноизмельченные строительные отходы в передвижную щековую дробилку для переработки. Воздушный сепаратор отберет легкие материалы (деревянные блоки, пластик), вручную отсортирует различные легкие материалы и классифицирует их. В течение этого периода Устройство для удаления железа установлено для одновременного всасывания примесей железной руды, чтобы избежать повреждения оборудования и разгрузки материалов размером менее 40 мм.

Мобильная ударная дробилка: поместите материалы с конвейерной ленты в мобильную ударную дробилку для дробления, а затем используйте вибрационный грохот для сортировки материалов различных характеристик размером ≤ 10 мм, 10–20 мм, 20–40 мм, как и в мобильной щековой дробилке. , Оснащен воздухоотделителем и обезжелезивателем, используется ручная классификация для отбора легких веществ и веществ железа.

Такая линия по переработке строительных отходов может быть большой или маленькой, 10 тонн, 50 тонн, 100 тонн, 500 тонн, 1000 тонн. В соответствии с различными потребностями можно выбрать различное оборудование.

4.3 Обоснование целесообразности реализации разрабатываемого решения

Преимущества оборудования для переработки строительного мусора

1) Централизованное электронное управление: Переработка строительных отходов осуществляется с помощью централизованного электронного управления. Только один техник может контролировать всю площадку. Операция проста, а состояние производства можно отслеживать в режиме реального времени. Ходите куда угодно: для удобства транспортировки и перемещения требуется только одна передняя тяга.

2) Различные конфигурации: оборудование имеет различные типы и конфигурации моделей, которые можно разумно подобрать в соответствии с различными потребностями каждого пользователя.

3) Интеллектуальная защита окружающей среды: оборудование использует двойную систему фильтрации, рециркуляционный фильтр и технологию разделения воздуха для снижения энергопотребления при удалении пыли. Распылительное устройство может быть настроено снаружи для уменьшения количества пыли, эффективно обеспечивая защиту окружающей среды и отсутствие беспокойства.

Таблица 4.1 - Сравнение характеристик решений «было» / «предложено»

№ п/п	Характеристика	Свалка	Сжигание	Повторное использование ресурсов
1	Плата за переработку	высокая цена	высокая цена	низкая цена
2	Затраты времени	много времени	много времени	мало времени
3	Уровень загрязнения окружающей среды	Загрязнение окружающей среды очень серьезно	Загрязнение окружающей среды очень серьезно	Загрязнение окружающей среды очень незначительное
4	Крытая площадь	Занимает большую площадь	Занимает большую площадь	Небольшая занимаемая площадь

Из таблицы 4.1 можно сделать вывод, что план повторного использования ресурсов строительных отходов более экономичен

4.4 Организационный план реализации усовершенствованного технического (технологического) решения

Согласно статистике исследований: из каждых 100 миллионов тонн строительных отходов можно произвести 24,3 миллиарда обычных кирпичей и 36 миллионов тонн смешанных материалов, сократить захват почвы или заменить природный песок и гравий на 10 миллионов кубических метров, сэкономить 2,7 миллиона тонн угля и добавленная стоимость составит 8,46 млрд юаней, что принесет огромную экономическую выгоду.

Согласно статистическим данным исследования рынка, затраты на повторное использование ресурсов обычно включают в себя: затраты на механическое оборудование, затраты на рабочую силу, плату за аренду площадки, плату за воду и электричество, различные сборы за сертификаты и т. д. За-

траты на механическое оборудование составляют почти 80% от общего объема инвестиций.

Его основные затраты в основном включают три статьи:

1) Стоимость оборудования: Стоимость использования мобильного оборудования для переработки строительных отходов на одну тонну строительных отходов составляет около 34,5 юаней (включая загрузку машины, дробление, сортировку, последующее обслуживание оборудования, капитальный ремонт, амортизацию и т. д.).

2) Стоимость предварительной обработки площадки: Стоимость предварительной обработки площадки: 7 юаней/тонна за транспортировку земляных работ на свалке строительных отходов и 1,3 юаня/тонну за расходы на площадке (в соответствии с 2% стоимости оборудования).

3) Различные страховые взносы: взнос социального страхования 0,25 юаня/тонну, налог 4,51 юаня/тонну (11% от общей суммы).[25]

С учетом всех вышеперечисленных затрат стоимость переработки одной тонны строительного мусора составляет 49 юаней/тонну. Использование ресурсов напрямую снижает объемы перевозок на 60 %, а переработка на месте на 99 % исключает вторичное загрязнение мусором, обеспечивая при этом высококачественное сырье для строящихся объектов.

А если строительные отходы используются для производства песка и гравия, текущая рыночная цена составляет 70 юаней за тонну, а стоимость переработки строительных отходов за тонну составляет 49 юаней, а производственная прибыль за тонну составляет около 21 юаней. Если взять в качестве примера ежедневную производительность в 1000 тонн, ежедневная прибыль может достигать 21 000 юаней.

Основными документами, необходимыми для подачи заявления, являются: лицензия на ведение бизнеса, налоговая регистрация, свидетельство о приеме огня, лицензия на охрану окружающей среды, лицензия на безопасное производство, членство в ассоциации индустрии переработки ресурсов, специальная отраслевая лицензия на ведение бизнеса, предприятие по пере-

работке строительных отходов и переработке возобновляемых ресурсов. Квалификационные сертификаты, бизнес. лицензии и т.д.

Необходимое оборудование для приобретения: мощный просеивающий питатель, круговое вибрационное сито, обезвоживающее сито, водная флотация, мобильная щековая дробилка, небольшая мобильная ударная дробилка и большая мобильная ударная дробилка.

Требуются здания:

1) Основные строительные объекты: заводы, офисные здания, столовые для персонала и общежития.

2) Общественные объекты: дороги и парковки, озеленение и ландшафтные проекты.

Подобные компании существуют и в Китае: Существующие аналогичные компании в Китае: Yiwu Zhanzhi Renewable Resources Utilization Co., Ltd.

Основная продукция: переработка металлолома, макулатуры и пластика; вывоз строительного мусора и шлака; переработка и измельчение строительного мусора в песок; производство и реализация. Уставный капитал: 1 миллион юаней, время создания: 17 августа 2015 г.

Таблица 4.2 – Мероприятия и срок их реализации

№ п/п	Наименование мероприятия	Срок реализации, дней
1	Составление проекта	2 недели
2	Реконструкция производственной площадки	1 месяца
3	Приобретите новое оборудование и установите его.	2 недели
4	Получение лицензии / разрешения на строительство	2 месяца
5	Обучение работников использованию новой технологии	3 недели
6	Проведение пуско-наладки	1 недели
7	Получение заключение о возможности использования и прочее	2 недели

Таким образом, из таблицы видно, что для реализации проекта необходимо выполнить ряд мероприятий, наиболее продолжительным из которых являются получение разрешения на строительства и реконструкция существующей производственной площадки.

Поскольку исходное предприятие уже имело некоторые лицензии, такие как лицензия на ведение бизнеса, налоговая регистрация, сертификат пожарной приемки... Основными документами, которые необходимо получить, являются лицензия на охрану окружающей среды, лицензия на безопасное производство, членство в ассоциации промышленности по переработке ресурсов, переработка строительных отходов и квалификационные сертификаты предприятия по переработке возобновляемых ресурсов, лицензии на ведение бизнеса и т. д., ожидая выдачи сертификата после прохождения оценки, время можно разумно использовать для ремонта старого завода.

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

	Октябрь			ноябрь			Декабрь		
Составление проекта									
получение лицензии / разрешения на строительство									
Реконструкция производственной площадки									
Приобретите новое оборудование и установите его.									
Обучение работников использованию новой технологии									
проведение пуско-наладки									
получение заключение о возможности использования и прочее									

Таблица 4.3 - Оценка влияния стейкхолдеров (лиц, влияющих на внедрение/ запуск развитого в диссертации технического (технологического) решения).

Влияние	Сильное	Конкуренты	Средства массовой информации	Строители Работник
	Среднее	Жители близлежащих территорий	Правительство	Ассоциация по охране окружающей среды
	Слабое			
		Против	Нейтрально	За
		Заинтересованность		

Шумовое загрязнение, возникающее во время эксплуатации, вызовет сопротивление со стороны некоторых жителей близлежащих районов и соз-

даст угрозу для конкурентов в той же отрасли. Правительство и СМИ сохраняют нейтральную позицию. Ассоциация защиты окружающей среды считает, что изменение отрасли окажет положительное влияние на снижение загрязнения окружающей среды. Строители считают, что отрасль может принести им экономическую выгоду. Рабочие считают, что это хорошая возможность трудоустройства, поэтому они все поддерживают ее.

Таблица 4.4 – План работы со стейкхолдерами

№	Стейкхолдер	Влияние	Заинтересованность	Работа	Результат
1	Жители близлежащих территорий	Шумовое загрязнение при работе оборудования	Против	Разумно организуйте рабочее время и используйте устройства шумоподавления	На жизни жителей это не повлияет, и жители больше не возражают
2	Конкуренты	Отраслевая конкуренция, угрозы интересам	Против	Разработайте хороший маркетинговый план для подавления другой стороны	Он не мог сравниться со мной и постепенно ушел из индустрии
3	Средства массовой информации	Не оказал на него большого влияния	Нейтрально	Создавайте и пропагандируйте хорошее общественное мнение	Привлеките внимание средств массовой информации
4	Правительство	Не оказал на него большого влияния	Нейтрально	Это оказывает хорошее влияние на озеленение городов	Получить государственную поддержку
5	Строители	Продажа	За	Разработка дол-	Подпишите

	ли Работник	строитель- ного мусо- ра может принести экономиче- скую выго- ду		госрочных и вы- годных планов сотрудничества	долгосрочный план сотруд- ничества
6	Ассо- циация по охра- не окру- жающей среды	Может со- кратить об- разование отходов и загрязнение окружаю- щей среды, а также за- щитить ок- ружающую среду.	За	Строго соблю- дать законы и правила и сни- зить нагрузку на ассоциации по защите окру- жающей среды	Получите мощную дол- госрочную поддержку от Ассоциации по охране окру- жающей среды

После эффективной работы оппозиция больше не имеет возражений или оппозиция больше не представляет для нас угрозы; нейтралы, не заинтересованные в этом, начинают переходить на поддерживающую позицию; и первоначальные сторонники становятся более благосклонными.

4.5 Финансовый план реализации усовершенствованного техни- ческого решения

4.5.1 Оценить в денежном выражении организационные мероприятия с учетом времени их проведения и последовательности реализации.

Таблица 4.5 – Оценка организационных мероприятий в денежном выражении

№ п/п	Наименование мероприятия	Стоимость осуществления мероприятия, Юани
1	составление проекта	6,000
2	Реконструкция производственной площадки	200,000
3	получение лицензии / разрешения на строительство	10,000
4	Стоимость оборудования и монтажа	300,000
5	работников использовать новую технологию	120,000
6	Обслуживание и отладка станков	84,000
7	получение заключение о возможности использования и прочее	20,000
8	Стоимость подготовки	200,000
ИТОГО		940,000

Общий объем инвестиций в проект составляет 940 000 юаней, в том числе 200 000 юаней на реконструкцию первоначального завода, 300 000 юаней на оборудование и монтаж, 200 000 юаней на резервы. Поскольку нанятые сотрудники не обязательно понимают или используют соответствующие машины, для сотрудников требуется коллективное обучение, а стоимость найма внешних профессиональных инструкторов составляет 120 000 юаней. В связи с высокой частотой использования оборудования требуется регулярный осмотр и техническое обслуживание. Планируйте ежемесячные проверки и ввод в эксплуатацию. Средняя ежемесячная стоимость составляет 7000 юаней, а расчетная годовая стоимость — 84 000 юаней.

4.5.2 Прогнозирование эффекта от внедрения технического (технологического) решения.

В качестве эффекта от инвестиций выступает чистая прибыль, она же является источником окупаемости инвестиций.

Таблица 4.6 – Годовой план продаж

	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
Прирост дохода	145,000	145,000	145,000	145,000	145,000	145,000	145,000	145,000	145,000	145,000	145,000	145,000
	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
Прирост дохода	145,000	145,000	145,000	145,000	145,000	145,000	145,000	145,000	145,000	145,000	145,000	145,000
ИТОГО							940,000					

Сделать вывод по таблице: Внедрение новых технологий позволило рационально использовать и перерабатывать больше строительных отходов. Отходы больше не просто измельчаются в песок, но также производятся переработанные бетонные заполнители и другие строительные материалы, что значительно повышает производительность промышленности и степень переработки отходов. и в то же время можно создать новую производственную цепочку по продаже переработанных строительных материалов. Ожидается, что среднемесячный доход увеличится на 145000 юаней.

Таблица 4.7 – Прогнозирование приращения расходов

первый год	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
Приращение расходов, в том числе	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000
заработная плата с начислениями	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000
расходы на топливо и электроэнергию	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000
сервис и эксплуатация	-20,000	-20,000	-20,000	-20,000	-20,000	-20,000	-20,000	-20,000	-20,000	-20,000	-20,000	-20,000
материалы	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000
прочее	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000

второй год	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	ВСЕГО
Приращение расходов, в том числе	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	960,000
заработная плата с начислениями	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	480,000
расходы на топливо и электроэнергию	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	360,000
сервис и эксплуатация	-20,000	-20,000	-20,000	-20,000	-20,000	-20,000	-20,000	-20,000	-20,000	-20,000	-20,000	-20,000	-480,000
материалы	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	360,000
прочее	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	240,000

Поскольку технология становится более сложной, ожидается, что заработная плата рабочих увеличится в общей сложности на 15 000 юаней в месяц, а расходы на обслуживание и эксплуатацию снизятся примерно на 20 000 юаней в месяц после улучшения проекта, поскольку будет собрано больше материалов; Стоимость материалов будет увеличиваться каждый месяц на 15 000 юаней, расходы на топливо и электроэнергию увеличиваются примерно на 15 000 юаней в месяц, а другие расходы накапливаются примерно на 10 000 юаней в месяц. Ожидается, что среднемесячные расходы увеличатся на 40 000 юаней.

Таблица 4.8 - Прогнозирование эффекта от внедрения технического (технологического) решения.

первый год	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
Прирост дохода, юаней	145,000	145,000	145,000	145,000	145,000	145,000	145,000	145,000	145,000	145,000	145,000	145,000
Приращение расходов, юаней	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000
Прибыль, юаней	105,000	105,000	105,000	105,000	105,000	105,000	105,000	105,000	105,000	105,000	105,000	105,000
Налог на прибыль, юаней	26,250	26,250	26,250	26,250	26,250	26,250	26,250	26,250	26,250	26,250	26,250	26,250
Чистая прибыль, юаней	78,750	78,750	78,750	78,750	78,750	78,750	78,750	78,750	78,750	78,750	78,750	78,750

второй год	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	ВСЕГО
Прирост дохода, юаней	145,000	145,000	145,000	145,000	145,000	145,000	145,000	145,000	145,000	145,000	145,000	145,000	960,000
Приращение расходов, юаней	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	480,000
Прибыль, юаней	105,000	105,000	105,000	105,000	105,000	105,000	105,000	105,000	105,000	105,000	105,000	105,000	360,000
Налог на прибыль, юаней	26,250	26,250	26,250	26,250	26,250	26,250	26,250	26,250	26,250	26,250	26,250	26,250	-480,000
Чистая прибыль, юаней	78,750	78,750	78,750	78,750	78,750	78,750	78,750	78,750	78,750	78,750	78,750	78,750	360,000

Сделать вывод по таблице: Из таблицы можно сделать вывод, что среднемесячный доход увеличится на 145 000 юаней, расходы увеличатся на 40 000 юаней, прибыль увеличится в среднем на 105 000 юаней в месяц, налоги увеличатся в среднем на 26 250 юаней в месяц. , а чистая прибыль увеличится в среднем на 78 750 юаней в месяц.

4.6 Расчет показателей экономической целесообразности реализации проекта.

$$PV = \frac{FV}{(1+r)^n}, \text{ где}$$

где FV – будущая стоимость денег;

PV – текущая стоимость денег;

n – номер периода;

r – годовая ставка дисконтирования.

порядок расчета ставки дисконтирования следующий:

$r = ((100 + \text{ключевая ставка центрального банка (\%)}) / (100 + \text{индекс инфляции (\%)})) + \text{премия за риск.}$

премия за риск определяется (таблицы 4.9):

Величина риска	Пример цели Проекта	Премия за риск, %
Низкий	Вложения при интенсификации производства на базе освоенной техники	3-5
Средний	Увеличение объема продаж существующей на рынке продукции, выход с продуктом на существующий рынок	8-10
Высокий	Производство и продвижение на рынок нового продукта (новой торговой марки)	15-18
Очень высокий	Вложения в исследования и инновации	18-20

$$r = \frac{100 + 3.45}{100 + 0.7} + 4 \approx 5.03\%$$

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

Таблица 4.10 – Расчет годового дисконтированного эффекта

первый год	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
Прирост дохода	145,000	145,000	145,000	145,000	145,000	145,000	145,000	145,000	145,000	145,000	145,000	145,000
Приращение расходов, в том числе	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000
заработная плата с начислениями	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000
расходы на топливо и электроэнергию	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000
сервис и эксплуатация	-20,000	-20,000	-20,000	-20,000	-20,000	-20,000	-20,000	-20,000	-20,000	-20,000	-20,000	-20,000
материалы	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000
прочее	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000
Прибыль	105,000	105,000	105,000	105,000	105,000	105,000	105,000	105,000	105,000	105,000	105,000	105,000
Налог на прибыль	26,250	26,250	26,250	26,250	26,250	26,250	26,250	26,250	26,250	26,250	26,250	26,250
Чистая прибыль	78,750	78,750	78,750	78,750	78,750	78,750	78,750	78,750	78,750	78,750	78,750	78,750
Чистая прибыль накопительным итогом	78,750	157,500	236,250	315,000	393,750	472,500	551,250	630,000	708,750	787,500	866,250	945,000
Дисконтированная прибыль	78,421	78,093	77,766	77,441	77,117	76,794	76,473	76,153	75,835	75,518	75,202	74,887
Дисконтированная прибыль накопительным итогом	78,421	156,513	234,279	311,720	388,837	465,631	542,104	618,258	694,093	769,610	844,812	919,699

второй год	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	ВСЕГО
Прирост дохода	145,000	145,000	145,000	145,000	145,000	145,000	145,000	145,000	145,000	145,000	145,000	145,000	3,480,000
Приращение расходов, в том числе	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	960,000
заработная плата с начислениями	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	480,000
расходы на топливо и электроэнергию	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	360,000
сервис и эксплуатация	-20,000	-20,000	-20,000	-20,000	-20,000	-20,000	-20,000	-20,000	-20,000	-20,000	-20,000	-20,000	-480,000
материалы	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	360,000
прочее	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	240,000
Прибыль	105,000	105,000	105,000	105,000	105,000	105,000	105,000	105,000	105,000	105,000	105,000	105,000	2,520,000
Налог на прибыль	26,250	26,250	26,250	26,250	26,250	26,250	26,250	26,250	26,250	26,250	26,250	26,250	630,000
Чистая прибыль	78,750	78,750	78,750	78,750	78,750	78,750	78,750	78,750	78,750	78,750	78,750	78,750	1,890,000
Чистая прибыль накопительным итогом	1,023,750	1,102,500	1,181,250	1,260,000	1,338,750	1,417,500	1,496,250	1,575,000	1,653,750	1,732,500	1,811,250	1,890,000	
Дисконтированная прибыль	74,574	74,262	73,952	73,642	73,334	73,028	72,722	72,418	72,115	71,813	71,513	71,214	1,794,287
Дисконтированная прибыль накопительным итогом	994,273	1,068,535	1,142,487	1,216,129	1,289,464	1,362,491	1,435,213	1,507,631	1,579,746	1,651,560	1,723,073	1,794,287	

Как видно из таблицы, стоимость инвестиций составляет 940 000 юаней, ожидается, что стоимость окупится через 12 месяцев, а период окупаемости инвестиций со скидкой составит 13 месяцев.

4.7 Расчет и анализ показателей оценки эффективности инвестиций:

Рентабельность инвестиций рассчитывается по формуле:

$$PI = \frac{PV}{IC} = \frac{189000}{940000} = 2.01 > 1$$

Если значение PI больше 1, то проект следует принять;

Если значение PI меньше 1, то проект следует отвергнуть;

Если значение PI равно 1, то проект ни прибыльный, ни убыточный.

Чистый приведенный доход рассчитывается по формуле:

$$NPV = PV - IC_0 = \sum_{n=1} \frac{CF_n}{(1+r)^n} - IC_0$$

$$NPV = PV - IC_0 = \sum_{n=1} \frac{CF_n}{(1+r)^n} - IC_0 = 189000 - 940000 = 950000 > 0$$

Если NPV больше 0, проект выгодный;

Если же NPV меньше 0, проект не выгодный;

Если NPV равен 0, то дополнительный доход проект не генерирует.

Чистый приведенный доход рассчитывается по формуле:

$$NPV = PV - IC_0 = \sum_{n=1} \frac{CF_n}{(1+r)^n} - IC_0$$

$$NPV = PV - IC_0 = \sum_{n=1} \frac{CF_n}{(1+r)^n} - IC_0 = 189000 - 940000 = 950000 > 0.$$

Если NPV больше 0, проект выгодный;

Если же NPV меньше 0, проект не выгодный;

Если NPV равен 0, то дополнительный доход проект не генерирует.

Внутренняя норма доходности (IRR) – ставка дисконта, при которой дисконтированные доходы от проекта равны инвестированным затратам.

Ее значение находят из следующего уравнения:

$$\sum_{n=1} \frac{CF_n}{(1 + IRR)^n} - IC_0 = 0$$

Согласно расчетам, $IRR=19.63095>r$.

Исходя из сущности внутренней нормы доходности, инвестиционный проект следует принимать, если IRR выше альтернативной доходности, которая устанавливается на рынках капитала и принимается в качестве ставки дисконта. При таких условиях, когда $IRR>r$, проект имеет положительную величину NPV. Если $IRR=r$, проект имеет нулевую величину NPV, а при $IRR<r$, NPV будет иметь отрицательное значение.

Результат расчетов оформляем в виде текста

1. Срок окупаемости 12 месяцев
2. Дисконтированный срок окупаемости 13 месяцев
3. Рентабельность инвестиций (PI) 2,010638298
4. Чистый приведенный доход (NPV): 950000
5. Внутренняя норма доходности (IRR) 19.63094962

Путем расчета видно, что значение PI составляет примерно 2,010638298, что больше 1, то проект следует принять. Значение NPV составляет около 950000, что больше 0, то проект прибылен. Значение IRR составляет около 19.63094962, Следовательно, IRR больше r , и проект имеет положительное значение NPV. Внутренняя норма доходности проекта выше, чем альтернативная норма доходности, определенная на рынках капитала и принятая в качестве ставки дисконтирования, и ее следует принять.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При выполнении данного проекта был запроектирован бетоносмесительный завод производительностью 30 тыс. м куб. смесей в год.

Вторичное использование строительных отходов позволяет не только снизить производственные затраты, но и защитить окружающую среду и снизить выбросы отходов, что делает проект завода как экологически, так и экономически целесообразным.

Вторичный гравий и песок мы получаем из битого керамического кирпича, хотя вторичные материалы имеют определенные различия по гранулометрическому составу и наличию частиц пыли, но при соблюдении определенных условий и процессов их можно эффективно использовать в бетоне и производстве растворов. Корректировки были внесены. В результате проведенного исследования выявлено влияние типа заполнителя кирпичного щебня на удобоукладываемость бетонных смесей. Чем крупнее переработанные частицы заполнителя, тем больше они снижают удобоукладываемость бетонной смеси.

Можно сделать вывод, что песок из керамического щебня можно использовать как дешевый заменитель песка из гранитного дробления и отсева в производстве бетона, но использовать щебень из керамического кирпича для замены гранитного щебня в производстве бетона невозможно.

На основании полученного задания, учитывая заданные сырьевые материалы, были рассчитаны составы производимых бетонных смесей, определен часовой, суточный и годовой расходы материалов.

Для выполнения поставленной задачи были выбраны бетоносмесители принудительного действия, рассчитанные на необходимую часовую производительность. Для распределения ингредиентов в бетоносмесителе был выбран подходящий дозатор PLD-1200 с учетом его ограничений по размеру и расходу ингредиентов. Также был подобран режим работы предприятия, ко-

торый будет обеспечивать выполнение производственной программы и подобран штат цеха, который будет задействован в процессе производства.

Масштаб строительства проекта умеренный, технологическая технология и оборудование отработаны и надежны, а степень автоматизации высока. План продукта может гибко корректироваться в соответствии с рыночным спросом и потребностями защиты окружающей среды.

Выполнены чертежи запроектированного завода.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. S.V. Devi, R. Gausikan, S. Chithambaranathan, J.W. Jeffrey. Utilization of recycled aggregate of construction and demolition waste as a sustainable material. *Mater. Today: Proc.*, 45 (7) (2021), pp. 6649-6654, 10.1016/j.matpr.2020.12.013
2. X. Pan, Q. Xie, Y. Feng. Designing Recycling Networks for Construction and Demolition Waste based on Reserve Logistics Research Field. *J. Cleaner Prod.*, 260 (2020), p. 120841, 10.1016/j.jclepro.2020.120841
3. У Сяньго, Ли Хуэйцян, Го Цзиньсун. Комплексный подход к переработке мусорных отходов в качестве строительных материалов [J].
4. A. Mistri, N. Dhami, S.K. Bhattacharyya, S.V. Barai, A. Mukherjee, W.K. Biswas. Environmental implications of the use of bio-cement treated recycled aggregate in concrete. *Resour. Conserv. Recy.*, 167 (2021), p. 105436, 10.1016/j.resconrec.2021.105436
5. Tao Meng, Huadong Wei, Dawang Dai, Jianping Liao, Sara Ahmed. Effect of brick aggregate on failure process of mixed recycled aggregate concrete via X-CT. *Construction and Building Materials*, 327(11)(2022)126934 <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.126934>
6. Ян Цзыцзян. Влияние строительных отходов на городскую среду и пути решения [J *Urban Issues*, 2003, (04): 60-63.
7. Ван Лэй, Сюй Бицзюнь, Цинь Фэн. Текущее состояние и анализ обращения со строительными отходами в моей стране [J]. *Экологическая санитария*, 2009, (01): 53-56.
8. Ли Дахуа, Шэн Чжоуфа. Текущее состояние строительных отходов в моей стране и обсуждение стратегий утилизации ресурсов [J]. *Журнал Аньхойского института строительной промышленности (издание Natural Science)*, 2006.14.6.
9. P. Plaza, I.F. Sáez del Bosque, M. Frías, M.I. Sánchez de Rojas, C. Medina. Use of recycled coarse and fine aggregates in structural eco-concretes. *Physical*

and mechanical properties and CO₂ emissions. Constr. Build. Mater., 285 (2021), p. 122926, 10.1016/j.conbuildmat.2021.122926

10. Рао Цзин. Эффективная интеграция гражданского строительства и устойчивого развития [J].

11. Сюй Линьчжи, Сунь Цин, Чжан Цзянь, Янь Цзюнь, У Кунь, Пань Фанчжэнь, Шэн Цзявэй. Текущее состояние и тенденции развития безвредности и использования ресурсов летучей золы [J], 2017, 7 (5): <https://doi.org/10.12677/AEP.2017.75055..>

12. Goh, C.K., Valavan, S.E., Low, T.K., et al. (2016) Effects of Different Surface Modification and Contents on Municipal Solid Waste Incineration Fly Ash/Epoxy Composites. Waste Management, 58, 309. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.05.027>

13. Лю Жунтао, Чжу Цзяньхуэй, Чжу Вэйцзе и др. Обзор комплексного использования отходов строительного глиняного кирпича [J].

14. Чэнь Янь. Переработка строительных отходов в процессе урбанизации [J Modern City, 2011, 03: 40-41].

15. Мо Руин, Ли Гофан, Сунь Шусян. Переработка, дробление и повторное использование строительных отходов, газета Сиань, октябрь 2008 г..

16. Ян Фан. Влияние отходов глиняного кирпича на обжиг и характеристики переработанного цементного клинкера [D: Даляньский технологический университет, 2013].

17. Чжан Инминь, Шан Сяобо, Ли Каймин и др. Текущее состояние и стратегии управления технологиями переработки городских бытовых отходов [J]. Журнал «Экология и окружающая среда», 2011, 20(2): 389-396.

18. Сюн Цзухун, Фан Генью, Лу Мин и др. Ход исследований в области технологии удаления летучей золы при сжигании отходов [J]. Progress in Chemical Engineering, 2013, 32 (7): 1678-1684.

19. Ченг Годань, Чжан Кайсонг, Ми Шицонг и др. Влияние типичных строительных материалов, переработанных из твердых отходов, на характе-

ристики экологически чистого кирпича [J] Китайский журнал экологической инженерии, 2013, 7 (07): 2716-2720.

20. Хан Чжунци Исследования и разработки японской экологической технологии цемента [J]. China Cement, 2003(7): 27-30.

21. Лян Хунбо. Технология производства кирпича из строительных отходов и анализ преимуществ [J]. Инновации в строительстве стен и энергосбережение

22. Ван И. Размышления об использовании ресурсов твердых строительных отходов с точки зрения рынка [N]. Новости Китая о строительных материалах, 30 мая 2018 г. (004).

23. Льв Цюруй, Чжан Даньву, Лю Цзяньчжао, Чжу Хайлун. Значение переработки строительных отходов в Сингапуре для создания в моей стране системы стандартизации [J]. Китайская наука о строительных материалах и технологиях, 2017, 26 (6): 19-21.

24. Ли Линьсюань. Исследование текущей ситуации и перспектив переработки строительных отходов с точки зрения устойчивого развития [J]. 2018.84005

25. Ши Цзянгуан, Дэн Хуа. Подходы к оценке и повторному использованию строительных отходов после землетрясения в Вэньчуань в провинции Сычуань, China Science and Technology Papers Online, январь 2009 г.