

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт химии и энергетики

(наименование института полностью)

Кафедра «Химическая технология и ресурсосбережение»

(наименование)

18.03.01 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии,
нефтехимии и биотехнологии

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Рациональное природопользование, рециклинг и утилизация отходов

(направленность (профиль) / специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Разработка технических решений при производстве строительных
материалов из отходов демонтажа и сноса

Студент

Бойко В. И.

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

Мельникова Д.А.

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Консультант

И.Ю. Усатова

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2020

Аннотация

Бакалаврская работа посвящена разработке технологии переработки бетонного лома с целью снижения негативного воздействия на окружающую среду.

Бакалаврская работа состоит из пояснительной записки на 50 страницах, введения, 4 глав, 18 рисунков, 9 таблиц, заключения, список используемой литературы и используемых источников, включающего 10 иностранных источников.

Целью бакалаврской работы является снижение негативного воздействия на окружающую среду путем разработки технических решений при производстве строительных материалов из отходов демонтажа и сноса.

В ходе работы была предложена промышленная установка получения бетонной смеси из дробленного вторичного щебня.

Мы начинаем с постановки задачи, а затем логически переходим к ее возможным решениям. Во введении обосновывается актуальность переработки строительных отходов, прописывается цель. В первой главе рассмотрены технологии переработки строительных отходов, в т.ч. бетонного лома. Проведен патентный поиск. Во второй главе описываются свойства вторичного щебня и возможности применения его в строительстве. В третьей главе разрабатываются технические решения при производстве вторичного бетона. В четвертой главе произведены технологические расчеты по подбору основного оборудования процесса и материальный баланс.

Таким образом, предложенная технология переработки бетонного лома позволит получать вторичный щебень с прочностными характеристиками, соответствующими действующим требованиям. Особенностью технологии является отсутствие стадии сортировки фракций вторичного щебня, что снижает капитальные затраты на установку.

Abstract

This graduation work is devoted to the development of concrete waste recycling technology in order to reduce the negative impact on the environment.

The graduation work consists of an explanatory note on 50 pages, introduction, 4 sections, including 18 figures, 9 tables, conclusion, a list of 30 references, including 10 foreign sources.

The aim of the work is to reduce the negative impact on the environment by developing technical solutions for the production of construction materials from demolition and demolition waste.

In the course of the work, an industrial process for the production of concrete mixture from secondary crushed stone was proposed.

We start with the statement of the problem, and then logically move on to its possible solutions. The first chapter deals with recycling technologies for construction waste, including concrete scrap. A patent search has been carried out. The second chapter describes the properties of secondary crushed stone and opportunities for its application in construction. The third chapter develops technical solutions for the production of recycled concrete. In the fourth chapter, technological calculations are made on the selection of the main process equipment and material balance.

Overall, the proposed technology for processing concrete scrap will produce secondary crushed stone with strength characteristics that meet current requirements. Feature of the technology is the absence of a stage of sorting fractions of secondary crushed stone, which reduces capital costs for the installation.

Оглавление

Введение.....	5
Глава 1 Литературный обзор.....	7
1.1 Проблема образования строительных отходов.....	7
1.2 Существующие технологии переработки строительных отходов.....	10
1.2.1 Характеристика методов переработки отходов.....	10
1.2.2 Технология переработки бетона и железобетона.....	11
1.2.3 Патентный поиск.....	16
Глава 2 Свойства вторичного бетона и его применение в строительстве...	20
Глава 3. Разработка технических решений при производстве вторичного бетона.....	25
3.1 Возможности улучшения свойств вторичного бетона.....	25
3.2 Предлагаемое техническое решение.....	30
Глава 4 Технологические расчеты по подбору оборудования.....	33
4.1 Расчет щековой дробилки.....	33
4.2 Материальный баланс процесса получения бетона из вторичного щебня.....	37
4.3 Расчет горизонтального бетоносмесителя.....	40
Заключение.....	46
Список используемой литературы и используемых источников.....	48

Введение

Строительные материалы составляют около половины от всех используемых материалов, а также твердых отходов, образующихся во всем мире. Они оказывают воздействие на окружающую среду на каждом этапе строительного процесса - добыча сырья, обработка, производство, транспортировка, строительство и утилизация в конце срока полезного использования здания.

В то время как отходы строительства и сноса обычно объединяются в термин «строительные отходы», эти группы отходов производятся двумя различными процессами, а объем и тип материалов могут значительно различаться.

Проекты сноса часто производят в 20-30 раз больше отходов на квадратный метр, чем проекты строительства. Строительные отходы обычно содержат более современные строительные материалы, чем отходы сноса, поскольку новые здания редко сносятся. Кроме того, отходы, образуемые в результате сноса, часто загрязнены краской, клеями и грязью, а также могут быть надежно связаны вместе, что затрудняет разделение.

Объем отходов зависит от многих факторов, включая рост населения, городское или региональное планирование, состояние строительной отрасли и сборы за захоронение отходов. В таких странах, как Китай с быстрой урбанизацией и низкой платой за захоронение отходов, строительные отходы могут составлять 30-40% от общего объема производства отходов.

Нормы рециркуляции также зависят от множества факторов, включая возможности местной индустрии переработки, сборы за вывоз мусора и утилизацию, запреты на свалку и стоимость сырья.

Процессы эффективного повторного использования и утилизации необходимы для снижения числа захоронений строительных отходов. Метод сноса также играет важную роль, так как выборочный снос или полная

разборка могут предотвратить повреждение материалов и позволить отделить материалы для повторного использования.

Однако, поскольку эти процедуры требуют больше времени и труда, чем механическое разрушение, низкие объемы мусорных свалок, недорогое сырье и высокие затраты на рабочую силу делают их экономически невыгодными.

Мировая тенденция в отношении методов обращения со стойкими отходами – это максимальное их использование. В Европе Европейский союз пересмотрел Рамочную директиву об отходах, включив в нее требование о том, что 70% отходов строительства и сноса каждого государства-члена должны повторно использоваться или перерабатываться к 2020 году.

В России перерабатывается менее 10% всех образующихся строительных отходов [1].

Целью представленной работы является снижение негативного воздействия на окружающую среду путем разработки технических решений при производстве строительных материалов из отходов демонтажа и сноса.

Задачи:

- 1) Изучить существующие проблемы и методы переработки строительных отходов;
- 3) Предложить техническое решение при производстве свежей бетонной смеси из продуктов дробления бетонного лома;
- 4) Рассчитать материальный баланс технологического процесса получения бетона из вторичного щебня.
- 5) Выполнить технологические расчеты по подбору оборудования выбранной технологии.

ГЛАВА 1 Литературный обзор

1.1 Проблема образования строительных отходов

Объем строительных отходов, ежегодно образующихся во всем мире к 2025 году почти удвоится и составит 2,2 миллиарда тонн [1].

К строительным отходам относятся материалы, образующиеся в результате земляных работ, дорожных работ и сноса зданий, а также сложные отходы, такие как пластмассы, металл, керамика и картон. Более половины образующихся ежегодно строительных отходов составляют строительные материалы из дерева, черепицы, асфальта, бетона и гипса.

Согласно различным исследованиям, политика "сокращения, повторного использования и переработки" необходима для контроля за количеством строительных отходов, однако недостаточные ресурсы, отсутствие стандартизации, низкая прибыльность, политическая апатия и отсутствие образования по этим вопросам мешают этому. Ожидается, что в следующем году большая часть строительного мусора будет образовываться в Азиатско-Тихоокеанском регионе, за которым последует Северная Америка.

На сегодняшний день наблюдается рост объемов строительства по всей территории Российской Федерации. За последние 5 лет объем строительных работ увеличился практически в 4 раза.

Процесс увеличения объемов строительства связан непосредственно с ростом числа отходов, а также с увеличением потребности в строительных материалах. В связи с этим наблюдается постоянно увеличивающееся в объемах потребление сырья, водных ресурсов, строительных материалов, производство которых также оказывает отрицательное влияние на окружающую среду.

Особенно страдают ископаемые природные ресурсы – щебень, глина, песок и др. Около 90% всех карьеров России являются строительными.

Добыча такого сырья непосредственно связана с разрушением почвенного и растительного покрова, вытеснением животных и птиц, загрязнением воздуха и т.д. Разрушению подвергаются не только территории карьера, но и подъездные пути к ним.

Также рост объемов строительства связан со сносом зданий и сооружений. Основные причины сноса представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Причины сноса зданий

Причины	Процентное соотношение, %
1) Строительство новых жилых помещений	40
2) Строительство нежилых сооружений	20
3) Создание дорожных путей, площадей и т.д.	20
4) Изменение предназначения сооружения	7
5) Форс-мажор (пожар, потоп и др.)	5
6) Прочее	8

Основным видом отходов строительной деятельности являются бетон и железобетонные конструкции. На рисунке 1 представлена динамика образования бетонных отходов.

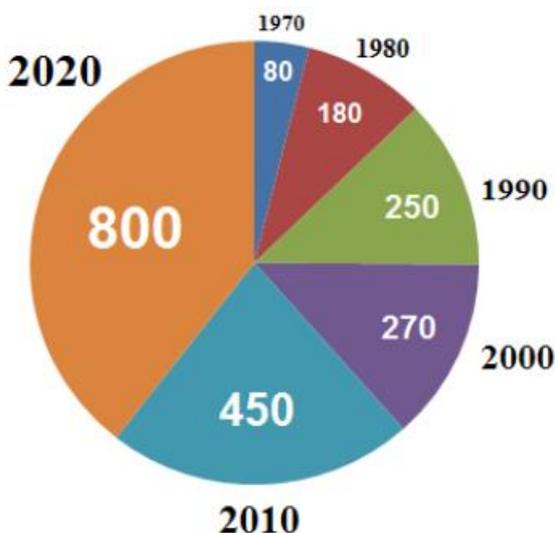
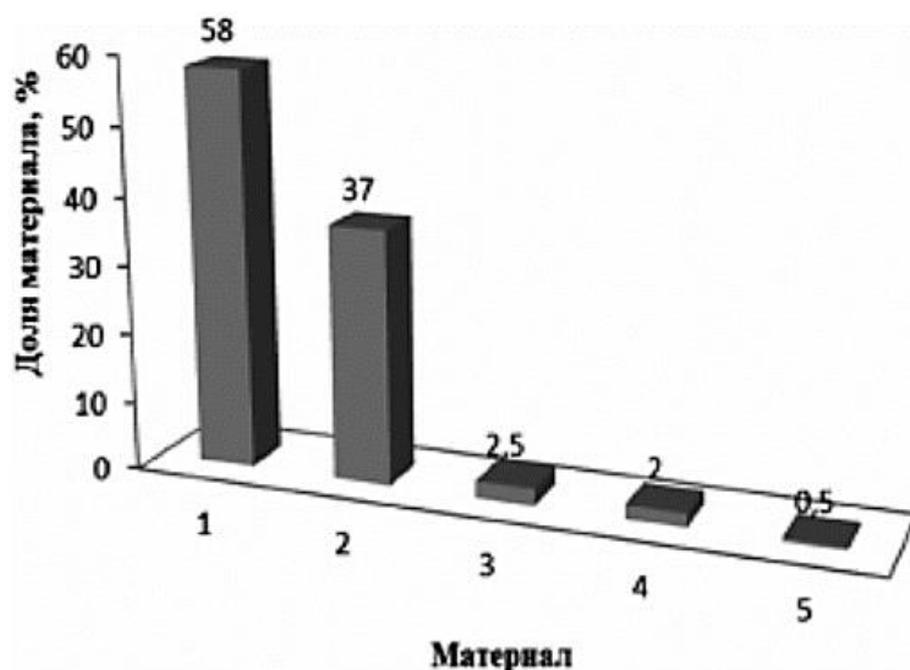


Рисунок 1 – Мировая динамика образования бетонных отходов при сносе и разборке зданий в млн. т

Распределение строительных отходов представлено на рисунке 2.



1 – каменная кладка; 2 – бетон и железобетон; 3 – древесина; 4 – металлы; 5 – прочее

Рисунок 2 – Распределение строительных отходов

В Российской Федерации основная часть строительных отходов подвергается захоронению. Для этого создаются специальные полигоны. Однако, некоторые вещества, входящие в состав отходов, являются канцерогенными и наносят непоправимый вред окружающей среде. В таблице 2 представлены основные вредные вещества, скапливающиеся на полигонах строительных отходов.

Таблица 2 – Вредные вещества строительных отходов

Вещество	Действие	Источник
Полиуретан	канцероген	Связующее
Парафин	канцероген	Краски, кабели, половое покрытие
Свинец	действует на психику	кабели, стальные листы, металлические трубы
Ртуть	влияет на нервную систему и репродуктивные функции	осветительные приборы
Кадмий	отрицательно сказывается на работе печени, почек и кровеносной системы	компонент пластмасс и пигментов
Сера	влияет на дыхательную и нервную системы	Добавка к бетону, связующие

Таким образом, актуальной является разработка технических решений переработки и вторичного использования строительных отходов [1-11].

1.2 Существующие технологии переработки строительных отходов

1.2.1 Характеристика методов переработки отходов

На сегодняшний день распространенной является технология переработки строительных отходов, включающая в себя первичную и вторичную переработку.

Первичная переработка осуществляется непосредственно на месте образования отходов (сносе, реконструкции и строительстве) и заключается в сортировке образуемых отходов и транспортировке их на перерабатывающие предприятия.

Вторичная переработка может включать в себя несколько стадий, основными из которых будет сортировка и складирование лома, и непосредственно переработка отходов во вторичное сырье [2].

На рисунке 3 представлен принципиальная схема переработки строительных отходов.

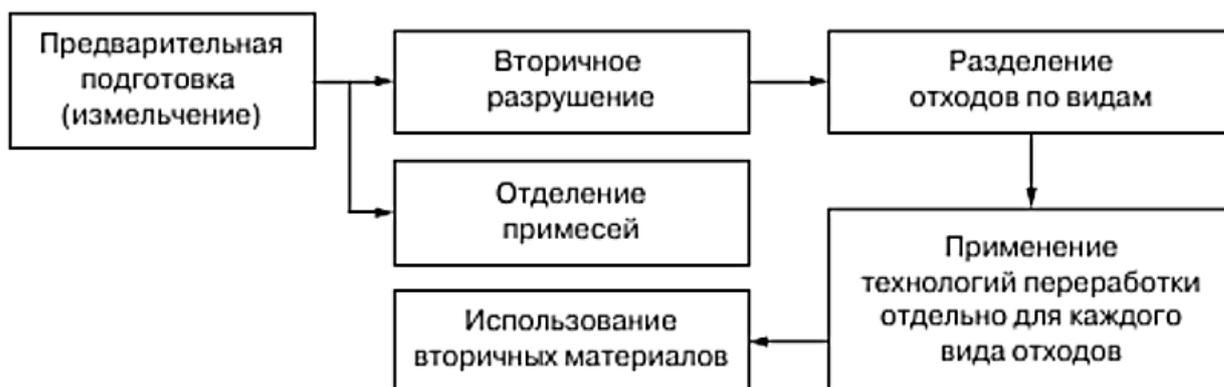


Рисунок 3 – Схема переработки отходов

Таким образом, технология рециклинга отходов предусматривает первичную подготовку сырья, отделение примесей, дробление, фракционирование.

Технологическая переработка конкретного вида строительного отхода может быть различной. Все методы переработки можно разделить на две большие группы: статические и динамические методы (рисунок 4) [3]. Наиболее распространенными являются ударные методы, дробление, раскалывание.

Например, переработка бетона предполагает использование относительно несложных и хорошо зарекомендовавших себя методов дробления. Использование вторичного сырья также способствует развитию рынков сбыта переработанной продукции в некоторых крупных городах, где перерабатывающие предприятия могут выпускать продукцию, конкурентоспособную на рынке по сравнению с продукцией, производимой в карьерах. Кирпич часто представлен в виде смешанной кирпичной кладки или строительным щебнем, смешанным с бетоном. Щебень и кирпич могут использоваться повсеместно при строительстве дорог низкого качества, а также в подстилающих покрытиях в качестве замены первичного щебня. Преимущество рециркулированного дробленого бетона заключается в его физических свойствах: при том же весе продукта, что и у некоторых

щебеночных камней, альтернативный вариант из щебеночного бетона обеспечивает дополнительный объем продукта в 10-15 процентов.

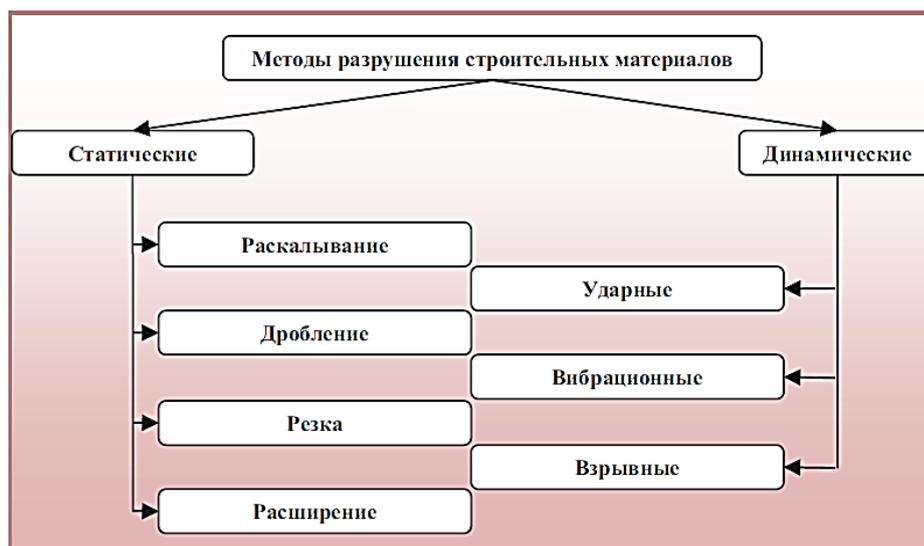


Рисунок 4 – Методы разрушения отходов строительства

1.2.2 Технология переработки бетона и железобетона

Технологическая схема переработки бетонных и железобетонных отходов, получившая распространение на территории нашей страны, представлена на рисунке 5 [4].

Данная схема переработки применима уже после первичной сортировки бетонных отходов (по весу, размеру и т.д.). Основными стадиями переработки бетона принято считать:

- извлечение металлических элементов (арматуры) путем разрушения крупных бетонных отходов;
- измельчение бетона и разделение его по фракциям (по размеру зерен);
- активация фракций.

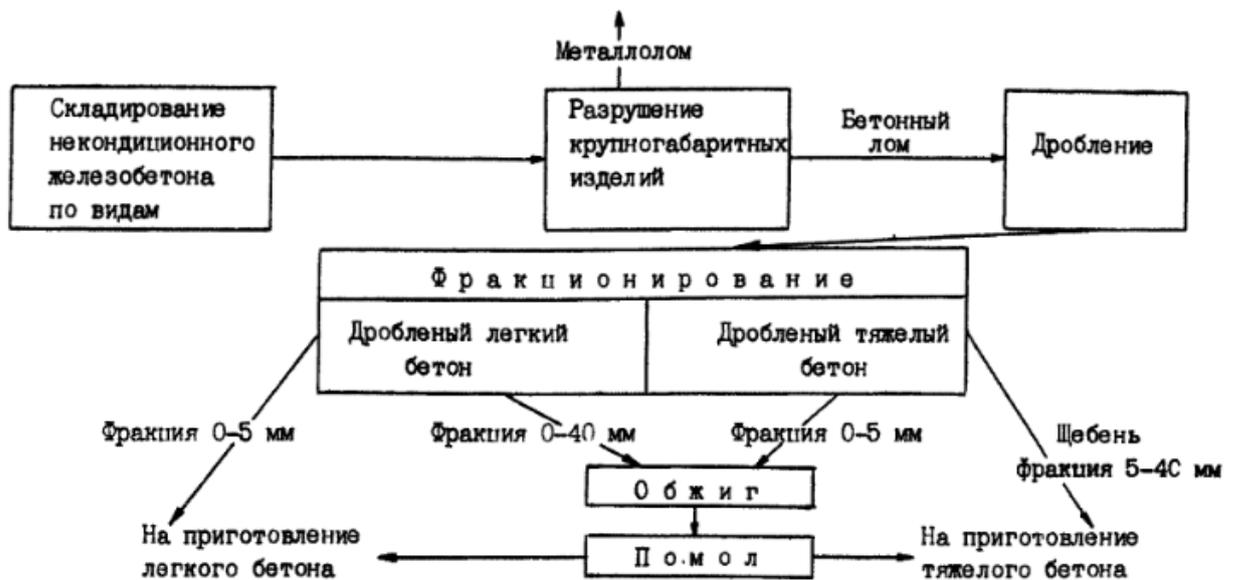


Рисунок 5 – Технологическая схема комплексной переработки бетона и железобетона

С целью разрушения крупных отходов железобетона используются установки первичного дробления (рисунок 6). Принцип работы такого агрегата заключается в следующем [12]:

1. Сырье процесса (крупногабаритный бетон и железобетон) укладывается на колосниковый стол при помощи крана.
2. Далее некондиционное сырье направляется под пресс, работа которого заключается в попеременном поднятии и опускании.
3. По мере дробления продукт опускается через решетку колосникового стола на конвейерную ленту.

Куски арматуры из массы дробленного бетона извлекаются с помощью магнита (рисунок 7) и направляются на переработку металлолома.

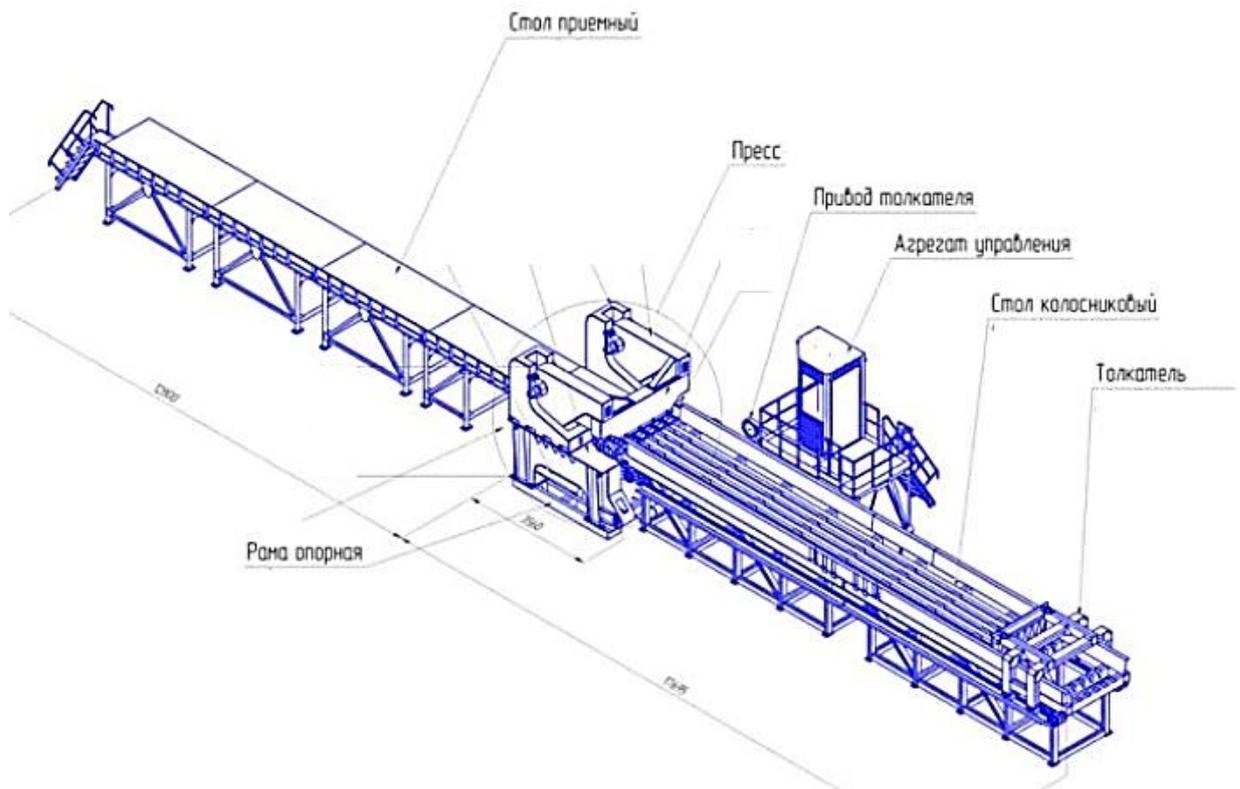


Рисунок 6 – Установка первичного дробления МПР-1500

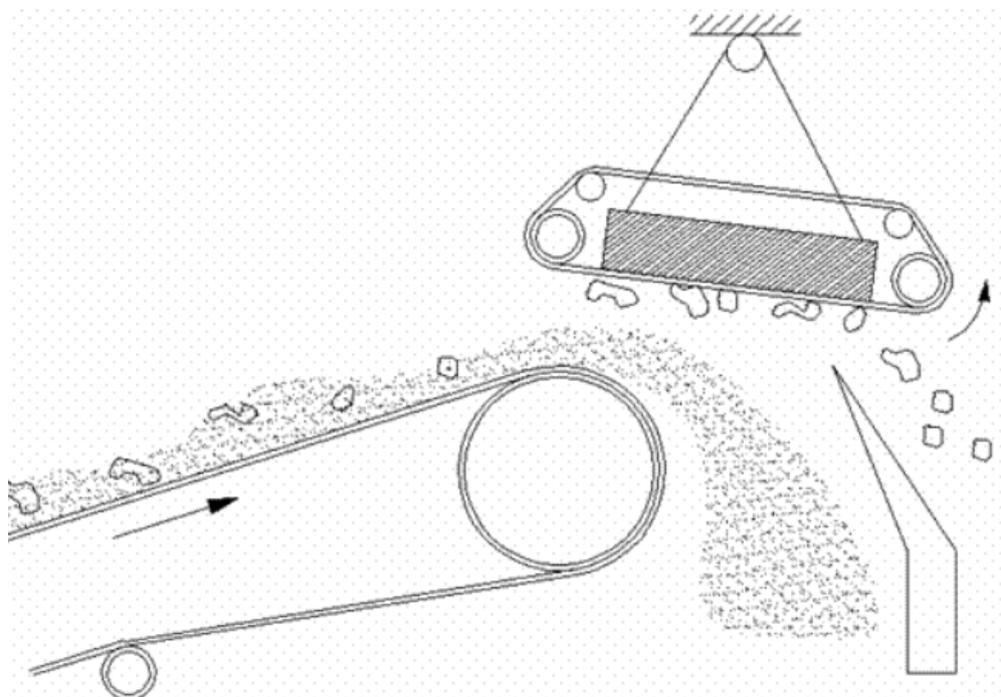


Рисунок 7 – Извлечение арматуры

После первичной обработки бетонного лома дробленый бетон с допустимыми размерами кусков направляется на вторичную переработку, которая включает в себя измельчение и фракционирование. Измельчение происходит на щековых дробилках.

Дробилки - это машины, которые используют металлическую поверхность для дробления или сжатия. Дробилки обычно классифицируют по степени, до которой они измельчают исходный материал. Первичные и вторичные дробилки используются для измельчения крупных материалов, а третичные и четвертичные дробилки предназначены для переработки более мелких фракций.

Щековая дробилка имеет простую конструкцию, проста в эксплуатации, легка в обслуживании, не требует высоких затрат на оборудование и производство.

Щековая дробилка является в первую очередь прессовой дробилкой, в то время как другие работают в основном за счет применения роторного воздействия. Устройство дробилки представлено на рис. 8.

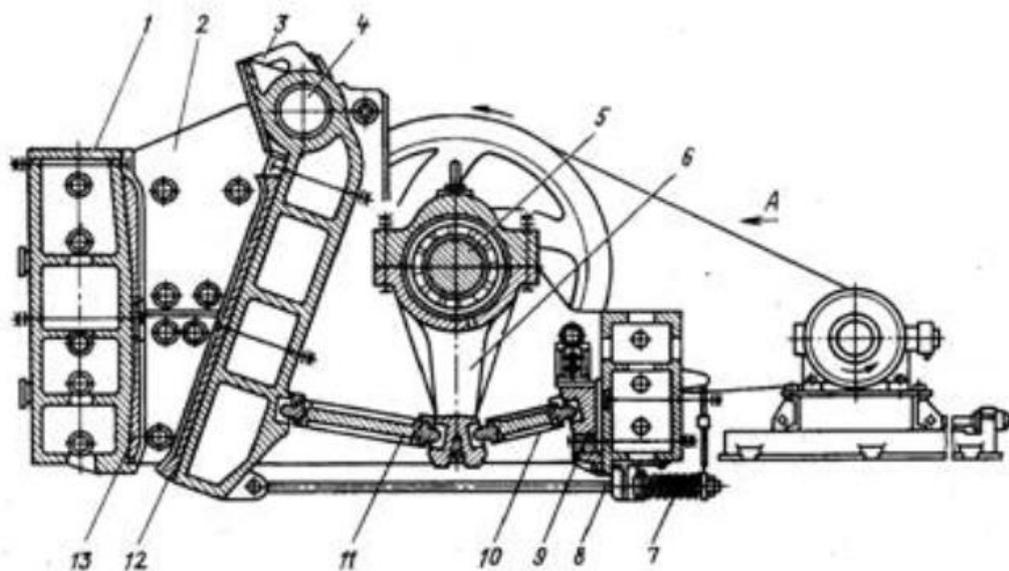


Рисунок 8 – Устройство щековой дробилки

Механизм щековой дробилки основан на концепции "дробление без истирания". Щековая дробилка состоит из двух щек. Первая щека 1 представляет собой неподвижную металлическую поверхность, а вторая 3 осуществляет возвратно-поступательные движения. Камера дробления 2, расположенная между ними, сужается книзу. Подвижная щека установлена на неподвижную ось 4. Шатун 6 и распорные плиты 10, 11 приводят подвижную щеку в движение.

Дробление бетона осуществляется до тех пор, пока не будут достигнуты требуемые размеры зерен. Далее дробленный бетон поступает на сортировку, где отделяются фракции с различным размером (фракции 0-5 мм, 5-10 мм, 10-20 мм и т.д.) [13].

В последствии, если материал требует улучшения определенных свойств, его отправляют на активацию. Химическая активация предполагает собой обработку дробленного бетона при помощи безводных гидратированных оксидов с целью вымывания цементного камня из вторичного щебня.

1.2.3 Патентный поиск

Результаты патентного поиска представлены в таблице 3.

Метод переработки бетонных отходов, представленный в патенте [14], включает следующие этапы: а) нагрев бетонных отходов для определения степени их хрупкости; б) размол и просеивание нагретых бетонных отходов для отделения крупного заполнителя от бетонных отходов; в) размол и просеивание оставшейся после размола крупного заполнителя части бетонных отходов для разделения оставшейся части бетонных отходов на фракции, содержащие цемент, и мелкий заполнитель.

Таблица 3 – Патентный поиск

№ патента	Название	Авторы	Ссылка
1	2	3	4
US 7258737 B2	Метод переработки бетонных отходов	Cheng-Feng Chang	[14]
CN 102060485 A	Цементный бетон, а также способ его приготовления и способ его рециркуляции	周宗辉 程新 王金邦	[15]
US 20090064903 A1	Готовый бетон с использованием переработанного заполнителя бетона	Jason Buesing Ken Buesing Jim Lucero	[16]
RU 2679198	Способ переработки бетонного лома	Овчаренко Г. И., Викторов А. В., Назаров Д.М.	[17]
EP 2 468 695 A1	Метод переработки бетона	Giorgio Ferrari Francesco Surico Alberto Brocchi	[18]

Изобретение [15] раскрывает рециркулируемый цементный бетон, который состоит из цемента, крупного заполнителя, мелкого заполнителя и воды. Метод подготовки крупного заполнителя и мелкого заполнителя состоит из следующих этапов: смешивание сырья, идентичного силикатному цементу, и измельчение для получения порошкообразного материала; гранулирование порошкообразного материала и кальцинирование гранул в печи при 1250-1450 °С для получения спеченного материала; и после выгрузки спеченного материала из печи, естественного охлаждения до комнатной температуры, дробления, формования и проведения ситовой классификации для получения крупного заполнителя и мелкого заполнителя. Изобретение также раскрывает метод подготовки и переработки цементного бетона. Цементный бетон, раскрытый изобретением, имеет превосходные характеристики. По сравнению с традиционным цементным бетоном, поскольку цементный бетон, раскрытый в изобретении, пригоден для повторного использования, ущерб ресурсам и потребление ресурсов значительно снижаются, количество CO₂, выбрасываемого в процессе производства цемента, очевидно, снижается, а строительные отходы не

образуются. Поэтому изобретение оказывает очевидное влияние на охрану ресурсов и окружающей среды и снижает парниковый эффект.

В патенте [16] предлагается готовый бетон и способ приготовления готового бетона с пропорциями смеси, включающими, по крайней мере, 70% вторичных заполнителей и летучую золу. Готовый бетон, включающий цемент, воздух, воду, песок и оставшийся процент рециркулированного заполнителя первичной переработки, так что крупнозернистый рециркулированный заполнитель объединяет до 100% требуемого заполнителя целевого продукта.

«Изобретение относится к области строительства и производства строительных материалов и может быть использовано при производстве кирпича, тротуарной плитки и других мелкоштучных изделий, устройстве оснований, в том числе оснований дорог. Способ предусматривает дробление бетонного лома до кусков размером 0,01-5,0 мм, увлажнение его до нормальной формовочной влажности, добавление 5-40 мас.% низкоосновных алюминатов кальция дисперсностью 2000-3000 см²/г, перемешивание увлажненного бетонного лома и низкоосновных алюминатов кальция, уплотнение полученной однородной смеси при 10-100 МПа. Технический результат - повышение прочности получаемого прессованного строительного материала, утилизирующего отходы производства бетона» [17].

Изобретение [18] относится к методу утилизации остаточного бетона, который превышает количество, необходимое для завершения работы, и, в более общем плане, бетонных смесей, которые по каким-либо причинам не укладываются и остаются неиспользованными. Кроме того, настоящее изобретение относится к материалу, полученному этим методом, и его использованию в качестве агрегированного материала для конкретных и других ценных применений.

Выводы к главе 1

Рассмотрены проблемы образования и накопления строительных отходов. В России большая часть строительных отходов подвергается захоронению на специальных полигонах, в результате чего в окружающую среду выделяется ряд токсичных веществ.

Рассмотрены существующие технологии переработки строительных отходов. В большинстве случаев технология включает в себя стадии измельчения и сортировки.

Подробнее рассмотрена технология переработки бетонного лома во вторичный щебень. Проведен патентный поиск по способам переработки бетонного лома.

Таким образом, исследования мирового научного сообщества направлены на выявление новых способов переработки бетонного лома и применения переработанного бетона в свежих бетонных смесях.

ГЛАВА 2 Свойства вторичного бетона и его применение в строительстве

Использование рециркулированных заполнителей, получаемых из отработанного бетона, как компонента новой конгломератной смеси, предполагает глубокое понимание ее основных свойств, учитывая, что некоторые из них могут существенно отличаться от свойств заполнителей, получаемых из природных ресурсов. Что касается добавок, то их отличия в первую очередь зависят от количества и качества цементного раствора, который прикрепляется к зернам рециклируемого заполнителя (рисунок 9), затем от качества исходного бетона, из которого производится заполнитель путем рециклинга, а также от методов рециклинга. Тем не менее, в тех случаях, когда рециклируемый заполнитель поступает из разных источников, неравномерное качество, т.е. различия в свойствах рециклируемого заполнителя, гораздо более выражены, чем в случае природных заполнителей.

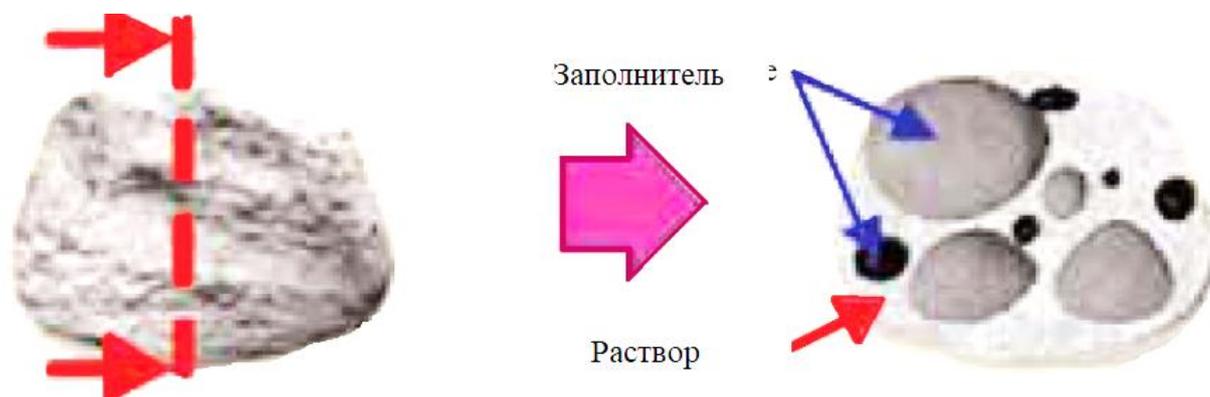


Рисунок 9 – Структура вторичного заполнителя

Бетон представляет собой композит, матрицей которого служит цементно-песочный раствор, а наполнителем – щебень. Свойства бетона, а также методы его разрушения зависят непосредственно от физико-

химических характеристик его составляющих. Особенно важны соотношение цементно-песочной матрицы и щебня и их сила сцепления.

В качестве продуктов дробления бетона образуются песок, щебень и пыль. При этом их содержание в дробленном бетоне составляет соответственно около 80%, 15%, 5%. Важно, что данное соотношения не зависит от характеристик исходного материала, его прочности и метода измельчения.

Классификация рециркулированного крупного заполнителя обычно соответствует стандартам для природного агрегата, в то время как в случае рециркулированного мелкого заполнителя часто необходима корректировка состава, так как, согласно многочисленному практическому опыту, было обнаружено, что часто имеется определенное количество зерна, превышающее требуемое стандартами для природного заполнителя. Показано, что наличие рециркулированного мелкого заполнителя отрицательно влияет на физико-механические свойства бетона, то есть, несмотря на то, что при тщательном проектировании смеси и применении соответствующей технологии производства эти эффекты могут быть сведены к приемлемому уровню, при практическом применении мелкая фракция рециркулированного заполнителя, как правило, не учитывается, так как она полностью заменяется речным песком.

На рисунке 10 показаны различные фракции рециркулирующего заполнителя, получаемого по классической методике.

Согласно результатам микроскопического анализа, измельчение бетона протекает за счет разрушения цементно-песчаной матрицы, в т.ч. на границе контакта с щебнем. При этом деструкции самого щебня практически не происходит. В связи с этим можно сделать вывод, что прочностные характеристики бетона из вторичного материала зависят прежде всего от сил сцепления свежей цементно-песочной смеси с переработанной.



Рисунок 10 - Форма и текстура поверхности различных фракций переработанного заполнителя

Согласно данным [19] наполнитель бетона практически не влияет на форму образовавшихся в результате дробления зерен, которая по большей части является неправильной (более 60%).

Однако показатель кубовидности, применяемый к свежему щебню, не может быть применен к вторичному дробленному бетону из-за того, что зерна имеют очень много шероховатостей и неровностей на границах разлома. Ввиду этого в источнике [19] используется коэффициент развития поверхности, равный отношению площади поверхности зерна к поверхности куба того же объема.

Данный коэффициент может учитываться при подборе состава бетонной смеси из вторичного зерна. Т.е. при высоком коэффициенте будет требоваться повышенный расход цементно-песчаной смеси. Однако при этом увеличенная площадь поверхности зерна при том же объеме дает лучшее сцепление компонентов композита.

На рисунке 11 представлены данные о поверхности образуемых в результате дробления зерен.

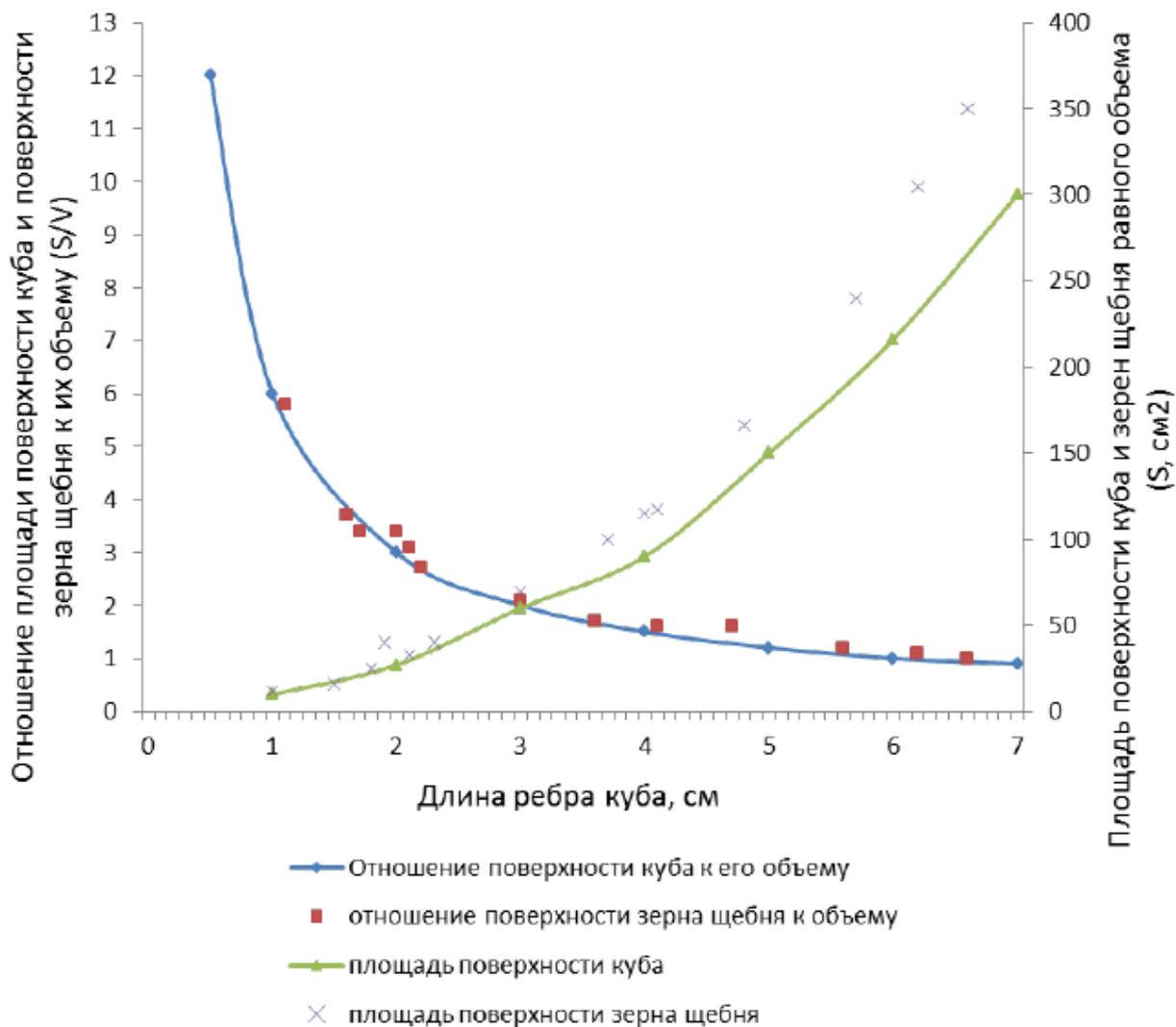


Рисунок 11 – Поверхность зерен вторичного бетона [19]

Истираемость вторичного щебня значительно ниже данного показателя свежего заполнителя. Это связано прежде всего с тем, что зерно вторичного щебня покрыто цементно-песчаной смесью. При использовании вторичного щебня в качестве заполнителя не образуется новых связей между щебнем и свежей смесью цемента и песка.

Данные об истираемости вторичного щебня представлены на рисунке 12.

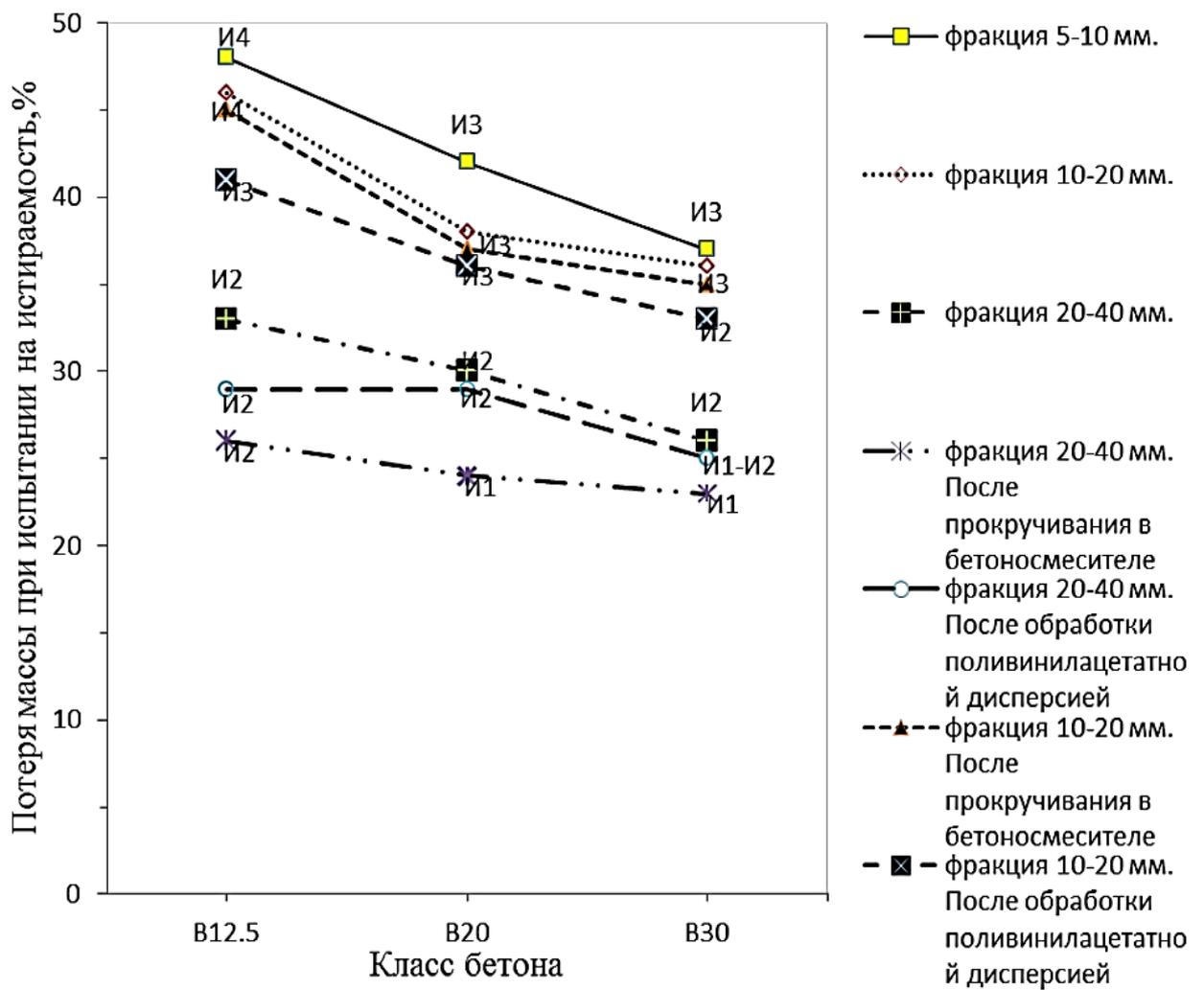


Рисунок 12 – Данные об истираемости вторичного бетона [19]

Выводы к главе 2

Таким образом, основной проблемой использования вторичного бетона в качестве заполнителя является его низкие прочностные характеристики [2]- [5]- [21], обусловленные содержанием в зерне вторичного щебня остатки первичного раствора.

ГЛАВА 3 Разработка технических решений при производстве вторичного бетона

3.1 Возможности улучшения свойств вторичного бетона

В настоящее время предложено несколько способов повышения прочностных характеристик вторичного щебня. Например, в работах [20,21] предлагается использовать специальные дробилки (виброщечковые и конусные инерционные дробилки). Цель применения такого вида оборудования – разрушение цементного камня перерабатываемого бетона.

В работе [19] предлагается перед приготовлением бетонной смеси из вторичного щебня прокручивание его в сухом бетоносмесителе в течение нескольких минут.

Обработка вторичного щебня таким образом характеризуется потерей массы щебня до 30%, при этом становится возможным увеличение стойкости к истиранию с уровня И2 до И1.

В работе [20] предлагается использование метода последовательного дробления – многостадийного измельчения по мягкому режиму. Такой режим возможен в условиях максимальной загрузки дробилки (завала) и максимально открытого отверстия для отгрузки. В таком случае измельчение подаваемого материала достигается за счет ударов зерен материала друг о друга. На рисунке 13 представлены результаты такого метода обработки бетонного лома.

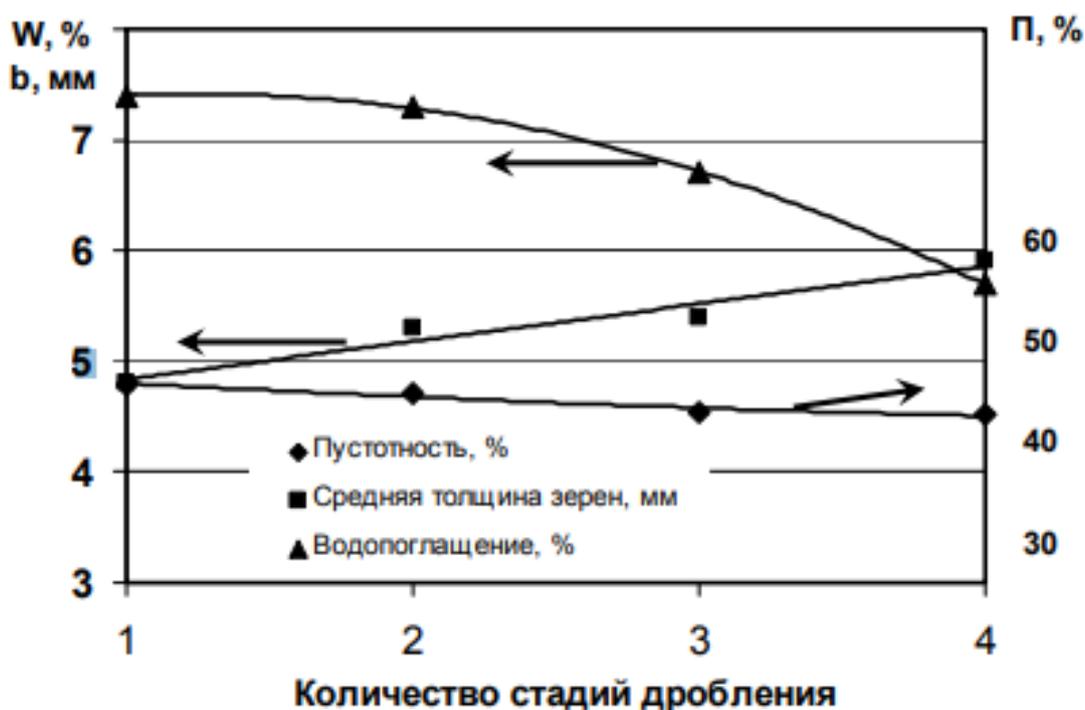


Рисунок 13 – Изменение свойств щебня в зависимости от стадий дробления [20]

Использование нескольких стадий дробления позволяет не только удалить как можно больше цементного камня, но и уменьшить количество пор на поверхности щебня. В результате этого улучшается форма зерна.

На рисунке 14 представлены результаты испытания обработанного вышеописанным методом щебня на прочность [20].

Недостатком такого метода является образование большого количества мелких фракций цементного камня. Их использование в качестве наполнителя (вместо песка) невозможно из-за сниженных прочностных характеристик получаемого материала. Однако, возможна обработка тонкой фракции в шаровой мельнице. Результатом такой операции становится повышение прочности мелкозернистого материала практически в два раза.

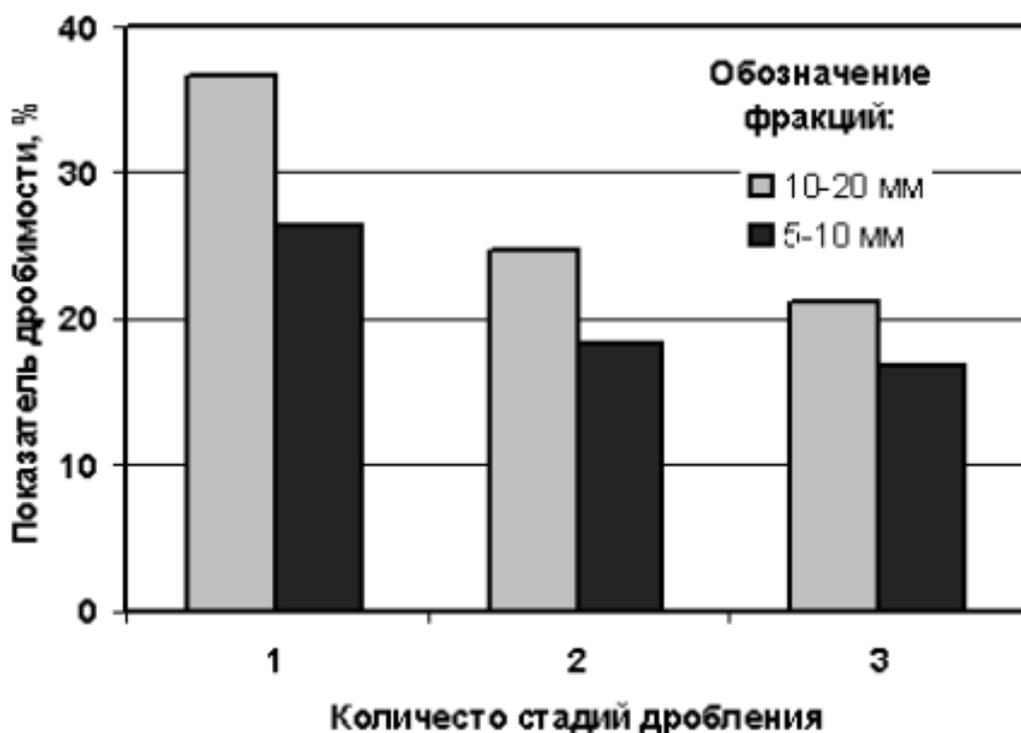


Рисунок 14 – Прочность щебня в зависимости от количества стадий дробления

В работе [17] для улучшения прочностных характеристик дробленного бетона предлагается увлажнение до нормальной формовочной влажности, перемешивание бетонного лома, содержащего гидратированные силикаты кальция, и уплотнение. Бетонный лом дробят до кусков размером 0,01-5,0 мм, после увлажнения добавляют 5-40 мас. % низкоосновных алюминатов кальция дисперсностью 2000-3000 см²/г, а уплотнению подвергают однородную полученную смесь при давлении прессования 10-100 МПа.

Эффект повышения прочности объясняется увеличением контактно-конденсационных свойств материала как за счет геля С-S-H бетонного лома, так и геля Al(OH)₃, образовавшегося при гидратации низкоосновных алюминатов кальция, а так же их взаимодействием.

В работах [22, 23, 24] описывается повышение прочности дробленного бетона за счет введения в его состав полимерных растворов.

Например, в работе [22] описывается ввод в состав мелкой фракции дробленного бетона добавок ПВА (поливинилацетат) и гидрофобизирующей кремнийорганической жидкости ГКЖ-94 .

Характеристики добавки ГКЖ-94 представлены в таблице 4. ГКЖ-94, представляет собой полиметилгидридсилоксан с высоким содержанием групп Si-H. При введении добавки ГКЖ-94 в бетонную смесь происходит химическое взаимодействие добавки с продуктами гидролиза и гидратации цемента. За счет выделения газа образуется мелкопористая структура цементного камня с объемом пор не более 1-2%, при этом цементный камень с такой структурой не оказывает влияния на прочность бетона.

Таблица 4 – Рабочие характеристики добавки ГКЖ-94 [25]

Показатель	Значение
Дозировка добавки от веса цемента	0,1-0,2 %
Марка бетона: - по прочности при сжатии - по морозостойкости при испытании в растворах хлористых солей	400-500 кг/см ² ≥200
Содержание воздуха в бетоне	-
Содержание газа в бетоне	1-2 %

Поливинилацетат (ПВА) - бесцветная нетоксичная термопластичная смола, полученная полимеризацией винилацетата. Основные характеристики ПВА представлены в табл. 5.

Таблица 5 – Требования к качеству ПВА [26]

Показатель	Значение
Сухой остаток, % мас. не менее	49
pH	3,0-3,6
Прочность при сдвиге, не менее кг/см ²	1,5
Вязкость при 20°С, не менее (ВЗ-246)	50-100
Стойкость пленки к статическому воздействию воды, ч. не более	12
Клеящая способность, не менее Н/м	400

На рис. 15 представлено влияние добавок на водопоглощение фракции.

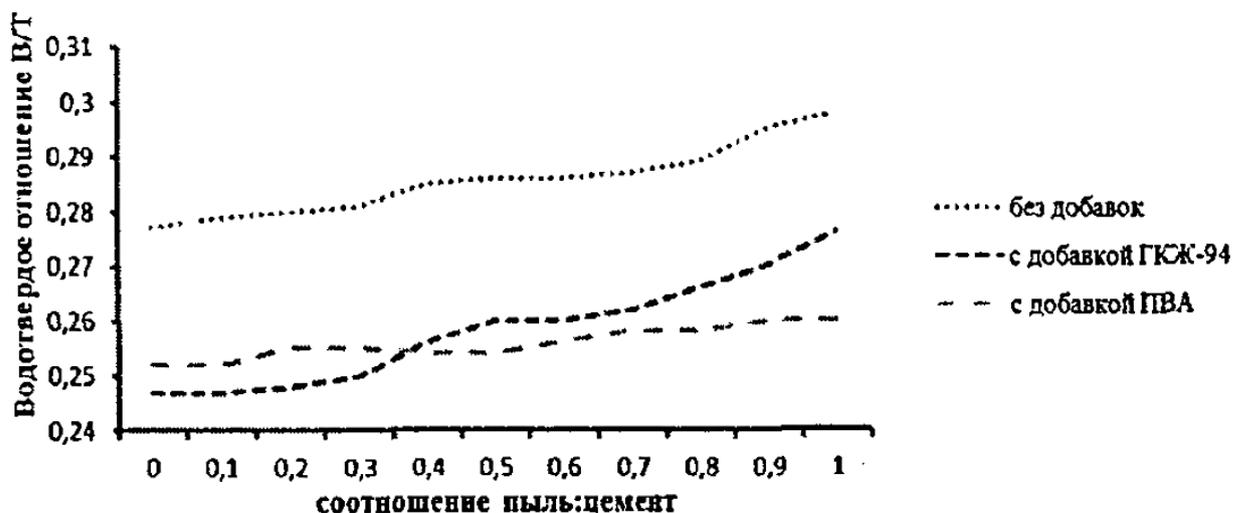
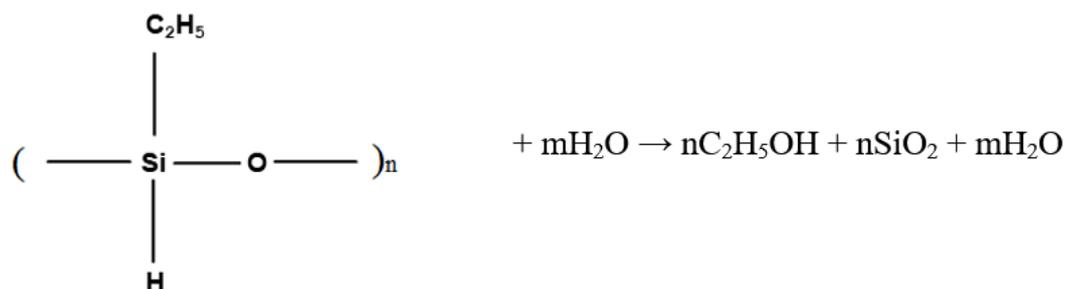


Рисунок 15 – Соотношение вода : цементно-пылевое тесто (В/Т) от добавляемого компонента [22]

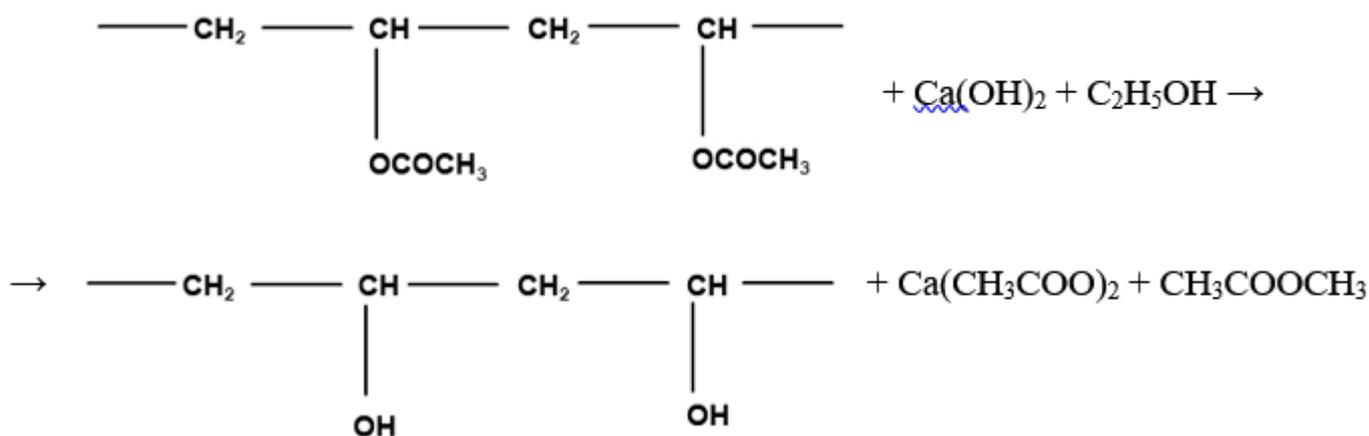
Одновременное введение этих добавок позволяет увеличить прочность цементного камня практически на 30 %.

Химически это описывается следующими уравнениями:

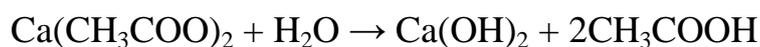
- гидролиз ГКЖ-94



- реакция ПВА с этиловым спиртом, образование поликремниевых КИСЛОТ



- образование гидроксида кальция



Таким образом, при совместном введении в цементную смесь ГКЖ-94 и ПВА теоретически обосновано образование в нем ортокремниевых кислот, способных упрочнять цементный камень за счет образования низкоосновных гидросиликатов кальция.

3.2 Предлагаемое техническое решение

Таким образом, оптимально с точки зрения экономических затрат и простоты оформления технологических операций для промышленной реализации выбрать технологию, представленную на рисунке 16, которая позволит произвести бетон заданной прочности. При этом продукты дробления цемента не требуют деления на отдельные фракции.

За основу предлагаемого технического решения взяты научные разработки, представленные в источнике [22], но так и нереализованные в промышленных масштабах.

Описание технологического процесса:

Первично дробленный бетон с размером кусков не более 200 мм подается в щековую дробилку для вторичного дробления. Образующаяся дробленная смесь не содержит в себе кусков бетона более 40 мм. После чего фракция 0-40 мм подается в смеситель, где осуществляется в течение 2-5 мин

сухое перемешивание. Далее в сухую смесь добавляют $2/3$ от общего количества воды и ПВА. Образующийся раствор тщательно перемешивают и добавляют оставшееся количество воды, цемент, песок и добавку ГКЖ-94. Тщательно перемешивают.

Для переноса имеющейся научной разработки в промышленное использование необходимо подобрать основное технологическое оборудование, а также произвести расчет загрузки компонентов бетонной смеси.

Выводы к главе 3

В данной главе рассматриваются возможности улучшения свойств вторичного щебня. Прочностные характеристики щебня могут быть улучшены путем сухого перемешивания в смесителе перед приготовлением бетонной смеси. Повышение прочностных характеристик в данном случае достигается за счет разрушения остатков затвердевшего раствора с поверхности первичного щебня.

Вторым вариантом улучшения рабочих характеристик бетона является введение в состав вторичного щебня добавок ПВА и ГКЖ-94.

Предложено осуществление промышленной технологии переработки бетонного лома в свежую бетонную смесь.

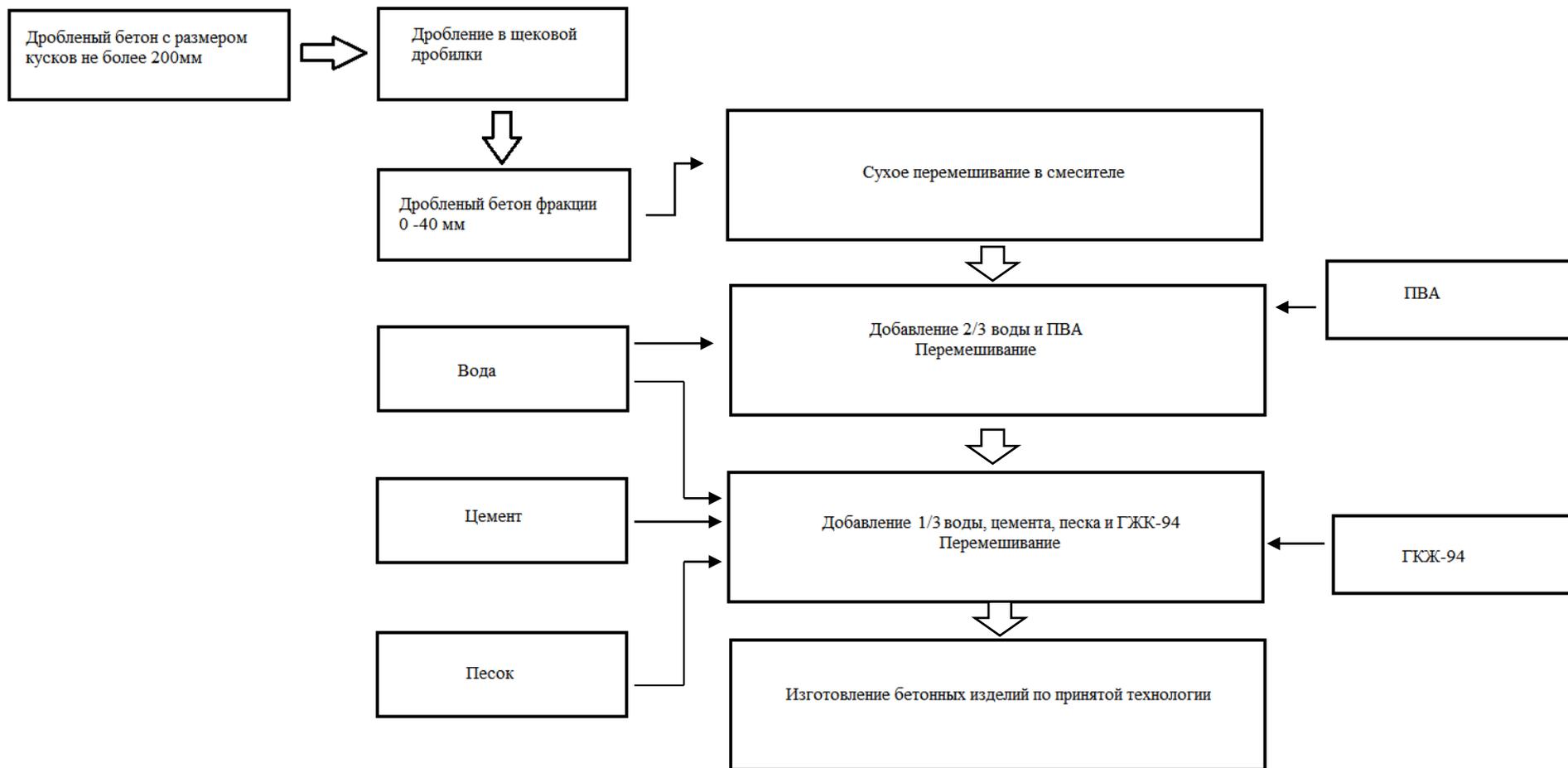


Рисунок 16 – Технология производства изделий из вторичного бетона

ГЛАВА 4 Технологические расчеты по подбору оборудования

4.1 Расчет щековой дробилки

Ширина отверстия для загрузки сырья определяется в зависимости от максимального размера кусков бетона, загружаемого в дробилку [27]:

$$B_{\text{отв}} = \frac{D_6}{0,85}, \quad (1)$$

где $D_6 = 200$ мм – максимальный диаметр кусков бетона (после установки первичного дробления).

$$B_{\text{отв}} = \frac{0,2}{0,85} = 0,235 \text{ м}$$

Согласно данным ГОСТ 27412-93 выбираем стандартную ширину загрузочного отверстия 250 мм. Соответствующая длина $L = 900$ мм.

Высота камеры для дробления зависит от ширины отверстия загрузки согласно следующему выражению:

$$H = a \cdot B_{\text{отв}}, \quad (2)$$

где a – коэффициент, принимаемый равным от 2 до 2,5.

$$H = 2,5 \cdot 0,250 = 0,625 \text{ м}$$

Степень дробления рассчитывается по формуле:

$$i_{\text{др}} = \frac{D_6}{d_3}, \quad (3)$$

где d_3 – максимальный размер готового зерна бетона.

Степень дробления должна соответствовать оптимальному диапазону значений от 3 до 7. Если полученный показатель превышает максимальное оптимальное значение, то требуется несколько стадий дробления.

$$i_{др} = \frac{200}{40} = 5$$

Таким образом, одной стадии дробления достаточно.

Ширина выходной щели b рассчитывается по формуле:

$$b_{щ} = \frac{0,85 \cdot B_{отв}}{i_{др}} \quad (4)$$

$$b_{щ} = \frac{0,85 \cdot 250}{5} = 42,5 \text{ мм}$$

Согласно данным ГОСТ 27412-93 в соответствии с выбранной шириной принимаем номинальное значение ширины выходной щели 40 мм, при этом диапазон регулирования составляет от $- 20$ мм до $+ 40$ мм от номинального значения.

Шаг и высота треугольных рифлений может быть определена по формуле:

$$t_p = 2 \cdot h_p = b \quad (5)$$

где t_p – шаг, мм;

h_p – высота рифлений, мм.

Таким образом:

- шаг рифлений

$$t_p = 40 \text{ мм}$$

- высота рифлений

$$h_p = \frac{40}{2} = 20 \text{ мм}$$

Угол захвата, при котором происходит захват куска бетона между подвижной и неподвижной щеками дробилки, а не выталкивание его наружу, принимается равным $18 - 20^\circ$. Принимаем $\alpha = 20^\circ$.

Интенсивность дробления бетона зависят от ходов сжатия в верхней части камеры и нижней ее части. Ход сжатия будет определяться выражением:

$$S_{\text{верх}} = c \cdot B_{\text{отв}}, \quad (6)$$

где c – коэффициент, принимаемый равным от 0,03 до 0,06.

Примем $c=0,05$, тогда:

$$S_{\text{верх}} = 0,05 \cdot 250 = 12,5 \text{ мм}$$

Ход сжатия в нижней части камеры дробления:

$$S_{\text{низ}} = 8 + 0,76 \cdot b_{\text{щ}} \quad (7)$$

$$S_{\text{низ}} = 8 + 0,76 \cdot 42,5 = 40,3 \text{ мм}$$

Для расчета частоты вращения эксцентрикового вала для дробилок с шириной загрузочного отверстия менее 600 мм используется следующая формула:

$$\vartheta = 17 \cdot b_{\text{щ}}^{-0,3} \quad (8)$$

$$\vartheta = 17 \cdot 42,5^{-0,3} = 5,5 \text{ с}^{-1}$$

Производительность щековой дробилки определяется по формуле:

$$N = \frac{\mu \cdot S_{\text{ср}} \cdot L \cdot \vartheta \cdot b_{\text{щ}} \cdot (B_{\text{отв}} - b_{\text{щ}})}{2 \cdot \tan \alpha \cdot D_{\text{ср}}}, \quad (9)$$

где $\mu = 0,5 \div 0,6$ - коэффициент разрыхления;

$S_{\text{ср}}$ - средний ход сжатия, м:

$$S_{\text{ср}} = \frac{S_{\text{верх}} + S_{\text{низ}}}{2}, \quad (10)$$

$D_{\text{ср}}$ - средний эквивалентный диаметр дробимых частиц, м:

$$D_{\text{ср}} = 0,35 \cdot B_{\text{отв}} \quad (11)$$

Тогда:

- средний эквивалентный диаметр

$$D_{\text{ср}} = 0,35 \cdot 0,25 = 0,088 \text{ м}$$

- средний ход сжатия

$$S_{\text{ср}} = \frac{0,0125 + 0,0403}{2} = 0,0264 \text{ м}$$

- производительность

$$N = \frac{0,6 \cdot 0,0264 \cdot 0,9 \cdot 5,5 \cdot 0,0425 \cdot (0,250 - 0,0425)}{2 \cdot \tan 20 \cdot 0,088} = 0,0108 \frac{\text{м}^3}{\text{с}} = 38,9 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$$

Мощность привода:

$$N_{\text{пр}} = 1,1 \cdot E \cdot k_{\text{м}} \cdot N \cdot \rho \cdot \frac{\sqrt{i_{\text{др}}} - 1}{D_{\text{ср}}} \quad (12)$$

где $E = 8$ кВт · ч/т – энергетический показатель;

$k_{\text{м}} = 1,4$ – коэффициент, зависящий от среднего размера подаваемого сырья, а также ширины загрузочного отверстия;

$\rho = 2,3$ – средняя плотность загружаемого бетона, т/м³.

$$N_{\text{пр}} = 1,1 \cdot 8 \cdot 1,4 \cdot 38,9 \cdot 2,3 \cdot \frac{\sqrt{5} - 1}{88} = 15,5 \text{ кВт}$$

Работа дробления:

$$A = \frac{2 \cdot N_{\text{пр}}}{\vartheta} \quad (13)$$

$$A = \frac{2 \cdot 15500}{5,5} = 5636 \text{ Дж.}$$

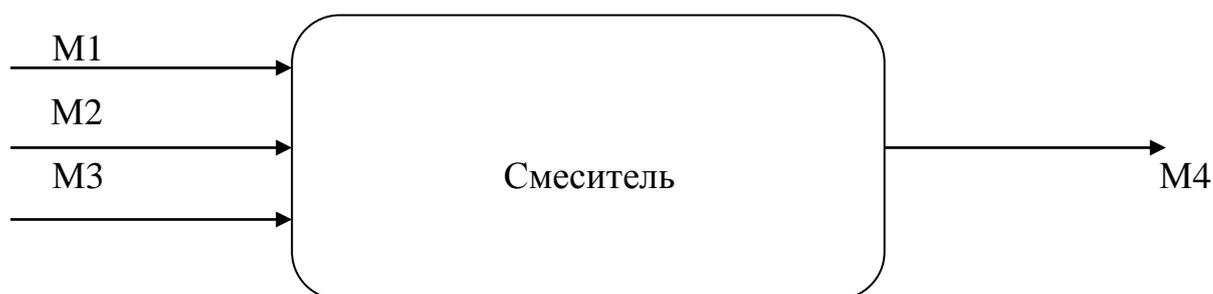
В таблице 6 представлены основные параметры дробилки согласно выбранному типоразмеру.

Таблица 6 – Основные параметры дробилки [28]

Параметр	Значение
Типоразмер	ЩДС-I-2,5×9,0
Ширина приемного отверстия	250 мм
Длина приемного отверстия	900 мм
Максимальный размер куска бетонного лома	210 мм
Ширина выходной щели	40 мм
Диапазон регулирования	от -20 до +40
Габаритные размеры:	
- ширина	2400 мм
- высота	1900 мм
- длина	2300 мм
Мощность привода, не более	45 кВт

4.2 Материальный баланс процесса получения бетона из вторичного щебня

Схема материальных потоков процесса приготовления бетона из вторичного щебня представлена на рис. 17.



M1 – фракция 0-40 мм вторичного бетона; M2 – Вода+ПВА; M3 – Вода, цемент, песок, ГКЖ-94; M4 – готовая бетонная смесь

Рисунок 17 – Схема материальных потоков приготовления бетонной смеси

Состав фракции 0-40 вторичного щебня представлен в таблице 7.

Таблица 7 – Состав дробленного бетона после дробилки [22]

Фракция	Содержание, % мас.
Пыль 0-0,16 мм	5,70
Песок 0,16-5 мм	17,71
Щебень 5-20 мм	53,19
Щебень 20-40 мм	23,40
Итого:	100

При перерасчете количества фракций на 2 т дробленного бетона получим:

$$M_{0-0,16}^1 = 2000 \cdot 0,057 = 114 \text{ кг}$$

$$M_{0,16-5}^1 = 2000 \cdot 0,1771 = 354,2 \text{ кг}$$

$$M_{5-20}^1 = 2000 \cdot 0,5319 = 1063,8 \text{ кг}$$

$$M_{20-40}^1 = 2000 \cdot 0,2040 = 468 \text{ кг}$$

Общее количество воды, подаваемой в смеситель составляет 11% от расходы дробленного бетона. Таким образом, суммарное количество воды, загружаемый в смеситель, будет равно:

$$M_{\text{вода}} = 0,11 \cdot M_{\text{др б}}, \quad (14)$$

где $M_{\text{др б}}$ – масса дробленного бетона.

Рассчитаем общее количество воды при загрузке 2000 кг дробленного бетона.

$$M_{\text{вода}} = 0,11 \cdot 2000 = 220 \text{ кг}$$

При этом $2/3$ от общего количества поступает в смеситель совместно с потоком 2. Количество воды, поступающей в смеситель в составе потока 2:

$$M_{\text{в}}^2 = \frac{2 \cdot 220}{3} = 146,7 \text{ кг}$$

Количество воды в составе потока 3:

$$M_{\text{в}}^3 = \frac{1 \cdot 220}{3} = 73,3 \text{ кг}$$

Содержание ПВА в потоке 2 составляет 6% [22]. Рассчитаем количество ПВА, подаваемого в смеситель:

$$M_{\text{ПВА}} = \frac{0,06 \cdot M_{\text{в}}^2}{(1 - 0,06)} \quad (15)$$

$$M_{\text{ПВА}} = \frac{0,06 \cdot 146,7}{(1 - 0,06)} = 9,4 \text{ кг}$$

Загрузка свежего цемента составляет 22,7 % [22] от количества дробленного бетона. Тогда:

$$M_{\text{ц}} = 0,227 \cdot 2000 = 454 \text{ кг}$$

Загрузка кварцевого песка от количества дробленного бетона составляет 19,3 %.[22]. Тогда:

$$M_{\text{п}} = 0,193 \cdot 2000 = 386 \text{ кг}$$

Количество подаваемой добавки ГКЖ-94 составляет 0,25 % [22] от количества дробленного бетона:

$$M_{\text{ГКЖ94}} = 0,0025 \cdot 2000 = 5 \text{ кг}$$

Согласно основному уравнению материального баланса масса компонентов, поступающих в смеситель, равна массе продукта, выходящего из него:

$$M_1 + M_2 + M_3 = M_4 \quad (16)$$

Тогда количество продукта:

$$M_4 = 2000 + (146,7 + 9,4) + (73,3 + 454 + 386 + 5) = 3074,4 \text{ кг}$$

Материальный баланс процесса представлен в таблице 8.

Таблица 8 – Материальный баланс процесса приготовления бетонной смеси

Приход			Расход		
Поток 1	кг	%	Поток 4	кг	%
- Пыль 0-0,16 мм	114	3,71	- Готовая бетонная смесь	3074,4	100
- Песок 0,16-5 мм	354,2	11,52			
- Щебень 5-20 мм	1063,8	34,60			
- Щебень 20-40 мм	468	15,22			
Поток 2					
- ПВА	9,4	0,31			
- Вода	146,7	4,77			
Поток 3					
- Цемент	454	14,77			
- Песок	386	12,56			
- Вода	73,3	2,38			
- ГКЖ-94	5	0,16			
Итого:	3074,4	100	Итого:	3074,4	100

4.3 Расчет горизонтального бетоносмесителя

При плотности бетонной смеси $\rho_{б.с.} = 2250 \text{ кг/м}^3$ рассчитаем объем готового продукта:

$$V_{пр} = \frac{M_4}{\rho_{б.с.}} \quad (17)$$

$$V_{пр} = \frac{3074,4}{2250} = 1,37 \text{ м}^3$$

Максимальный объем загрузки [29]:

$$V_{max} = \frac{V_{пр}}{k}, \quad (18)$$

где $k=0,7$ – коэффициент выхода бетонной смеси.

$$V_{max} = \frac{1,37}{0,7} = 1,95 \text{ м}^3$$

Внутренний диаметр цилиндра барабана:

$$D_{\text{вн.б.}} = a \cdot \sqrt[3]{V_{\text{max}}}, \quad (19)$$

где $a = 1,7$ – коэффициент.

$$D_{\text{вн.б.}} = 1,7 \cdot \sqrt[3]{1,95} = 2,12 \text{ м}$$

Радиус цилиндрической части барабана:

$$R_{\text{вн.б.}} = \frac{D_{\text{вн.б.}}}{2} \quad (20)$$

$$R_{\text{вн.б.}} = \frac{2,12}{2} = 1,06 \text{ м}$$

Радиус банджа барабана:

$$R_{\text{бан}} = b \cdot R_{\text{вн.б.}}, \quad (21)$$

где $b = 1,1$ – коэффициент.

$$R_{\text{бан}} = 1,1 \cdot 1,06 = 1,17 \text{ м}$$

Диаметр опорного ролика:

$$D_{\text{рол}} = c \cdot 2 \cdot R_{\text{бан}}, \quad (22)$$

где $c = 0,2$ - коэффициент.

$$D_{\text{рол}} = 0,2 \cdot 2 \cdot 1,17 = 0,468 \text{ м}$$

Диаметр цапфы:

$$d_{\text{цап}} = \frac{D_{\text{рол}}}{4} \quad (23)$$

$$d_{\text{цап}} = \frac{0,468}{4} = 0,117$$

Рабочая частота вращения барабана:

$$\vartheta_{\text{раб}} = \frac{0,225 + 0,05 \cdot R_{\text{вн.б.}}}{\sqrt{R_{\text{вн.б.}}}} \quad (24)$$

$$\vartheta_{\text{раб}} = \frac{0,225 + 0,05 \cdot 1,06}{\sqrt{1,06}} = 0,27 \frac{\text{об}}{\text{с}} = 16,2 \text{ об/мин}$$

Угловая скорость:

$$\omega_{\text{раб}} = 2 \cdot \pi \cdot \vartheta_{\text{раб}} \quad (25)$$

$$\omega_{\text{раб}} = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,27 = 1,7 \text{ с}^{-1}$$

Величина силы тяжести смеси:

$$F_{\text{т.см}} = V_{\text{пр}} \cdot \rho_{\text{б.с.}} \cdot g \quad (26)$$

$$F_{\text{т.см}} = 1,37 \cdot 2250 \cdot 9,81 = 30239,325 \text{ Н}$$

Вес барабана:

$$P_{\text{бар}} = d \cdot V_{\text{max}}, \quad (27)$$

где $d=15$ – коэффициент соотношения объема и веса барабана.

$$P_{\text{бар}} = 15 \cdot 1,95 = 29,25 \text{ кН}$$

Мощность двигателя аппарата:

- расходуемая на перемешивание загруженных компонентов

$$N_{\text{ком}} = \frac{2,2 \cdot F_{\text{т.см}} \cdot R_{\text{вн.б.}} \cdot \vartheta_{\text{раб}}}{1000} \quad (28)$$

$$N_{\text{ком}} = \frac{2,2 \cdot 30239,325 \cdot 1,06 \cdot 0,27}{1000} = 18,86 \text{ кВт}$$

- расходуемая на перекачивание барабана

$$N_{\text{пер}} = \frac{(F_{\text{т.см}} + P_{\text{бар}}) \cdot (2 \cdot \sigma + f \cdot d_{\text{цал}}) \cdot R_{\text{бан}} \cdot \omega_{\text{раб}}}{\cos \alpha \cdot D_{\text{рол}}}, \quad (29)$$

где $\sigma = 0,001$ – коэффициент трения бандажа;

$f = 0,01$ – коэффициент трения опорного ролика;

$\alpha = 30^\circ$ – угол установки роликов опоры.

$$N_{\text{пер}} = \frac{(30,239 + 29,250) \cdot (2 \cdot 0,001 + 0,01 \cdot 0,117) \cdot 1,17 \cdot 1,7}{\cos 30 \cdot 0,468} = 0,925 \text{ кВт}$$

КПД привода барабана рассчитывается как произведение КПД всех составляющих:

$$\eta_{\text{общ}} = \eta_{\text{муф}} \cdot \eta_{\text{пп}} \cdot \eta_{\text{зуб з}} \cdot \eta_{\text{пот}} \cdot \eta_{\text{зуб о}}, \quad (30)$$

где $\eta_{\text{муф}} = 0,98$ – КПД муфты;

$\eta_{\text{пп}} = 0,99$ – КПД подшипниковой пары качения;

$\eta_{\text{зуб з}} = 0,98$ – КПЗ закрытой зубчатой передачи;

$\eta_{\text{зуб о}} = 0,95$ – КПД открытой зубчатой передачи;

$\eta_{\text{пот}} = 0,99$ – КПД в зависимости от потери на смазку зубчатых колес.

$$\eta_{\text{общ}} = 0,98 \cdot 0,99 \cdot 0,98 \cdot 0,99 \cdot 0,95 = 0,894$$

Рабочая мощность электродвигателя:

$$N_{\text{рас}} = \frac{N_{\text{ком}} + N_{\text{пер}}}{\eta_{\text{общ}}} \quad (31)$$

$$N_{\text{рас}} = \frac{18,86 + 0,925}{0,894} = 22 \text{ кВт}$$

Общий вид горизонтального смесителя представлен на рис. 18.

Основываясь на произведенных расчетах согласно ГОСТ 16349-85 выбираем типоразмер горизонтального смесителя, удовлетворяющий нашим требованиям.

Основные характеристики выбранного смесителя представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Рабочие параметры бетоносмесителя [30]

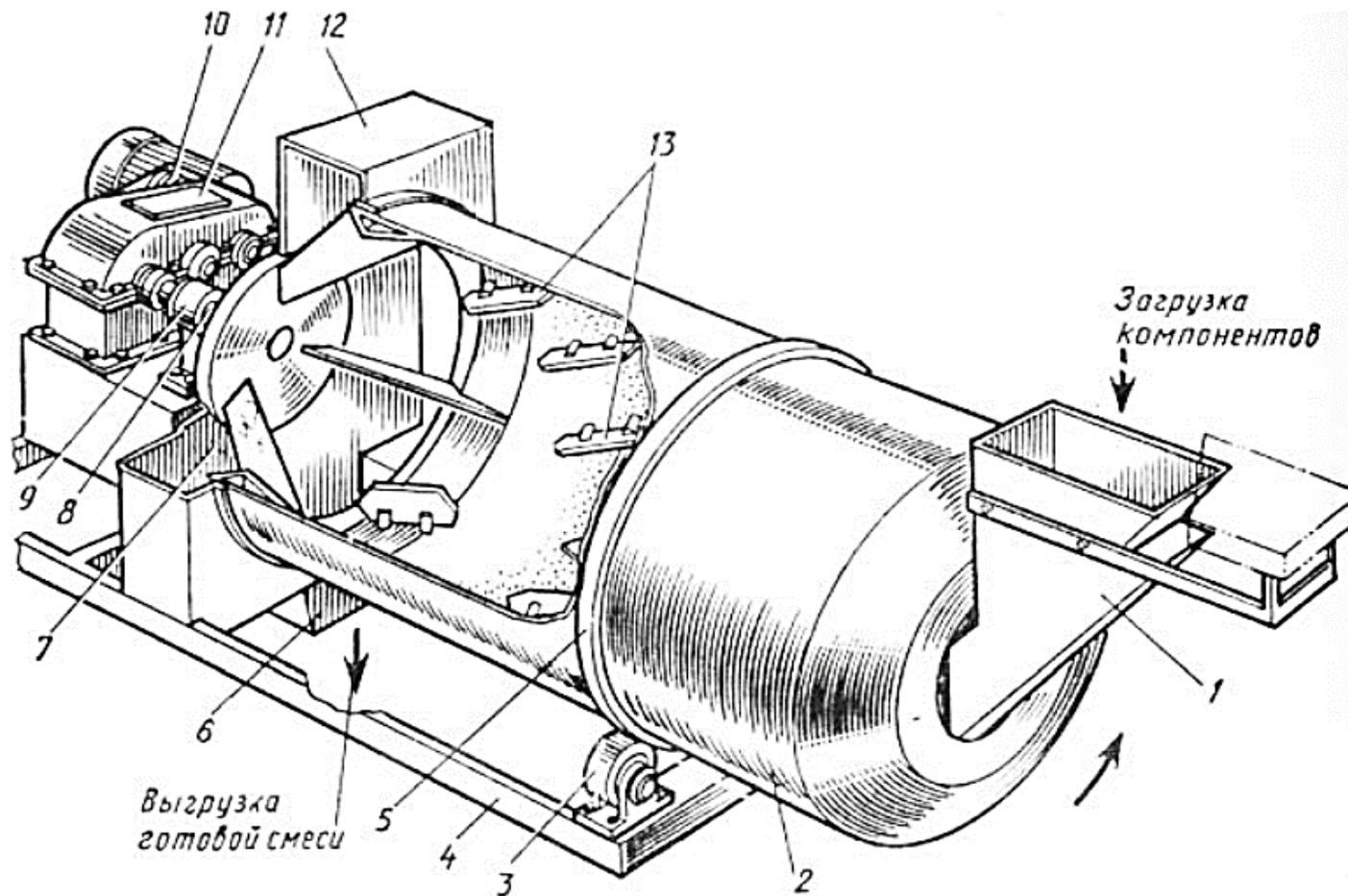
Показатель	Значение
Типоразмер	БГ-3000
Максимально загружаемый объем	3000 л
Объем готовой смеси	2000 л
Число циклов работы	не менее 20 в час
Размеры заполнителя	не более 150 мм
Мощность электропривода	не более 22 кВт
Масса	не более 6300 кг
Удельный расход энергии электропривода	не более 0,007 кВт/л
Удельная масса	не более 2,1 кг/л

Выводы к главе 4

Представлен технологический расчет дробилки бетонного лома до размеров вторичного щебня 0 – 40 мм.

Произведён расчет материального баланса процесса получения бетонной смеси на основе вторичного щебня в качестве заполнителя.

Рассчитан и подобран горизонтальный смеситель для получения бетона заданных прочностных характеристик из вторичного щебня.



1 — камера загрузки, 2 — барабан, 3 — опорный ролик, 4 — рама, 5 — бандаж, 6 — выгрузка, 7 — спицы, 8 — вал, 9 — подшипник, 10 — клиноременная передача, 11 — редуктор, 12 — кожух, 13 — лопасти

Рисунок 18 – Горизонтальный смеситель

Заключение

В работе рассмотрена актуальность переработки строительных отходов с целью вторичного использования, в частности бетонного и железобетонного лома, которая заключается в необходимости снижения негативного влияния строительных отходов на окружающую среду.

Бакалаврская работа содержит в себе информацию о проблеме образования в процессе строительства и сноса сооружений строительных отходов и накопления их на строительных полигонах. Рассмотрено отрицательное влияние компонентов строительного лома на окружающую среду.

Описаны принципы и методы переработки строительных отходов, в частности технология переработки бетонного и железобетонного лома. Чаще всего процесс переработки включает в себя две стадии, первая из которых необходима для первичного дробления бетонных отходов и извлечения из них металлических включений. Вторая стадия нацелена на вторичное дробление и сортировку дробленого продукта по фракциям. Такая технология переработки связана с большими потерями массы бетона вследствие образования большого количества пыли и мелких фракций.

Рассмотрены свойства вторичного бетона. Выяснено, что основной проблемой использования вторичного щебня в качестве наполнителя в новом бетонном растворе является его сниженная прочность.

Рассмотрены возможности улучшения свойств дробленного бетона.

На основании проведенных теоретических исследований предложено техническое решение по осуществлению вторичной переработки бетонного лома с целью получения бетонных изделий требуемой прочности.

Предложенное техническое решение включает в себя дробление бетонного лома с размером кусков не более 200 мм в щековой дробилке. Результатом дробления является образование фракции 0-40 мм дробленного бетона, который в дальнейшем загружается в смеситель для сухого

перемешивания в течение 2 – 5 минут, истирание цементного слоя на поверхности исходного щебня. После чего технология предусматривает загрузку в смеситель расчетного количества воды, цемента и песка, а также добавок ПВА и ГКЖ-94. На выходе из смесителя мы получаем готовую бетонную смесь для производства бетонных изделий, по прочности никак не уступающих изделиям из свежего бетона.

Произведен расчет основного оборудования процесса, а именно щековой дробилки и горизонтального смесителя. В качестве дробилки выбрана щековая дробилка со сложным ходом щеки ЩДС-I-2,5×9,0. В качестве смесителя предложен гравитационный горизонтальный смеситель БГ-3000.

Рассчитан материальный баланс смесителя.

Предложенная технология позволит получать в промышленных масштабах высококачественные бетонные изделия при минимальных потерях сырья за счет отсутствия стадии сортировки, что в свою очередь снижает затраты на оборудование, его обслуживание и ремонт.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Банникова А.С., Чепелева К.В., Пухова В.В. Рециклинг в строительстве: проблемы и перспективы развития на территории восточной Сибири // Современные наукоемкие технологии. – 2018. – № 10. – С. 14-21.
2. Олейник С.П. Строительные отходы при реконструкции зданий и сооружений// Интернет-журнал «Отходы и ресурсы» Том 3, No2(2016). – С. 10.
3. Кравцова М.В., Васильев А.В., Кравцов А.В. Анализ методов утилизации отходов строительства с последующим вовлечением их во вторичный оборот / Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2015. - №4(4). – С. 804-809.
4. Рекомендации по переработке и использованию отходов предприятий сборного железобетона / Госстрой СССР. – М. – 1987 г. – 17 с.
5. Задиранов А.Н., Малькова М.Ю., Нурмагамедов Т.Н. Перспективы применения современных технологий по переработке строительных отходов / Вестник РУДН. – 2017. – Т18. - №2. – С. 236-244.
6. Фархатов М.А., Кужин М.Ф. Организация переработки отходов бетона и вторичное использование бетонов в строительстве / Системные технологии. – 2018. - №26. – С. 100-103.
7. C. Jeffrey. Construction and Demolition Waste Recycling: A Literature Review / Dalhousie University. – 2011. – P. 35.
8. Lau, H. H. Whyte, A. and Law, P.L. Composition and Characteristics of Construction Waste Generated by Residential Housing Project / Int. J. Environ. Res., 2(3): 261-268. – 2008.
9. Cochran K.M. CONSTRUCTION AND DEMOLITION DEBRIS RECYCLING: METHODS, MARKETS, AND POLICY / UNIVERSITY OF FLORIDA. – 2006. – 15 p.

10. Fuminori Tomosawa, Takafumi Noguchi, Masaki Tamura. The Way Concrete Recycling Should Be / Journal of Advanced Concrete Technology Vol. 3, No. 1, - 2005. – P. 3-16.

11. CONSTRUCTION AND DEMOLITION WASTE GUIDE - RECYCLING AND RE-USE ACROSS THE SUPPLY CHAIN / URL: <https://www.environment.gov.au/system/files/resources/b0ac5ce4-4253-4d2b-b001-0becf84b52b8/files/case-studies.pdf>

12. Гусев Б.В., Загурский, В.А. Вторичное использование бетонов / Под ред. Е.А. Волковой. – М. : Стройиздат, 1988 г. - 96 с

13. Dr.Jassim M. Abdulkarim, Dunia Y. Rahim, Abdul jabbar J. Development Design for Jaw Crusher Used in Cement Factories / International Journal of Scientific & Engineering Research Vol. 7/6. – 2016. – P. 445-456.

14. Patent US7258737B2. Method for recycling concrete waste / Cheng-Feng Chang. – USA, 2005. – 5 p.

15. Patent CN102060485A. Cement concrete, and preparation method and recycling method thereof / 周宗辉 程新 王金邦. – China, 2010. – 6 p.

16. Patent US20090064903A1. Ready-mix concrete using recycled concrete aggregate / Jason Buesing, Ken Buesing, Jim Lucero. – USA, 2010. – 11 p.

17. Патент RU 2679198. Способ переработки бетонного лома. Овчаренко Г. И., Викторов А. В., Назаров Д.М. / ФГБОУ ВО «АлтГТУ». – 2017. – 9 с.

18. Patent EP2468695A1. Method for recycling concrete / Giorgio Ferrari, Francesco Surico, Alberto Brocchi. - MAPEI SpA, 2010. – 10 p.

19. Курочка П.Н., Мирзалиев Р.Р. Свойства щебня из продуктов дробления вторичного бетона как инертного заполнителя бетонных смесей // Инженерный вестник Дона. 2012. №4 (часть 2).

20. Коровкин М.О., Шестернин А.И., Ерошкина Н.А. Использование дробленого бетонного лома в качестве заполнителя для самоуплотняющегося бетона // Инженерный вестник Дона. 2015. Т. 37. № 3. С. 85.

21. Арсентьев В.А., Мармандян В.З., Добромыслов Д.Д. Современные технологические линии для строительного рециклинга // Строительные материалы. 2006. № 8. С. 64-66.
22. Мирзаев Р.Р. Бетоны с заполнителями из продуктов дробления вторичного бетона / Диссертация на соискание ученой степени канд. техн. Наук. – Ростов-на-Дону. – 2013.
23. Гусев Б.В., Загурский В.А. Вторичное использование бетонов. М.: Стройиздат, 1988. 97 с.
24. Дворкин Л.И., Дворкин О.Л. Строительные материалы из отходов промышленности. Ростов н/Д: Феникс, 2007. 368 с
25. ГОСТ 10834-76. ЖИДКОСТЬ ГИДРОФОБИЗИРУЮЩАЯ 136-41 Технические условия. – М. : Изд-во Стандартов, 1997. – 10 с.
26. ТУ 2332-005-48779754-2004. Клей ПВА-Строительный, Универсальный, Экстра, Бордюрный / ООО «Перспектива ЛКМ». – 2005. – 15 с.
27. Пономарев В. Б., Лошкарев А. Б. Щековые и конусные дробилки. Методические указания по курсовому проектированию / Учебное пособие под ред. В. Я. Дзюзер. – Екатеринбург : ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2008. – 71 с.
28. ГОСТ 27412-93. Дробилки щековые. Общие технические условия. – М. : ИПК Изд-во стандартов, 1997. – 12 с.
29. Борщевский, А.А. Механическое оборудование для производства строительных материалов и изделий / А.А. Борщевский, А.С. Ильин. – М.: Высшая школа, 1987.
30. ГОСТ 16349-85. СМЕСИТЕЛИ ЦИКЛИЧНЫЕ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ. Технические условия. - М.: ИПК Издательство стандартов, 1999. – 17 с.