Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Инженерно-строительный институт
Кафедра Строительных материалов и технологии строительства

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
Енджиевская И.Г.

_____ _____
подпись инициалы, фамилия
« ____» _____ 20 __ г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

08.03.01.17 Технология бетонного производства

Малое предприятие по переработке и использованию бетонного лома

Руководитель _____ к.т.н, профессор В.А. Шевченко
подпись, дата должность, ученая степень инициалы, фамилия

Выпускник _____ С.Ю. Гонтарь
подпись, дата инициалы, фамилия

_____ В.А. Зубаровская
подпись, дата инициалы, фамилия

Красноярск 2020

Продолжение титульного листа БР по теме «Малое предприятие по переработке и использованию бетонного лома»

Консультанты по разделам:

Оценка результатов испытания вторичного заполнителя		В.А. Шевченко
наименование раздела	подпись, дата	инициалы, фамилия
Расчет состава бетонной смеси		В.А. Шевченко
наименование раздела	подпись, дата	инициалы, фамилия
Планировка производственных территорий		Л.Г. Макарова
наименование раздела	подпись, дата	инициалы, фамилия
Разработка технологических схем и подбор оборудования		Е.С. Турышева
наименование раздела	подпись, дата	инициалы, фамилия
Нормоконтролер		В.А. Шевченко
	подпись, дата	инициалы, фамилия

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Инженерно-строительный институт
Кафедра Строительных материалов и технологии строительства

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
Енджиевская И.Г.

_____ _____
подпись инициалы, фамилия
« ____» _____ 20 __ г.

ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ

в форме <u>бакалаврской работы</u>

Студенту *Гонтарь Софье Юрьевне, Зубаровской Валерии Алексеевне*
фамилия, имя, отчество

Группа СБ16-41БП Направление (профиль) 08.03.01.17
номер код

«Строительство» - профиль подготовки «Технология бетонного производства»
наименование

Тема выпускной квалификационной работы: Малое предприятие по переработке и использованию бетонного лома

Утверждена приказом по университету №7679/с от 11.06.2020 г.

Руководитель ВКР В.А. Шевченко, к.т.н., профессор СМиТС ИСИ СФУ
инициалы, фамилия, должность, ученая степень, место работы

Исходные данные для ВКР бакалавра: Изучить свойства вторичного крупного заполнителя из бетонного лома; разработать участок по переработке и использованию заполнителя из бетонного лома.

Перечень разделов ВКР бакалавра: Состояние вопроса; экспериментальная часть; технологическая часть; охрана окружающей среды

Перечень графического материала: Экспериментальная часть – 2 листа; технологическая часть – 8 листов.

Руководитель ВКР _____ В.А. Шевченко
подпись инициалы, фамилия

Задание принял к исполнению _____ С.Ю. Гонтарь
подпись инициалы, фамилия

_____ В.А. Зубаровская
подпись инициалы, фамилия

«___» _____ 2020 г.

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Малое предприятие по переработке и использованию бетонного лома» включает пояснительную записку объемом 120 страниц, содержащую 35 рисунков, 17 таблиц, 27 использованных источников, 5 приложений. Графическая часть представлена в 10 чертежах.

Ключевые слова:

ВТОРИЧНЫЙ ЗАПОЛНИТЕЛЬ, КРУПНЫЙ ЗАПОЛНИТЕЛЬ, ЗАПОЛНИТЕЛЬ ИЗ БЕТОННОГО ЛОМА, ГРАВИЙ, ЩЕБЕНЬ, ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ ЗАПОЛНИТЕЛЕЙ ИЗ ДРОБЛЕНОГО БЕТОНА, ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ, БЕТОННЙ ЛОМ, ДРОБЛЕНЫЙ БЕТОН, БЕТОННАЯ СМЕСЬ, ФУНДАМЕНТНЫЕ БЛОКИ.

Объектом изучения в данной работе выступает крупный заполнитель из бетонного лома.

Целью настоящей работы является изучение свойств крупного заполнителя из дробленого бетона и разработка технологии его получения и использования. К задачам относятся следующие:

1. Изучить свойства заполнителя из бетонного лома;
2. Разработать составы бетонной смеси и изучить свойства бетона на заполнителе из бетонного лома;
3. Разработать участок по переработке некондиционного железобетона с целью получения вторичного заполнителя для производства бетонных смесей и изделий на их основе.

В результате работы были проведены испытания заполнителя из бетонного лома на физико-механические свойства в соответствии с требованиями ГОСТ и произведен анализ в сравнении с показателями природного крупного заполнителя, произведена оценка влияния вторичного заполнителя на бетон путем исследования свойств образцов бетона на их основе, разработаны технологические линии и план участка по переработке и использованию заполнителя из бетонного лома.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 7
Глава 1 Состояние вопроса 9
1.1 Предпосылки использования бетонного лома 9
1.2 Методы разрушения бетонного лома 11
1.3 Технология переработки некондиционного бетона и железобетона 26
1.4. Требования ГОСТ к вторичному заполнителю и область его применения 28
Глава 2 Экспериментальная часть 38
2.1 Методика исследования свойств заполнителей 38
2.2 Методика исследования свойств бетона 42
2.3 Результаты исследований 44
2.4 Расчет состава бетона 46
Глава 3 Технологическая часть 54
3.1 Расчет производительности производства 54
3.2 Технология получения вторичного заполнителя из бетонного лома 61
Вторичный заполнитель получается при использовании установок первичного и вторичного дробления. 61
3.3 Технология изготовления бетонной смеси из вторичного заполнителя 81
3.4 Технология изготовления фундаментных блоков 92
Глава 4 Охрана окружающей среды 99
ЗАКЛЮЧЕНИЕ 101
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ 103
ПРИЛОЖЕНИЕ А 107
ПРИЛОЖЕНИЕ Б 108
ПРИЛОЖЕНИЕ В 109
ПРИЛОЖЕНИЕ Г 110
ПРИЛОЖЕНИЕ Д 118

ВВЕДЕНИЕ

Строительство – одна из самых материалоемких областей деятельности человека, главной задачей которой является создание искусственной среды обитания, включающей в себя строительство жилых, общественных и промышленных зданий, дорог и инженерных сооружений различного назначения. Основным конструкционным материалом современного строительства является железобетон, который благодаря своим технико-экономическим характеристикам сегодня занимает доминирующее положения почти во всех видах строительства.

С каждым годом развивается строительство новых объектов промышленной и гражданской инфраструктуры, возрастает потребность в реконструкции жилого фонда и промышленных предприятий, автодорог и прочих объектов строительства. Вместе с этим растет и необходимость в территориях под новое строительство и отчуждении земель под свалки строительных отходов, образующихся при разрушении бетонных и железобетонных изделий и конструкций.

Однако важнейшей проблемой некондиционной продукции является малая востребованность использования вторичного сырья в новом строительстве, поэтому огромный объем бетонного лома скапливается в отвалах и полигонах, занимая большие площади пригодных для сельскохозяйственной деятельности земель, загромождает склады готовой продукции, захламляет территории заводов.

Рециклированная продукция может использоваться в промышленности сборного железобетона в менее ответственных зданиях и сооружениях пониженной этажности, при строительстве временных дорог и в индивидуальных застройках. Таким образом, для возведения малоэтажных зданий, их отдельных элементов, при строительстве временных дорог могло бы быть использовано более 1,2 млн тонн металла и около 40 млн тонн

бетонного лома, что в конечном итоге несет не только экологическую эффективность (в сокращении объемов накоплений бетонного лома), но и экономическую – готовый вторичный продукт позволяет снизить себестоимость изделий за счет необходимости затрат только на обработку и фракционирование. Современные технологии в строительстве могли бы обеспечить применение рациональных технологических схем переработки бетонного лома, что позволило бы перейти на безотходное производство в строительстве и уменьшить расход природных заполнителей.

Целью работы является изучение свойств крупного заполнителя из дробленого бетона и разработка технологии его получения и использования.

К задачам на достижение поставленных целей относятся следующие:

1. Изучить свойства заполнителя из бетонного лома;
2. Разработать составы и изучить свойства бетона на заполнителе из бетонного лома;
3. Разработать участок по переработке некондиционного железобетона с целью получения вторичного заполнителя для производства бетонных смесей и изделий на их основе.

Глава 1 Состояние вопроса

Основным строительным материалом является бетон и железобетон, который, несмотря на то, что характеризуется высокими эксплуатационными свойствами, имеет тем не менее ограниченный срок эксплуатации. Поэтому ежегодно при демонтаже морально и физически изношенных зданий и сооружений образуется большое количество бетонного лома, который необходимо утилизировать или отправлять на переработку.

1.1 Предпосылки использования бетонного лома

Наибольший интерес в утилизации строительных отходов представляет их переработка для использования в качестве крупного заполнителя в производстве новых бетонных и железобетонных изделий и конструкций. Первые разработки по использованию бетонного лома в качестве заполнителя были опубликованы в 1946 г. советским ученым П.И. Глужге, в 1975 г. был создан Технический комитет под названием «Разрушение и вторичное использование материалов», а позже состоялся Первый международный симпозиум «Механизмы по разрушению железобетона и повторное использование материалов», позволивший объединить накопившийся в этой области опыт и других стран. В итоге, в 1984 г. НИИИЖБ Госстроя СССР издал "Рекомендации по применению продуктов переработки некондиционных бетонных и железобетонных изделий" [1], после чего многие ученые задались вопросом изучения свойств и технологий тяжелого бетона на заполнителях из бетонного лома. К настоящему времени разработан ГОСТ 32495-2013 «Щебень, песок и песчано-щебеночные смеси из дробленого бетона и железобетона. Технические условия» [2], регламентирующий использование вторичного заполнителя из дробленого бетона в производстве бетонных и железобетонных изделий.

Согласно приведенному ГОСТ 32495-2013 [2], *щебень из дробленого бетона* – это неорганический зернистый сыпучий материал с зернами крупностью свыше 5 мм, получаемый из дробленого бетона при разрушении зданий и сооружений, мостовых конструкций, покрытий из бетона в дорожном строительстве, а также старых покрытий взлетно-посадочных полос и перронов аэродромов, бетонных плит различного назначения и применяемый в качестве крупного заполнителя для бетонов и изготовления песчано-щебеночных смесей.

Подобный вид заполнителя актуален для регионов с малым запасом сырья для изготовления инертных заполнителей в производстве бетона или не подходящим по своим характеристикам для использования в строительстве.

Решение задачи рационального использования щебня из дробленого бетона сводится к разработке технологий по повышению прочностных характеристик крупного вторичного заполнителя для использования в бетонах прочностью до 25 МПа, технологий по отделению растворной составляющей от зерен заполнителя (применение рациональных технологических схем переработки отходов), а также к проведению исследований по эффективности использования вторичного заполнителя на предприятиях строительной индустрии.

Конкурентоспособность щебня из дробленого бетона с природным щебнем обусловлена тем, что их применение в бетонах класса до В25 и ниже позволяет получить бетон той же прочности (или незначительно ниже), что и при использовании природных крупных заполнителей.

Однако, существующие сложности при утилизации щебня из дробленого бетона, вызванные, прежде всего особенностью свойств и неоднородностью исходного материала по прочности, зерновому составу, загрязненности, содержанию слабых составляющих и т.д., сдерживают широкое использование щебня из дробленого бетона в технологии

железобетонных конструкций и в строительстве. Кроме того, наличие растворной части на зернах щебня способствует значительному ухудшению многих эксплуатационных характеристик бетона на заполнителе из бетонного лома.

Таким образом, применение щебня из дробленого бетона рекомендуется в производстве бетона, где допускается использование гравия в качестве крупного заполнителя: при устройстве подстилающего слоя подъездных и малонапряженных дорог; фундаментов под складские и производственные помещения и небольшие механизмы; при устройстве основания или покрытия пешеходных дорожек, автостоянок, прогулочных аллей, откосов вдоль рек и каналов; при приготовлении бетона, используемого для устройства покрытия пешеходных дорожек, внутренних площадок гаражей; при заводском производстве бетонных и железобетонных изделий прочностью преимущественно до 25 МПа.

1.2 Методы разрушения бетонного лома

Увеличение объемов реконструкции зданий и необходимости разрушения изделий и конструкций влечет за собой развитие в области технологии разрушения строительных конструкций. Существуют статические (раскалывание, дробление, резка и расширение) и динамические (ударное, вибрационное, взрывные) методы разрушения строительных материалов. Отмечено, что удельные энергетические затраты более низкие при динамических методах.

Способ разрушения определяется на основании вида здания и его конструктивных решений, использованных при строительстве материалов, условий работ и наличия соответствующей техники.

Технология разрушения ударными методами

К этому методу относят применение гидравлических и пневматических методов, установленных на самоходных установках с дистанционным управлением. Преимущество таких машин в их высокой производительности, мобильности, возможности точной концентрации энергии удара и расширения зоны разрушения.

В гидравлических молотах (рисунок 1) ударная энергия создается с помощью жидкости, нагнетаемой под очень высоким давлением (13…15 МПа). В пневматических молотах ударная энергия возникает за счет расширения сжатого воздуха в цилиндре молота и быстрого перемещения поршня к наковальне, которая передает высвобождающуюся ударную энергию к зубилу. Такая конструкция молота основана на способности воздуха сжиматься и сообщать движение при расширении. Подача сжатого воздуха обеспечивается компрессором при рабочем давлении 600…700 кПа.

Гидравлические молоты по сравнению с пневматическими имеют меньший уровень шума, вибрации и пылеобразования. Здесь лучше всего зарекомендовали себя гидравлические молоты с энергией единичного удара 9000 Дж и гидропневматические установки с нагрузкой до 3000 Дж.

Рисунок 1 – Гидромолот для экскаватора

Пневматические отбойные молотки (рисунок 2) с энергией удара 30—45 Дж применяются для разборки бетонных и асфальтобетонных покрытий, кирпичных стен. Пневматические ручные машины при работе включаются нажатием с определенным усилием на рукоятку, а выключаются при снятии усилия с рукоятки.

Рисунок 2 - Ручной пневматический молоток для асфальтобетона

Электрические ломы и бетоноломы с энергией удара 40 Дж применяют для разборки бетона и железобетона, кирпичной кладки, асфальтобетонных и бетонных покрытий. Молотки электрические с энергией удара 25 Дж применяют для разборки асфальтобетонных и бетонных покрытий, кирпичной кладки, а с энергией удара 10 Дж и ниже могут применяться для разборки кирпичной кладки небольшой прочности (на растворе М25 и ниже).

Электрические ручные машины ударного действия имеют меньшую энергию единичного удара по сравнению с пневматическими, однако при их работе значительно ниже уровень шума, что обусловливает снижение утомляемости работающих. Электрические ручные молотки и бетоноломы

целесообразно использовать для поэлементной разборки конструкции средней и низкой прочности, а также при работах на высоте.

Пневматические ручные машины ударного действия эффективно используют для разборки более прочных бетонных, железобетонных и кирпичных конструкций.

Однако, технологическому оборудованию с гидравлическими и пневматическими молотами, смонтированными на экскаваторы, присущи определенные недостатки: ограниченные моторесурсы, отрицательное влияние динамики работы молотов на систему механизмов экскаватора и на человека, необходимость соответствующих площадок для подъезда и стоянки, ограничение высотой стрелы рабочей зоны и сложность разрушения густоармированных железобетонных конструкций. Кроме того, увеличение энергетической мощности и производительности гидро- и пневмомолотов повышает уровень шума и вибрации, поэтому область их применения резко ограничена ввиду влияния на окружающие строения и конструкции.

Технология разрушения раскалыванием

При разрушении бетонных и железобетонных конструкций методом раскалывания используют гидроклинья, позволяющие работать без вредных воздействий вибраций, шума и пылеобразования.

В комплект оборудования для разрушения бетона и железобетона входят автономная передвижная насосная станция, сверлильные устройства с алмазными кольцевыми сверлами и гидроклинья.

Гидроклиновый раскалыватель (рисунок 3), приводимый в действие с помощью гидроцилиндра, применяется для разрушения бетонных фундаментов с маркой бетона до 300 при любой степени внутренней стесненности реконструируемого здания. Рабочий орган этого устройства представляет собой вертикально стоящий цилиндр, в средней части которого

на всю высоту вырезан клин, сужающийся снизу вверх. При подъеме клинообразной части цилиндра вверх боковые части раздвигаются, увеличивая диаметр цилиндра. За счет подбора углов клина усилие, развиваемое цилиндром, увеличивается в несколько раз (до 10) и достигает 1500—2000 кН.

Рисунок 3 - Разрушение изделия с помощью гидроклинового раскалывателя

Сверлильное устройство предназначено для сверления технологических отверстий в бетонных и железобетонных конструкциях. Оно состоит из станины, стойки, гидродвигателя и распорной стойки. Приводной гидродвигатель соединен с рабочим валом. Вал вращается на двух радиальных и одном упорном шарикоподшипниках. В нижней части корпуса механизма сверления установлены манжеты. Вода через отверстие в валу и кольцевое алмазное сверло попадает в зону резания. Алмазное кольцевое сверло прикрепляется к механизму сверления с помощью двух конусных втулок, разрезного цангового кольца и стяжного винта. Для предохранения вытекания воды при горизонтальном сверлении между конусной втулкой и удлинителем кольцевого алмазного сверла устанавливают резиновое уплотнительное кольцо.

Гидроклин состоит из гидроцилиндра и расклинивающего устройства, вставляемого в заранее высверленное с помощью сверлильного устройства или электроперфоратора отверстие глубиной 250-300 мм, диаметром 50-80 мм.

На расклинивающее устройство от насосной станции через гидроцилиндр подается давление. За счет работы устройства в скважине возникает расклинивающее усилие в несколько раз превышающее сопротивление бетона и железобетона раскалыванию.

Технико-экономическая целесообразность применения гидроклиньев вместо электрических или пневматических ручных молотков заключается в их производительности и сниженным негативным воздействием на человека – 0,5-1,2 $м^3$/ч на одного рабочего, в то время, как для других вышеприведенных устройств производительность достигает не более 0,12 $м^3$/ч.

Технология разрушения резкой

При разрушении находят применение способы резки, позволяющие расчленить сооружение или конструкцию на отдельные элементы (блоки, плиты, колонны и т.д.), пригодные для повторного использования. К способу разрушения резкой относят использование алмазных отрезных кругов и термической резки с применением кислородного дутья, плазмы или электрической дуги. Современные машины с алмазными кругами позволяют резать железобетон на глубину до 400 мм и с механической скоростью подачи до 2 м/мин.

Резка алмазными кругами

Резка таким способом представляет собой использование инструмента с алмазным покрытием.

Различают 2 типа резки с применением алмазных кругов (рисунок 4) – сухой и с использованием жидкости. Так как при работе поверхность рабочего органа сильно накаляется, ее необходимо охлаждать, для чего применяют оборудованием с возможностью подачи воды на рабочую зону. Применение алмазных кругов с использованием жидкости позволяет значительно повысить срок эксплуатации оборудования и избежать запыленности рабочего пространства.

Рисунок 4 - Распил плит с помощью алмазной резки

Опыт использования методов резки показывает, что от правильного выбора режимов пиления бетона и железобетона с различными физико-механическими свойствами зависят производительность и энергоемкость

процесса, а также расход алмазного инструмента, по которому в основном и определяют стоимость работ.

Термическая резка

Термическая резка кислородным копьем (рисунок 5) представляет собой толстостенную стальную цельно натянутую трубку с наружным диаметром до 25 мм или газовую трубку диаметром 6..8..12 мм и длиной 3-5 м, с установленной во внутренней поверхности низкоуглеродистой проволокой или круглым стальным стержнем определенного химического состава, используется для разделения бетонных и железобетонных конструкций на отдельные блоки, для устройства проемов в них, однако самым эффективным является использование прожигание отверстий в бетоне диаметром 30-120 мм и глубиной до 4 м. При использовании кислородного копья необходимо учитывать, что бетон теряет прочность на расстоянии от 60 до 200 мм от кромки разреза или отверстия.

Рисунок 5 - Резка с использованием кислородного копья

В комплект оборудования входят копье с держателем и источник кислорода с давлением до 900 кПа. Кислород подается через трубку. При горении трубки и внутренних металлических стержней с кислородом достигается температура около 3200 °С.

К достоинствам кислородного копья относят большую скорость прожигания отверстий (в 4 раза больше, чем пробивка пневмоинструментами) и уменьшение до 20% стоимости работ.

К недостаткам этого способа можно отнести большое газовыделение, значительный разлет искр и раскаленных частиц, большой расход кислорода, высокая температура копья и расплавляемого материала, что требует сложных мер защиты оператора и окружающих. Необходимость применения кислородных баллонов в эксплуатации является громоздким и тяжелым, что ограничивает область применения кислородного копья в пожароопасных зонах.

Порошковая резка

Порошковая резка (рисунок 6) осуществляется с помощью порошково-кислородного резака, имеющего штуцеры: для кислорода, порошка флюса и другого газа (пропан и бутановая смесь, ацетилен и т.п.) для поддержания горения флюса. В резаке используется порошок железа или алюминия, либо их смесь.

В комплект оборудования входит распределитель порошка с устройством для установки оптимального соотношения порошка и сжатого воздуха, подаваемых в резак.

Рисунок 6 - Порошково-кислородный резак

При данном способе резки достигается температура свыше 6000 °С и применяется она для резки бетона и железобетона толщиной до 400 мм, а при значительном увеличении удельного расхода кислорода и флюса возможна резка большей толщины.

Плазменная резка

Плазменная резка (рисунок 7) основана на ионизации инертных газов при подводе энергии, в результате чего они становятся электропроводными и называются «плазмой». Отличие этой технологии от кислородного копья в том, что разрезаемый материал не сжигается, а расплавляется и уносится из разреза. При этом достигается температура более 6000 °С.

В комплект оборудования входят газовые баллоны с дозирующими устройствами, переносной трансформатор с устройством для управления, штуцер для шланга резки и электрический кабель с заземлением. Это оборудование применяется для резки бетона и железобетона толщиной до 100 мм.

Рисунок 7 - Плазменный резак

Недостатки плазменной резки – сложность и большие габариты оборудования, малая толщина резки и потребность в рабочих высокой квалификации.

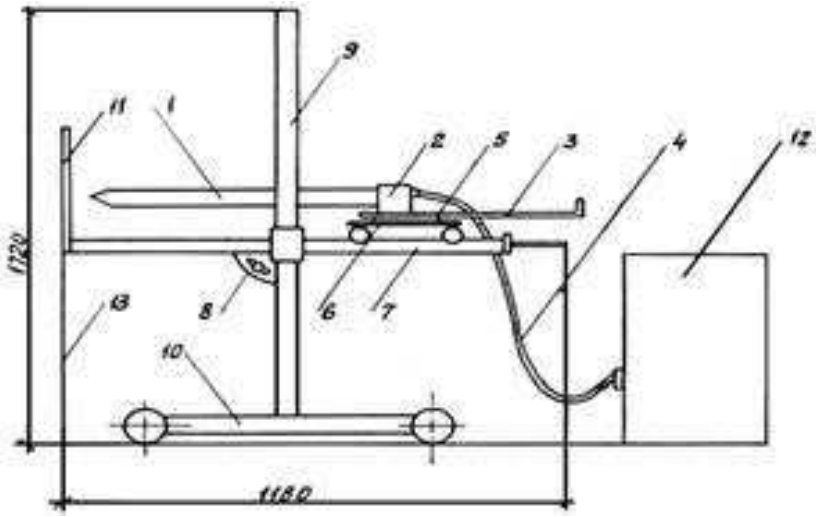
Электродуговое плавление

Приборы для электродугового плавления (рисунок 8) состоят из угольных или графитовых электродов, электродвигателей, закрепленных на специальных стойках, рамах или каретках. Применяются для разрушения строительных конструкций, также для образования проемов, борозд и шурупов в бетоне и железобетоне.

Разрушение строительных конструкций или образование проемов осуществляется последовательным проплавлением отдельных отверстий. Максимальная глубина проплавления железобетона электрической дугой достигает 1 м. Наибольшая производительность работ обеспечивается при плавлении в потолочном и вертикальном положении.

К недостаткам этого метода относят высокую трудоемкость, большой расход воды и необходимость проведения работ по обеспечению удаления влаги, ограниченную глубину разреза и отсутствие воздействия на арматуру в бетоне.

Имеется два типа установок – на основе использования зависимой и независимой электрической дуги в ручном (ток дуги до 1000 А) и стационарном (ток дуги более 1000 А) исполнении.



1 – электроды; 2 – электрододержатель; 3 – рычаг перемещения электродержателей; 4 – токопроводящий кабель; 5 – рычаг сближения электродов; 6 – каретка; 7 – направляющая каретки; 8 – сектор поворота под углом 5-10°; 9 – стойка; 10 – тележка; 11 – щиток; 12 – трансформатор; 13 – кожух из асбестовой ткани

Рисунок 8 - Установка электродугового плавления бетона

Установки комплектуются серийным сварочным трансформатором. Недостатком установок является выделение газов, сильный нагрев деталей, сравнительно низкая производительность при разрушении крупногабаритных, слабоармированных железобетонных конструкций.

Технология разрушения дроблением

Дробление осуществляется с помощью прямых или изогнутых зубьев, которые могут перемещаться по прямой линии или дуге, увеличивая тем самым изгибающее усилие до разрушения материала. При этом зубья разрушающего механизма могут быть расположены таким образом, чтобы подвижными были оба зуба или двигался только один зуб, а другой оставался неподвижным. Зубья устанавливаются на бетоноломе или отдельно крепятся на экскаваторе (рисунок 9). Арматурные стержни могут разрезаться ножами, находящимися внутри зубьев.

Рисунок 9 - Навесное оборудование с зубьями для экскаватора

Бетонолом может быть подвешен на экскаваторе вместо ковша, однако, чтобы получить максимальное разрушающее усилие, желательно использовать параллелограмную подвеску, в которой цилиндр ковша крепится параллельно стреле, но внутри нее.

Рабочие органы обеспечивают захватывание, расшатывание, разламывание, отрывание, обрушение и дробление конструктивных элементов зданий и сооружений; разрушение и расчленение железобетонных конструкций с одновременной резкой арматуры и дроблением бетона; разрушение и резку металлических конструкций и элементов из профильной стали. Сменное рабочее оборудование позволяет разрушать здания и сооружения до 18 м, дробить железобетонные конструкции толщиной до 700 мм и фундаментов до 1200 мм, прорезать двутавровую сталь сечением до 175х175х6х9, швеллерную 180х75х12 мм и угловую 150х150х15 мм, производить работы при нормальной стреле на высоте не менее 10 м и глубине не менее 8 м при радиусе действия не менее 11 м и при удлиненной стреле на высоте не менее 18 м при радиусе действия не менее 16 м.

Технология разрушения с использованием энергии взрыва и расширения

Технология направленного взрыва широко используется для сноса крупногабаритных конструкций, снятия секций с существующих конструкций, разрезки конструкционных элементов с помощью зарядов специальной формы.

Разрушение строительных конструкций происходит в результате резкого расширения в замкнутом пространстве взрывчатых веществ, детонационная скорость которых измеряется, в зависимости от условий объекта и прочности разрушаемого материала, в диапазоне от 2000 до 9000 м/с, а давление от 10000 до 50000 МПа.

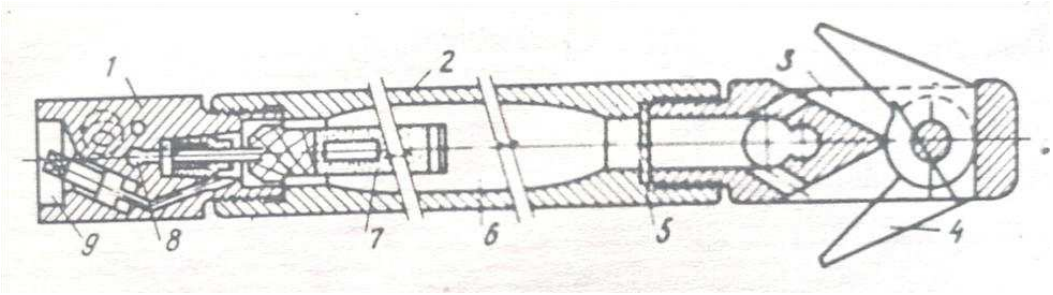
При выполнении взрывных работ применяют детонационные устройства различных типов, например, детонаторы мгновенного действия с задержкой порядка миллисекунд или более, а также детонирующие шнуры. Применение этих средств позволяет ограничить вибрации, возникающие при взрыве, и количество выбрасываемого материала. Снижению образования быстролетящих осколков способствуют взрывчатые вещества, имеющие скорость детонации 60 м/с.

Недостатком применения взрывчатых веществ является необходимость применения защитных средств от разлета осколков. Радиус опасной зоны при применении защитных средств составляет 50 м, а без них – 200 м.

Технологию взрыва с использованием углекислого газа высокого давления применяют для конструкций в тех случаях, когда предъявляются высокие требования к снижению уровня вибрации или существует возможность возникновения пожара.

Технологией более безопасной для окружающей среды является использование патрона жидкой углекислоты – кардокса (рисунок 10) для разрушения строительных конструкций. Применение в качестве агента

жидкого углекислого газа препятствует уменьшению шума, пыли и вибрации.



1 – активационная головка; 2 – оболочка, заряженная жидким двуоксидом углерода; 3 – разрядная головка; 4 – стопорные собачки; 5 – спусковой диск; 6 – заряд двуоксида углерода; 7 – химический активизатор; 8 – электрические соединения; 9 – клапан заполнения

Рисунок 10 - Поперечное сечение оболочки кардокс

Действие кардокса основано на увеличении объема в результате перехода углекислого газа из жидкого в газообразное состояние. Испарение жидкого углекислого газа происходит в течение 0,02-0,04 с, т.е. гораздо медленнее, чем при использовании обычных взрывчатых веществ. Развиваемое давление изменяется в диапазоне 125-275 МПа в зависимости от типа патронов. Благодаря пламягасящим свойствам углекислого газа применение патрона кардокса рекомендуется при работе с легковопламеняемыми материалами и на взрывоопасных производствах.

Заряд жидкого углекислого газа содержится в круглой металлической трубке, а выход его происходит только на нижнем конце трубки путем поворота диска. Трубка может быть повторно заполнена углекислым газом на месте производства работ с помощью специального оборудования и баллона с углекислым газом.

Преимущество применения расширяющихся реактивов заключается в отсутствии шума, вибрации и летящего мусора.

1.3 Технология переработки некондиционного бетона и железобетона

В результате разрушения зданий и сооружений, а также накопления некондиционной продукции в заводских условиях производства железобетонных изделий и конструкций, образуется большое количество так называемого бетонного лома. Использование подобных отходов строительства может осуществляться в двух направлениях:

1) Повторное использование отдельных частей здания (фундаменты, стены) или его отдельных конструкций (балки, плиты, колонны) по прямому назначению в новом строительстве;
2) Переработка отходов (рециклирование) для использования в качестве вторичных сырьевых материалов, чаще всего вторичного заполнителя

   Получение вторичного заполнителя, по имеющимся литературным данным, производится с использованием установок первичного и вторичного дробления.

Установки первичного дробления

Установки первичного дробления предназначены для разрушения крупнокускового бетонного лома, поступающего со строительных площадок, где производится демонтаж конструкций, зданий и сооружений.

В состав установок первичного дробления некондиционного железобетона включают: гидравлический рычажной пресс, колосниковый стол, направляющую раму и гидростанцию для подачи рабочего давления. Рычажной пресс может занимать различное положение – перемещение пресса вдоль неподвижного рабочего стола (для крупногабаритных изделий), либо статическое положение с подачей изделия в зону разрушения подвижным столом (для короткомерных изделий). Установки могут быть

также оснащены первичными дробилками, позволяющими принимать изделия ограниченных габаритов.

Рычажный пресс состоит из портала, копра, гидроцилиндров, механизмов привода перемещения пресса, гидростанции. Все комплектующие устанавливаются на портал. Копер представляет собой две продольные балки, соединенные коробками. В нижнем поясе балки устанавливается режущее полотно. Привод копра работает от гидроцилиндра, а перемещение осуществляется двигателями через редукторы.

Установки вторичного дробления

Дальнейшее измельчение дробленого бетона практически не отличается от получения природных заполнителей. На стадии вторичного дробления применяются обычные дробильно-сортировочные установки, аналогичные при переработке природного камня в карьерах.

Виды дробилок для измельчения бетонного лома:

1) Молотковые – применяются для сырья, в первоначальном виде которого отсутствовала арматура и прочие металлические включения. Измельчения материала осуществляется посредством последовательных ударов нескольких молотков, которые закреплены на вращающемся роторе с помощью шарниров. Преимущество таких дробилок в высокой степени измельчения – вплоть до каменной муки, легкости обслуживания и небольшом расходе энергозатрат. К недостаткам можно отнести возможность использования для переработки только малоабразивных пород, большую запыленность при работе.
2) Щековые – предназначены для первичного дробления железобетонных кусков с последующим отделением арматуры. Принцип действия

щековых дробилок заключается в измельчении сырья между неподвижной и подвижной плитами. Преимущества – щековые дробилки возможно использовать для переработки материалов любой структуры и жесткости. Недостатки – высоких износ плит.

3) Конусные – в качестве рабочего оборудования используется трехмерный вращающийся конус. При контакте материала с конусом происходит удар (разве конусные дробилки не перетирают материал за счет вращения двух конусов в противоположных направлениях?), раскалывающий дробимый материал.
4) Роторные – представляют собой агрегат с закрепленными на валу билами в центре большого барабана, на внутренней поверхности которого размещена футеровка. При вращении вала с билами засыпаемый в барабан материал ударяется об них и отскакивает, дополнительно разрушаясь при контакте с футеровкой. Подобные дробилки используются при необходимости измельчения материала до минимальных размеров, но имеет существенный недостаток в виде ограничения твердости измельчаемого сырья и невозможности регулирования размеров выходящей фракции, поэтому после переработки материал обязательно пропускают через грохоты.

Эффективное использование роторных дробилок достигается на второй стадии измельчения.

1.4. Требования ГОСТ к вторичному заполнителю и область его применения

Щебень из дробленого бетона характеризуют следующими показателями качества:

- зерновой состав;
- прочность;

- содержание пылевидных частиц;
- содержание слабых зерен прочностью менее 20 МПа;
- содержание зерен пластинчатой (лещадной) и игловатой формы;
- морозостойкость;
- истираемость в полочном барабане;
- содержание вредных компонентов и примесей;
- содержание засоряющих примесей;
- насыпная плотность (по требованию потребителя).

Зерна щебня, отделенные от некондиционного бетона, включают в свой состав цементно-песчаный раствор и контактную зону между ними. Наличие этой оболочки, частично или полностью покрывающей зерна щебня, является главным отличием вторичного заполнителя от природного и приводит к увеличению водопоглощения заполнителя, соответственно, и к уменьшению морозостойкости, а также к увеличению дробимости материала и потере массы при испытании на истираемость.

При формировании структуры цементного камня такой заполнитель оказывает влияние за счет своих показателей водопотребности и водопоглощения: обладая повышенной пористостью, щебень из дробленого бетона будет активно поглощать воду из бетонной смеси, что приведет к недостаточному водосодержанию в ней. Впоследствии, при образовании капиллярно-пористой структуры, свободная вода мигрирует из пор заполнителя обратно в уже твердеющий цементный камень. Поэтому, во избежание уменьшения подвижности бетонной смеси при использовании вторичного щебня целесообразно использование суперпластифицирующих добавок.

Для производства бетонных и железобетонных изделий, а также в других сферах строительной деятельности, вторичный заполнитель из бетонного лома должен отвечать требованиям ГОСТ 32495-2013 [2].

Согласно нормативным документам, щебень из бетонного лома может поставляться в виде отдельных фракций: от 5 до 10 мм; св. 10 до 20 мм; св. 20 до 40 мм; св. 40 до 80 мм и смеси фракций от 5 до 20 мм, от 5 до 40 мм, при этом зерновой состав по полным остаткам на сите должен находиться в пределах, описанных в ГОСТ 32495 [2] (таблица 1). По согласованию с потребителем допускается выпуск фракций щебня других размеров или их смесей в заданных соотношениях.

Таблица 1 – Требования по полным остаткам

Диаметр отверстий контр. сит, мм	d	0,5(d+D)	D	1,25D
Полные остатки на ситах, % по массе	От 90 до 100	От 30 до 60	До 10	До 0,5

1) Прочность щебня характеризуется маркой, определяемой по дробимости щебня при сжатии (раздавливании) в цилиндре. Марки по дробимости в зависимости от потери массы при испытании щебня в насыщенном водой состоянии должны соответствовать требованиям, указанным в ГОСТ 32495 [2] (таблица 2)

Таблица 2 – Требования по прочности

Марка по дробимости щебня	Потеря массы при испытании щебня в насыщенном водой состоянии, %
600	Св. 15 до 20
400	20 – 28
300	28 - 38

2) Содержание пылевидных частиц (размером менее 0,05 мм) в щебне марки по дробимости 600 не должно быть более 2% по массе, марки 400 - более 3% по массе, марки 300 - более 4% по массе.

3) Содержание слабых зерен прочностью менее 20 МПа в щебне марки по дробимости 300 не должно быть более 15% по массе, марки 400 - 10% по массе, марки 600 - 5% по массе.
4) Содержание зерен пластинчатой (лещадной) и игловатой формы не должно превышать 35% по массе.
5) Марка по морозостойкости щебня должна быть в диапазоне от F15 до F50 в зависимости от климатического района строительства и условий его применения.
6) Марка по истираемости щебня, определяемая в полочном барабане, должна быть И3 или И4.
7) Содержание вредных компонентов и примесей в щебне не должно превышать:

- серы, сульфатов и сульфидов (гипс, ангидрид и др.) - 1,5% по массе в пересчете на SO_3
- водорастворимых хлоридов в пересчете на ион хлора - 0,1% по массе;
- свободных волокон асбеста - 0,15% по массе.

8) Щебень в зависимости от содержания засоряющих примесей неорганического происхождения (керамика, стекло, кирпичный бой и т.п.) и органического происхождения (линолеум, древесина, рубероид, картон, теплоизоляционные материалы) подразделяют на четыре группы:

- группа I - в щебне не допускается содержание засоряющих примесей неорганического и органического происхождения. Щебень применяют в качестве заполнителя в бетонах класса прочности В22,5 и ниже. Марка по дробимости щебня должна быть:

1) 300 для бетона класса В15 и ниже,
2) 400 для бетона класса В20 и ниже,
3) 600 для бетона класса В22,5 и ниже;

- группа II - содержание засоряющих примесей неорганического и органического происхождения не должно превышать 1% по массе. Щебень применяют для слоев оснований дорожных одежд и нижних слоев аэродромных покрытий, для изготовления песчано-щебеночных смесей, а также для производства бетонных смесей, уплотняемых укаткой;

- группа III - содержание засоряющих примесей органического и неорганического происхождения допускается в пределах от 1% до 3% по массе. Щебень применяют для устройства обочин дорог, нижних слоев оснований дорожных одежд и стоянок автотранспорта;

- группа IV - содержание засоряющих примесей неорганического и органического происхождения допускается в пределах от 3% до 7% по массе. Щебень применяют для рекультивации, благоустройства и планировки территорий.

9) Щебню, песку и песчано-щебеночным смесям из дробленого бетона должна быть дана радиационно-гигиеническая оценка. В зависимости от значения удельной эффективной активности естественных радионуклидов $А_{эфф}$ щебень, песок и песчано-щебеночные смеси должны применяться:

- при $А_{эфф}$ до 370 Бк/кг - для гражданского строительства, во вновь строящихся жилых и общественных зданиях (класс I);

- при $А_{эфф}$ свыше 370 до 740 Бк/кг - для дорожного строительства, в том числе для оснований автомобильных дорог, взлетно-посадочных полос и перронов аэродромов без ограничений (класс II);

- при $А_{эфф}$ свыше 740 до 1500 Бк/кг - для строительства оснований автомобильных дорог вне населенных пунктов и зон перспективной застройки (класс III).

Правила приемки

1) Щебень, песок и песчано-щебеночные смеси из дробленого бетона должны быть приняты техническим контролем предприятия-изготовителя.
2) Приемку и поставку щебня, песка и песчано-щебеночной смеси из дробленого бетона проводят партиями.

   Партией считают количество щебня, песка или песчано-щебеночной смеси, установленное в договоре на поставку и одновременно отгружаемое одному потребителю в одном железнодорожном вагоне или в одном судне. При отгрузке автомобильным транспортом партией считают количество материала, отгружаемое одному потребителю в течение суток;
3) Для проверки соответствия качества щебня, песка и песчано-щебеночной смеси из дробленого бетона требованиям настоящего стандарта проводят приемочный контроль и периодические испытания.

   Приемочный контроль на предприятии-изготовителе проводят ежесуточно путем испытания объединенных проб щебня, отобранных по ГОСТ 8269.0 [3], песка - по ГОСТ 8735 [4], песчано-щебеночной смеси - по ГОСТ 25607 [5]. При приемочном контроле определяют:

- зерновой состав;
- содержание пылевидных частиц;
- содержание засоряющих примесей.

При периодических испытаниях определяют:

- содержание зерен пластинчатой (лещадной) и игловатой форм один раз в течение 10 сут.;
- коэффициент фильтрации один раз в течение 10 сут. и по требованию потребителя;

- прочность, истираемость, водостойкость, пластичность, содержание вредных компонентов и примесей для щебня, применяемого в качестве самостоятельного материала и для изготовления песчано-щебеночной смеси, - один раз в квартал и при замене разрушаемого объекта. Морозостойкость определяют один раз в год по одному разрушаемому объекту;

- прочность, содержание вредных компонентов и примесей для песка, применяемого в качестве самостоятельного материала и для изготовления песчано-щебеночной смеси, - один раз в квартал и при замене разрушаемого объекта;

- удельную эффективную активность естественных радионуклидов $А_{эфф}$ в щебне, песке и песчано-щебеночной смеси определяют один раз в год по одному разрушаемому объекту.

4) Предприятие-изготовитель должно сопровождать каждую партию поставляемого щебня, песка и песчано-щебеночной смеси документом о качестве, в котором указывают:

- наименование предприятия-изготовителя и его адрес;
- номер и дату выдачи документа;
- наименование и адрес потребителя;
- номер партии, наименование и количество материала;
- номера накладных и транспортных средств;
- зерновой состав и физико-механические показатели щебня, песка и смеси;
- удельную эффективную активность естественных радионуклидов $А_{эфф}$;
- обозначение стандарта.

Методы испытаний

1) Зерновой состав, прочность, содержание пылевидных частиц, слабых зерен прочностью менее 20 МПа, зерен пластинчатой (лещадной) и игловатой формы, морозостойкость, истираемость в полочном барабане, содержание засоряющих примесей, насыпную плотность щебня определяют по ГОСТ 8269.0 [3].
2) Содержание вредных компонентов и примесей в щебне определяют по ГОСТ 8269.1.
3) Характеристики щебня в составе песчано-щебеночной смеси определяют по ГОСТ 8269.0 [3] и ГОСТ 8269.1 [6], песка - по ГОСТ 8735 [4].
4) Удельную эффективную активность естественных радионуклидов $А_{эфф}$ определяют по ГОСТ 30108 [7].

Транспортировка и хранение

1) Транспортирование - щебень, песок и песчано-щебеночные смеси транспортируют навалом в транспортных средствах любого вида в соответствии с правилами перевозки грузов, действующими на транспорте конкретного вида.
2) Хранение - щебень или отдельные фракции щебня, а также песок и песчано-щебеночные смеси хранят на складе у изготовителя и потребителя раздельно в условиях, предохраняющих их от засорения, загрязнения и увлажнения.

Методы активации щебня из дробленого бетона

Активация составляющих бетонной смеси позволяет существенно улучшить основные технические свойства бетона. Эффект активации заполнителей состоит в разрушении слабых зерен щебня или удалении остатков цементного камня, образовании свежих сколов, что приводит к повышению технических характеристик бетонов за счет улучшения качества контактной зоны. Качество активированного щебня должно соответствовать требованиям ГОСТ 8269.0-97 [3].

В качестве методов активации отмечают химические и механические, а также другие. При механических методах активации дробленого бетона предусматривается самоизмельчение при перемешивании щебня в смесительных установках или их обработку в шаровых мельницах с металлическими шарами.

В учебнике Гусева Б. В. «Вторичное использование бетонов» [8] отмечено, что хорошие результаты достигаются в случае помола дробленого бетона со стальными шарами после предварительного низкотемпературного обжига. Вследствие испытаний щебень практически освободился от растворного компонента, а его свойства – дробимость, водопоглощение и насыпная плотность близки к исходным значениям. Обращает на себя внимание, что необработанный щебень имеет большее расхождение в показателях дробимости сухого и водонасыщенного щебня по сравнению с заполнителями, подвергнутыми термомеханической активации.

При других методах активации также наблюдают значительное улучшение свойств заполнителей, хотя и в меньшей степени. На практике рассматривается способ предварительного интенсивного сухого перемешивания крупного заполнителя в бетоносмесительных устройствах. Однако, этот метод позволяет избавиться лишь от наиболее слабосвязанного с исходным заполнителем растворного компонента, в то время как его

основная часть остается налипшей на зерне каменного материала. Поэтому для достижения эффективности данного метода достаточно 40 с, при этом отмечается, что данного времени достаточно, чтобы повысить показатель дробимости от марки Др 24 до Др 16. После применения данного метода следует тщательно следить за соотношением мелкого и крупного заполнителей в смеси, поскольку после сухого перемешивания доля мелкого заполнителя увеличивается вследствие отделившейся мелкой фракции растворного компонента.

Известна методика активации заполнителей из естественного каменного материала растворами электролитов с pH = 4-6. Она заключается в предварительном насыщении щебня 0,5-молярным раствором хлористого алюминия. Затем определяется количество поглощенной жидкости, которая учитывается при дозировке воды для смеси.

Областью применения вторичного заполнителя, исходя из его физико-механических характеристик, является использование в бетонах общестроительных рядовых марок, из которых изготавливается большинство железобетонных конструкций массового изготовления. Дополнительная активация позволяет использовать такой заполнитель в бетонах более широкой номенклатуры.

Вывод: анализируя имеющиеся литературно-информационные данные, в настоящей работе принимаем ударный метод разрушения бетонного лома и получение вторичного заполнителя в условиях мобильной установки с применением установок первичного и вторичного дробления и фракционирования. Для эффективного использования полученного заполнителя принимаем совместное размещение на одной площадки технологической линии по приготовлению бетонной смеси и изготовлению из фундаментных блоков, также условиях мобильных технологических участков.

Глава 2 Экспериментальная часть

Многие отходы по своему составу и свойствам близки к природному сырью. Поэтому отходы, использующиеся в производстве строительных материалов – это огромный резерв ресурсов, способный обеспечить производство дешевым и готовым сырьем. Применение промышленных отходов позволяет сократить затраты на производство строительных материалов до 30% по сравнению с производством на основе природного сырья.

Задачей исследования является изучение основных физико-механических свойств крупного заполнителя из дробленого бетона и его влияние на прочностные характеристики бетонных изделий в сравнении с образцами на природных заполнителях.

Для исследований был принят бетонный лом в виде разрушенных контрольных образцов бетона после испытания их на определение прочности, изготовленные на природном щебне и гравии.

Лабораторные пробы вторичного заполнителя были получены при дроблении бетонного лома в лабораторной щековой дробилке.

2.1 Методика исследования свойств заполнителей

Свойства крупного вторичного и природного заполнителя определяются в соответствии с ГОСТ 8269.0-97 «Щебень и гравий из плотных горных пород и отходов промышленного производства для строительных работ. Методы физико-механических испытаний» [3] и оценивается техническими условиями:

- для природного крупного заполнителя ГОСТ 8267-93 «Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия» [9];

- для вторичного крупного заполнителя ГОСТ 32495-2013 «Щебень, песок и песчано-щебеночные смеси из дробленого бетона и железобетона. Технические условия» [2].

Определение зернового состава

Зерновой состав определяют следующим образом:

лабораторную пробу, высушенную до постоянной массы, просеивают ручным или механическим способом через стандартный набор сит. Размеры сит соответствуют номинальным размерам зерен данной фракции: 1,25D; D; 0,5(D+d); d, где D – наибольшая крупность, принимается как размер верхнего сита, на котором полный остаток не превышает 5%, а d – наименьшая крупность, принимается как размер нижнего сита, на котором полный остаток составляет не менее 95%. Продолжительность просеивания продолжается до тех пор, пока при контрольном интенсивном ручном встряхивании каждого сита в течение 1 мин через него проходило не более 0,1% общей массы просеиваемой пробы. Остатки с каждого сита взвешиваются.

По результатам просеивания определяют частный остаток на каждом сите %, по формуле:

$$a_i = \frac{m_i}{m} 100\%, \qquad (1)$$

где m_i - масса остатка на данном сите, г;

m - масса пробы, г.

Затем на каждом сите определяют полные остатки в процентах от массы пробы, равные сумме частных остатков на данном сите и всех ситах, у которых размер отверстий больше.

Определение насыпной плотности

Щебень (гравий) в объеме, обеспечивающем проведение испытания, высушивают до постоянной массы. Затем пробу насыпают в предварительно взвешенный цилиндр с высоты 10 см до образования конуса, который снимают стальной линейкой вровень с краями (без уплотнения), после чего цилиндр со щебнем (гравием) взвешивают.

Определяют насыпную плотность с точностью до 10 кг/м^3 по формуле:

$$\rho_{\text{н}} = \frac{m_i - m}{V}, \qquad (2)$$

где m - масса мерного цилиндра, кг;

m_i - масса мерного цилиндра с пробой, кг;

V - объем мерного цилиндра, м^3.

Определение водопоглощения

Для определения водопоглощения необходимо сравнить массы проб щебня в насыщенном водой и высушенном до постоянной массы состоянии. Пробу щебня (гравия) помещают в сосуд с водой комнатной температуры так, чтобы уровень воды был выше верха пробы не менее чем на 20 мм и выдерживают в течение 48 ч. После этого пробу вынимают из сосуда, удаляют влагу с поверхности отжатой влажной мягкой тканью и взвешивают, при этом масса воды, вытекающей из щебня (гравия) на чашку весов, включается в массу пробы.

Определяют водопоглощение в % по массе по формуле:

$$W_{\text{погл}} = \frac{m_i - m}{m} 100\%, \qquad (3)$$

где m - масса пробы в сухом состоянии, г;

m_i- масса пробы в насыщенном водой состоянии, г.

Определение дробимости

Дробимость определяется степенью разрушения зерен при раздавливании в цилиндре. Для этого пробу рассеивают на стандартные фракции и испытывают каждую по отдельности. Щебень просеивают через два сита, соответствующим наибольшей и наименьшей крупности фракции. Отобранную пробу щебня насыпают в цилиндр с высоты 50 мм так, чтобы после разравнивания верхний уровень материала примерно на 15 мм не доходил до верхнего края цилиндра. Затем в цилиндр вставляют плунжер так, чтобы плита плунжера была на уровне верхнего края цилиндра. После этого цилиндр помещают на нижнюю плиту пресса. Увеличивая силу нажатия пресса на 1-2 кН (100-200 кгс) в секунду, доводят ее при испытании щебня (гравия) в цилиндре диаметром 75 мм до 50 кН (5000 кгс), при испытании в цилиндре диаметром 150 мм - до 200 кН (20000 кгс).

После испытания пробу высыпают и взвешивают, а затем просеивают через сито, размер отверстий которого в 4 раза меньше наименьшего значения фракции. Остаток на сите взвешивают. Дробимость определяют с точностью до 1% по формуле:

$$Др = \frac{m - m_i}{m} 100\%, \qquad (4)$$

где m - масса испытываемой пробы щебня (гравия), г;

m_i - масса остатка на контрольном сите после просеивания раздробленной в цилиндре пробы, г.

2.2 Методика исследования свойств бетона

Для определения свойств бетонов используются следующие нормативные документы:

- ГОСТ 10180-2012 «Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам» [10];
- ГОСТ 12730.3-78 «Бетоны. Метод определения водопоглощения» [11];
- ГОСТ 12730.4-78 «Бетоны. Методы определения показателей пористости» [12].

Определение прочности на сжатие

При испытании на сжатие образцы-кубы устанавливают одной из выбранных граней на нижнюю опорную плиту пресса центрально относительно его продольной оси, затем совмещают верхнюю плиту пресса с верхней опорной гранью образца так, чтобы их плоскости полностью прилегали одна к другой. Образец нагружают до разрушения при постоянной скорости нарастания нагрузки (0,6±0,2) МПа/с. Максимальное усилие, достигнутое в процессе испытания, принимают за разрушающую нагрузку. Прочность на сжатие находят по формуле:

$$R_{\text{сж}} = \frac{P}{F} \cdot \alpha, \tag{5}$$

где P - разрушающая нагрузка, кН;

F – площадь рабочего сечения образца, см^2;

α – масштабный коэффициент для приведения прочности бетона, 0,85.

Определение водопоглощения

Образцы помещают в емкость, наполненную водой так, чтобы уровень воды в емкости был выше верхнего уровня образцов примерно на 50 мм. Образцы укладывают на прокладки так, чтобы высота образца была минимальной. Температура воды в емкости должна быть (20±2) °С.

В ходе испытания образцы взвешивают через каждые 24 ч водопоглощения на обычных или гидростатических весах. Образцы предварительно вытирают отжатой влажной тканью. Массу воды, вытекшую из пор образца на чашку весов, включают в массу насыщенного образца. Испытание проводится до тех пор, пока результаты двух последовательных взвешиваний будут отличаться не более чем на 0,1%.

Водопоглощение бетона отдельного образца по массе в процентах определяют с погрешностью до 0,1% по формуле:

$$W_{\text{м}} = \frac{m_{\text{с}} - m_{\text{в}}}{m_{\text{с}}} 100\%, \qquad (6)$$

где $m_{\text{с}}$ - масса высушенного образца, г;

$m_{\text{в}}$- масса водонасыщенного образца, г.

Определение пористости

Предварительно высушенные образцы погружают в воду для насыщения, а затем взвешивают через каждые 24 ч до получения постоянной массы. Постоянной массой считают массу образца, при которой результаты двух последовательных взвешиваний отличаются не более чем на 0,1%. В конце испытаний производят гидростатическое взвешивание образца. По результатам испытаний рассчитывают относительное водопоглощение по

массе в моменты времени t_1=0,25 и t_2=1 ч. По этим величинам с помощью номограмм (приложение А) определяют вспомогательный параметр λ_1 и параметр α – показатель однородности размеров открытых капиллярных пор, по которым рассчитывают или получают по номограммам (приложение Б и В), параметр λ – показатель среднего размера открытых капиллярных пор.

2.3 Результаты исследований

В результате проведенных испытаний (таблица 3 и 4) на основе сравнения показателей насыпной плотности, пустотности, прочности и водопоглощения для природного и вторичного заполнителей, отмечаем, что наличие цементного раствора на поверхности заполнителя из дробленого бетона, а также его присутствие в виде цельных кусков, оказывает значительное влияние на водопоглощение и дробимость вторичного материала. Результат испытаний приведен в таблице 5.

Таблица 3 – Определение зернового состава

Наименование показателя	Результат расчета на полные остатки, %, вид заполнителя			
	щебень		гравий	
	природный	вторичный	природный	вторичный
Гранулометрический состав, полный остаток на ситах, %:				
40	0	0	0	2,76
20	2	24,5	8,2	23,42
10	67,8	77,5	58,3	67,22
5	97,4	98,3	96,8	95,36
Менее 5	100	100	100	100

Вывод к таблице 3: Согласно требованиям ГОСТ, описанным в пункте 1.2.1 табл.1 (стр.8), по зерновому составу испытываемые природный щебень и гравий соответствуют требованиям, что касается вторичных заполнителей,

имеются превышения норм на ситах 20 и 40. Такие показатели связаны с наличием цементного раствора, не отделившегося в процессе дробления некондиционного бетона.

Таблица 4 – Определение марки заполнителя по дробимости

Испытываемая фракция	Результат испытания, остаток на сите, % / марка по дробимости			
	щебень		гравий	
	природный	вторичный	природный	вторичный
5-10 мм	8,4 /1000	16,88 / 600	9,03 / 1000	18,3 / 400
10-20 мм	8,7 / 1000	16,05 / 600	9,2 / 1000	19,3 / 400

Вывод к таблице 4: Согласно результатам испытания, марка по дробимости природных щебня и гравия соответствует 1000, вторичного щебня – 600, вторичного гравия – 400. Более низкие показатели вторичного заполнителя объясняются наличием контактной зоны между исходным зерном щебня и растворной частью, что является наиболее слабым по прочности звеном в структуре бетона.

Таблица 5 – Результат испытаний на физико-механические свойства заполнителей

Наименование показателей	Значение показателей, вид заполнителя			
	щебень		гравий	
	природный	вторичный	природный	вторичный
1.Насыпная плотность, кг/м^3	1480	1300	1370	1300
2. Пустотность, %	44,6	48	40,8	47,7
3. Водопоглощение, %	5	7	5	8,2
4. Прочность, марка по дробимости	1000	600	1000	400

Вывод к таблице 5: Цементная оболочка, оставшаяся на зернах вторичного заполнителя, обладает пористостью, что приводит к увеличению водопоглощения такого заполнителя в сравнении с природным. Также по этой причине можно наблюдать увеличение пустотности. Снижение показателя насыпной плотности вторичного заполнителя в сравнении с природным объясняется наличием дробленого цементного камня и мелкого заполнителя в испытуемой пробе.

2.4 Расчет состава бетона

Составы тяжелого бетона рассчитываем по методу Скрамтаева согласно ГОСТ 27006-2019 «Бетоны. Правила подбора состава» [13]. Расчет производим для бетонов на вторичном щебне и гравии.

Расчет состава бетона марки М300 на вторичном щебне

Исходные данные:

$R_б$ = 300 кгс/см^2;

$R_ц$ = 400 кгс/см^2;

$\rho_з$ = 2,56 кг/м^3;

$\rho_ц$ = 3,1 кг/м^3.

Порядок расчета состава:

1) По заданной прочности бетона при известной активности цемента, а также исходя из качества заполнителей рассчитываем водоцементное отношение по формуле производной уравнения прочности. Водоцементное отношение рассчитывается по формуле:

$$\frac{В}{Ц} = \frac{R_ц \cdot A}{R_б + A \cdot 0,5 \cdot R_ц}, \quad (7)$$

где $R_б$ – прочность бетона в возрасте 28 суток, кгс/см^2;

$R_ц$ – активность или марка цемента, кгс/см^2;

А – коэффициенты, учитывающие качество материала, рядовые - 0,6;

Ц/В – цементно-водное отношение.

$$\frac{В}{Ц} = \frac{400 \cdot 0{,}6}{300 + 0{,}6 \cdot 0{,}5 \cdot 400} = 0{,}57.$$

2) Определяем расход воды в зависимости от требуемой подвижности или жесткости бетонной смеси и максимальной крупности щебня.

В = 185 л.

3) Расчет расхода цемента по известному значению *В/Ц* и расходу воды рассчитывается по формуле:

$$Ц = \frac{В}{\frac{В}{Ц}}, \tag{8}$$

$$Ц = \frac{185}{0{,}57} = 325 \text{ кг.}$$

4) Расход крупного заполнителя рассчитывается по формуле:

$$Щ = \frac{V_{б.с.}}{\frac{V \cdot \alpha}{\rho_{нщ}} + \frac{1}{\rho_{щ}}}, \tag{9}$$

где $V_{б.с.}$ – объем бетонной смеси, 1000 л;

V – объем пустот заполнителя, части;

α – коэффициент раздвижки зерен;

$\rho_{нщ}$ – насыпная плотность щебня, кг/м^3;

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

$$Щ = \frac{1000}{\frac{0{,}4 \cdot 1{,}382}{1{,}3} + \frac{1}{2{,}56}} = 1226 \text{ кг.}$$

5) Расход мелкого заполнителя методом абсолютных объемов рассчитывается по формуле:

$$П = \rho_п \left(V_{б.с.} - \frac{Ц}{\rho_ц} - В - \frac{Щ}{\rho_щ} \right), \quad (10)$$

$$П = 2{,}63 \left(1000 - \frac{325}{3{,}1} - 185 - \frac{1226}{2{,}56} \right) = 608 \text{ кг.}$$

6) Плотность бетонной смеси рассчитывается по формуле:

$$\rho_{б.с.} = Ц + В + Щ + П, \quad (11)$$

где *Ц*, *В*, *Щ*, *П* – расходы соответственно цемента, воды, щебня и песка.

$\rho_{б.с.}$ = 325 + 185 + 1226 + 608= 2344 кг/м^3.

Расход компонентов на 1 м^3 бетонной смеси составил:

Ц = 325 кг;

В = 185 л;

Щ = 1226 кг;

П = 608 кг.

Расчет состава бетона марки М150 на вторичном гравии

Исходные данные:

$R_б$ = 150 кгс/см^2;

$R_ц$ = 400 кгс/см^2;

$\rho_з$ = 2,56 кг/м^3;

$\rho_ц$ = 3,1 кг/м^3.

Порядок расчета состава:

1. По заданной прочности бетона при известной активности цемента, а также исходя из качества заполнителей рассчитываем водоцементное отношение по формуле производной уравнения прочности. Водоцементное отношение рассчитывается по формуле:

$$\frac{В}{Ц} = \frac{R_ц \cdot A}{R_б + A \cdot 0{,}5 \cdot R_ц}, \qquad (12)$$

где $R_б$ – прочность бетона в возрасте 28 суток, кгс/см^2;

$R_ц$ – активность или марка цемента, кгс/см^2;

A – коэффициенты, учитывающие качество материала, рядовые - 0,6;

Ц/В – цементно-водное отношение.

$$\frac{В}{Ц} = \frac{400 \cdot 0{,}6}{150 + 0{,}6 \cdot 0{,}5 \cdot 400} = 0{,}89.$$

2. Определяем расход воды в зависимости от требуемой подвижности или жесткости бетонной смеси и максимальной крупности гравия.

$В$ = 170 л.

3. Расчет расхода цемента по известному значению *В/Ц* и расходу воды рассчитывается по формуле:

$$Ц = \frac{В}{\frac{В}{Ц}}, \tag{13}$$

$$Ц = \frac{170}{0{,}89} = 191 \text{ кг.}$$

4. Расход крупного заполнителя рассчитывается по формуле:

$$Г = \frac{V_{б.с.}}{\frac{V \cdot \alpha}{\rho_{нщ}} + \frac{1}{\rho_{щ}}}, \tag{14}$$

где $V_{б.с.}$ – объем бетонной смеси, 1000 л;

V – объем пустот заполнителя, части;

α – коэффициент раздвижки зерен;

$\rho_{нщ}$ – насыпная плотность гравия, кг/м^3;

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

$$Г = \frac{1000}{\frac{0{,}49 \cdot 1{,}258}{1{,}3} + \frac{1}{2{,}56}} = 1156 \text{ кг.}$$

5. Расход песка методом абсолютных объемов рассчитывается по формуле:

$$П = \rho_п \left(V_{б.с.} - \frac{Ц}{\rho_ц} - В - \frac{Г}{\rho_г} \right), \tag{15}$$

$$П = 2{,}63\left(1000 - \frac{227}{3{,}1} - 170 - \frac{1156}{2{,}56}\right) = 803 \text{ кг.}$$

6. Плотность бетонной смеси рассчитывается по формуле:

$$\rho_{б.с.} = Ц + В + Г + П, \qquad (16)$$

где *Ц, В, Щ, П* – расходы соответственно цемента, воды, гравия и песка.

$$\rho_{б.с.} = 191 + 170 + 1156 + 803 = 2320 \text{ кг/м}^3.$$

Расход компонентов на 1 м^3 бетонной смеси составил:

Ц = 191 кг;

В = 170 л;

Г = 1156 кг;

П = 803 кг.

Анализ исследования свойств бетона

Для оценки качества бетонов на вторичном заполнителе использовали образцы-кубы, размером 100×100×100 мм, которые были изготовлены в металлических формах. Уплотнение бетонной смеси производилось вибрированием. Твердение в нормальных условиях при температуре (20±2)˚С и относительной влажности воздуха (95±5)%, испытания проводились на 28 сутки.

Производили следующие испытания:

1) определение прочности на сжатие на 3, 7 и 28 сутки;
2) определение водопоглощения;
3) определение параметров пористости.

Эксперимент проводился на 4 разных составах бетонных Результаты испытаний образцов на прочность, водопоглощение и пористость представлены в таблице 6.

Таблица 6 - Результат испытаний на физико-механические свойства бетонов

Состав бетона, вид заполнителя	Средняя плотность, г/см^3	Прочность на сжатие на 3 сутки, МПа	Прочность на сжатие на 7 сутки, МПа	Прочность на сжатие на 28 сутки, МПа	Водопоглощение по массе, %	Параметры пористости	
						показатель однород-ности пор по размеру, α	средний размер открытых пор, λ
природный щебень	2416	11,37	20,15	34,6	4,06	0,44	2,16
вторичный щебень	2371	10,25	18,16	31,1	7,37	0,44	2,56
природный гравий	2378	5,87	10,39	17,8	5,12	0,45	2,25
вторичный гравий	2219	5,08	8,99	15,4	8,32	0,3	2,96

Вывод к таблице 6: Согласно ГОСТ 26633-91 «Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия» [14], по показателю прочности на сжатие образцы бетонов на природном и вторичном щебне соответствуют марке М300 (классу В22,5), бетон на природном и вторичном гравии – марке М150 (классу В10,0). Полученные образцы бетона соответствуют заданной проектом марке по прочности, что свидетельствует о том, что состав бетонной смеси подобран и рассчитан верно.

По показателям пористости бетон на природном щебне характеризуется сравнительно низким показателем среднего размера открытых пор λ и средним значением показателя однородности открытых пор α, благодаря чему образец обладает низким водопоглощением. В сравнении с ним бетон на вторичном щебне имеет повышенный показатель λ, что на практике доказывает, что вторичный

заполнитель и содержащийся на нем цементный камень действительно повышают значение водопоглощения в готовом бетоне.

При относительно высоком показателе параметра α и относительно низком параметре $\boldsymbol{\lambda}$ бетон на природном гравии имеет меньшее водопоглощение в сравнении с бетоном на вторичном гравии, средний размер пор которого является наибольшим из всех испытуемых составов. Это говорит о том, что средний размер открытых пор значительно влияет на водопоглощение бетона. Для снижения водопоглощения бетона и повышения его морозостойкости необходимо использование пластифицирующих и воздухововлекающих добавок.

Выводы по главе 2:

1. Установлено, что по основным физико-механическим характеристикам вторичный заполнитель лишь немного уступает природному. Это обусловлено наличием цемента на поверхности зерен крупного заполнителя из некондиционного бетона.
2. Показано, что на вторичном щебне и гравии возможно получение бетонов марок 150 – 300 (классов В 10,0 – В 22,5).
3. Установлено, что бетоны, изготовленные на вторичном заполнителе, незначительно уступают бетонам на природном заполнителе по водопоглощению и размеру открытых пор. Для устранения таких недостатков в технологии бетонов следует применять пластифицирующие и воздухововлекающие добавки.

Глава 3 Технологическая часть

На основании приведенных выше теоретических сведений и результатов экспериментов, основанных на сравнении физико-механических свойств бетонов на природном заполнителе и заполнителе из бетонного лома было установлено, что вторичный заполнитель является пригодным для изготовления изделий из бетона рядовых марок.

Исходя из того, что заполнитель из бетонного лома является альтернативным сырьем для бетонных и железобетонных изделий, в которых допускается использование гравия в качестве крупного заполнителя, предполагаем, что эффективное использование этого материала будет достигнуто при производстве фундаментных блоков. При разработке технологической схемы производства ориентируемся на выпуск блоков широкой номенклатуры и товарного бетона рядовых марок М150...М300.

3.1 Расчет производительности производства

Для расчета производственных мощностей и потребности производства в сырье рассчитываем материальный баланс производства [15], для этого принимаем, что работа бетоносмесительного отделения проходит в 2 смены по 8 часов в сутки по прерывной неделе, что в календарном виде представляет 262 рабочих суток в год. 103 суток отводим под выходные дни, календарные праздники, профилактику и ремонт оборудования.

Заданная проектом производительность на выпуск бетонной смеси рядовых марок М150 и М300 равна 70 м^3/ смену.

Фонд рабочего времени:

$$T = N \cdot n \cdot t \cdot k_1 \cdot k_2 \,, \qquad (17)$$

где N - количество рабочих дней в году;

n - количество смен;

t - количество часов в смену;

k_1 – коэффициент, учитывающий простои, связанные с текущим ремонтом оборудования: k_1 = 0,9-0,95 для оборудования, работающего с перерывами; k_1 = 0,85-0,9 для оборудования, работающего непрерывно;

k_2 – коэффициент, учитывающий простои, связанные с плановыми остановками на ремонт: k_2 = 0,9.

$$T = 262 \cdot 2 \cdot 8 \cdot 0{,}9 \cdot 0{,}9 = 3395{,}52 \text{ ч.}$$

Часовую производительность $П_ч$, м^3 рассчитываем как:

$$П_ч = \frac{П_{см}}{t}, \tag{18}$$

где $П_{см}$ – производительность производства в смену, м^3.

$$П_ч = \frac{70}{8} = 8{,}75 \text{ м}^3.$$

Производительность в сутках:

$$П_{сут} = 24 \cdot П_ч, \tag{19}$$

где $П_{сут}$ – производительность производства в сутки, м^3.

$$П_{сут} = 24 \cdot 8{,}75 = 210 \text{ м}^3.$$

Исходя из вышеприведенного расчета, считаем, что годовая производительность производства $П_г$, м^3 составляет:

$$П_г = 262 \cdot П_{сут}, \quad (20)$$

$$П_г = 262 \cdot 210 = 55020 \text{ м}^3.$$

Учитывая потери и возможное расширение производства, запроектируем участок производительностью 57 тыс. м^3/год.

Таблица 7 – Материальный баланс

Наименование операции	Потери, %	Ед. изм.	Производительность			
			В час	В смену	В сутки	В год
1. Склад готовой продукции	-	м^3	9,065	72,52	217,56	57000
2. Участок ТВО	0,5	м^3	9,11	72,88	218,65	57285
3. Формование изделий	0,5	м^3	9,16	73,28	219,74	57571,43
4. Производство бетонной смеси	1	м^3	9,25	74	221,94	58147,14
5. Бункеры сырьевых материалов:						
- цемент	1	м^3	3,06	24,48	72,86	19088,71
		т	9,486	75888	225,866	59175
- крупный заполнитель	1,5	м^3	11,17	89,36	268,13	70248,83
		т	14,521	116,168	348,569	91323,479
- мелкий заполнитель	2	м^3	6,09	48,72	146,07	38270,31
		т	16,017	128,134	384,164	100650,915
6. Транспортировка:						
- цемент	1	м^3	3,07	24,56	73,59	19279,59
		т	9,517	228,129	228,129	59766,729
- мелкий заполнитель	2	м^3	6,21	49,68	148,99	39035,72
		т	16,332	130,658	391,844	102663,944

Продолжение таблицы 7

7. Производство вторичного крупного заполнителя						
- дробление	2	$м^3$	11,06	88,48	265,39	69532,29
		т	27,65	221,2	663,475	173830,72
- транспортировка	1	$м^3$	11,28	90,24	270,81	70951,32
		т	14,664	117,312	352,053	92236,716

Расчет годовой производительности ведем в соответствии с формулой 5:

$$П_n = \frac{П_{n+1}}{1 - \frac{Q_n}{100}}, \quad (21)$$

где $П_n$ – производительность в зоне, $м^3$/год;

n – номер зоны;

Q_n – потери в зоне, %.

Запас сырьевых материалов рассчитывается по формулам 6-8:

$$Ц = \frac{П_4 \cdot Ц_y}{1 - \frac{Q_n}{100}}, \quad (22)$$

$$Кз = \frac{П_4 \cdot Кз_y}{1 - \frac{Q_n}{100}}, \quad (23)$$

$$П = \frac{П_4 \cdot П_y}{1 - \frac{Q_n}{100}}, \quad (24)$$

где *Ц, Кз, П* – искомая производительность бункеров цемента, крупного заполнителя и песка соответственно, $м^3$;

$П_4$ – производительность бетоносмесительного участка, м^3;

$Ц_у$, $Кз_у$, $П_у$ – расход цемента, крупного заполнителя и песка соответственно на 1 м^3 условного бетона, т (см. глава 2, п.1.5)

$Ц_у$ = 0,325 т;

$Кз_у$ = 1,19 т;

$П_у$ = 0,645 т.

Для перевода значений из м^3 в тонны, воспользуемся таблицей 8 с значениями плотностей материалов.

Таблица 8 – Значения плотностей для расчета производительности

Наименование	Цемент	Песок	Вторичный крупный заполнитель	Бетонные изделия на дробление
Значение плотности, кг/м^3	3,1	2,63	1,3	2500

Исходя из полученных в ходе расчета данных, устанавливаем, что для реализации производства основные участки должны обеспечивать производительность:

- участок дробления бетонного лома не менее 11, 06 м^3/ч (27,65 т/ч);
- участок БСУ не менее 9,25 м^3/ч;

Бункеры сырьевых материалов должны обеспечивать необходимое количество сырьевого материала и должны иметь запас 5-10-суточной потребности в нем.

Силосы цемента

Учитывая, что наше предприятие работает по 5 дневной рабочей неделе, необходимый запас цемента Цз, т будем рассчитывать на 5 суток.

$$Ц_з = 5 \cdot П_{сут}, \quad (25)$$

$$Ц_з = 5 \cdot 225{,}866 = 1129{,}33 \text{ т.}$$

Из расчета по формуле 9 определяем, что запас цемента на 5 рабочих суток должен составлять не менее 1129,33 т.

Из каталога оборудования Златоустовского Завода Бетоносмесительного Оборудования [16] выбираем силос цемента СПС-520 и силос цемента СПУ-650 с характеристиками (таблица 9 и таблица 10):

Таблица 9 – Характеристики силоса цемента СПС-520

Наименование параметра	Значение
Вместимость силоса максимальная, т	520
Объем силоса, $м^3$	350
Толщина стенки, мм	6
Толщина стенки конуса, мм	6
Масса, кг	24080
Диаметр банки, мм	5870
Высота, мм	18340

Таблица 10 – Характеристики силоса цемента СПУ-650

Наименование параметра	Значение
Вместимость силоса максимальная, т	650
Объем силоса, $м^3$	430
Толщина стенки, мм	6
Толщина стенки конуса, мм	8
Масса, кг	36000
Диаметр банки, мм	7360
Высота, мм	16505

Для обеспечения вместимости всего запаса цемента принимаем 1 силос цемента СПС-520 и 1 силос цемента СПУ-650 с возможностью хранения цемента суммарно до 1170 т.

Подбор бункеров

Крупный и мелкий заполнители доставляются к участку бетоносмесительного узла в объеме, достаточном для обеспечения работы на 5 суток.

От открытой склад-площадки в приемный бункер дозирующего комплекса заполнители подаются с помощью автопогрузчика. Объем разовой погрузки в бункеры определяется объемом самих бункеров, заполнение производится по мере их опустошения.

В смену производство потребляет 89,36 м^3 крупного заполнителя и 48,72 м^3 мелкого заполнителя. С учетом данных потребностей, выбираем дозирующий комплекс ДКМ-60, технические характеристики которого описаны в таблице 11.

Таблица 11 – Характеристики бункера крупного заполнителя ДКМ-60

Наименование параметра	Значение
Общий объем бункеров, м^3	60
Объем одного бункера, м^3	20
Количество бункеров \ секций, шт.	3\6
Максимальная доза взвешивания, кг	до 3600
Погрешность дозирования, %	±1
Скорость движения ленты, м\с	1,9
Давление в пневмосистеме, мПа	0,6…0,8

Отводим 2 бункера комплекса под крупный заполнитель и 1 бункер под мелкий. Вместительность комплекса позволит производить загрузку заполнителей по 2 раза в смену.

3.2 Технология получения вторичного заполнителя из бетонного лома

Вторичный заполнитель получается при использовании установок первичного и вторичного дробления.

На первой стадии куски бетонного лома, доставленные с места демонтажа железобетонных конструкций, подаются на прессово-разрушающую машину с колосниковым столом.

С помощью толкателя материал продвигается по колосниковому столу к зоне разрушения прессом (рисунок 11).

Рисунок 11 – Зона разрушения

Пресс совершает цикличное поднятие и опускание с большим усилием, под действием которого изделие и подвергается разрушению. Отделяющиеся куски цементного камня проходят через колосники стола и выгружаются конвейером, а отделившиеся куски арматуры отсеиваются в специальный лоток (рисунок 12).

Рисунок 12 – Процесс разрушения

После первичного разрушения на прессово-разрушающей машине крупнокусковый материал поступает в дробилки для дальнейшего измельчения. Вид дробящей машины подбирают из условия крупности материала, необходимой на выходе после дробления. Применяют стационарные и мобильные дробилки:

- стационарные – целесообразно устанавливать в цехах, где перерабатывается большой объем сырья;
- мобильные – отличаются от стационарных более мелких габаритов и возможностью перемещения с одного рабочего места на другое.

После прохождения через дробилку измельченный материал с фракцией 0-50 мм подается по ленточному конвейеру в бункеры-накопители, а оттуда на сортировочные установки. На сортировочной установке материал рассеивается на фракции и направляется на раздельное хранение в соответствующие бункеры.

Состав технологической линии

Правильная подготовка сырья играет значительную роль в технологии изготовления бетона. Вторичный крупный заполнитель имеет ряд

специфичных свойств, которые необходимо учитывать при его применении в производстве. В настоящее время для переработки вторсырья рациональным решением является использование специализированных дробильно-сортировочных комплексов, обеспечивающих получение фракционированных продуктов дробления и арматуры из некондиционных железобетонных изделий. Рассмотрим принцип действия и эффективность комплексов на примере технологической линии ДСК-130-1/60 (рисунок 13).

Рисунок 13 - Технологическая линия ДСК-130-1/60

Линия представляет собой последовательно соединенные между собой систему агрегатов, таких как оборудование для дробления, сортировки, транспортировки и сепарации. Линия полностью автоматизирована и все процессы протекают только под наблюдением обслуживающего персонала, без необходимости их прямого участия в работе.

Технические характеристики представлены в таблице 12.

Таблица 12 - Технические характеристики линии ДСК-130-1/60

Наименование параметра	Значение
Максимальные размеры перерабатываемого материала, мм Длина Ширина Высота	 1200 1500 600
Предел прочности перерабатываемого материала при сжатии, МПа	78,6
Размер фракции на выходе, мм	0-5; 5-20; 20-40; 40-70
Производительность по загрузке, до, т/час	150
Климатическое исполнение	У
Степень защиты оборудования	IP54
Напряжение питания, В	380
Общая установленная мощность, кВт	<205
Габаритные размеры линии в плане (без учета отвалов), LxB, м	52 х 36
Суммарная масса, т	118
Уровень шума, дБ	до 100

Принцип работы:

Поступаемые крупногабаритные железобетонные изделия и разрушенные части конструкций укладываются на колосниковый стол прессово-разрушающей машины МПР-1500 с максимальными размерами разрушаемых изделий до 12000х1500х600 мм и проходит основные этапы переработки в соответствии со схемой 14.

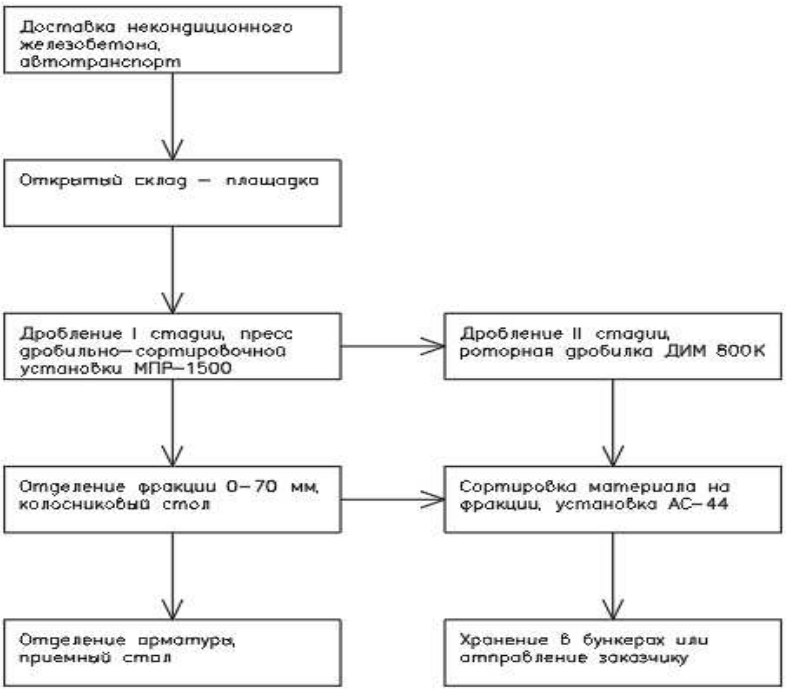


Рисунок 14 – Функциональная схема производства заполнителя из бетонного лома

Продвижение материала по столу осуществляется толкателем и при воздействии пресса происходит эффективное первичное разрушение с высвобождением арматуры. Арматура проталкивается в приемный лоток и складируется на приемном столе МПР-1500. Одновременно с этим отделившийся камень падает сквозь колосники стола на систему конвейеров, далее на агрегат сортировки АС-44, где материал после первичного дробления 0-70 мм рассеивается по фракциям 0-5 мм, 5-20 мм, 20-40 мм, 40-70 мм, которые отгружаются конвейерами. Куски избыточной крупности (более 70 мм) направляются по конвейеру для вторичного измельчения в дробилке ДИМ 800К. После II стадии дробления измельченный бетон по конвейеру проходит на сортировку (агрегат АС-44), где вновь проходит рассев по фракциям.

Таким образом, состав линии представлен следующим:

- Агрегат питателя вибрационного АПВ-08 с бункером;

- Машина прессово-разрушающая МПР-1500 с толкателем, колосниковым и приемным столами;

- Дробильно-измельчительная машина ДИМ 800К;

- Агрегат сортировки АС-44;

- Конвейер ленточный КЛЖ 1х5-1,25;

- Конвейер ленточный КЛЖ 0,8х20-7,1;

- Конвейер ленточный КЛЖ 0,8х25-7,1;

- Конвейер ленточный КЛЖ 0,8х25-6,4 2шт.;

- Конвейер ленточный КЛЖ 0,65х15-3,3 4шт.;

- Железоотделитель ЭМЖС-080/35 (на раме) 3шт.;

- Агрегат с кабиной управления, с пускорегулирующей аппаратурой 2шт.

Работа составных частей

Машина прессово-разрушающая МПР-1500

Машина МПР-1500 состоит из двухрычажного гидравлического пресса, колосникового стола (необходимой длины), привода толкателя, агрегата управления, ленточного конвейера и приемного стола (необходимой длины). Техническая характеристика прессово-разрушающей машины МПР-1500 представлена в таблице 13.

Таблица 13 - Технические характеристики прессово-разрушающей машины МПР-1500

Наименование параметра	Значение
1 Производительность, $м^3$/ч Максимальная (при переработке фрагментов кирпичных построек и ненесущих плит 1500х600 мм) Номинальная (при переработке несущих ЖБИ 1500х400 мм) Наибольшая фракция дробленного материала, мм	 35 20 до 200
2 Тип пресса Разрушающее усилие, кН Ход траверсы, мм	шарнирно-рычажный, гидравлический 1570±10% 650
3 Стол колосниковый Рабочая длина стола, мм Рабочая ширина стола, мм Размер между подошвами рельсов, в свету, мм	 12000 1700 100
4 Привод толкателя, тип Двигатель, тип а) мощность, кВт б) частота вращения, об/мин Клиноременная передача а) передаточное число б) тип ремня в) количество ремней, шт Редуктор, тип - передаточное число Количество приводов, шт	электромеханический АИР132М6 7,5 1000 2 С(В)-2000ХЛ 3 1ЦЗУ-315М-80-12-Ц-У2 80 1

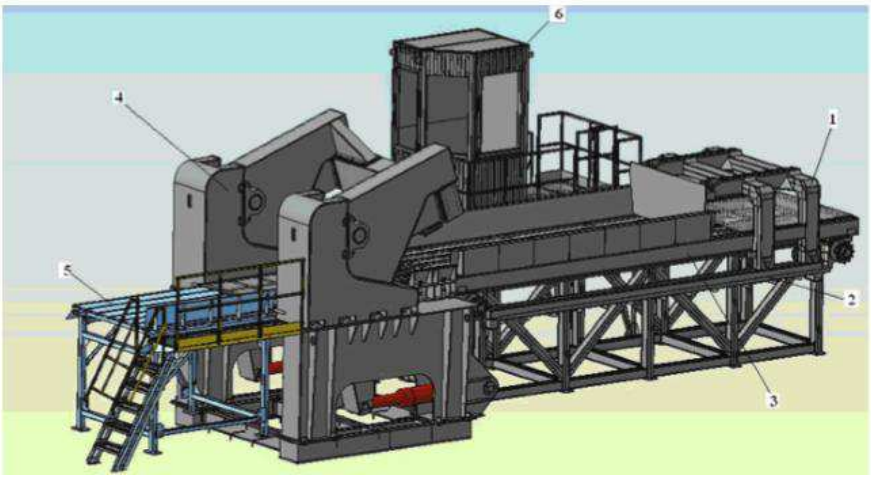
Продолжение таблицы 13

5 Толкатель, тип	с откидным отвалом
а) колея, мм	2000
б) база, мм	800
Передача мощности толкателю	цепной передачей
Цепь, тип	ПРИ-78,1-400
а) шаг цепи, мм	78,1
б) количество цепей, шт	2
в) механизм натяжения	винтовой
Усилие толкания, кН	62
Скорость передвижения толкателя, м/мин	6
6 Привод траверсы пресса	гидравлический
Гидроцилиндр	
а) диаметр поршня, мм	220
б) диаметр штока, мм	160
в) рабочий ход штока, мм	910
Количество цилиндров, шт	2
Гидростанция	
а) давление рабочее в гидросистеме, МПа	17
б) расход рабочий в гидросистеме, л/мин	
- холостой ход	150
- рабочий ход	25
в) мощность двигателя гидростанции, кВт	30
г) мощность двигателя теплообменника, кВт	0,12
7 Общая установленная мощность, кВт	30,12
8 Габаритные размеры (с приемным столом и агрегатом управления), мм	
длина	23045
ширина	6325
высота	4370
9 Масса (без учета гидроцилиндров гидростанции, электрооборудования), кг	36250

Окончание таблицы 13

10 Масса полная,(без дополнительного оборудования), кг	37700
11 Конвейер ленточный Ширина ленты, мм Длина конвейера (по осям), мм Мощность, кВт Масса конвейера, кг	 1000 5000 2,2 1600
12 Приемный стол Масса приемного стола, кг	 3140
13 Агрегат управления (кабина оператора) Масса агрегата управления, кг	 1800

Принцип действия пресса заключается в раздавливании материала с усилием, превышающим предел прочности при сжатии разрушаемого материала. Разрушающее усилие пресса передается через зубья траверсы непосредственно на разрушаемый объект. Нажимные зубья находятся на траверсе и столе пресса и представляют собой трапециевидные рейки, расположенные в шахматном порядке (рисунок 15).



1 – толкатель; 2 – направляющие рельсы; 3 – колосниковый стол; 4 – пресс; 5 – приемный стол; 6 – кабина оператора

Рисунок 15 - Прессово-разрушающая машина с колосниковым столом

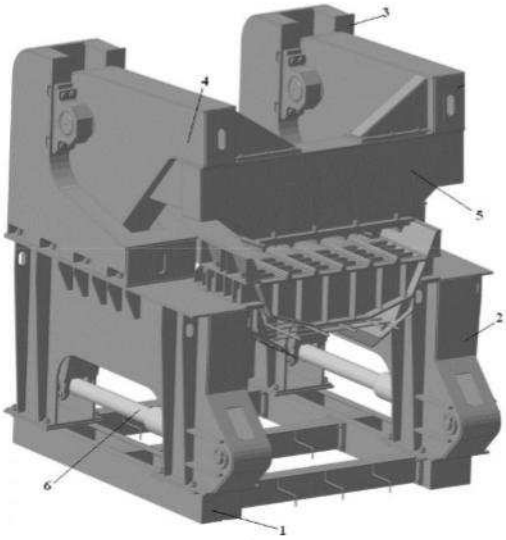
Материал подается толкателем (1), движущимся по рельсам (2), смонтированным на колосниковом столе (3), в сторону пресса (4). Подача происходит только после разрушения (отделения от арматуры и просеивания через колосник кусков железобетона). Разрушенный материал поступает на конвейер, а оставшаяся арматура перемещается толкателем на приемный лоток и далее на приемный стол (5). Управление работой машины осуществляется оператором с пульта управления, расположенным в кабине (6) агрегата управления.

Пресс

В исходном положении траверса находится в верхнем положении. Ход траверсы – 650 мм, ограничен конечным выключателем верхнего положения. При необходимости, в процессе работы, допускается подъем траверсы на меньшую высоту, но не ниже, чем на 50 мм от уровня подаваемого материала. Разрушаемое изделие подается на стол пресса толкателем. После остановки подачи изделия, траверса опускается.

Разрушение изделия происходит при надавливании зубьев на изделие. Куски материала просыпаются сквозь стол и попадают на решетку, а затем на конвейер. При достижении нижнего положения срабатывает конечный выключатель и траверса поднимается вверх до исходного положения или до необходимой высоты, определяемой оператором. При наличии на столе крупных кусков, не прошедших сквозь решетку колосника, процесс повторяют.

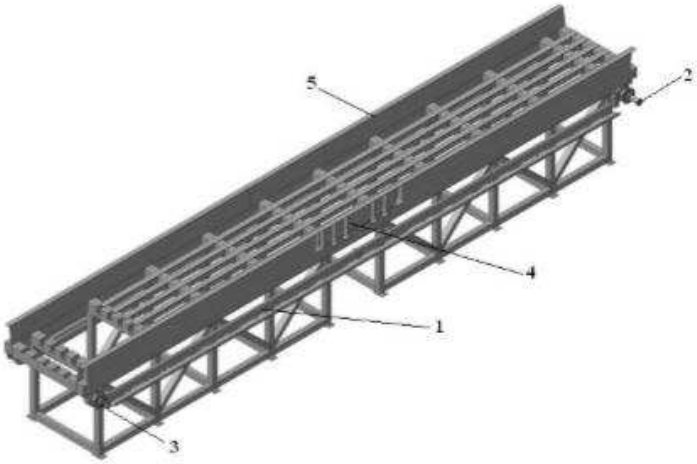
Освобожденная арматура, закладные детали и т.п. попадают на лоток, и снимается вручную на приемном столе, при этом арматура попадает на приемный стол после лотка путем сталкивания ее толкателем колосникового стола. В составе пресса различают два больших блока – станину (рисунок 16) и стол (рисунок 17).



1 – рама опорная; 2 – стойка; 3 – тумба; 4 – рычаг; 5 – траверса; 6—гидроцилиндр

Рисунок 16 – Станина

Станина представляет собой сборную конструкцию, состоящую из опорной рамы 1, стоек 2 и тумб 3. Опорная рама 1 является базой для монтажа пресса и замоноличивается в бетонном фундаменте. Назначение станины в закреплении на ней основных узлов и оборудования.



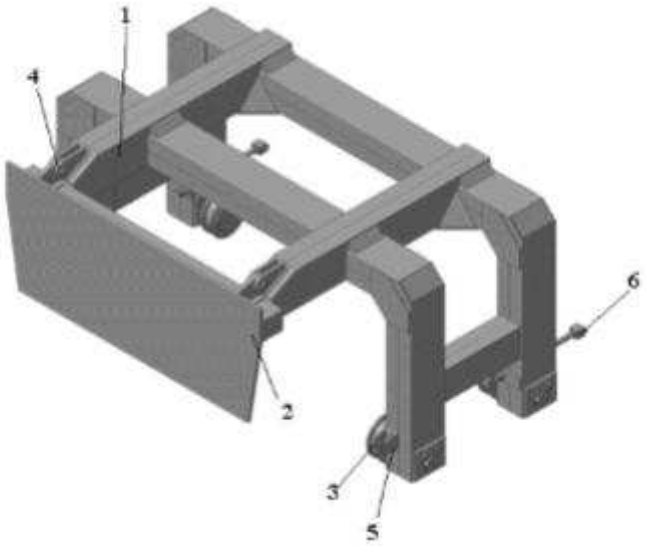
1 – рама стола; 2 – приводной вал; 3 – холостой вал;

4 – подшипниковые опоры; 5 – борт

Рисунок 17 - Стол

Стол пресса представляет собой колосниковую сварную решетку из ребер толщиной 20 мм с размером ячейки в свету 120х240 мм. Сверху на

ребрах решетки установлены нажимные зубья, а по бокам решетки защитные борта, которые препятствуют просыпанию и облегчают центровку разрушаемого материала относительно оси стола. В поперечных шпангоутах стола имеются пазы для закладки рельса Р50 подошвой вверх. Подошвы рельсов образуют опорную поверхность стола. По бокам стола установлены направляющие рельсы для передвижения толкателя, и настилы, уменьшающие провисание тяговой цепи. Приводной вал посредством муфты соединен с выходным валом редуктора привода толкателя (рисунок 18).



1 – рама; 2 – отвал; 3 – колесо; 4 – петля; 5 – вилка; 6 – болт

Рисунок 18 – Толкатель

Толкатель представляет собой П-образную тележку, в верхней части которой на петлях 4 установлен откидной отвал 2. Рама 1 толкателя выполнена из швеллера №24. В передних стойках (со стороны отвала) установлены вилки 5 для заделки тяговой цепи. В задних стойках имеются винтовые натяжные устройства 6, осуществляющее натяжение цепи. В стойках толкателя установлены двухребордные ходовые колеса 3 диаметром 220 мм. Ход толкателя ограничен конечными выключателями, которые отключают привод толкателя при достижении тележкой толкателя крайних положений.

Дробильная машина

Дробильно-измельчительная машина ДИМ 800К (рисунок 19) предназначена для дробления пород с пределом прочности при сжатии до 160 МПа и влажностью до 12%.

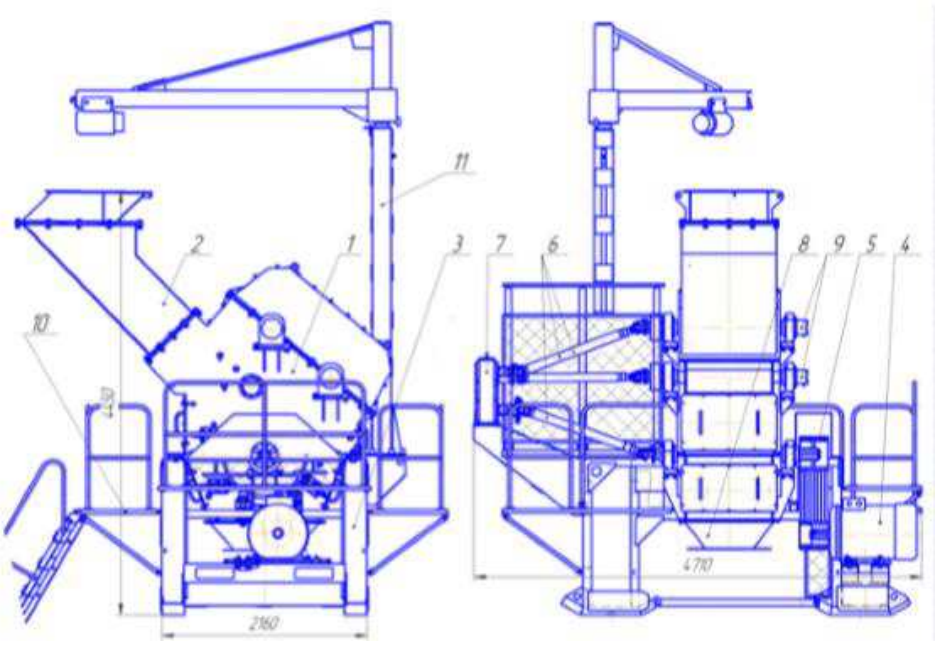
Технические характеристики дробильно-измельчительной машины ДИМ 800К представлены в таблице 14.

Таблица 14 - Технические характеристики дробильно-измельчительной машины ДИМ 800К

Наименование параметра	Значение
Размеры дробящих элементов, мм: - диаметр выступов молотков (бил) на роторе - длина рабочей части роторов	 800 800
Количество роторов, шт.: - направляющих - отражательных	 1 2
Максимальная производительность при показателях предела прочности до 80 МПа и размере готовой продукции 0-40 мм, т/час	60
Наибольший размер куска исходного материала, мм с пределом прочности при сжатии: - 12-30 МПа; - 31-80 МПа; - 81-120 МПа; - 121-140 МПа; - 141-160 МПа	 400 300 200 150 100

Продолжение таблицы 14

Частота вращения роторов, об/мин - номинальная - минимальная (при наличии преобразователя частоты)	 800 400
Мощность приводного электродвигателя, кВт	75
Номинальная частота вращения вала электродвигателя, об/мин	990
Размеры приемного отверстия бункера, мм - продольный - поперечный	 1476 1158
Ширина щелей пропускных решеток, мм - номинальная - по заказу	 40 15; 20; 60
Масса дробилки без рамы и привода, т	10,7
Масса дробильно-измельчительной машины (с консольным краном, без ЗИП), т	15,6
Масса ЗИП основной комплектации, т	1,1
Габаритные размеры дробильно-измельчительной дробилки, м - длина - ширина - высота без консольного крана (до приемного отв.) - высота с консольным краном	 4,710 5,125 4,340 4,875



1 – дробилка; 2 – загрузочный бункер; 3 – рама; 4 – электродвигатель; 5 – клиноременная передача; 6 – карданные валы; 7 – синхронизатор; 8 – лоток; 9 – индуктивные датчики; 10 – площадка обслуживания; 11 – консольный кран; 12 - течка

Рисунок 19 - Дробильно-измельчительная машина ДИМ 800К

ДИМ 800К состоит из дробилки 1, установленной на раме 3. Загрузочный бункер 2 устанавливается на корпусе дробилки. В нижней части дробилки установлен нижний лоток 8 и течка 12. Привод состоит из электродвигателя 4, клиноременной передачи 5, трех карданных валов 6, соединяющих синхронизатор 7 с валами направляющего и отражательных роторов, датчиков индуктивных 9. Площадки обслуживания 10 закреплены на раме 3, там же может быть установлен консольный кран 11. Все вращающиеся части закрыты ограждениями. Шкаф управления устанавливается в месте, который определяет сам заказчик.

Работает ДИМ следующим образом: исходный материал подается в бункер, попадает в дробилку, дробится и измельчается, продавливаясь сквозь решетки, и через лоток и течку попадает на приемное оборудование (например, конвейер). Чертеж дробилки представлен на рисунке 20.

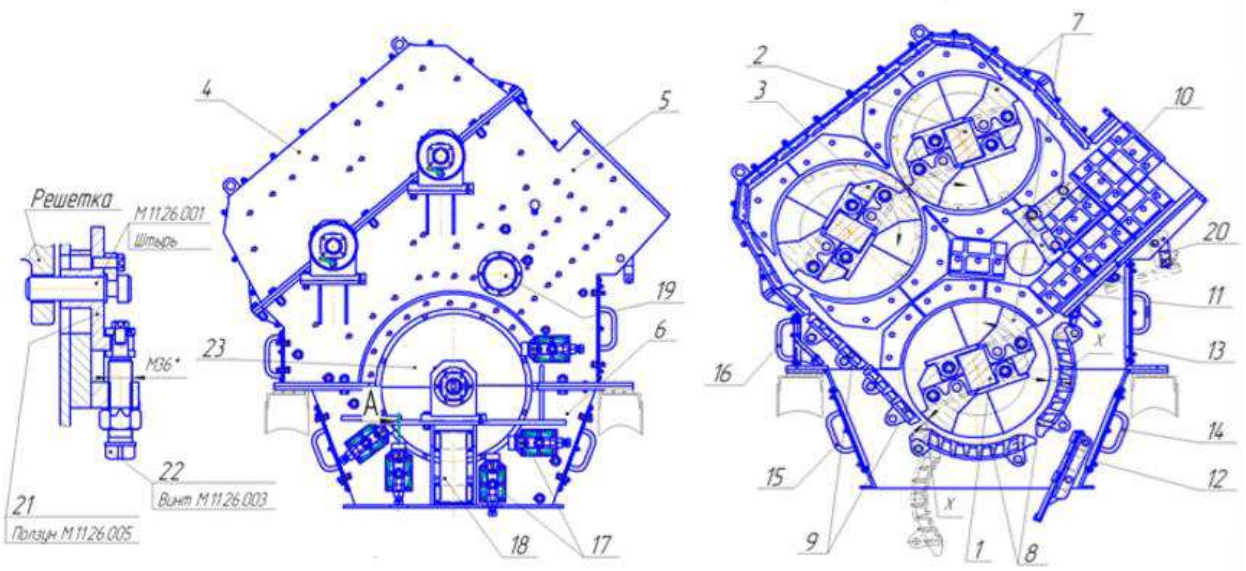
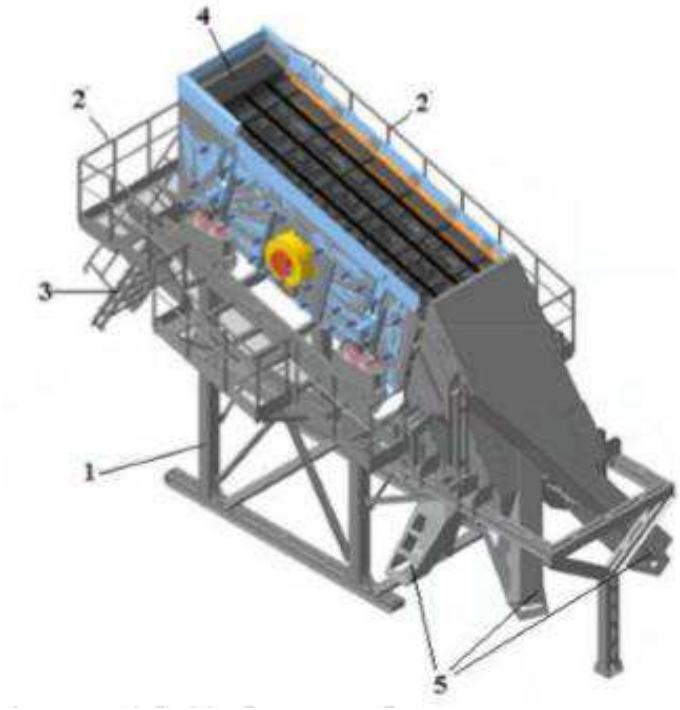


Рисунок 20 – Дробилка

Дробление осуществляется при вращении ротора направляющего навстречу вращения роторов отражательных при их одинаковой скорости вращения. Попадая на молотки направляющего ротора, происходит первичное дробление материала, отскочив от направляющего ротора с определенной скоростью, раздробленные и нераздробленные куски попадают или на отражатель, или на молотки отражательных роторов. Скорости летящих камней и скорость вращения отражательных роторов (в точках их столкновения) складываются, и происходит вторичное, более разрушительное, дробление. Попадая на решетки, материал, продавливается молотками направляющего ротора и вновь поступающим сверху материалом, дополнительно измельчается и поступает в зону отгрузки.

Грохот

Для классификации заполнителя по размеру зерен используется агрегат сортировки АС-44, включающий в себя грохот ГИС-44 и агрегат грохота АГ-40 (рисунок 21).



1 – опоры; 2 – площадка обслуживания; 3 – лестница; 4 – грохот; 5 - лотки

Рисунок 21 - Агрегат сортировки АС-44

Агрегат АС-44 представляет собой сборно-разборную конструкцию, состоящую из двух опор 1, площадок обслуживания 2, двух лестниц 3 для входа на площадки обслуживания и грохота 4, установленного на раме опорной (рисунок 22). Под грохотом на раме опорной установлен бункер, Под грохотом на раме установлен бункер, а в конце короба грохота – лотки 5 для отвода рассортированного по фракциям материала.

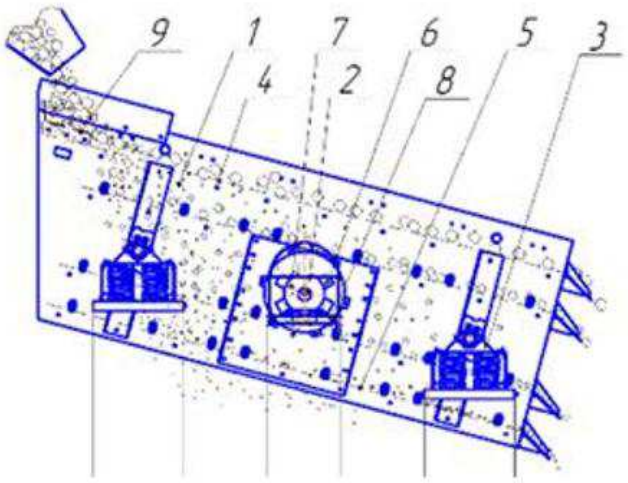
Технические характеристики сортировочного агрегата АС-44 представлены в таблице 15.

Таблица 15 - Технические характеристики сортировочного агрегата АС-44

Наименование параметра	Значение
Размер просеивающей поверхности, мм	4000х1520
Количество ярусов сит	4 (5/20/40/70 мм)
Производительность, $м^3$/ час	125

Продолжение таблицы 15

Электродвигатель Мощность, кВт. Обороты, об/мин	 11 1000
Габаритные размеры, мм - длина - ширина - высота	 8080 4025 4855
Масса, кг	11200
Дополнительное оборудование Грохот ГИС-44	
Максимальный размер куска исходного материала, мм	150
Амплитуда колебаний, мм	3,2 – 4,5
Частота колебаний, $с^{-1}$	16,2
Угол наклона грохота, град	12....18
Масса, кг	4600



1 – короб; 2 – вибратор; 3 – пружинные опоры; 4 – верхнее сито; 5 – нижнее сито; 6 - муфта; 7 - электродвигатель; 8 – подмоторная рамка; 9 – загрузочный лоток

Рисунок 22 – Грохот

Колебательные движения грохота создаются предусмотренным в его конструкции вибратором 2. Привод вибратора обеспечивается от

электродвигателя 7, установленного на подмоторную рамку 8. Передача крутящего момента от электродвигателя 7 к валу вибратора 2 производится через эластичную муфту 6. Для разделения на фракции сортируемого материала внутри короба 1 установлены четыре яруса просеивающих сит: верхнее сито 4, имеющее, как правило, более крупный размер ячеек, а нижнее сито 5 с более мелкими ячейками.

Работа грохота заключается в следующем: на загрузочный лоток 9 колеблющегося короба 1 грохота поступает предназначенный для рассортировки материал, который, подбрасываясь вынуждающей силой вращения дебалансов вибратора 2, начинает двигаться по наклонной поверхности верхнего сита 4 в сторону разгрузки, просеиваясь при этом сквозь его отверстия. Просеянный материал поступает на следующее сито, по которому совершает аналогичное перемещение и, после просеивания через самое нижнее сито, поступает, чаще всего, в разгрузочный бункер или на конвейер. Непросеянный материал со всех сит, доходя до разгрузочных зон поступает, согласно технологии, в отвалы для дальнейшей переработки или использования.

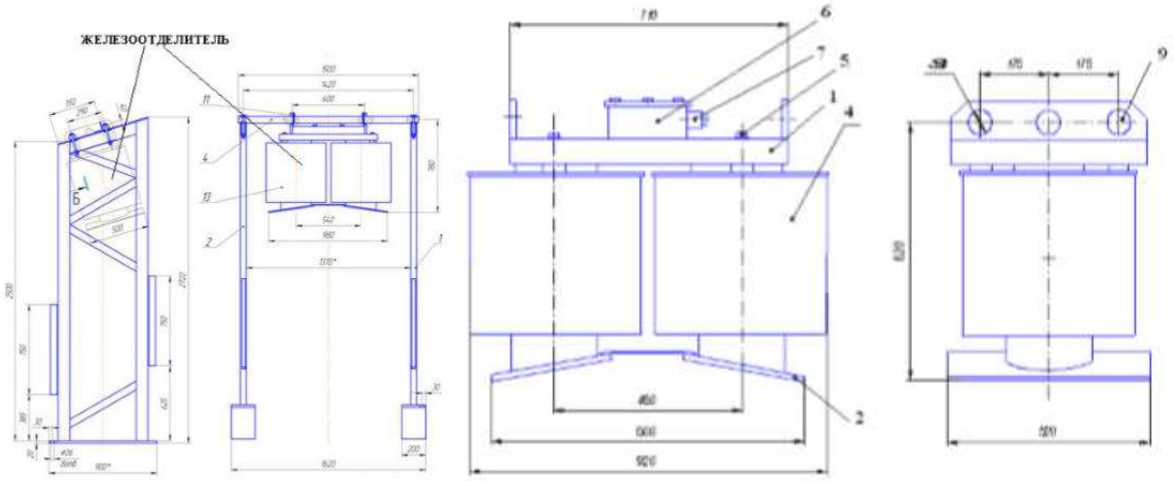
Железоотделитель

При переработке железобетонных изделий важно подобрать оборудование таким образом, чтобы никакие засоряющие и прочие примеси не повлияли на работу всей линии. Поэтому удаление из общей массы арматуры должно производиться на ранних этапах переработки.

За извлечение ферромагнитных предметов отвечает железоотделитель ЭМЖС-080/35, устанавливаемый по ходу движения конвейера (рисунок 23). Технические характеристики железоотделителя ЭМЖС-080/35 представлены в таблице 16.

Таблица 16 - Технические характеристики железоотделителя ЭМЖС-080/35

Наименование параметра	Значение
Глубина зоны извлечения, мм	350
Масса извлекаемых включений, кг	15
Габаритные размеры, мм	2150x1580x620
Номинальное напряжение, В	220
Номинальный ток при 20°С, А	14
Ширина ленты конвейера, до, мм	800
Мощность электродвигателя , кВт	2,4
Масса, кг	1900



1 – магнитопровод; 2 – полюсный наконечник; 4 – катушка; 5 – шпилька крепления катушки; 6 – коробка выводная; 7 – кабельная муфта; 9 – проушины для подвески железоотделителя

Рисунок 23 – Железоотделитель

Агрегат подвешивается на стропах над лентой конвейера в вертикальном положении или над зоной разгрузки конвейера в наклонном положении. Во время движения по конвейеру ферромагнитный материал попадает под действие магнитного поля и притягивается к нижней поверхности, после чего сбрасывается в специальный лоток

3.3 Технология изготовления бетонной смеси из вторичного заполнителя

Согласно разработанному в Японии стандарту, бетон на вторичном заполнителе имеет категории:

1) I категория – обычный мелкий заполнитель + вторичный крупный заполнитель;
2) II категория – обычный и вторичный мелкий заполнитель + вторичный крупный заполнитель;
3) III категория – вторичный мелкий заполнитель + вторичный крупный заполнитель.

Мелкий вторичный заполнитель включает в себя частички измельченного цементного камня, содержание которого по ГОСТ 8736-2014 «Песок для строительных работ. Технические условия» [17] не удовлетворяет требованиям по содержанию пылевидных, илистых и глинистых частиц для использования в бетонных смесях. Также, частицы растворного компонента придают смеси излишнее водопоглощение и могут иметь в своем составе непрогидратировавший клинкер. Таким образом, бетон, используемый нами для производства фундаментных блоков и товарного бетона, будет относиться к I категории.

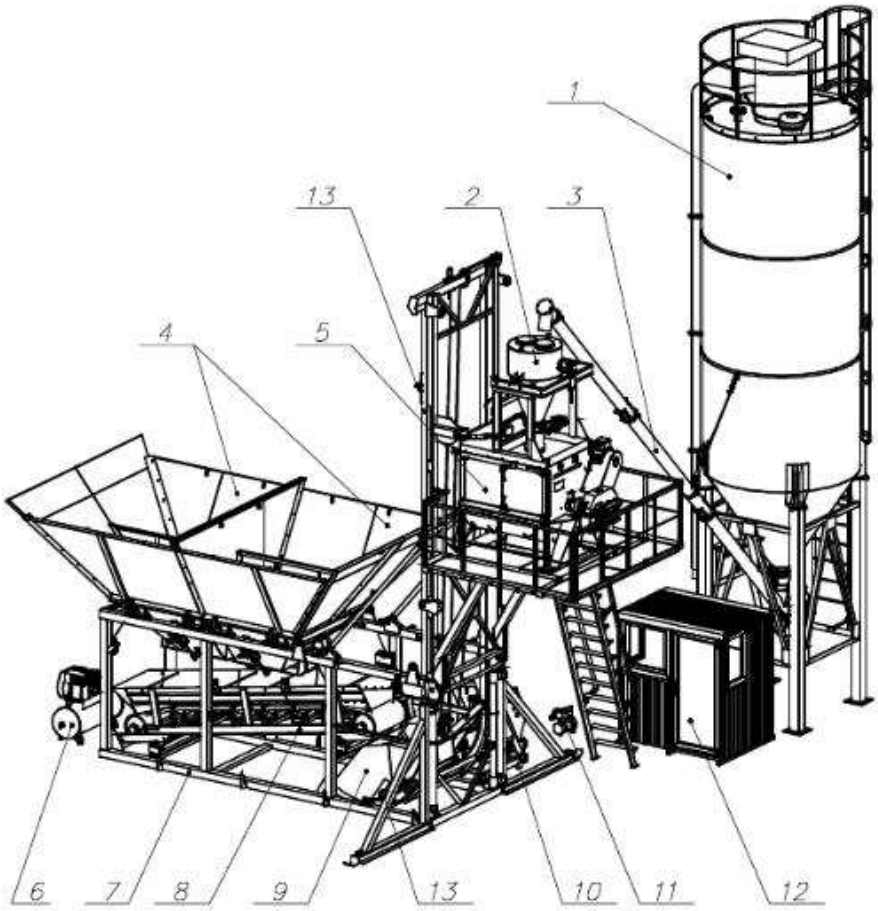
Приготовление бетонных смесей регламентируется ГОСТ 7473-2010 «Смеси бетонные. Технические условия» [18], Бетонная смесь представляет собой сложную многокомпонентную систему, получаемую при затворении водой смеси из цементного вяжущего, мелкого и крупного заполнителей и вводимых при необходимости химических или минеральных добавок.

Все технологические операции производят на бетоносмесительных узлах (БСУ). Бетоносмесительная установка представлена на рисунках 24 и 25.

Технологию изготовления бетонной смеси можно условно разбить на два этапа:

- подготовка сырьевых материалов (транспортировка, дозирование, загрузка в бетоносмеситель);

- приготовление бетонной смеси путем перемешивания в смесительной установке до однородной массы.



1 – силос или растариватель; 2 – блок дозатора цемента; 3 – винтовой конвейер (шнек); 4 – бункер мелкого и крупного заполнителей; 5 – смеситель; 6 – компрессор; 7 – шарнирная рама; 8 – конвейер взвешивающий; 9 – бункер скипа; 10 – привод скипа; 11 – дозатор воды проточный; 9 – кабина оператора с пультом управления; 13 – скиповый подъемник

Рисунок 24 - Бетоносмесительная установка, лист1

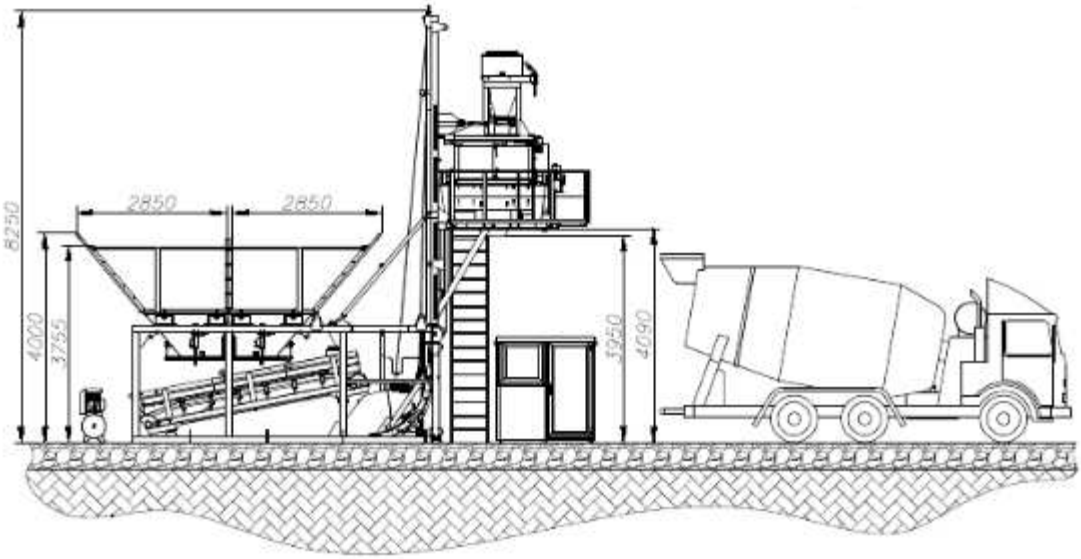


Рисунок 25 - Бетоносмесительная установка, лист 2

Бетоносмесительная установка располагается на шарнирной раме 7, не требующей специального фундамента. Оборудование монтируется на ровной поверхности, устройство приямка для скипа исключается.

Весь процесс автоматизирован и контролируется оператором дистанционно из кабины 9, имеющей смотровые окна для наблюдения за процессом изготовления.

Песок поставляется на участок автотранспортом и хранится на открытой площадке, откуда далее поступает в приемный бункер 4 с помощью автопогрузчика. Крупный заполнитель поступает в штабеля с участка по переработке бетонного лома, после чего аналогично песку подается в приемный бункер 4 бетоносмесительной установки.

Из приемных бункеров заполнители подаются открыванием пневмозатворов на взвешивающий конвейер 8, установленный на тензодатчиках, которые повышают точность дозирования. Материал скапливается в бункере скипа 9, откуда далее поднимается скиповым подъемником 13 к смесителю 5.

Цемент поставляется в силос 1 цементовозом. В блок дозатора 2, расположенный на тензодатчиках, являющихся измерителем массы материала, цемент перемешается с помощью шнека 3. Когда фиксируется необходимая масса материала, с помощью установленного с торца бака вибратора, открываются пневмозатворы и цемент сбрасывается в смеситель.

К дозатору 11 вода подается из системы водоснабжения или ближайшей скважины. После набора необходимой массы воды ее подача автоматически прекращается, затем открываются заслонки и вода сбрасывается в смеситель.

Необходимые в производстве добавки поступают автотранспортом и хранятся в баке. Далее, подаются в дозирующие баки, подвешенные на одном тензодатчике, отвечающем за измерение массы.

После подачи всех компонентов бетонной смеси в смеситель 5, происходит тщательное перемешивание до полной однородности. Время перемешивания определяется рецептом на изготовление, по истечению которого открывается пневмозатвор и смесь выгружается в автобетоносмеситель.

Устройство комплекса БСУ

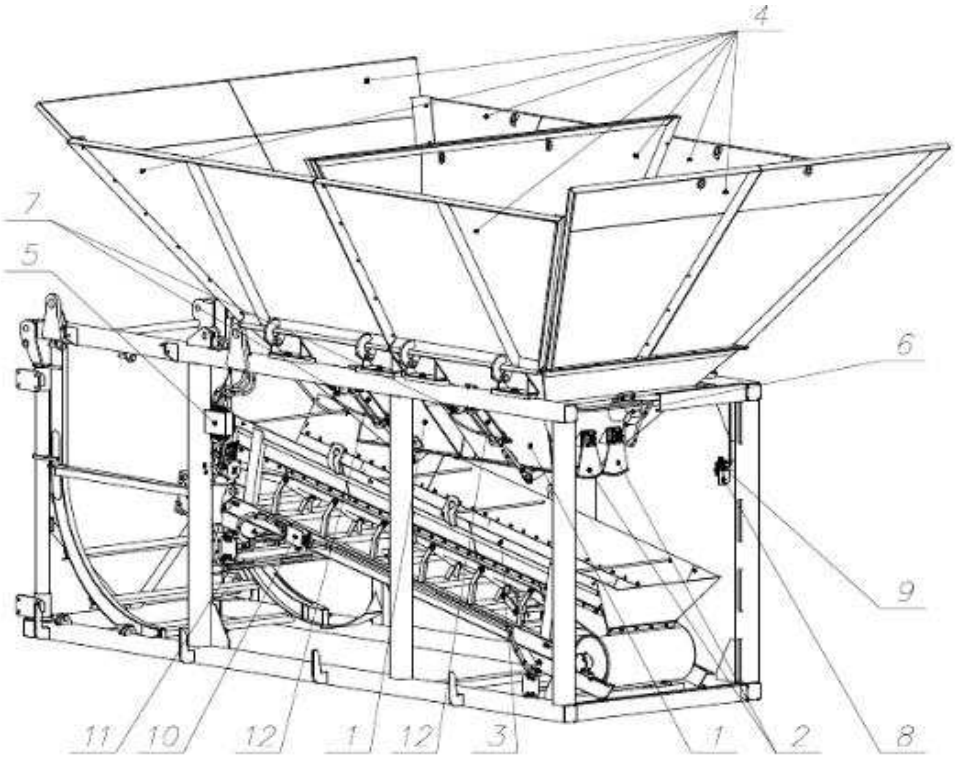
Бетоносмесительная установка (рисунок 24) располагается на шарнирной раме 7. В ее нижней части установлены бункеры заполнителей 4, конвейер взвешивающий 8, бункер скипа 9 и привод скипа 10. В верхней части на площадке устанавливается смеситель 5, над которым располагается блок дозатора цемента 2. Рядом с рамой монтируется компрессор 6, дозатор воды проточный 11, кабина оператора 12, силос цемента 1, от которого к блоку дозатора цемента подходит винтовой конвейер (шнек).

Дозатор заполнителя

Дозатор (рисунок 26) предназначен для промежуточного хранения заполнителей и их дозирования с дальнейшей загрузкой через скиповый подъемник.

В состав дозатора входят узлы:

- горловины бункеров с отсекателями и съемными стенками;
- конвейер взвешивающий, предназначенный для взвешивания необходимой порции материала и выгрузки в бункер скипа.



1 – горловины бункеров; 2 – отсекатель; 3 – конвейер взвешивающий; 4 – съемные стенки; 5 – коробка клемная; 6 – вибратор; 7 – пневмораспределитель; 8 – блок подготовки воздуха; 9 – манометр; 10 – коробка электрическая; 11 – тензодатчик; 12 – пневмоцилиндр.

Рисунок 26 – Дозатор

Дозатор заполнителя располагается в нижней части шарнирной рамы. Загрузка инертных материалов в бункеры обычно производится погрузчиком или экскаватором. Под действием пневмоцилиндров 12 открываются отсекатели 2 и заполнитель через горловину бункера 1 выгружается на взвешивающий конвейер 3, где происходит взвешивание с помощью тензодатчиков. При наборе установленной дозы материала отсекатели закрываются, включается привод конвейера. Отдозированный заполнитель продвигается в бункер скипового подъемника.

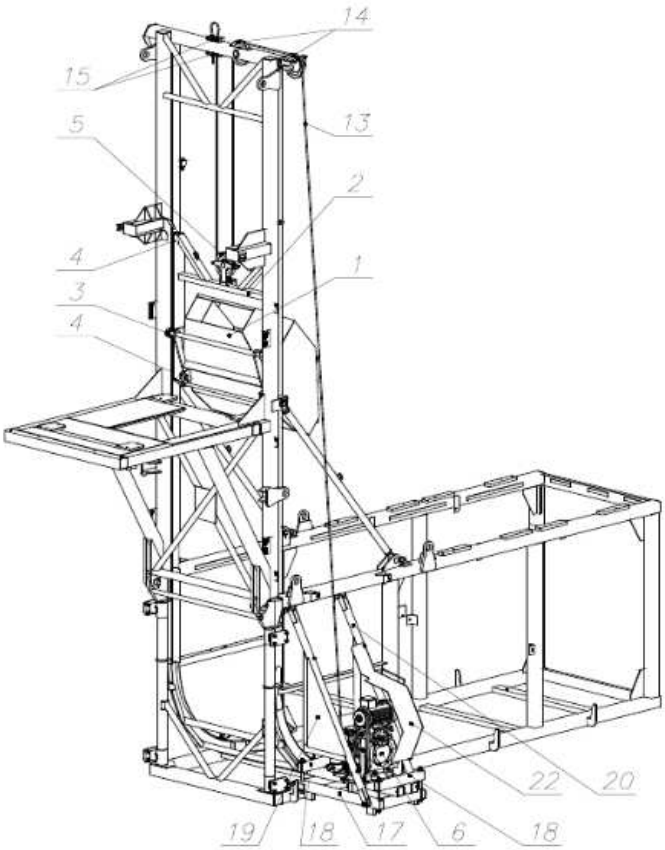
Скиповый подъемник

Предназначается для подачи заполнителя в смеситель после его дозирования (рисунок 27).

К составу подъемника относят:

- бункер скипа;
- привод скипа;

Бункер скипа представляет собой опрокидывающуюся емкость 1, шарнирно закрепленную на подвижной раме 2. По бокам емкости имеются два отклоняющих ролика 3. Подвижная рама имеет в своем составе полуоси с четырьмя колесами 4 по бокам и шкив 5, закрепленный на передней балке. С помощью колес рамы бункер может передвигаться от нижнего датчика до верхнего и обратно. В верхней части бункер переворачивается в результате обката роликов 3 по отклоняющим путям рамы.



1 – емкость опрокидывающаяся; 2 – рама бункера; 3 – ролик отклоняющий; 4 - колесо; 5 – шкив; 6 – привод скипа; 13 – канат; 14 – шкив; 15 – прижим; 17 – рама привода; 18 – прижим; 19, 20 – укосины привода; 22 – кожух привода.

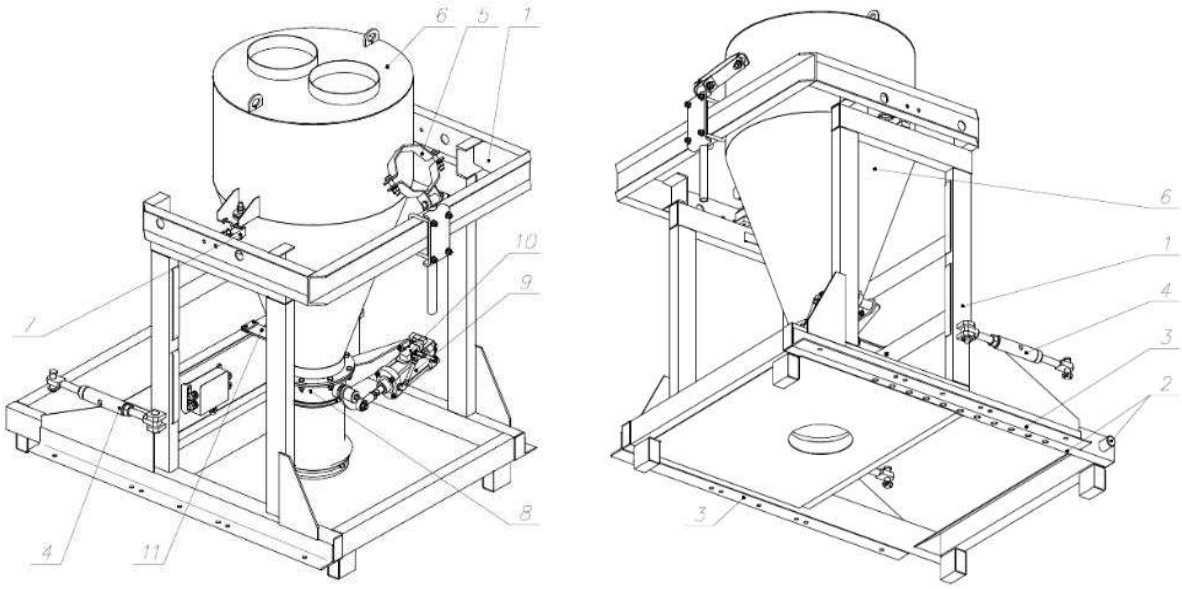
Рисунок 27 - Скиповый подъемник

Принцип работы скипового подъемника заключается в заполнении бункера скипа в нижнем положении отдозированным материалом, после чего он начнет движение к верхнему датчику. В этой точке емкость начинает опрокидываться, высыпая заполнитель в смеситель. Затем бункер возвращается вниз и цикл повторяется.

Блок дозатора

Блок дозатора выполняет функцию точного дозирования цемента и дальнейшую подачу в смеситель (рисунок 28).

Цемент подается шнеком в дозатор для цемента. По достижению необходимой массы материала винтовой конвейер останавливается и открывается заслонка дозатора цемента, сбрасывающий необходимую дозу материала в смеситель. После полного опустошения бака дозатора заслонка закрывается и цикл повторяется.



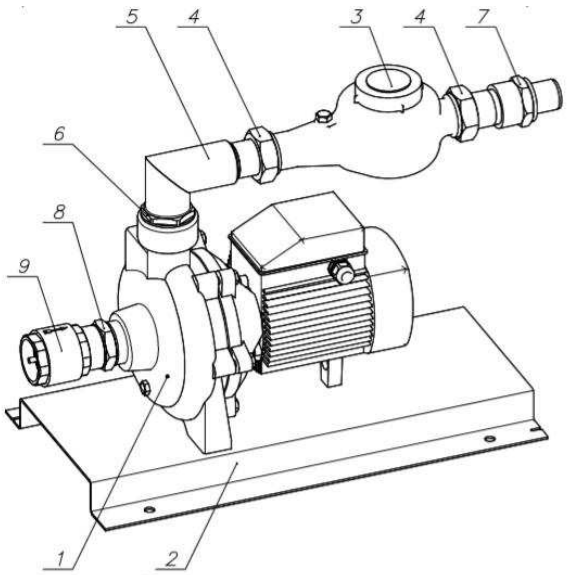
1 – рама; 2 – водяная магистраль; 3 – фланец; 4 – талреп; 5 – хомут; 6 – дозатор цемента; 7 – тензодатчик; 8 – заслонка поворотная; 9 – пневмоцилиндр; 10 – пневмораспределитель; 11 – гаситель

Рисунок 28 - Блок дозатора

Блок дозатора состоит из рамы 1 со встроенной водяной магистралью 2 для подачи воды в смеситель и фланцем 3, предназначенным для крепления к смесителю. На раме располагаются талрепы 4, которые соединяют блок дозатора с шарнирной рамой, хомут 5 предназначается для крепления шнека. Дозатор цемента 6 монтируется к раме через тензодатчики 7, необходимые для взвешивания дозы материала. На разгрузочной горловине дозатора цемента установлена заслонка 8 с пневмоприводом 9, управляемым пневмораспределителем 10. Для предотвращения раскачки дозаторов в горизонтальной плоскости во время работы предусмотрены гасители 11.

Дозатор воды проточный

Служит для подачи воды в смеситель (рисунок 29). Его основными элементами являются насос 1, установленный на подставку 2. На выходе из насоса установлен счетчик 3 со штуцерами 4, счетчик крепится к насосу через угольник 5, который фиксируется контргайкой 6. На выходе счетика расположен ниппель 7 для подсоединения рукава водяной магистрали. На входе насоса установлен обратный клапан 9 посредством переходника 8.



1 – насос; 2 – подставка; 3 – счетчик; 4 – штуцера; 5 – угольник; 6 - контргайка; 7 – ниппель; 8 – переходник; 9 – обратный клапан.

Рисунок 29 - Дозатор воды проточный

С пульта управления подается команда и насос дозатора начинает качать воду через счетчик и водяную магистраль, направляя воду в смеситель. Счетчик оборудован импульсным выходом, сигнал с которого подается в пульт управления на дозирующий контроллер. После наборы необходимой дозы автоматически отключается насос и подача воды прекращается.

Бетоносмеситель принудительного действия

Назначение бетоносмесителя в приготовлении высокооднородных бетонных смесей.

Бетоносмеситель (рисунок 30) состоит из неподвижного сварного корпуса, внутри которого размещен смешивающий механизм, состоящий из двух горизонтально расположенных валов, закрепленных на них лопатках и скребковыми лопастями. Валы смесительные соединены между собой насаженными на их консоли двумя приводными редукторами, синхронизированными входными валами с помощью синхронизирующей цепной муфты. Привод осуществляется от электродвигателя через ременную передачу, закрытую кожухом.

Выгрузка готовой смеси производится через окно в днище корпуса, закрываемое затвором с пневмоприводом, управление которым происходит с пульта управления. Загрузка составляющих бетонную смесь осуществляется загрузочным устройством, состоящим из скипа и привода подъемника с приводом от электродвигателя и два синхронизированных редуктора. Механизм подъема снабжен тормозом для плавной работы.

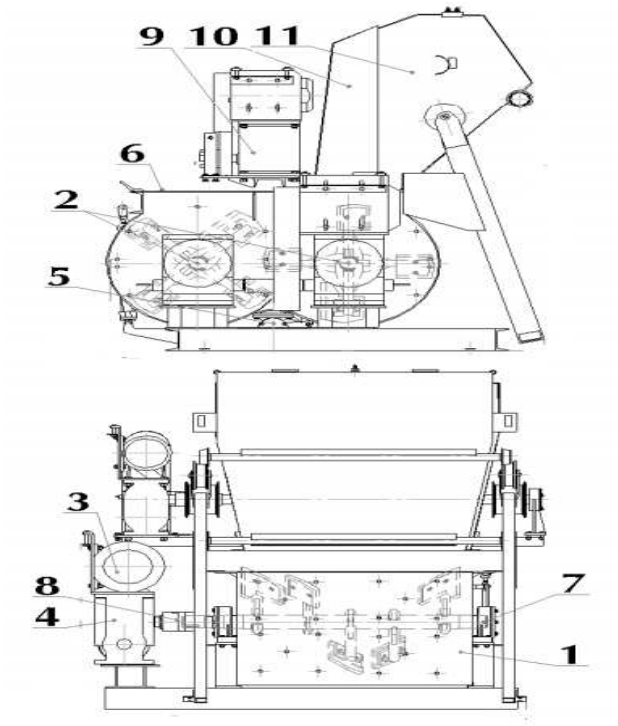
Привод подъемника предназначен для подъема скипа с компонентами смеси, подъема его и опускания вниз.

Водопитание осуществляется от водопроводной сети с помощью насосной станции и автоматического дозатора воды.

Пусковое электрооборудование и защита расположены в силовом шкафу. Для наблюдения за состоянием лопастей имеется смотровой люк. Чистку внутренней полости корпуса, лопастей производить водой под напором. Для слива воды предусмотрено два сливных окна.

Составляющие смеси подаются в скип бетоносмесителя, после загрузки смесь с помощью лебедки скипового подъемника поднимаются наверх и загружаются в корпус бетоносмесителя только при вращающихся валах. Во

время перемешивания смеси, через систему автоматической дозации воды подается вода в необходимом объеме. Подача воды осуществляется с пульта управления нажатием кнопки, доза задается на пульте.



1 – корпус со сменной броней чешуйчатого типа; 2 – смесительные валы с лопатками; 3 – электродвигатель привода вращения; 4 – редуктор привода; 5 – затвор с пневмоприводом; 6 – защитная решетка; 7 – опоры валов; 8 – предохранительные муфты; 9 – привод лебедки; 10 – короб; 11 – скиповый подъемник

Рисунок 30 - Двухвальный бетоносмеситель принудительного действия

Происходит перемешивание компонентов смеси. Время перемешивания смеси зависит от технологии изготовления смеси и производительности смесителя. Качество перемешанной смеси проверяется при открытии затвора бетоносмесителя.

С пульта открывается затвор, приводимый в действие пневмоцилиндром, и бетоносмеситель разгружается. Цикл повторяется.

3.4 Технология изготовления фундаментных блоков

В соответствии с ГОСТ 13579-2018 «Блоки бетонные для стен подвалов. Технические условия» [18], блоком принято считать конструктивный сборный элемент или изделие прямоугольной формы, массой от десятка килограммов до нескольких тонн, изготавливаемым обычно в заводских условиях. Блоки выполняются бетонными, то есть их прочность обеспечивается бетоном, армирование или рабочая арматура присутствует на ограниченных участках – зонах концентрации усилий.

Согласно приведенному ГОСТ 13579-2018 [19], блоки подразделяют на типы:

1) ФБС – фундаментные блоки сплошные (рисунок 31);
2) ФБВ – фундаментные блоки с вырезом для укладки перемычек и пропуска коммуникаций под потолками подвалов и технических подпольев (рисунок 32);
3) ФБП – фундаментные блоки пустотные, с открытыми вниз пустотами (рисунок 33).

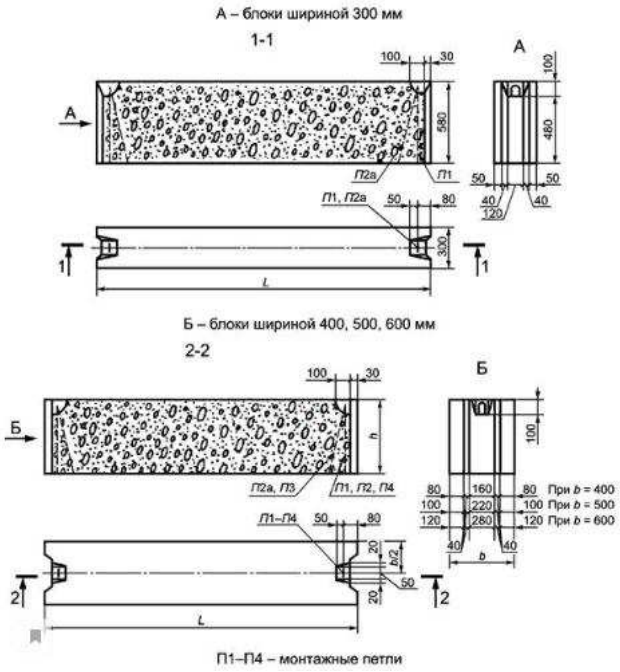


Рисунок 31 – Типовая форма блоков

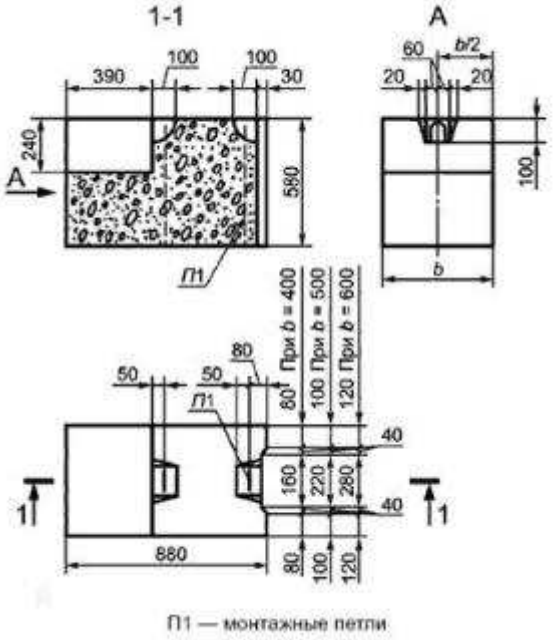


Рисунок 11 - Типовая форма блоков ФБВ

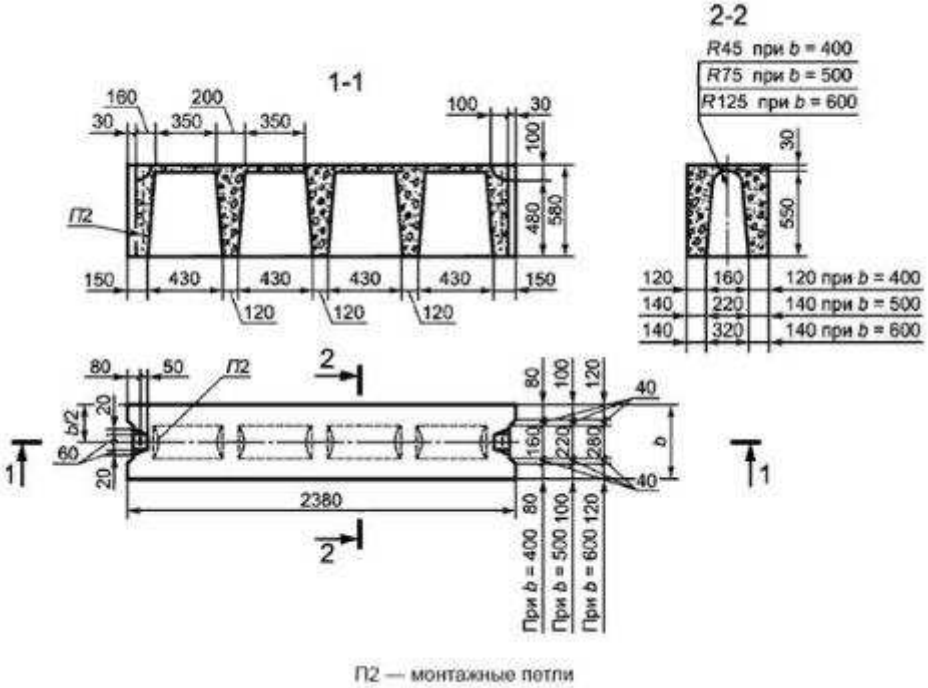


Рисунок 12 - Типовая форма блоков ФБП

Определяем номенклатуру производства изделий (таблица 17)

Таблица 17 – Номенклатура выпускаемых изделий

Тип блока	Основные размеры блока, мм		
	Длина l	Ширина b	Высота h
ФБС	2380	300 400 500 600	580
	1180	300 400 500 600	
	880	300 400 500 600	

Для изготовления фундаментных блоков принята технология изготовления методом вибропрессования. Особенностью этого метода является использование жестких бетонных смесей. Производство бетонной смеси описано в пункте 3.2 настоящей работы. Готовая бетонная смесь подается в бункер вибропресса с помощью погрузчика.

Задача формования – обеспечить правильную геометрию изделий, с точным расположением арматурных и закладных деталей, с обеспечением максимально возможной плотности и притом равномерности структуры бетона (рисунок 34).

Технология формования заключается в следующем: вибрирующий штамп, установленный на поверхности уложенной в форму ровным слоем жесткой бетонной смеси разжижает ее и под действием собственного веса вытесняет в пространство, ограниченное боковыми поверхностями самого виброштампа, бортами формы и прижимной рамой.

Рисунок 34 – Процесс формования

Во время формования основным рабочим органом вибропресса выступают матрица и пуансон. Жесткая бетонная смесь через дозатор подается в полость матрицы и уплотняется под воздействием вибрации стола. После чего на поверхность изделия опускается пуансон и под давлением выпрессовывает изделие из формы-матрицы, дополнительно удаляя из смеси излишние воду и воздух. По окончании времени прессования пуансон поднимается, после чего с изделия снимается и матрица. Отформованное изделие вместе с поддоном подается на участок ТВО.

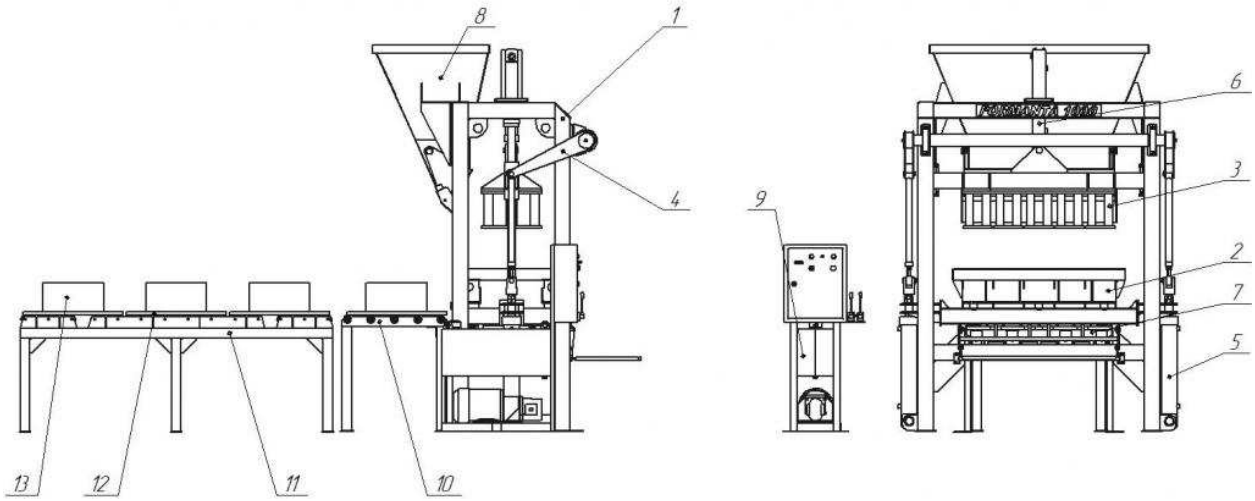
Тепло-влажностная обработка изделий осуществляется в пропарочных камерах. Изделие вместе с поддоном укладывается в специальную камеру, в которую через трубы подается пар. Пропарка происходит по режиму, установленному графиком тепло-влажностной обработки. После пропарки изделие извлекают из камеры, снимают с поддона и с помощью кран-балки отправляют на склад готовой продукции.

Устройство вибропресса

Для обеспечения формования изделий из заданной номенклатуры с помощью вибропресса «Рифей-ФБС», устанавливаем, что в комплекте к формующему агрегату должна поставляться формообразующая универсальная матрица ПФБ-1.

Принцип работы вибропресса (рисунок 35) делится на два этапа:

- изготовление бетонной смеси и ее загрузка в бункер вибропресса;
- формование изделия



1 – рама; 2 – матрица; 3 – пуансон; 4 – синхронизатор; 5 – гидроцилиндр перемещения матрицы; 6 – гидроцилиндр перемещения пуансона; 7 – вибростол; 8 – бункер бетонной смеси с дозатором; 9 – маслостанция; 10, 11 – рольганг; 12 – поддон; 13 – готовые блоки

Рисунок 35 – Вибропресс

Пустой технологический поддон 12 механизмом перемещения поддонов подается на вибростол 7. Матрица 2 под действием гидроцилиндров 5 опускается на технологический поддон и усилием пневмоподушки прижимается к поддону. При этом срабатывает конечный выключатель, фиксирующий нижнее положение матрицы и выдает команду

на перемещение дозатора бетонной смеси. Дозатор под действием гидроцилиндра перемещается в зону формования. Укладка смеси производится при одновременном воздействии вертикально направленной вибрации вибростола, а также горизонтальной низкочастотной вибрации дозатора с ворошением смеси внутри дозатора горизонтальной решеткой.
После укладки смеси дозатор возвращается в исходное положение под расходный бункер 8, открывается его затвор и происходит заполнение дозатора бетонной смесью.

Срабатывает датчик положения и подается команда на опускание пуансона 3. Начинается процесс вибропрессования. При этом пассивный пригруз, выполненный в виде траверсы под действием собственного веса опускается вместе с пуансоном. Процесс вибропрессования прекращается при достижении изделием заданной высоты по периметру поддона или по истечении заданного времени. Далее пуансон поднимается вверх, при этом нижние амортизаторы вибростола разжимаются и возвращаются в исходное положение. Гидрозолотник пуансона устанавливается в нейтральное положение и пуансон запирается.

Матрица под действием гидроцилиндров поднимается вверх и сдергивается с отформованных изделий до полного их освобождения. Срабатывает датчик верхнего положения матрицы и дается команда на подъём пуансона до исходного положения. Датчик исходного положения пуансона дает команду на удаление технологического поддона с изделиями из-под пресса на рольганг 10 и 11 и одновременную подачу нового пустого поддона под пресс.

Выводы по главе 3:

1. Разработана технология изготовления вторичного заполнителя в условиях мобильной установки, в состав которой входит

оборудование первичного дробления и извлечения арматуры и установка вторичного дробления и фракционирования заполнителя

2. Разработана технология изготовления бетонной смеси в условиях мобильной бетоносмесительной установки производительностью 15 $м^3$/час и технология изготовления фундаментных блоков методом вибропрессования с использованием специального оборудования.
3. Разработанные технологические линии являются эффективными, материало- и ресурсосберегающими, не требующими использования природных заполнителей и с размещением необходимого технологического оборудования в мобильном варианте, что снижает капиталовложения на организацию производства.
4. Оборудование, подобранное для функционирования технологических линий, отображено в приложении Г.

Глава 4 Охрана окружающей среды

Строительство, эксплуатация, ликвидация и реконструкция зданий и сооружений несут за собой риск нанесения вреда окружающей среде. В основном происходит загрязнение почвы, воды, атмосферного воздуха, а также под негативное воздействие попадают растительный и животный мир. Именно поэтому необходимо проведение мероприятий по охране окружающей среды, в которых должны учитываться:

- охрана воздушной среды (атмосферного воздуха);
- рациональное использованию недр (полезных ископаемых и пр.), почвенного покрова и земельных ресурсов;
- рациональное использованию вод и охрана водных биоресурсов;
- обезвреживание и размещение особо опасных отходов;
- охрана как животного, так и растительного мира;
- защита людей от физического воздействия и иных негативных факторов, в том числе от воздействия избыточного шума;
- иные мероприятия, направленные на защиту природы и здоровья человека.

Работы должны производиться только в отведенной зоне, огораживаемой специальным забором, а также с минимально необходимым количеством технических средств при необходимой мощности машин и механизмов, что обеспечивает снижение негативного акустического воздействия на окружающую среду, в том числе рабочих и местную фауну; снижение количества вредных выбросов в атмосферу. Ведение работ происходит исключительно в дневное время. После окончания работ производится ликвидация рабочей зоны, уборка мусора, материалов, разборка ограждений и благоустройство территорий.

Охрана окружающей среды при возведении зданий и сооружений предусматривается на стадии разработки проекта организации строительства,

затем по рабочим чертежам — на стадии проекта производства работ в соответствии с СП 48.13330.2011 «Организация строительства» [20], основе которого лежит обеспечить сохранность природы, ландшафта, почвенного покрова, деревьев и кустарников на площадках, где будут возводиться объекты и прокладываться к ним коммуникации и дороги.

Охрана окружающей среды в процессе строительства и на стадии подготовительных работ регламентируется рядом природоохранных актов, в частности:

- СП 48.13330.2011 «Организация строительства» [20];
- лесным кодексом РФ [21];
- земельным кодексом РФ [22];
- водным кодексом РФ [23];
- кодексом РФ «Об административных правонарушениях» [24].

При выводе из эксплуатации зданий, строений, сооружений и иных объектов должны быть разработаны и реализованы мероприятия по восстановлению природной среды, в том числе воспроизводству компонентов природной среды, в целях обеспечения благоприятной окружающей среды.

В соответствии с ФЗ «Об охране окружающей среды», особой охране подлежат государственные объекты, такие как природные заповедники, национальные парки, памятники природы, заказники и редкие, находящиеся под угрозой исчезновения виды животных и растений.

Нарушение природоохранного законодательства приводит к ответственности административной, гражданско-правовой, дисциплинарной или уголовной ответственности в соответствии с российскими нормативными актами. экологических правонарушениях предусмотрена административная, гражданско-правовая, дисциплинарная и уголовная ответственность.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Бакалаврская работа выполнена с учетом поставленных целей и задач. Нами были изучены информационные источники по теме использования вторичного сырья в строительстве, освоена и закреплена необходимая теоретическая информация. Вследствие этой работы были проведены исследования и анализ свойств изучаемого объекта – заполнителя из бетонного лома, а также анализ его влияния на свойства бетонов на его основе; разработана технологическая схема производства заполнителя из бетонного лома, технологическая схема производства бетонной смеси и формования фундаментных блоков. Все схемы подобраны с учетом современных технологий и условий мобильности и компактности производства на основании расчета производительности.

Полученные нами результаты в экспериментальной части настоящей работы отражают возможность использования вторичного крупного заполнителя в производстве изделий и конструкций с прочностью до 25 МПа. Нами получено, что вторичные заполнители близки к природным по своим свойствам. Характерным отличием для заполнителей из дробленого бетона является наличие на поверхности зерен цементного камня, повышающего показатели водопоглощения заполнителя и готового бетона за счет своей пористости, а также влияющего на дробимость в худшую сторону. Однако, их применение целесообразно в изделиях, в которых допускается использование гравия как крупного заполнителя. Мы подтверждаем это в анализе физико-механических свойств бетона, приготовленного с использованием щебня и гравия природного и вторичного происхождения. В образцах на вторичном заполнителе наблюдалось несущественное снижение показателя прочности на сжатие, что говорит о том, что при одинаковом составе бетонной смеси вторичный заполнитель не приводит к снижению

прочности готового бетона, но, в силу своих недостатков, не может использоваться в изделиях и конструкциях серьезной значимости.

Для производства вторичного заполнителя используются комплексы, включающие в себя двухтадийное дробление: на первой стадии изделия измельчаются до допустимых оборудованием второй стадии размеров и извлекается арматура; на второй – дробленые куски измельчаются до необходимых размеров и разделяются на фракции с помощью сортировочной установки. Такой подход позволяет наиболее эффективно отделить зерна крупного заполнителя от цементного камня. Подготовленный заполнитель в дальнейшем может использоваться по назначению в производстве новых железобетонных изделий или в дорожном строительстве.

Завершает работу разработка комплексного участка по переработке и использованию бетонного лома, состоящего из отдельных площадок – дробильно-сортировочный комплекс и участок БСУ с цехом для производства фундаментных блоков.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Рекомендации по применению продуктов переработки некондиционных бетонных и железобетонных изделий : справочный материал / Б. А. Крылов [и др.] – Москва : НИИЖБ Госстроя СССР, 1984. – 10 с.

2 ГОСТ 32495-2013 Щебень, песок и песчано-щебеночные смеси из дробленого бетона и железобетона. Технические условия. – Введ. 01.01.2015. ; переизд. 01.11.2019. - Москва : Стандартинформ, 2019. – 12 с.

3 ГОСТ 8269.0-97 Щебень и гравий из плотных горных пород и отходов промышленного производства для строительных работ. Методы физико-механических испытаний. - Взамен ГОСТ 3344-83, ГОСТ 7392-85, ГОСТ 8269-87 ; введ. 01.07.1998. ; переизд. 31.10.2018. - Москва : Стандартинформ, 2018. – 57 с.

4 ГОСТ 8735-88 Песок для строительных работ. Методы испытаний - Взамен ГОСТ 8735-75, ГОСТ 25589-83 ; введ. 01.07.1989 ; переизд. 01.09.2018. - Москва : Стандартинформ, 2018. – 29 с.

5 ГОСТ 25607-2009 Смеси щебеночно-гравийно-песчаные для покрытий и оснований автомобильных дорог и аэродромов. Технические условия. - Взамен ГОСТ 25607-94 ; введ. 01.01.2011 ; переизд. 01.08.2018. - Москва : Стандартинформ, 2018. – 12 с.

6 ГОСТ 8269.1-97 Щебень и гравий из плотных горных пород и отходов промышленного производства для строительных работ. Методы химического анализа - Введ. 01.07.1998. ; переизд. 31.10.2018. - Москва : Стандартинформ, 2018. – 70 с.

7 ГОСТ 30108-94 Материалы и изделия строительные. Определение удельной эффективной активности естественных радионуклидов. - Введ. 01.01.1995 ; переизд. 01.03.2007. - Москва : Стандартинформ, 2007. – 11 с.

8 Гусев, Б. В. Вторичное использование бетонов : учебник / Б. В. Гусев, В. А. Загурский – Москва : Стройиздат, 1998. – 96 с.

9 ГОСТ 8267-93 Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия - Взамен ГОСТ 8267-82, ГОСТ 8268-82, ГОСТ 10260-82, ГОСТ 23254-78, ГОСТ 26873-86 ; введ. 01.01.1995 ; переизд. 30.07.2018. - Москва : Стандартинформ, 2018. – 16 с.

10 ГОСТ 10180-2012 Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам. - Взамен ГОСТ 10180-90 ; введ. 01.07.2013 ; переизд. 01.06.2018. - Москва : Стандартинформ, 2018. – 36 с.

11 ГОСТ 12730.3-78 Бетоны. Метод определения водопоглощения. - Взамен ГОСТ 12730-67 ; введ. 01.01.1980 ; переизд. 01.06.2007. - Москва : Стандартинформ, 2007. – 4 с.

12 ГОСТ 12730.4-78 Бетоны. Методы определения показателей пористости. - Взамен ГОСТ 12730-67 ; введ. 01.01.1980 ; переизд. 01.06.2007. - Москва : Стандартинформ, 2007. – 7 с.

13 ГОСТ 27006-2019 Бетоны. Правила подбора состава. - Взамен ГОСТ 27006-86 ; введ. 01.01.2020. - Москва : Стандартинформ, 2020. – 16 с.

14 ГОСТ 26633-2015 Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия. - Взамен ГОСТ 26633-2012 ; введ. 01.09.2016 ; переизд. 01.02.2019. - Москва : Стандартинформ, 2019. – 16 с.

15 Косач, А.Ф. Расчет материального баланса, проектирование складов и вспомогательных цехов предприятий сборного железобетона. : учебное пособие / А.Ф. Косач, П.П. Дерябин, Н.А. Гутарева, И.Н. Кузнецова, М.А. Ращупкина. – Омск : СибАДИ, 2010. – 97 с.

16 Каталог оборудования Златоустовского завода бетоносмесительного оборудования [Электронный ресурс] : база данных строительного оборудования – Златоуст. – Режим доступа: https://zzbo.ru/produktsiya.

17 ГОСТ 8736-2014 Песок для строительных работ. Технические условия - Взамен ГОСТ 8736-93 ; введ. 01.04.2015 ; переизд. 01.02.2019. - Москва : Стандартинформ, 2019. – 12 с.

18 ГОСТ 7473-2010 Смеси бетонные. Технические условия. - Взамен ГОСТ 7473-94 ; введ. 01.01.2012 ; переизд. 01.06.2018. - Москва : Стандартинформ, 2018. – 25 с.

19 ГОСТ 13579-2018 Блоки бетонные для стен подвалов. Технические условия. - Взамен ГОСТ 13579-78 ; введ. 01.05.2019. - Москва : Стандартинформ, 2018. – 16 с.

20 СП 48.13330.2011 Организация строительства. Актуализированная редакция СНиП 12-01-2004. – Взамен СНиП 3.01.01-85м; введ. 20.05.2011. – Москва : ОАО «ЦПП». – 25 с.

21 Лесной кодекс Российской Федерации : федер. закон от 04.12.2006. № 200-ФЗ. – Москва : Российская газета , 2006. - 72 с.

22 Земельный кодекс Российской Федерации : федер. закон от 25.10.2001 № 136-ФЗ. с изм. на 18.03 2020. – Москва : Российская газета, 2020. – 96 с.

23 Водный кодекс Российской Федерации : федер. закон от 03.06.2006 № 74-ФЗ – Москва : Российская газета , 2006. - 64 с.

24 Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях : федер. закон от 30.12.2001 № 195-ФЗ ред. от 23.06.2020. – Москва : Российская газета , 2020. – 640 с.

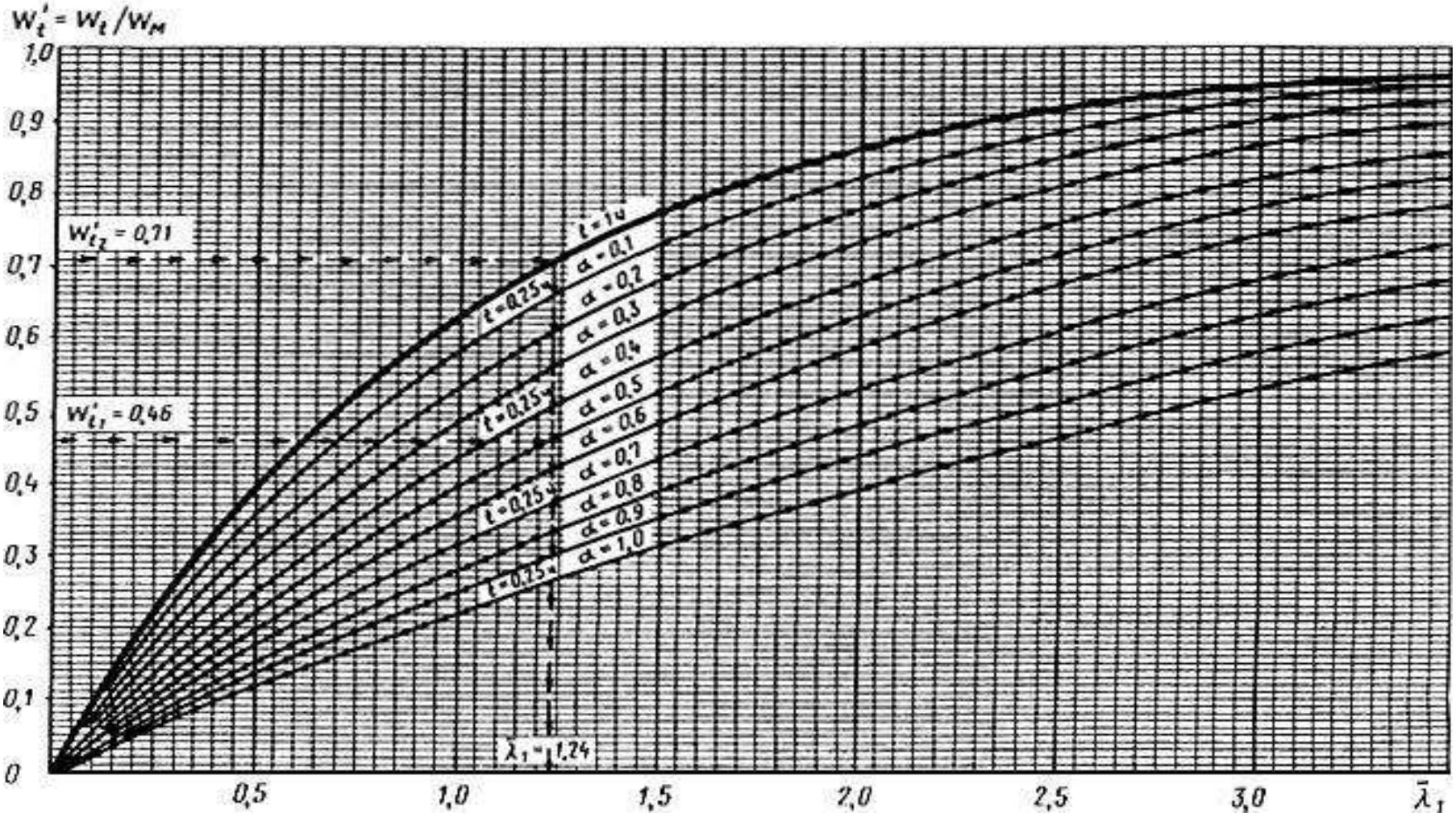
25 Ицкович, С. М. Технология заполнителей бетона. : учебник / С. М. Ицкович, Л. Д. Чумаков, Ю. М. Баженов – Москва : Высшая школа, 1991. – 272 с.

26 Дворкин, Л. И. Строительные материалы из отходов промышленности. : учебник / Л. И. Дворкин, О. Л. Дворкин - Ростов-на-Дону : Феникс, 2007. - 357 с.

27 Баженов, Ю. М. Технология бетона. : учеб. пособие / Ю. М. Баженов. – Москва : Высшая школа, 1987. - 415 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А
(обязательное)

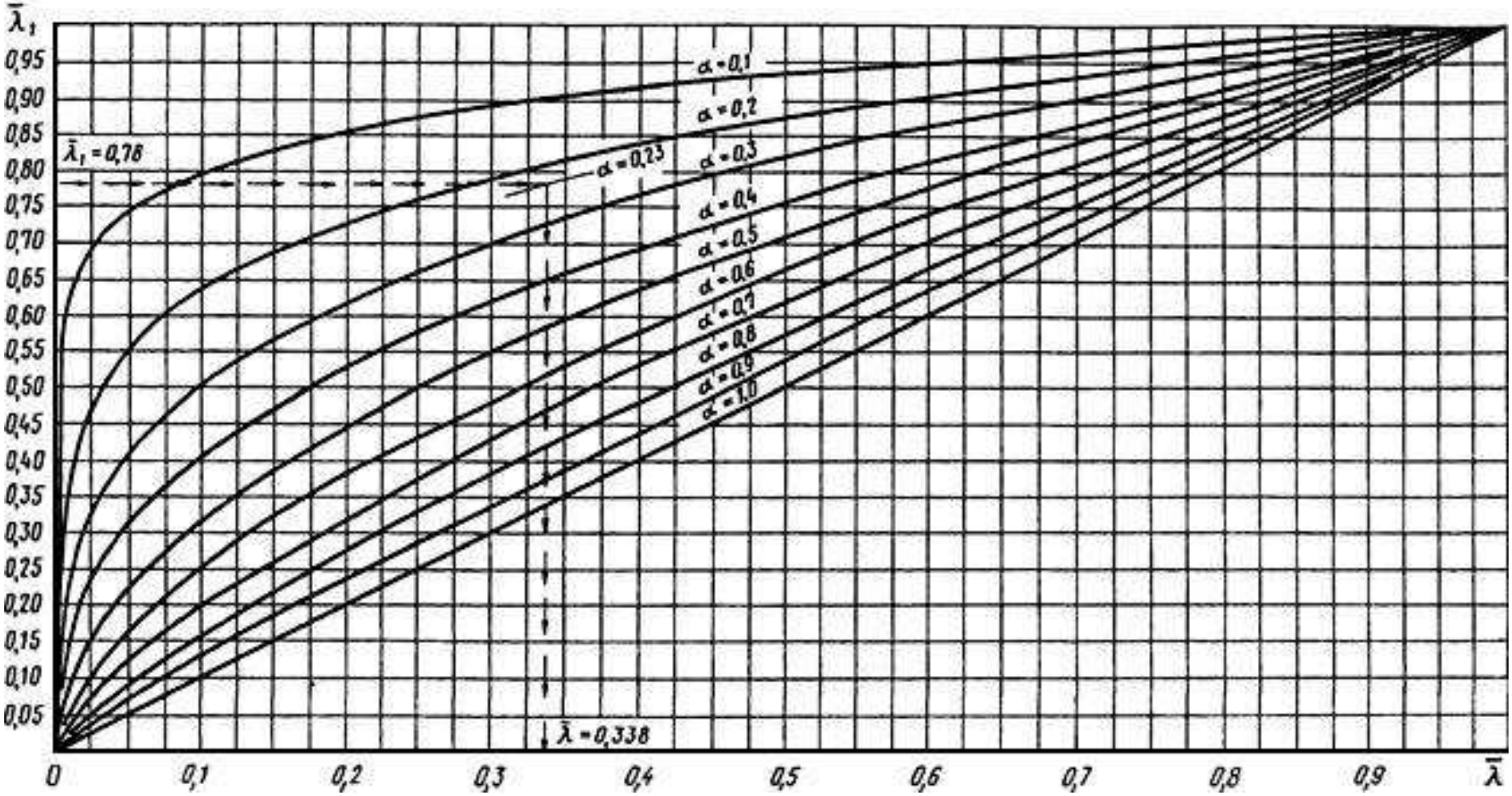
Номограмма параметров пористости по кинетике насыщения материала жидкостью дискретным методом



ПРИЛОЖЕНИЕ Б

(обязательное)

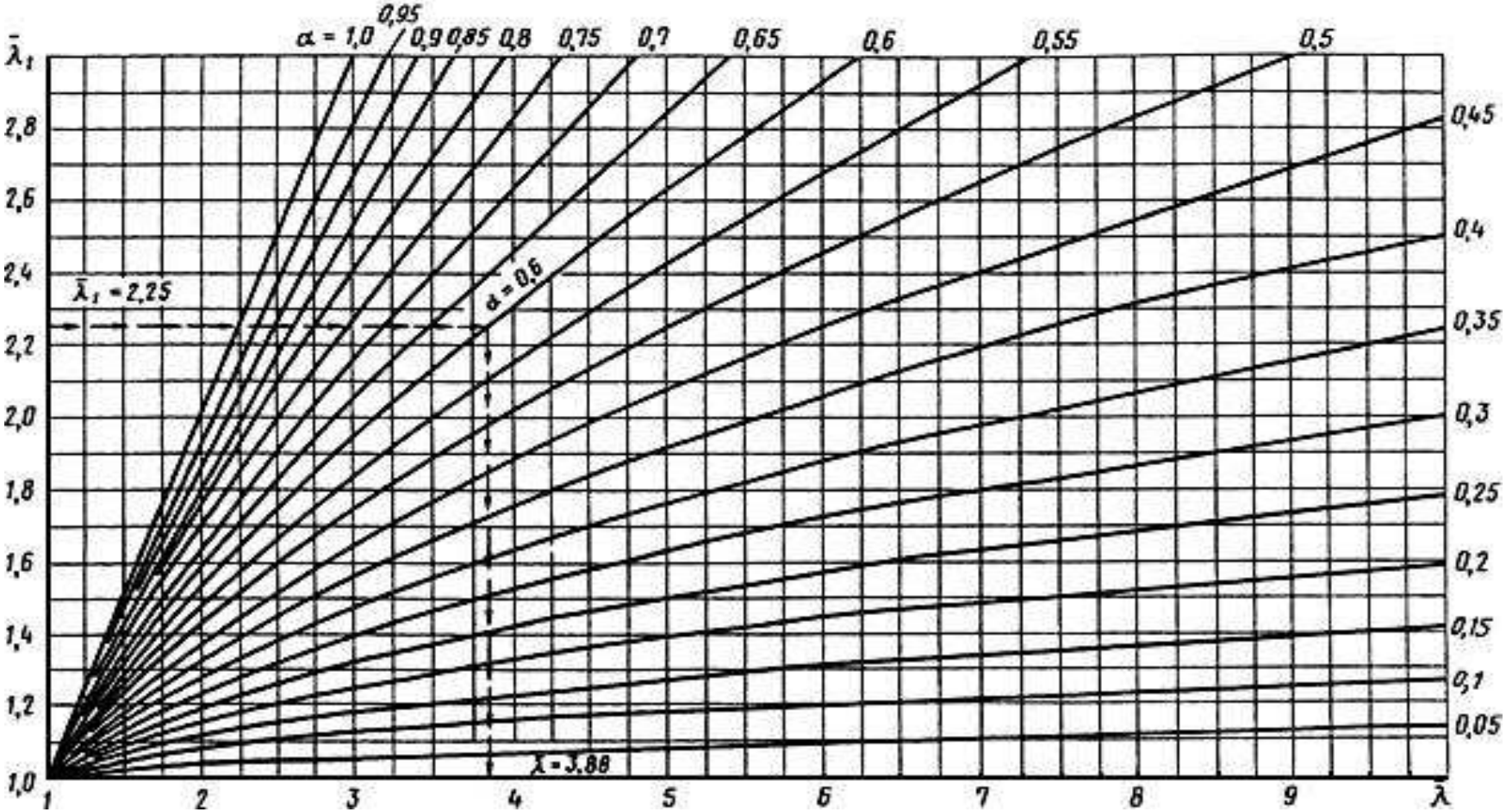
Номограмма определения значения показателя $\overline{\lambda} = \sqrt[\alpha]{\overline{\lambda_1}}$ (при $\overline{\lambda_1} \leq 1$)



ПРИЛОЖЕНИЕ В

(обязательное)

Номограмма определения значения показателя $\overline{\lambda} = \sqrt[\alpha]{\overline{\lambda_1}}$ (при $\overline{\lambda_1} \geq 1$)



ПРИЛОЖЕНИЕ Г
(обязательное)

Ведомость основного оборудования

Наименование оборудования	Назначение	Техническая характеристика оборудования		Кол-во
		Параметр	Значение	
1	2	3	4	5
Машина прессово-разрушающая МПР-1500	Дробильно-сортировочный комплекс	1) Производительность, м3/ч Максимальная (при переработке фрагментов кирпичных построек и ненесущих плит 1500х600 мм) Номинальная (при переработке несущих ЖБИ 1500х400 мм) Наибольшая фракция дробленного материала, мм 2) Тип пресса Разрушающее усилие, кН Ход траверсы, мм 3) Стол колосниковый Рабочая длина стола, мм Рабочая ширина стола, мм Размер между подошвами рельсов, в свету, мм 4) Привод толкателя, тип Двигатель, тип а) мощность, кВт б) частота вращения, об/мин Клиноременная передача а) передаточное число б) тип ремня в) количество ремней, шт	 35 20 до 200 шарнирно-рычажный, гидравлический 1570±10% 650 12000 1700 100 электромеханический АИР132М6 7,5 1000 2 С(В)-2000ХЛ 3	1

Продолжение приложения Г

		Редуктор, тип	1Ц3У-315М-80-12-Ц-У2	
		- передаточное число	80	
		Количество приводов, шт	1	
		5) Толкатель, тип	с откидным отвалом	
		а) колея, мм	2000	
		б) база, мм	800	
		Передача мощности толкателю	цепной передачей	
		Цепь, тип	ПРИ-78,1-400	
		а) шаг цепи, мм	78,1	
		б) количество цепей, шт	2	
		в) механизм натяжения	винтовой	
		Усилие толкания, кН	62	
		Скорость передвижения толкателя, м/мин	6	
		6) Привод траверсы пресса	гидравлический	
		Гидроцилиндр		
		а) диаметр поршня, мм	220	
		б) диаметр штока, мм	160	
		в) рабочий ход штока, мм	910	
		Количество цилиндров, шт	2	
		Гидростанция		
		а) давление рабочее в гидросистеме, МПа	17	
		б) расход рабочий в гидросистеме, л/мин		
		- холостой ход	150	
		- рабочий ход	25	
		в) мощность двигателя гидростанции, кВт	30	
		г) мощность двигателя теплообменника, кВт	0,12	
		7) Общая установленная мощность, кВт	30,12	
		8) Габаритные размеры (с приемным столом и агрегатом управления), мм		
		длина	23045	
		ширина	6325	
		высота	4370	

Продолжение приложения Г

		9) Масса (без учета гидроцилиндров гидростанции, электрооборудования), кг 10) Масса полная(без дополнительного оборудования), кг 11) Конвейер ленточный Ширина ленты, мм Длина конвейера (по осям), мм Мощность , кВт Масса конвейера, кг 12) Приемный стол Масса приемного стола, кг 13) Агрегат управления (кабина оператора) Масса агрегата управления, кг	36250 37700 1000 5000 2,2 1600 3140 1800	
Роторная дробилка ДИМ 800К	Дробильно-сортировочный комплекс	Размеры дробящих элементов, мм: - диаметр выступов молотков (бил) на роторе - длина рабочей части роторов Количество роторов, шт.: - направляющих - отражательных Максимальная производительность при показателях предела прочности до 80 МПа и размере готовой продукции 0-40 мм, т/час Наибольший размер куска исходного материала, мм с пределом прочности при сжатии: - 12-30 МПа; - 31-80 МПа; - 81-120 МПа; - 121-140 МПа; - 141-160 МПа Частота вращения роторов, об/мин - номинальная - минимальная (при наличии преобразователя частоты)	 800 800 1 2 60 400 300 200 150 100 800 400	1

Продолжение приложения Г

		Мощность приводного электродвигателя, кВт Номинальная частота вращения вала электродвигателя, об/мин Размеры приемного отверстия бункера, мм - продольный - поперечный Ширина щелей пропускных решеток, мм - номинальная - по заказу Масса дробилки без рамы и привода, т Масса дробильно-измельчительной машины (с консольным краном, без ЗИП), т Масса ЗИП основной комплектации, т Габаритные размеры дробильно-измельчительной дробилки, м - длина - ширина - высота без консольного крана (до приемного отв.) - высота с консольным краном	75 990 1476 1158 40 15; 20; 60 10,7 15,6 1,1 4,710 5,125 4,340 4,875	
Сортировочный агрегат АС-44	Дробильно-сортировочный комплекс	Размер просеивающей поверхности, мм Количество ярусов сит Производительность, м3/ час Электродвигатель - мощность, кВт. - обороты, об/мин Габаритные размеры, мм - длина - ширина - высота Масса, кг	4000х1520 4 (сита 5/20/40/70 мм) 125 11 1000 8080 4025 4855 11200	1
Грохот ГИС-44	Дробильно-сортировочный комплекс	Просеивающая поверхность, мм - длина - ширина	 400 1520	1

Продолжение приложения Г

		Количество ярусов сит Максимальный размер куска исходного материала, мм Амплитуда колебаний, мм Частота колебаний, $с^{-1}$ Частота колебаний, с-1 Масса, кг	4 (сита 5/20/40/70 мм) 150 3,2-4,5 16,2 12…18 4600	
Железоотделитель ЭМЖС-080/35	Дробильно-сортировочный комплекс	Глубина зоны извлечения, мм Масса извлекаемых включений, кг Габаритные размеры, мм - длина - ширина - высота Номинальное напряжение, В Номинальный ток при 20 °С, А Ширина ленты конвейера до, мм Мощность электродвигателя, кВт Масса, кг	350 15 2150 1580 680 220 14 800 2,4 1900	1
Силос цемента СПС-520	Силос БСУ	Вместимость силоса максимальная, т Объем силоса, м3 Толщина стенки, мм Толщина стенки конуса, мм Масса, кг Диаметр банки, мм Высота, мм	520 350 6 6 24080 5870 18340	1
Силос цемента СПУ-650	Силос БСУ	Вместимость силоса максимальная, т Объем силоса, м3 Толщина стенки, мм Толщина стенки конуса, мм Масса, кг Диаметр банки, мм Высота, мм	650 430 6 8 36000 7360 16505	1

Продолжение приложения Г

Дозирующий комплекс ДКМ-60	Бункер БСУ	Общий объем бункеров, м3 Объем одного бункера, м3 Количество бункеров \ секций, шт Максимальная доза взвешивания, кг Погрешность дозирования, % Скорость движения ленты, м\с Давление в пневмосистеме, мПа	60 20 3\6 до 3600 ±1 1,9 0,6…0,8	2
Блок дозаторов БД-45	Участок БСУ	Наибольший предел дозирования цемента, кг Наибольший предел дозирования воды, кг Наибольший предел дозирования хим. добавки, кг Точность дозирования, % Максимальное время разгрузки, с Давление в пневмосистеме, мПа, не менее Размер частицы продукта, мм, не более Установленная мощность, кВт Габариты, мм - длина - ширина - высота Масса, кг	500 250 30 1 15 0,6 2 1,5 1838 1640 3089 528	1
Бетонный завод СКИП-15	Участок БСУ	Производительность, м3/час Бетоносмеситель Тип смесителя Объем по загрузке / готовому бетону, л Управление Блок дозаторов, цемент/вода/химические добавки, кг Компрессор Общая установленная мощность, кВт Напряжение питания, В Масса, кг Габаритные размеры, мм	15 БП-2Г-375с двухвальный 375/250 Полуавтоматическое 150/75/10 B 4900B/100PLUS CT 4 33,9 380 5800	1

Продолжение приложения Г

		- длина - ширина - высота Высота загрузки, мм Ширина загрузки, мм	13000 3600 7500 3000 300	
Двухвальный бетоносмеситель БП-2Г-375с	Участок БСУ	Производительность, м3/час Объем по загрузке, л Объем готового замеса по бетону, л Кол-во циклов за час, при исп. в автоматических линиях Время перемешивания смеси, сек Крупность заполнителя не более, мм Частота вращения валов, об/мин Общая установленная мощность, кВт Затвор секторный, пневмопривод Масса не более, кг Габаритные размеры, мм - длина - ширина - высота	15 375 250 60 10…60 70 36 12 2100 2287 1460 2300	1
Вибропресс Рифей-ФБС	Формование изделий	Размер формовочной зоны, мм - длина - ширина - высота Емкость ковша, м3 Продолжительность цикла формования, мин Обслуживающий персонал (для линии РБУ), человек Привод матрицы, пуансона, ковша Давление в гидросистеме, МПа Частота, Гц Установленная мощность, кВт	 2380 600 580 2,6 4 3-4 гидравлический 16 50 от 14,5	

Окончание приложения Г

		Общая масса, кг Габаритные размеры, мм - длина - ширина - высота	от 4780 3920 2745 2055	

ПРИЛОЖЕНИЕ Д
(обязательное)

Научно-исследовательская статья

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ВТОРИЧНОГО ЩЕБНЯ И ГРАВИЯ

Гонтарь С.Ю., Зубаровская В.А.
Научный руководитель: к.т.н, профессор Шевченко В.А.
Сибирский федеральный университет, Красноярск

В настоящее время во всех отраслях промышленности ежегодно образуется до 10 млрд тонн отходов. Они остаются при работе горнодобывающей, металлургической, химической, деревообрабатывающей, энергетической и, конечно, строительной отраслей. Лишь малая часть отходов идет на повторную переработку и использование, остальная же копится в отвалах, хранилищах и полигонах, занимая огромные площади пригодных для сельскохозяйственной деятельности земель.

Что касается строительной индустрии, то отходы в ней представляют обширный резерв ресурсов для производства строительных материалов, обеспечивающий производство дешевым и готовым сырьем. После разборки устаревших и непригодных для эксплуатации зданий образуется до нескольких миллионов тонн лома железобетонных и бетонных конструкций. Его также можно получить из брака на заводах сборного железобетона или на строительных площадках, либо из рекультивации уже накопившихся промышленных свалок, например, после испытания конструкций и накопления некондиционных железобетонных изделий, при разборке плит временных дорог, срезании оголовников свай, а также после чрезвычайных обстоятельств и стихийных бедствий.

Таким образом, для возведения малоэтажных зданий, их отдельных элементов, при строительстве временных дорог могло бы быть использовано

более 1,2 млн тонн металла и около 40 млн тонн бетонного лома, что в конечном итоге несет не только экологическую эффективность (в сокращении объемов накоплений бетонного лома), но и экономическую – готовый вторичный продукт позволяет снизить себестоимость изделий за счет необходимости затрат только на обработку и фракционирование. Современные технологии в строительстве могли бы обеспечить применение рациональных технологических схем переработки бетонного лома, что позволило бы перейти на безотходное производство в строительстве и уменьшить расход природных заполнителей.

Целью работы является изучение физико-механических свойств заполнителя из бетонного лома, а также его влияние на прочность бетона. Все испытания проводились в соответствии с ГОСТ 8269.0-97 «Щебень и гравий из плотных горных пород и отходов промышленного производства для строительных работ. Методы физико-механических испытаний». Полученные результаты испытаний оцениваются на соответствие ГОСТ 8267-93 «Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия», ГОСТ 32495-2013 «Щебень, песок и песчано-щебеночные смеси из дробленого бетона и железобетона. Технические условия».

Первоначально, для испытаний подготавливался вторичный щебень и гравий путем дробления на щековой дробилке бетона рядовых марок, приготовленных на щебне и гравии. Для определения соответствия свойств вторичного заполнителя природному, проводились испытания по определению зернового состава и других физико-механических характеристик. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Физико-механические показатели

Наименование показателя	Результат расчета на полные остатки, %, вид заполнителя			
	щебень		гравий	
	природный	вторичный	природный	вторичный
1. Гранулометрический состав, полный остаток на ситах, %:				
40	0	0	0	2,76
20	2	24,5	8,2	23,42
10	67,8	77,5	58,3	67,22
5	97,4	98,3	96,8	95,36
Менее 5	100	100	100	100
2. Насыпная плотность, кг/м^3	1480	1300	1370	1300
3. Пустотность, %	44,6	48	40,8	47,7
4. Водопоглощение, %	5	7	5	8,2
5. Прочность, марка по дробимости	1000	600	1000	400

Анализ данной таблицы показывает, что вторичный щебень и гравий в целом соответствуют требованиям ГОСТ 8267-93, ГОСТ 32495-2013 по зерновому составу, но имеют более низкие прочностные показатели из-за наличия на его поверхности цементного камня, содержащегося в бетоне, из которого получен вторичный заполнитель. Эта цементная оболочка обладает пористостью, что приводит к увеличению водопоглощения заполнителя в сравнении с природным. Такой заполнитель в бетонной смеси может активно поглощать воду, а при образовании капиллярно-пористой структуры цементного камня эта вода будет мигрировать из пор заполнителя (его цементного раствора) в твердеющий цементный камень. Таким образом, вторичный заполнитель приводит к увеличению расхода воды в смесях за счет своей высокой пористости и, соответственно, водопоглощения. В связи с этим применение вторичного крупного заполнителя рекомендуется использовать для производства рядовых бетонов класса В22,5 и ниже

совместно с применением пластифицирующих и суперпластифицирующих добавок. В то же время, наличие цементной оболочки вокруг зерен вторичного крупного заполнителя может положительно влиять на прочность сцепления щебня (гравия) и нового бетона.

Физико–механические свойства заполнителя

Наименование показателя	Значение показателей, вид заполнителя			
	щебень		гравий	
	природный	вторичный	природный	вторичный
1. Гранулометрический состав, полный остаток на ситах, %				
40	0	0	0	2,76
20	2	24,5	8,2	23,42
10	67,8	77,5	58,3	67,22
5	97,4	98,3	96,8	95,36
менее 5	100	100	100	100
2. Насыпная плотность, кг/м3	1480	1300	1370	1300
3. Пустотность, %	44,6	48,0	40,8	47,7
4. Водопоглощение по массе, %	5,0	7,0	5,0	7,2
5. Прочность, марка по дробимости	1000	600	1000	400

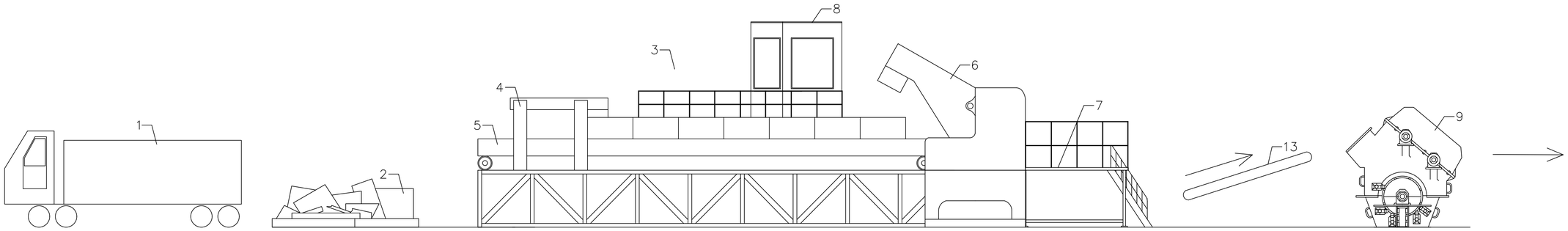
Свойства бетонов на основе природного и вторичного заполнителей

Состав бетона, вид заполнителя	Средняя плотность, кг/м3	Прочность на сжатие на 3 сутки, МПа	Прочность на сжатие на 7 сутки, МПа	Прочность на сжатие на 28 сутки, МПа	Водопоглощение по массе, %	Параметры пористости	
						Показатель однородности пор по размеру, α	Средний размер открытых пор, λ
Природный щебень	2416	11,37	20,15	34,6	4,06	0,44	2,16
Вторичный щебень	2371	10,25	18,16	31,1	7,37	0,44	2,56
Природный гравий	2378	5,87	10,39	17,8	5,12	0,45	2,25
Вторичный гравий	2219	5,08	8,99	15,4	8,32	0,3	2,96

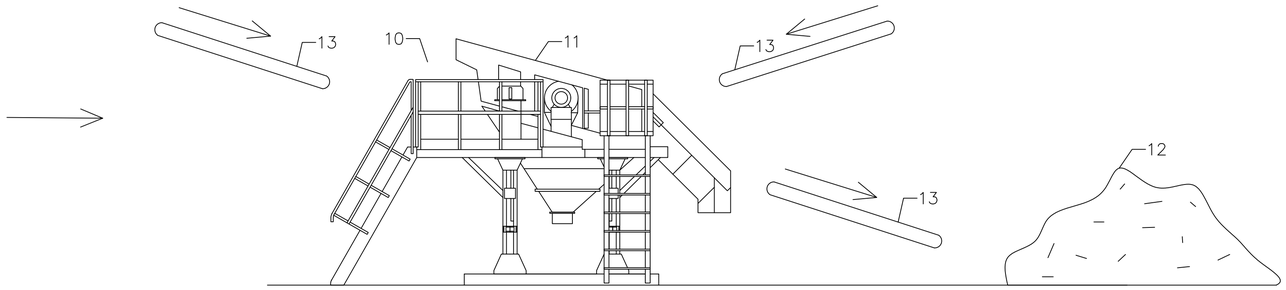
Состав бетонов

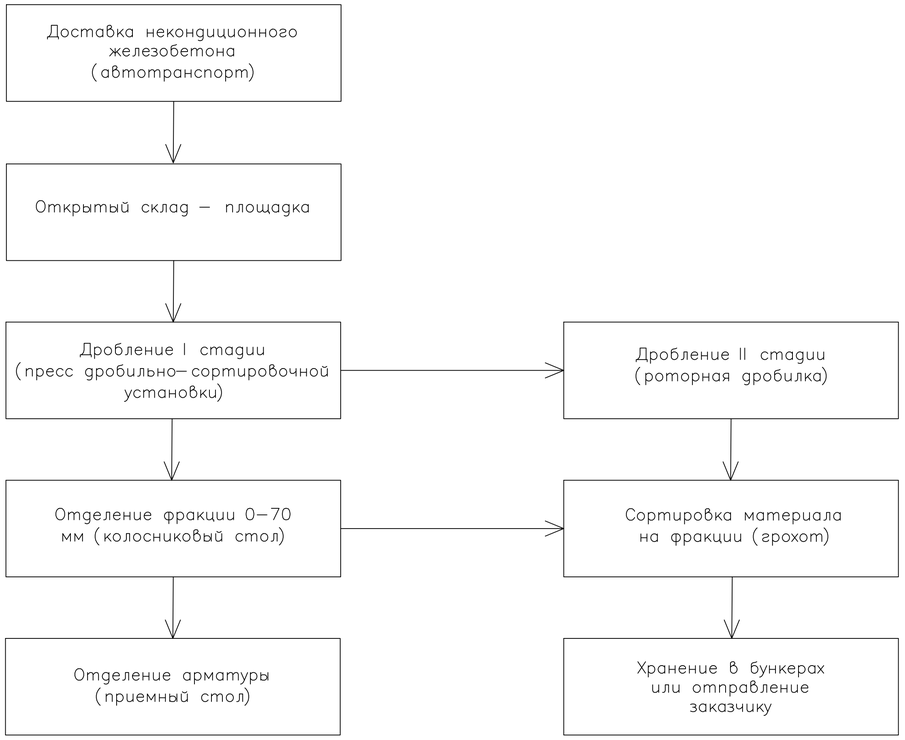
Наименование компонента	Значение показателя, вид заполнителя	
	щебень	гравий
Цемент, кг	325	191
Вода л	185	170
Крупный заполнитель, кг	1226	1156
Мелкий заполнитель, кг	608	803

Технологическая схема получения заполнителя из бетонного лома



Функциональная схема получения заполнителя из бетонного лома



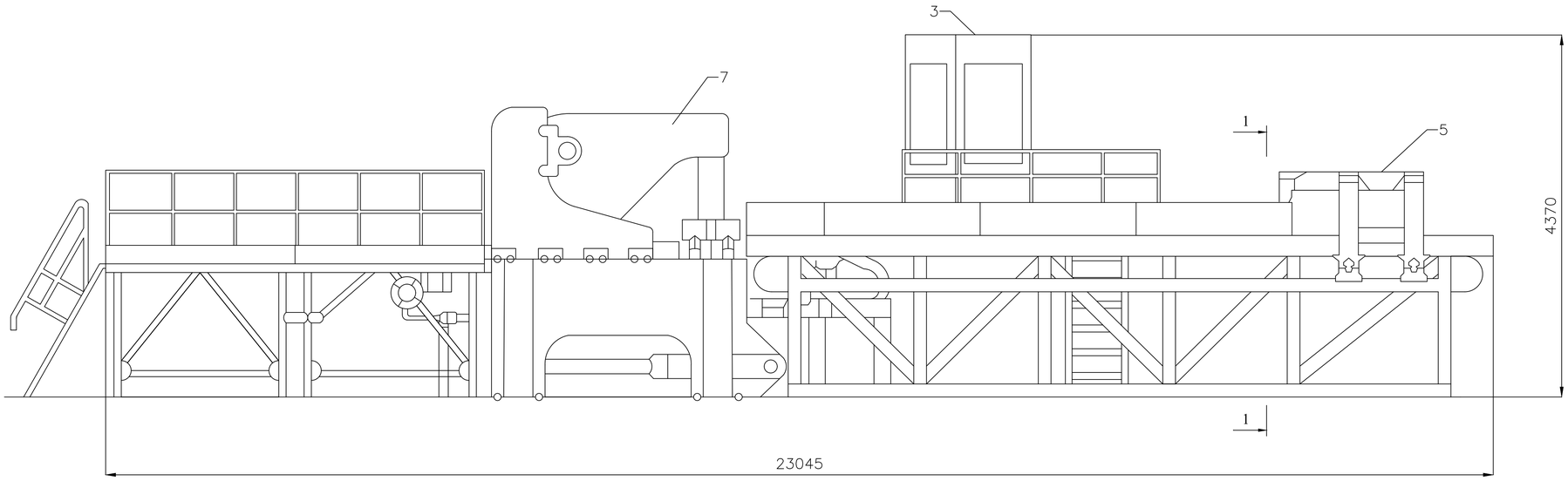


Поз.	Наименование	Кол.	Примечание
1	Автотранспорт	1	
2	Некондиционный железобетон	1	
3	Прессово–разрушающая машина	1	МПР–1500
4	Толкатель	1	
5	Колосниковый стол	1	
6	Пресс	1	
7	Приемный стол для арматуры	1	
8	Кабина управления	1	
9	Роторная дробилка	1	ДИМ 800К
10	Сортировочная установка	1	АС–44
11	Грохот	1	ГИС–44
12	Открытый склад–площадка	1	
13	Ленточный транспортер	4	КПЖ

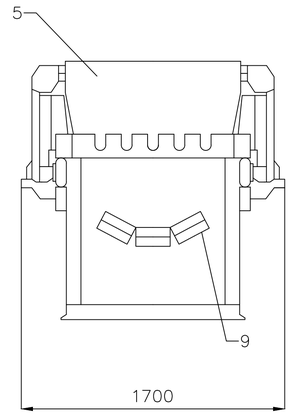
Изм.	Колич.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	БР – 08.03.01.17 – 2020 ТХ			
						СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ Инженерно–строительный институт			
Разраб.		Гонтарь С.Ю.				Малое предприятие по переработке и использованию бетонного лома	Стадия	Лист	Листов
		Зубаровская В.А.					У	3	10
Руководит.		Шевченко В.А.							
Н.контр.		Шевченко В.А.				Технологическая схема получения заполнителя из бетонного лома. Функциональная схема получения заполнителя из бетонного лома	Кафедра Строительных материалов и технологии строительства		
Зав. каф.		Енджиевская И.Г.							

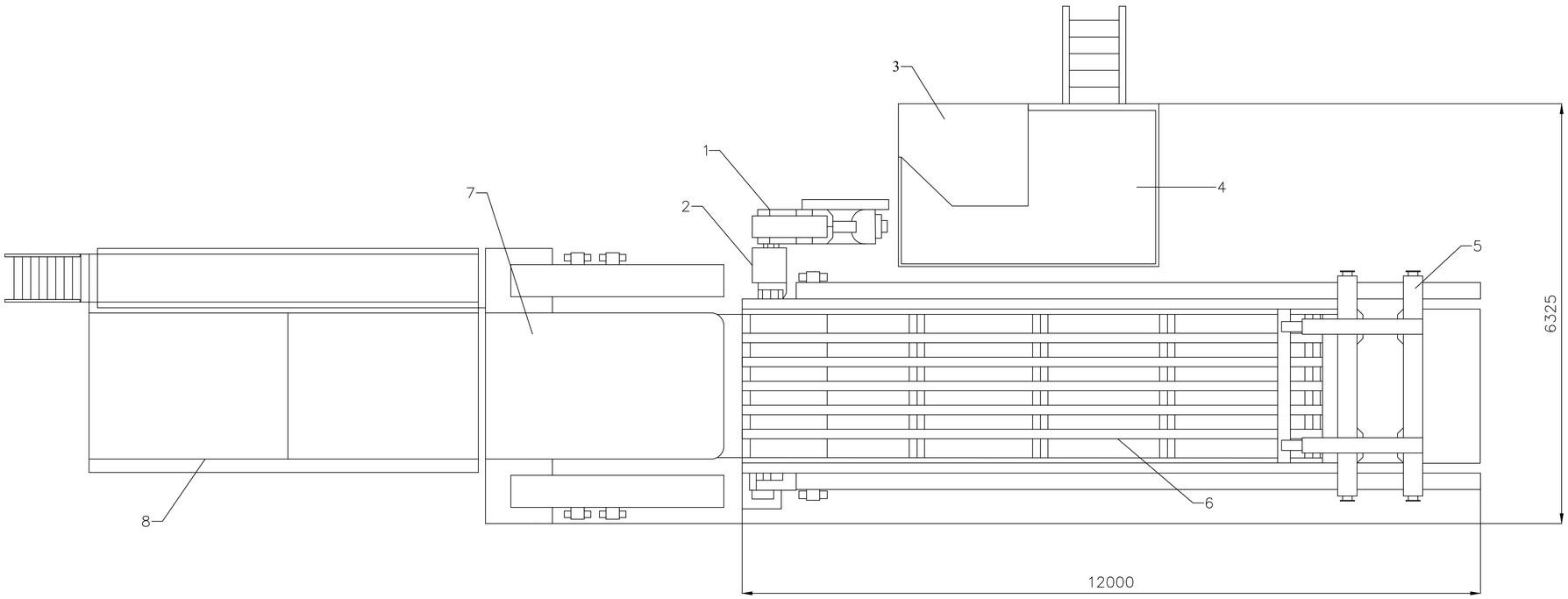
Основное оборудование в технологии получения вторичного заполнителя

Прессово–разрушающая машина МПР–1500 М 1:100



Разрез 1–1





Технические характеристики

Производительность, м3/час	20
Наибольшая фракция дробленого материала, мм	до 200
Пресс, тип	шарнирно–рычажный, гидравлический
Наибольшая фракция дробленого материала, мм	до 200
Разрушающее усилие пресса, кН	1570
Габаритные размеры, мм:	
– длина	23045
– ширина	6325
– высота	4370
Колосниковый стол	12000х1700

Поз.	Наименование	Кол.	Примечание
1	Электродвигатель привода стола	1	АИР 132 М6
2	Редуктор привода	1	1ЦУ–315М–80–12–Ц–У2
3	Кабина управления	1	
4	Смотровая площадка	1	
5	Толкатель	1	
6	Колосниковый стол	1	
7	Пресс	1	МПР–1500
8	Приемный стол для арматуры	1	
9	Ленточный конвейер отвода просеевшегося материала	1	КЛЖ

Изм.	Колич.	Лист	№ док.	Подпись	Дата
Разраб.		Гонтарь С.Ю.			
		Зубаровская В.А.			
Руководит.		Шевченко В.А.			
Н.контр.		Шевченко В.А.			
Зав. каф.		Енджиевская И.Г.			

БР – 08.03.01.17 – 2020 СБ

СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
Инженерно–строительный институт

Малое предприятие по переработке и использованию бетонного лома

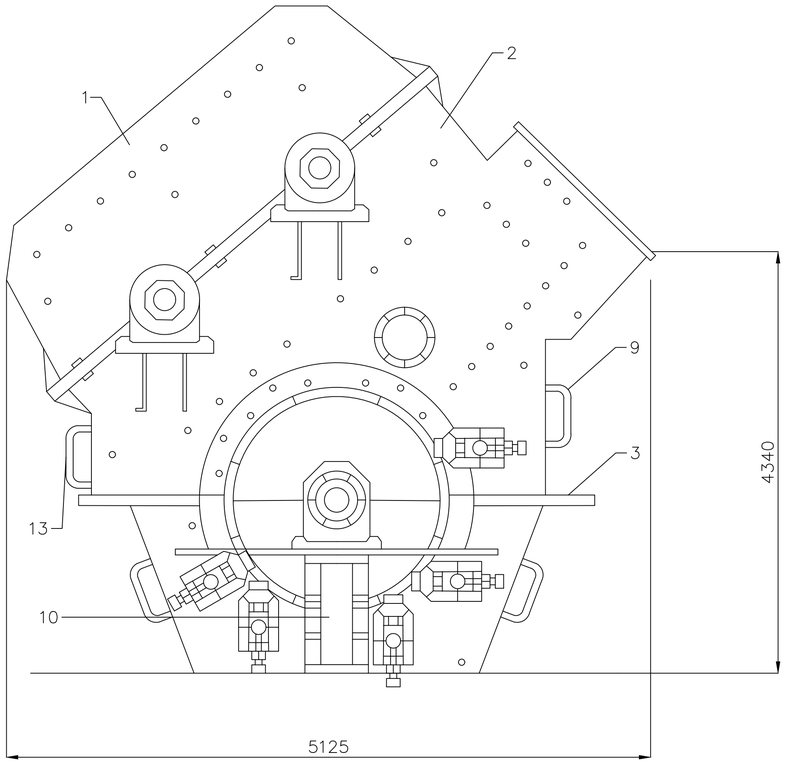
Стадия	Лист	Листов
У	4	10

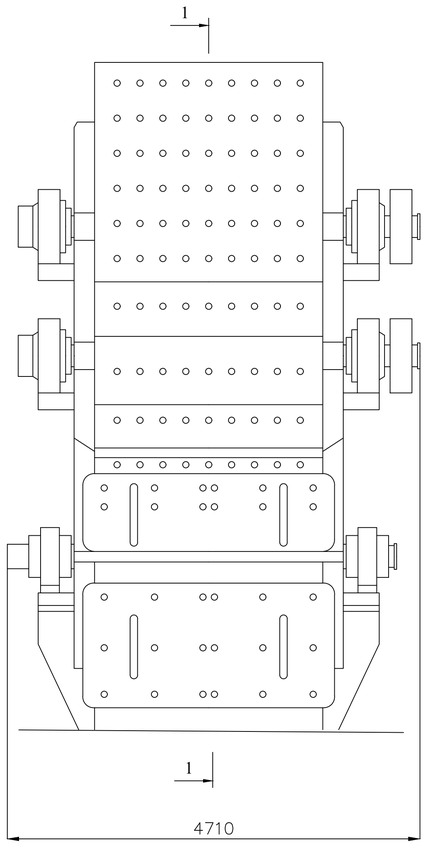
Основное оборудование в технологии получения вторичного заполнителя; Прессово–разрушающая машина МПР–1500; Разрез 1–1

Кафедра Строительных материалов и технологии строительства

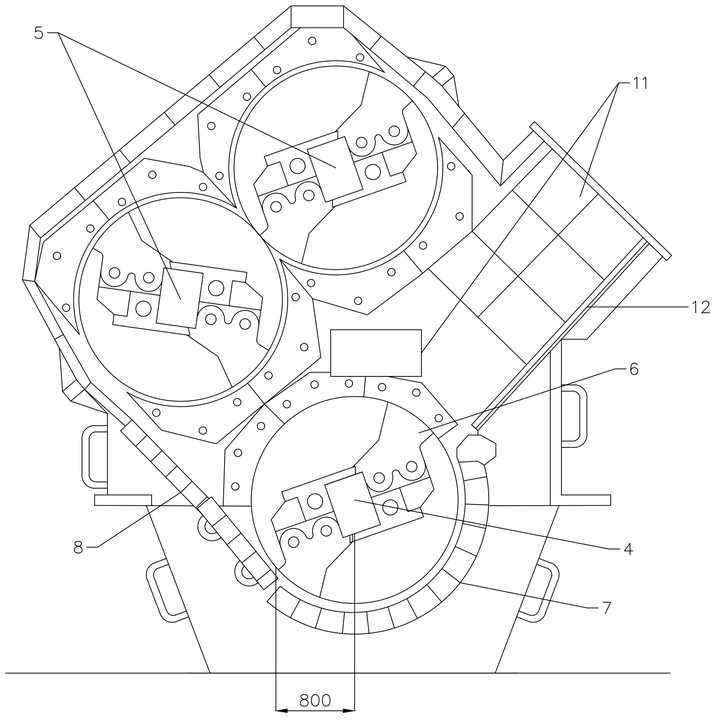
Основное оборудование в технологии получения вторичного заполнителя

Дробилка ДИМ 800К М 1:100





Разрез 1–1



Технические характеристики

Размеры дробящих элементов, мм	
– диаметр выступов бил на роторе	800
– длина рабочей части роторов	800
Макс. производительность, т/час	60
Наиб. размер куска исходного материала, мм с пределом прочности при сжатии:	
12–30 МПа	400
31–80 МПа	300
81–120 МПа	200
121–140 МПа	150
141–160 МПа	100
Частота вращения роторов, об/мин	
– номинальная	800
– минимальная	400
Мощность приводного электродвигателя, кВт	75
Номинальная частота вращения вала электродвигателя, об/мин	990
Размеры приемного отверстия, мм	
– продольный	1476
– поперечный	1158
Ширина щелей пропускных решеток, мм	
– номинальная	40
– по заказу	15; 20; 60
Масса дробилки без рамы и привода, т	10,7
Габаритные размеры, мм	
– длина	4710
– ширина	5125
– высота (до приемного отверстия)	4340

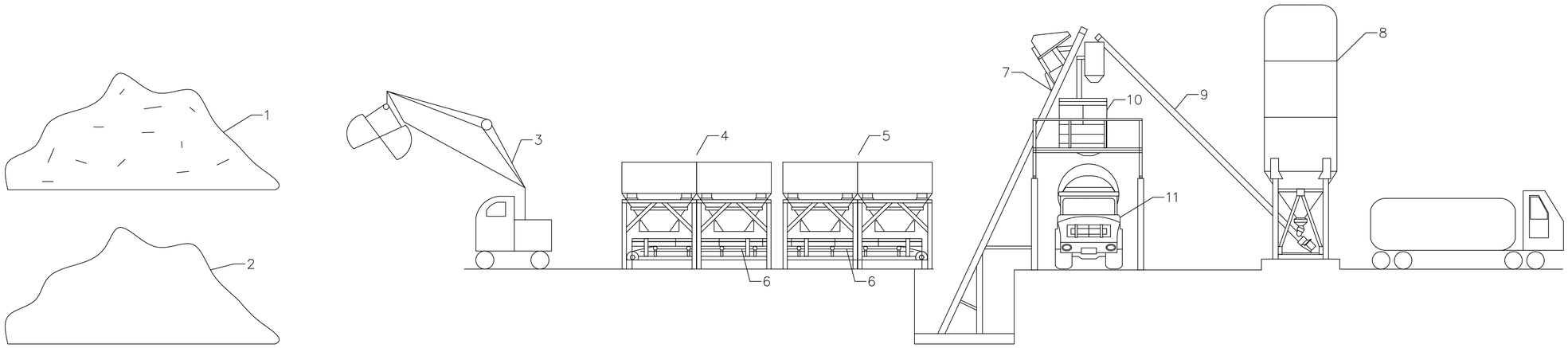
Поз.	Наименование	Кол.	Примечание
1	Бронированная крышка	1	
2	Бронированный корпус	1	
3	Станина	1	
4	Направляющий ротор	1	
5	Отражательный ротор	2	
6	Била	3	
7	Радиусная решетка	2	
8	Прямая решетка	2	
9	Патрубок отвода пыли	1	
10	Отводы материала	1	
11	Отражатель	1	
12	Лоток	1	
13	Выходное отверстие	1	

						БР – 08.03.01.17 – 2020 СБ
Изм.	Колич.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ Инженерно–строительный институт
Разраб.		Гонтарь С.Ю.				Малое предприятие по переработке и использованию бетонного лома
		Зубаровская В.А.				
Руководит.		Шевченко В.А.				
Н.контр.		Шевченко В.А.				Основное оборудование в технологии получения вторичного заполнителя. Дробилка ДИМ 800К
Зав. каф.		Енджиевская И.Г.				

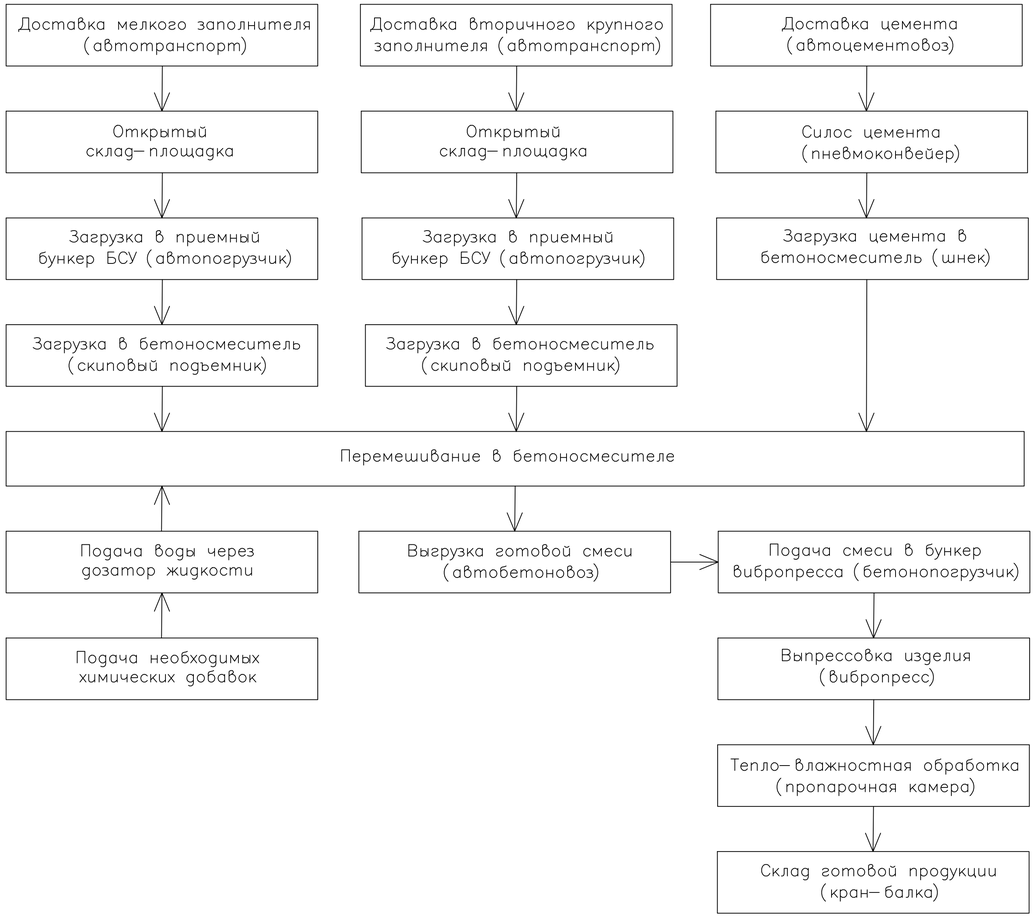
Стадия	Лист	Листов
У	5	10

Кафедра Строительных материалов и технологии строительства

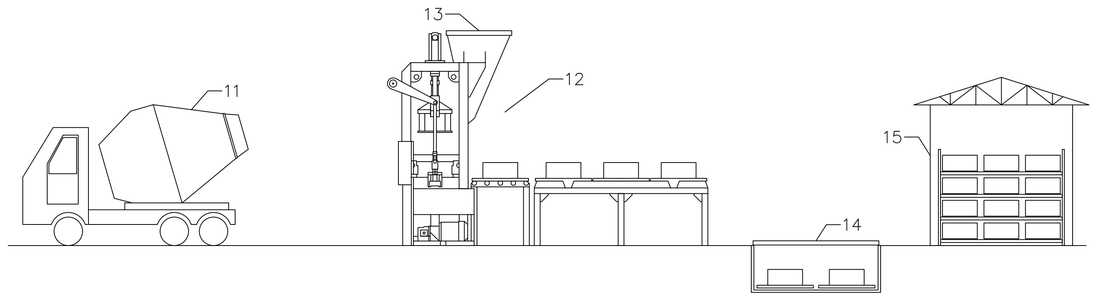
Технологическая схема изготовления бетонной смеси



Общая функциональная схема



Технологическая схема изготовления фундаментных блоков



Поз.	Наименование	Кол.	Примечание
1	Склад– площадка вторичного заполнителя	1	
2	Склад– площадка мелкого заполнителя	1	
3	Автопогрузчик	1	
4	Приемный бункер крупного заполнителя	2	ДКМ–60
5	Приемный бункер песка	1	ДКМ–60
6	Взвешивающий конвейер	1	
7	Скиповый подъемник	1	РБМ–15
8	Силос цемента	1	СПС–520
		1	СПУ–650
9	Шнек	1	SCUTTI
10	Бетоносмеситель	1	БП–2Г–375с
11	Автобетоновоз	1	
12	Вибропресс формования фундаментных блоков	1	Рифей– ФБС
13	Бункер бетонной смеси	1	
14	Пропарочная камера	1	
15	Склад готовой продукции	1	

БР – 08.03.01.17 – 2020 ТХ

СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
Инженерно– строительный институт

Изм.	Колич.	Лист	№ док.	Подпись	Дата
Разраб.		Гонтарь С.Ю.			
		Зубаровская В.А.			
Руководит.		Шевченко В.А.			
Н.контр.		Шевченко В.А.			
Зав. каф.		Енджиевская И.Г.			

Малое предприятие по переработке и использованию бетонного лома

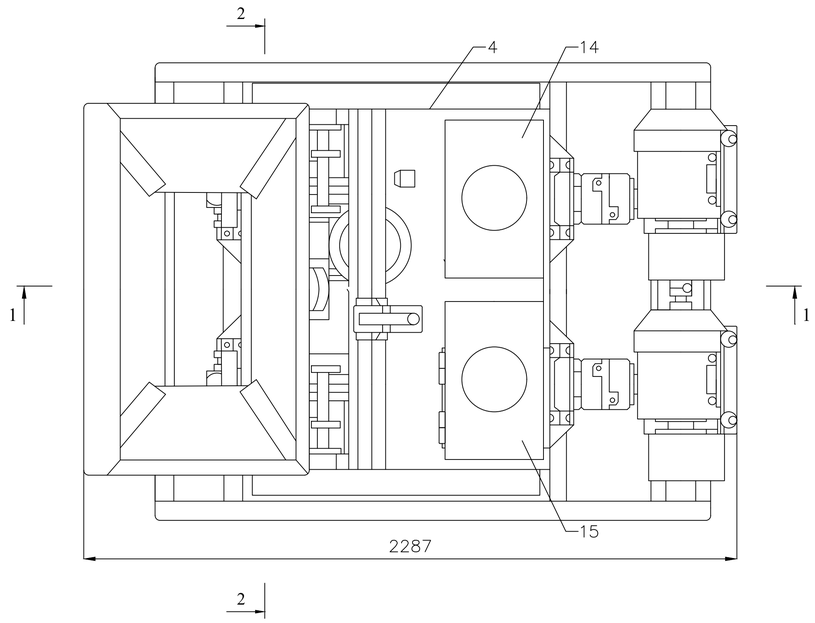
Стадия	Лист	Листов
У	6	10

Технологическая схема изготовления бетонной смеси. Технологическая схема изготовления фундаментных блоков. Общая функциональная схема

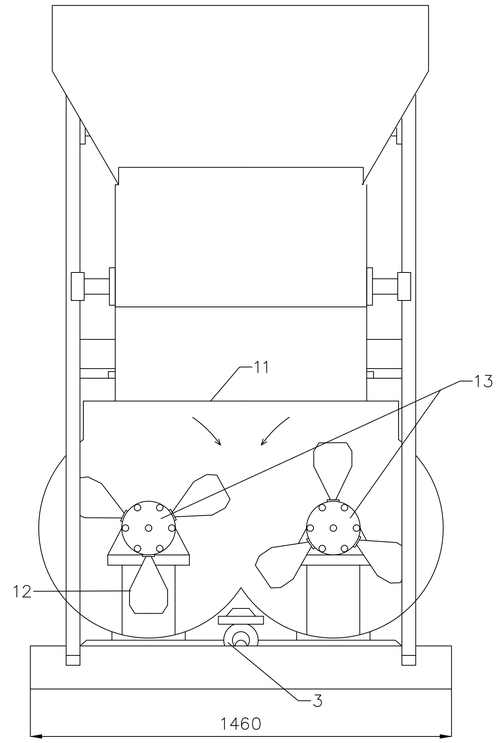
Кафедра Строительных материалов и технологии строительства

Основное оборудование в технологии изготовления бетонной смеси

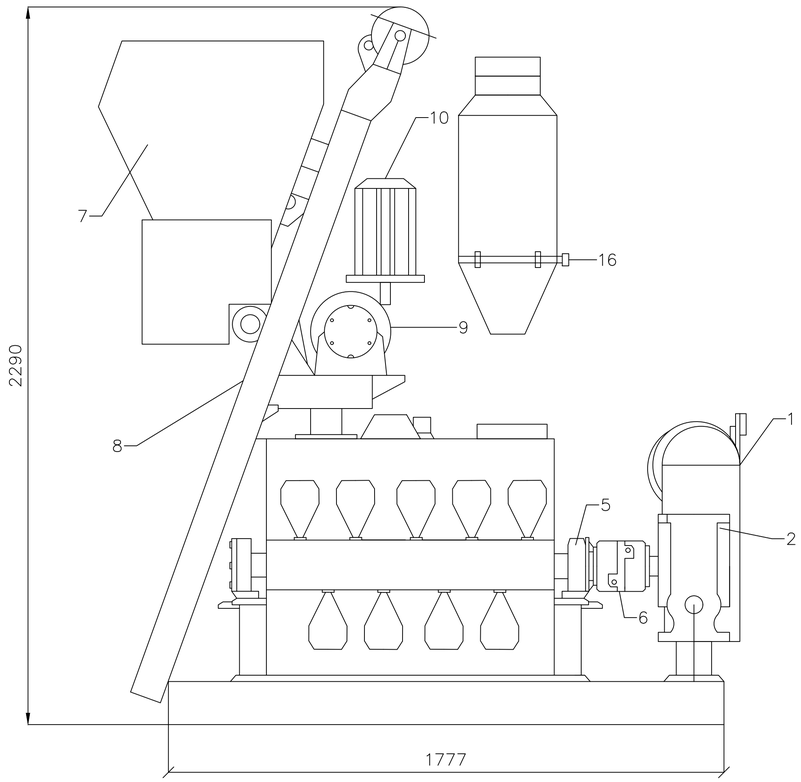
Двухвальный бетоносмеситель БП–2Г–375с М 1:100



Разрез 2–2



Разрез 1–1



Технические характеристики

Производительность, м3/час	15
Объем по загрузке, л	375
Объем готового замеса по бетону	250
Время перемешивания, с	30...60
Частота вращения, об/мин	36
Установленная мощность, кВт	10,5
Мощность привода вращения, кВт	7,5
Мощность привода подъема скипа кВт	3
Элекстроснабжение / частота, В / Гц	380/50
Затвор пневмоцилиндра, раб. давление, МПа	0,6...0,8
Габаритные размеры, мм:	
– длина	1715
– ширина	1750
– высота	1945
Масса, кг, не более	1800

Поз.	Наименование	Кол.	Примечание
1	Электродвигатель привода вращения	2	1
2	Редуктор привода	2	1
3	Затвор с пневмоприводом	1	1
4	Корпус со сменной бронеа	1	1
5	Опоры валов	1	1
6	Предохранительные муфты	1	1
7	Короб скипа	1	1
8	Скиповый подъемник	1	1
9	Лебедка подъема короба с тормозом	1	1
10	Привод лебедки	1	1
11	Защитная решетка	1	1
12	Смесительные лопатки	10	1
13	Горизонтальный вал	2	1
14	Дозатор воды	1	БД–45
15	Дозатор цемента	1	БД–45
16	Клапан дозатора	2	

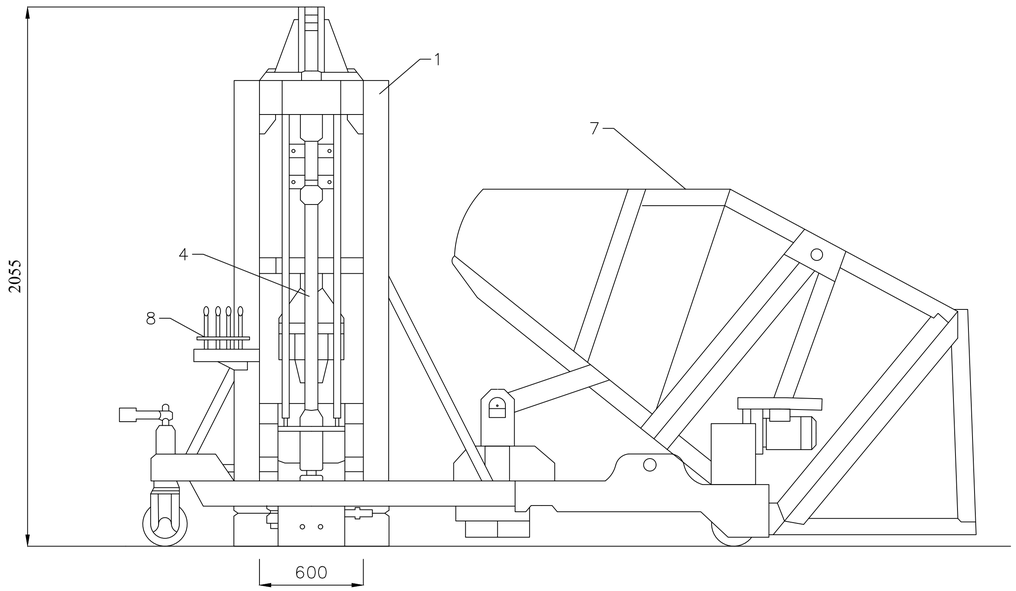
Изм.	Колич.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	БР – 08.03.01.17 – 2020 СБ
						СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ Инженерно–строительный институт
Разраб.		Гонтарь С.Ю.				Малое предприятие по переработке и использованию бетонного лома
		Зубаровская В.А.				
Руководит.		Шевченко В.А.				
Н.контр.		Шевченко В.А.				Основное оборудование в технологии изготовления бетонной смеси; Двухвальный бетоносмеситель БП–2Г–375с; Разрез 1–1; Разрез 2–2
Зав. каф.		Енджиевская И.Г.				

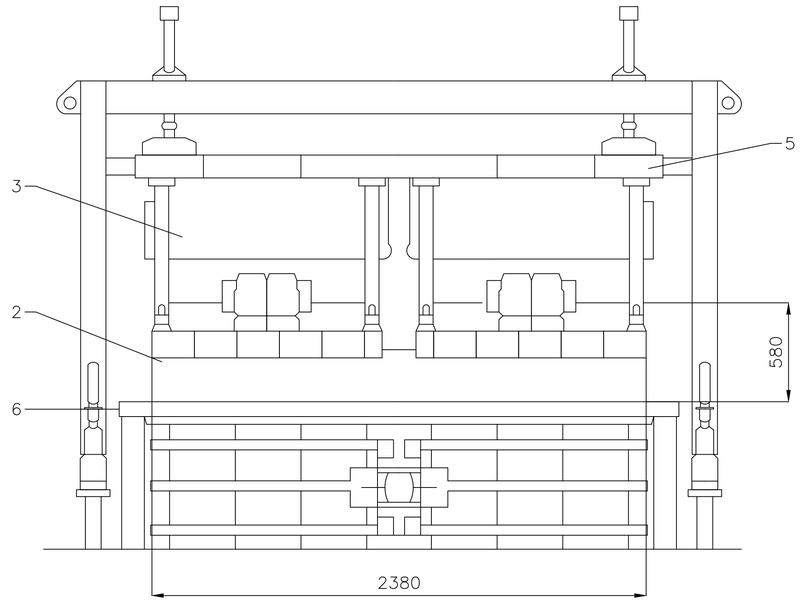
Стадия	Лист	Листов
У	7	10

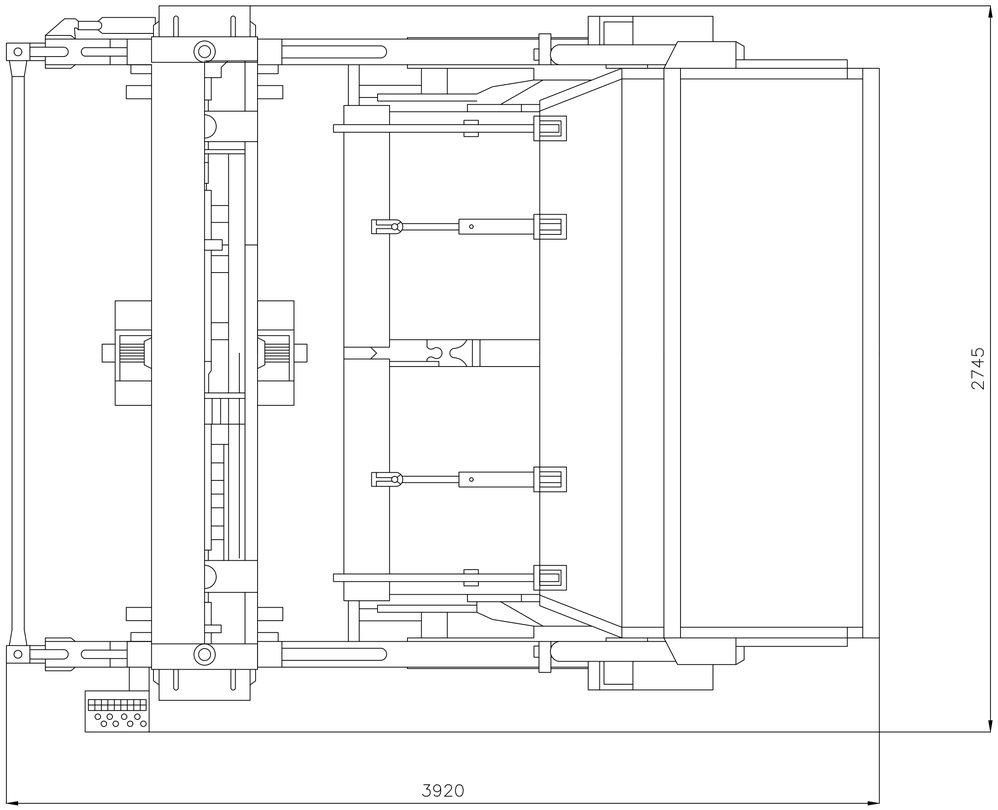
Кафедра Строительных материалов и технологии строительства

Основное оборудование в технологии изготовления фундаментных блоков

Вибропресс Рифей–ФБС М 1:100





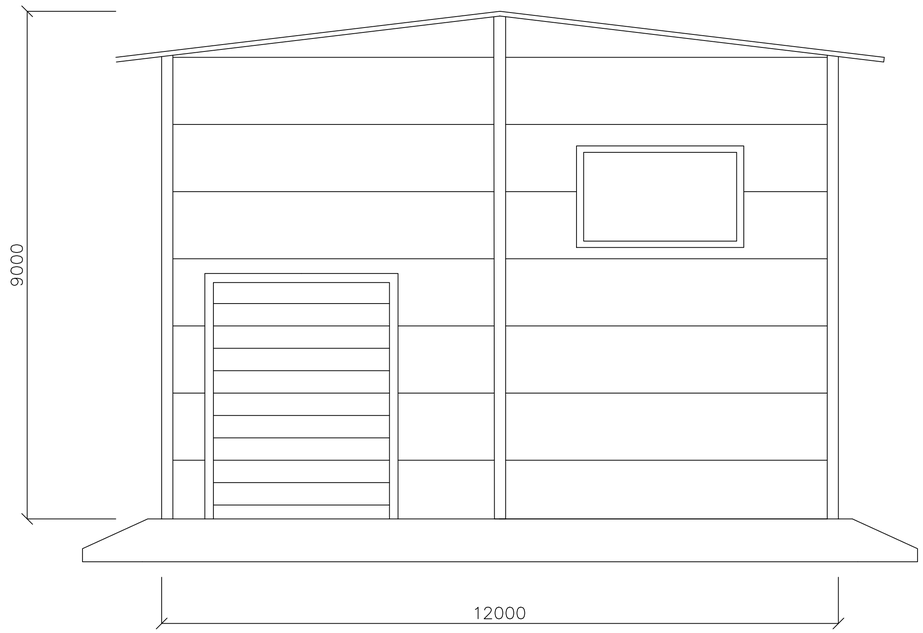


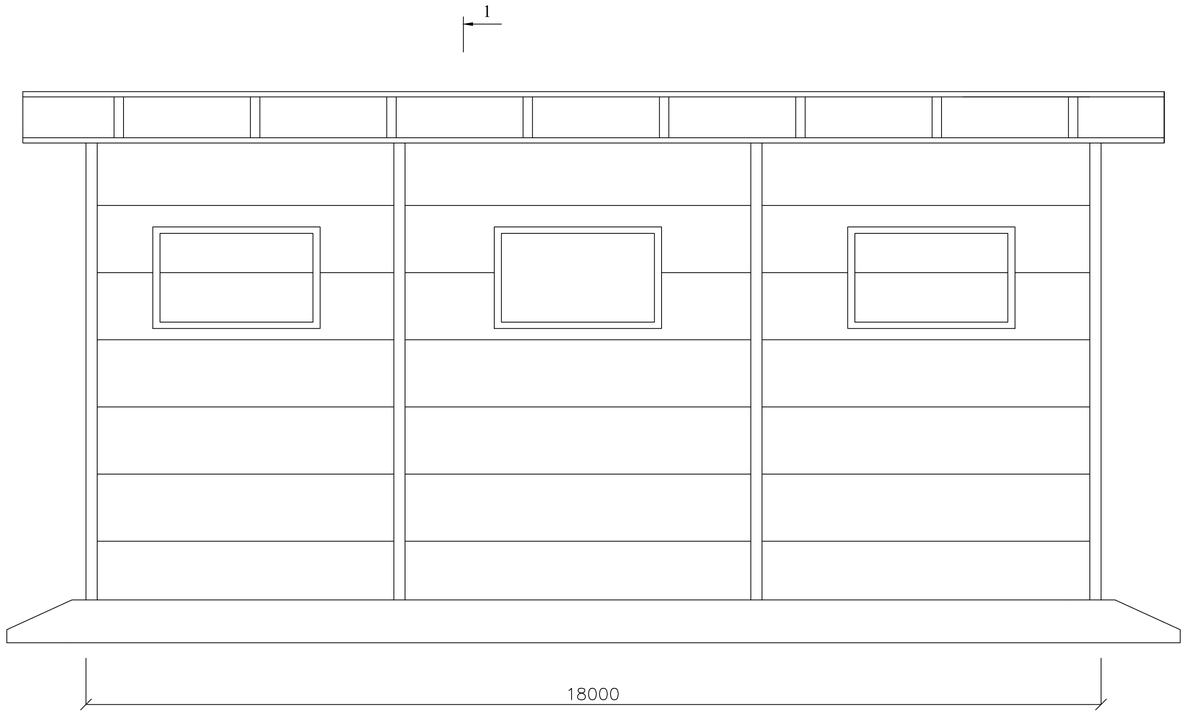
Технические характеристики

Общая масса, кг	4780
Размер формовочной зоны, мм	
– длина	2380
– ширина	600
– высота	580
Продолжительность цикла формования, мин	4
Емкость ковша, м3	2,6
Габаритные размеры, мм:	
– длина	3920
– ширина	2745
– высота	2055

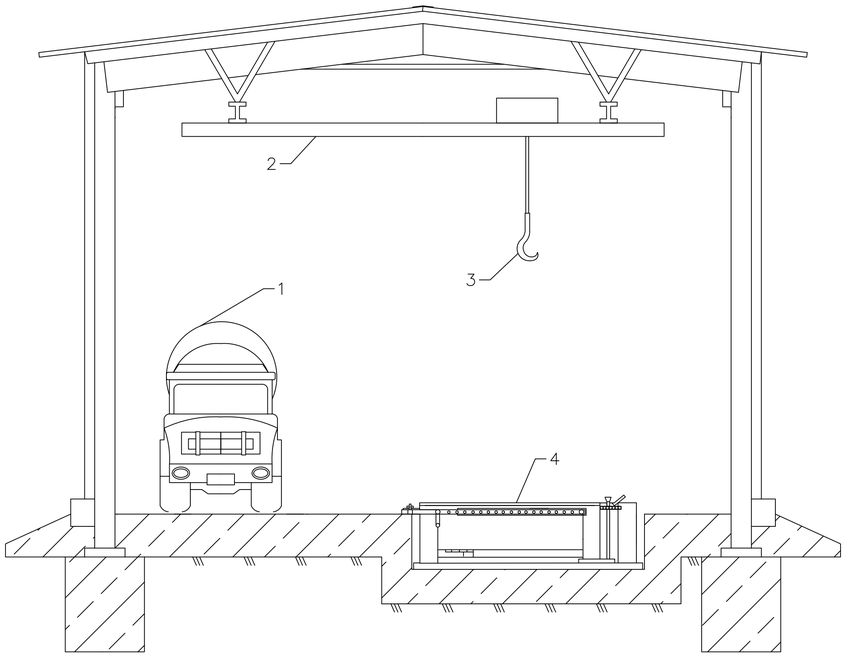
Поз.	Наименование	Кол.	Примечание
1	Рама	1	
2	Матрица	1	
3	Пуансон	1	
4	Гидроцилиндр перемещения матрицы	1	
5	Гидроцилиндр перемещения пуансона	1	
6	Вибростол	1	
7	Бункер бетонной смеси	1	
8	Пульт управления	1	

						БР – 08.03.01.17 – 2020 СБ		
Изм.	Колич.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ Инженерно–строительный институт		
Разраб.		Гонтарь С.Ю.				Малое предприятие по переработке и использованию бетонного лома	Стадия	Лист	Листов
		Зубаровская В.А.					У	8	10
Руководит.		Шевченко В.А.							
Н.контр.		Шевченко В.А.				Основное оборудование в технологии изготовления фундаментных блоков; Вибропресс Рифей–ФБС	Кафедра Строительных материалов и технологии строительства		
Зав. каф.		Енджиевская И.Г.							





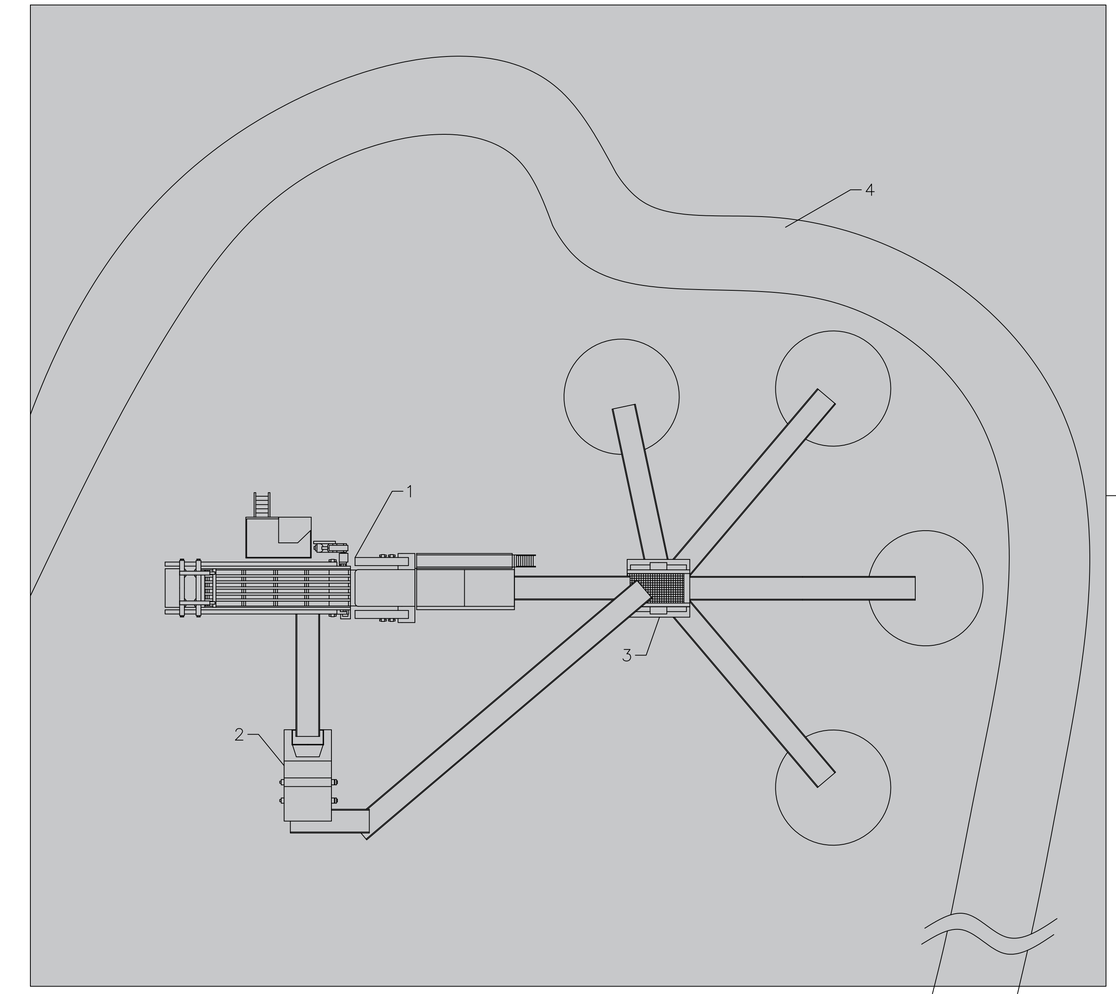
Разрез 1–1



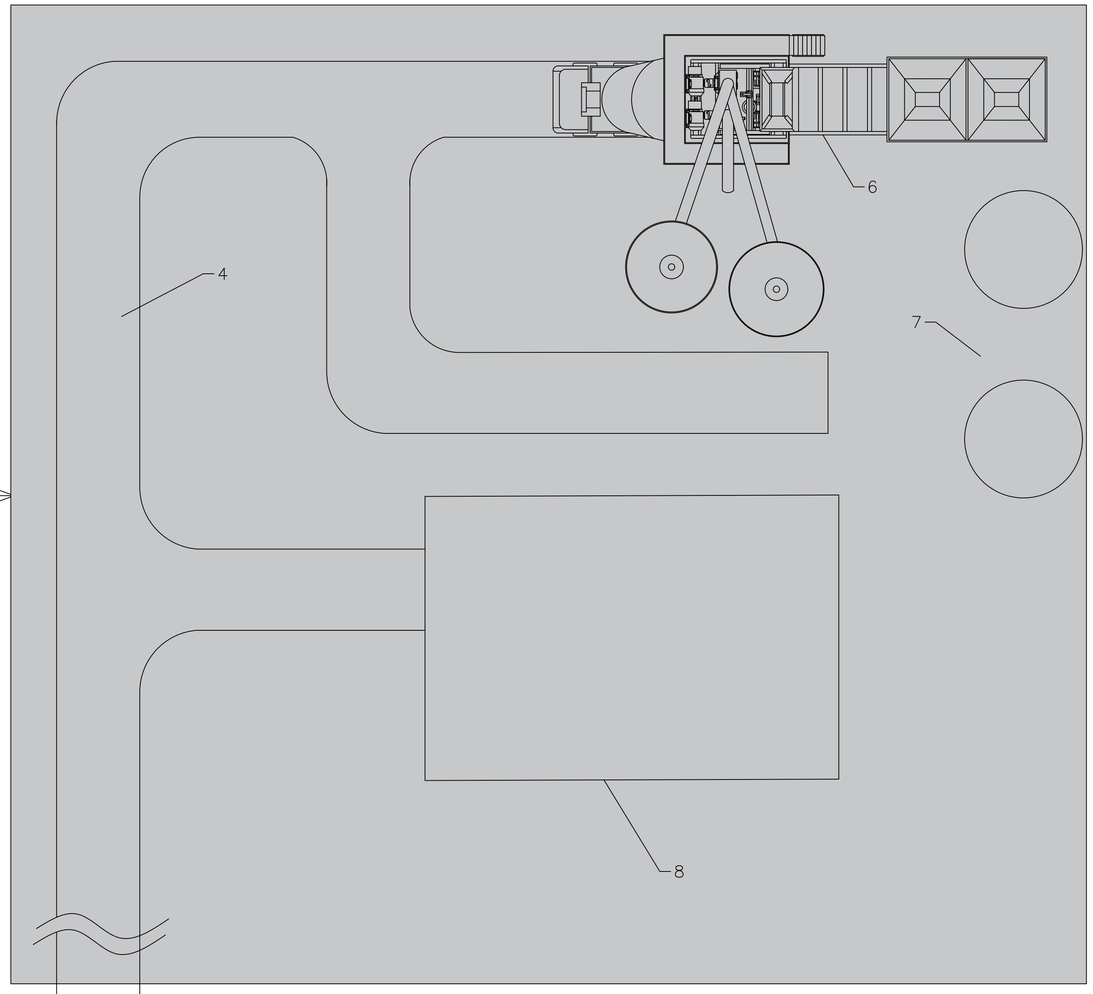
Поз.	Наименование	Кол.	Примечание
1	Автобетоновоз	1	
2	Балка	1	
3	Кран подъема – опускание крышки камеры ТВО	1	
4	Ямная камера ТВО	1	

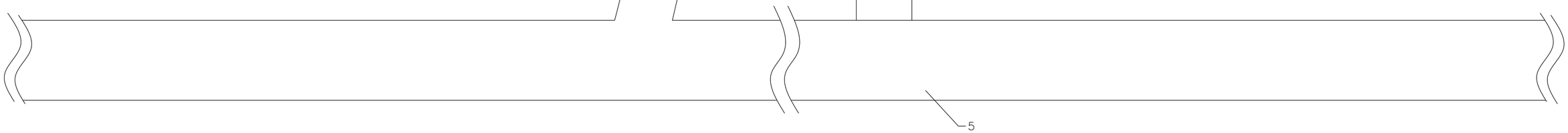
Изм.	Колич.	Лист	№ док.	Подпись	Дата				
						БР – 08.03.01.17 – 2020 СБ			
						СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ Инженерно– строительный институт			
Разраб.		Гонтарь С.Ю.				Малое предприятие по переработке и использованию бетонного лома	Стадия	Лист	Листов
		Зубаровская В.А.					У	9	10
Руководит.		Шевченко В.А.							
						Цех по производству фундаментных блоков; Разрез 1–1	Кафедра Строительных материалов и технологии строительства		
Н.контр.		Шевченко В.А.							
Зав. каф.		Енджиевская И.Г.							

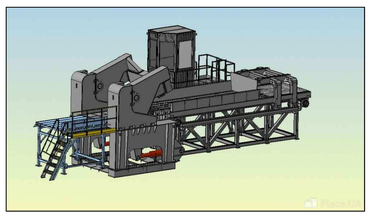
Площадка 1

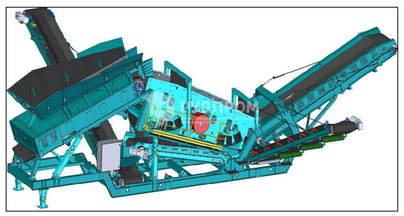


Площадка 2









Поз.	Наименование	Кол.	Примечание
1	Прессово– разрушающая машина	1	МПР–1500
2	Дробилка	1	ДИМ 800К
3	Сортировочная установка	1	АС–44
4	Примыкающая дорога	1	
5	Шоссе	1	
6	Бетоносмесительный завод	1	СКИП–15
7	Склад– площадка заполнителя	2	
8	Цех по производству фундаментных блоков	1	

Изм.	Колич.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	БР – 08.03.01.17 – 2020 СБ			
						СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ Инженерно– строительный институт			
Разраб.		Гонтарь С.Ю.				Малое предприятие по переработке и использованию бетонного лома	Стадия	Лист	Листов
		Зубаровская В.А.					У	10	10
Руководит.		Шевченко В.А.				Функциональная схема расположения оборудования	Кафедра Строительных материалов и технологии строительства		
Н. контр.		Шевченко В.А.							
Зав. каф.		Енджиевская И.Г.							

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Инженерно-строительный институт
Кафедра Строительных материалов и технологии строительства

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
Енджиевская И.Г.

_____ _____
подпись инициалы, фамилия
« ____» _____ 20 __ г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

08.03.01.17 Технология бетонного производства

Малое предприятие по переработке и использованию бетонного лома

Руководитель _____ к.т.н, профессор В.А. Шевченко
подпись, дата должность, ученая степень инициалы, фамилия

Выпускник _____ С.Ю. Гонтарь
подпись, дата инициалы, фамилия

_____ В.А. Зубаровская
подпись, дата инициалы, фамилия

Красноярск 2020

Продолжение титульного листа БР по теме «Малое предприятие по переработке и использованию бетонного лома»

Консультанты по разделам:

Оценка результатов испытания вторичного заполнителя наименование раздела	подпись, дата	В.А. Шевченко инициалы, фамилия
Расчет состава бетонной смеси наименование раздела	подпись, дата	В.А. Шевченко инициалы, фамилия
Планировка производственных территорий наименование раздела	подпись, дата	Л.Г. Макарова инициалы, фамилия
Разработка технологических схем и подбор оборудования наименование раздела	подпись, дата	Е.С. Турышева инициалы, фамилия
Нормоконтролер	подпись, дата	В.А. Шевченко инициалы, фамилия

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Инженерно-строительный институт
Кафедра Строительных материалов и технологии строительства

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
Енджиевская И.Г.

_____ _____
подпись инициалы, фамилия
« ____» _____ 20 __ г.

ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ

в форме <u>бакалаврской работы</u>

Студенту *Гонтарь Софье Юрьевне, Зубаровской Валерии Алексеевне*
фамилия, имя, отчество

Группа СБ16-41БП Направление (профиль) 08.03.01.17
номер код

«Строительство» - профиль подготовки «Технология бетонного производства»
наименование

Тема выпускной квалификационной работы: Малое предприятие по переработке и использованию бетонного лома

Утверждена приказом по университету №7679/с от 11.06.2020 г.

Руководитель ВКР В.А. Шевченко, к.т.н., профессор СМиТС ИСИ СФУ
инициалы, фамилия, должность, ученая степень, место работы

Исходные данные для ВКР бакалавра: Изучить свойства вторичного крупного заполнителя из бетонного лома; разработать участок по переработке и использованию заполнителя из бетонного лома.

Перечень разделов ВКР бакалавра: Состояние вопроса; экспериментальная часть; технологическая часть; охрана окружающей среды

Перечень графического материала: Экспериментальная часть – 2 листа; технологическая часть – 8 листов.

Руководитель ВКР _____ В.А. Шевченко
подпись инициалы, фамилия

Задание принял к исполнению _____ С.Ю. Гонтарь
подпись инициалы, фамилия

_____ В.А. Зубаровская
подпись инициалы, фамилия

«___» _____ 2020 г.