



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра метеорологии, экологии и природопользования

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)
по направлению подготовки 05.03.06 Экология и природопользование
(квалификация – бакалавр)

На тему «Источники и оценка воздействия на воздушную среду деятельности предприятия ООО ПК «БЕТОН-СЕРВИС»

Исполнитель Лопатин Вячеслав Алексеевич

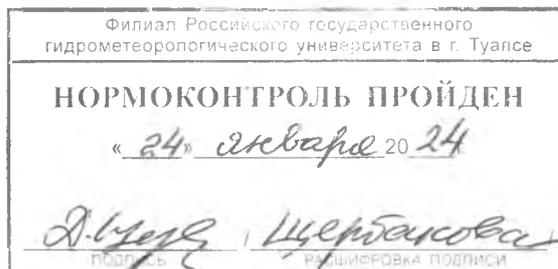
Руководитель к. с/х н., доцент Цай Светлана Николаевна

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Цай Светлана Николаевна

«26» января 2024 г.



Туапсе
2024

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	3
1 Описание предприятий промышленности по изготовлению бетона, их типы, степень безопасности.....	5
1.1 Характеристика современных типов предприятий по изготовлению бетона	5
1.2 Классификация современных видов бетона, области их применения ..	11
2 Общая характеристика и оценка воздействия деятельности ООО ПК «Бетон-Сервис».....	20
2.1 Характеристика деятельности ООО ПК «Бетон-Сервис»	20
2.2 Анализ выбросов вредных веществ в периоды неблагоприятных метеорологических условий	29
3 Эколого-экономическое обоснование современных способов производства бетонов	36
Заключение	53
Список литературы	55

Введение

Одним из важнейших резервов экономии материальных и энергетических ресурсов в области строительства является использование отходов предприятий по производству сборного железобетона и демонтируемых строительных объектов в виде бетонного лома.

Во многих случаях непригодные бетонные и железобетонные изделия длительное время хранятся на складах заводов-изготовителей, вывозятся на свалки, закапываются в землю, что загрязняет окружающую среду и лишает промышленность значительного объема дорогостоящего материала. Ежегодно в нашей стране образуется около 6 млн. тонн отходов бетона и железобетона, а в ближайшее время прирост объема бетонного лома при разборке зданий и накоплении некондиционных конструкций достигнет 15–17 млн. тонн в год.

В настоящее время в отвалах скопилось такое количество вторичного сырья, утилизация которого позволила бы получить более 1,5 млн. тонн металла и 40 млн. тонн бетонного лома.

Кроме строительства, дробленый бетон применяют при рекультивации земель для засыпки выработок в грунте. В мире уже появилось такое понятие как жизненный цикл здания, который включает все этапы от начала строительства до полной утилизации остатков объекта.

Актуальность исследований заключается в том, что железобетон в последние годы, широко используется при строительстве зданий и сооружений, благодаря надежности по конструкции и доступности исходного материала, однако в ходе его изготовления не исключается возникновение экологических проблем.

Объект исследования: ООО ПК «Бетон-Сервис»

Предмет исследования: классификация современных видов бетона, и оценка воздействия на окружающую среду

Цель исследования – анализ хозяйственной деятельности предприятия, определение уровня воздействия на воздушную среду.

В связи с этим в работе предусмотрено решение следующих задач:

- провести характеристику особенностей современных типов предприятий по изготовлению бетона;
- изучить разнообразные классификации видов бетона, их отличительные особенности и области их применения;
- описать технологический процесс изготовления бетона на примере деятельности ООО ПК «Бетон-Сервис»;
- проанализировать виды и количество выбросов вредных веществ в зависимости от неблагоприятных метеорологических условий;
- обобщить результаты исследований, сделать заключение и выводы.

1 Описание предприятий промышленности по изготовлению бетона, их типы, степень безопасности

1.1 Характеристика современных типов предприятий по изготовлению бетона

Анализируя ситуацию в строительной отрасли, можно констатировать повышение объемов строительства, который вызван в первую очередь ростом спроса на жилплощадь.

Таким образом, учитывая это обстоятельство, создается насущная необходимость в увеличении мощностей производителей бетона, пока еще одного из важных компонентов строительных конструкций.

Остается открытым вопрос уровня безопасности и их влияния на окружающую живую природу, да и в целом на всю окружающую среду.

Условно на сегодня известны два типа производителей бетона.

Первый из них – стационарный. Как правило, обладающий солидными производственными мощностями и в основном большинстве расположены на конкретной территории (рисунок 1.1).



Рисунок 1.1 — Типичный внешний вид бетонного завода

Бетон как конечный товар, в состав которого входят песок, цемент,

дробленный камень или щебень, вода. Бетон является натуральным материалом и не оказывает, по мнению авторов, негативного влияния на окружающую среду и, конечно же, здоровье человека.

**Состав и пропорции бетона из цемента М-400,
песка и щебня**

Марка бетона	Массовый состав, Ц:П:Щ, кг	Объемный состав на 10 л цемента, П:Щ, л	Количество бетона из 10 л цемента, л
100	1 : 4,6 : 7,0	41 : 61	78
150	1 : 3,5 : 5,7	32 : 50	64
200	1 : 2,8 : 4,8	25 : 42	54
250	1 : 2,1 : 3,9	19 : 34	43
300	1 : 1,9 : 3,7	17 : 32	41
400	1 : 1,2 : 2,7	11 : 24	31
450	1 : 1,1 : 2,5	10 : 22	29

Бетон из цемента марки М 500, песка и щебня

Марка бетона	Массовый состав, Ц:П:Щ, кг	Объемный состав на 10 л цемента, П:Щ, л	Количество бетона из 10 л цемента, л
100	1 : 5,8 : 8,1	53 : 71	90
150	1 : 4,5 : 6,6	40 : 58	73
200	1 : 3,5 : 5,6	32 : 49	62
250	1 : 2,6 : 4,5	24 : 39	50
300	1 : 2,4 : 4,3	22 : 37	47
400	1 : 1,6 : 3,2	14 : 28	36
450	1 : 1,4 : 2,9	12 : 25	32

Рисунок 1.2 - Составные части бетона

Надо полагать, что воздействие на окружающую среду возникает в процессе его изготовления и в зависимости от вида топлива, которое используется в технологии переработки. Между тем, известно, что большинство современных заводов идентичны тепловым электростанциям [16, с.301].

Экологи, проводящие анализ деятельности подобных предприятий утверждают, что одним из основных загрязнителей атмосферы СБЗ является цементная пыль. Будучи сильным аллергеном, оказавшись в дыхательных

органах, оказывает негативное воздействие на здоровье. Люди зачастую теряют иммунитет и у них развиваются серьезные хронические болезни.

Вполне логично, особенно болезненные реакции этот процесс вызывает у работников, непосредственно задействованных на предприятии, у них возникает постоянное раздражение горла и гортани в большей степени подвергаются раку гортани и горла [7, с.43].

К великому сожалению не меньший вред наносится и растениям, растущим вблизи подобных стационарных предприятий. При поступлении в почву такой пыли корни растений погибают и естественно вызывают их гибель. А в случаях их сохранения и достижения плодоношения, такие плоды оказываются носителями токсических веществ [3, с.98].

Соответственно, этот факт распространяется и на воды рек, озер, других водных объектов, к сожалению, превышают нормальные показатели.

Ко второму типу относятся передвижные мобильные усовершенствованные растворобетонные узлы (РБУ) которые легко разбираются и собираются (рисунок 1.2).

Их можно просто собрать, разобрать, доставить с одной стройплощадки на другую. В их оснащение входит новейшее оборудование, производящее высококачественный бетон. Такие устройства широко применяются для работы с удаленными объектами, при строительстве загородных домов, дорог, мостов и других объектов.



Рисунок 1.2 — Пример мобильного устройства по изготовлению бетона

Пожалуй, главное преимущество этих устройств в том, что они уже на стадии сборки предусматривают снижение или полное избавление от возможных выбросов и образования отходов [5, с.9].

Естественно, благодаря мобильности их быстрее и легче модернизировать по частям или блокам.

Однако практика показала, что более эффективными являются технологии с применением автоматизированных систем управления (рисунок 1.3_

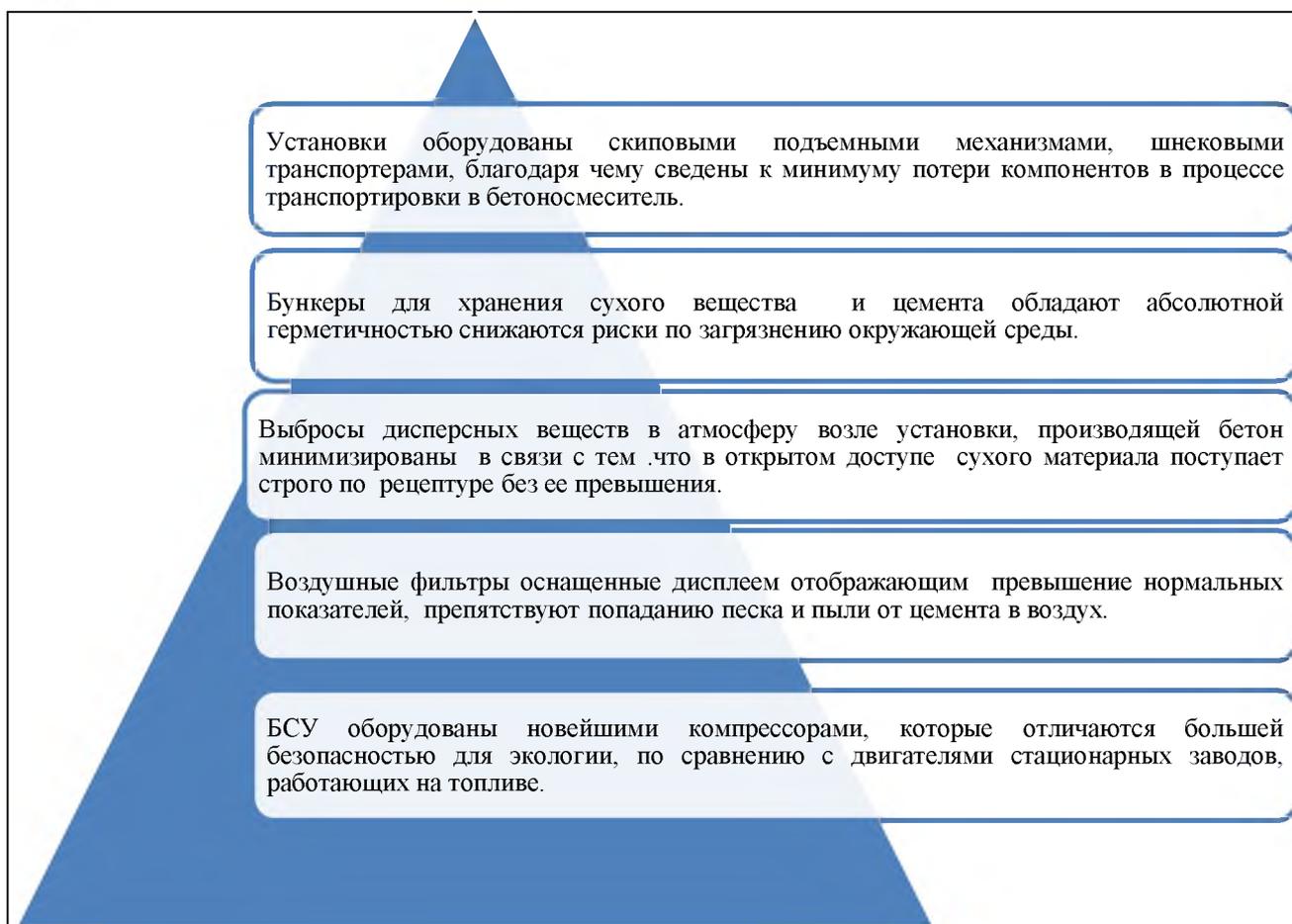


Рисунок 1.3 – Положительные показатели мобильных бетонных устройств

Многочисленный опыт, связанный с ростом объемов строительства за последние 5-6 лет, позволяет отдавать предпочтение разборным устройствам (РБУ), которые быстро собираются и перевозятся от одной территории к другой. Более конкретные преимущества мобильных установок можно

проследить на рисунке 1.4.

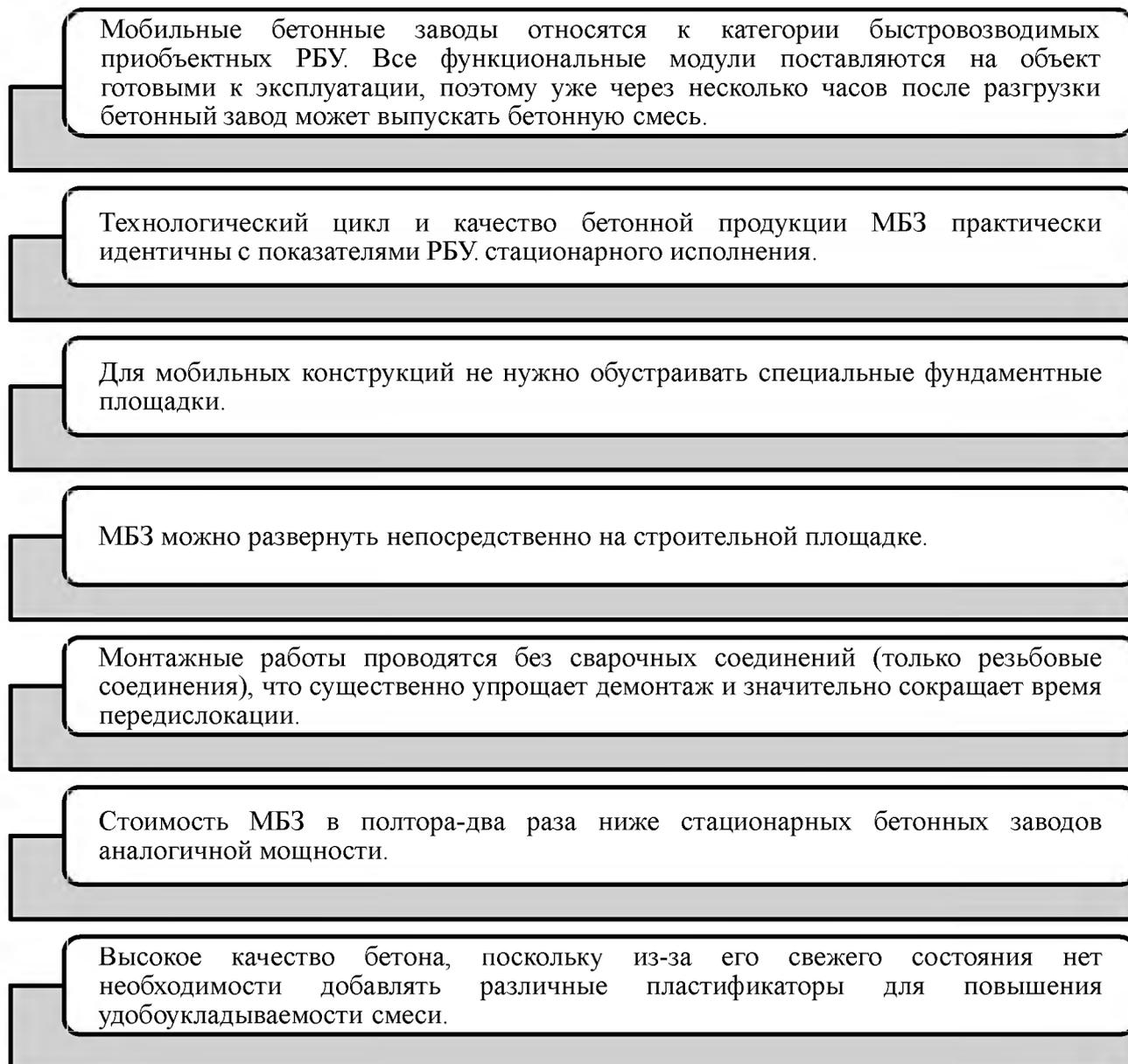


Рисунок 1.4 — Положительные стороны МБУ

Очень важно отметить существенные различия негативных выбросов при работах на стационарных и передвижных установках, пожалуй, потому что МБУ в первую очередь основной задачей ставят решение экологических проблем.

Тогда как у стационарных, которые были, как правило, установлены давно, на первом плане предусматривались производственные объемы.

Дело в том, что уже действующие стационарные предприятия, как правило, крупные производители со специфическим оборудованием и

техникой, которым не так легко и быстро, а самое главное без материальных потерь перейти на другие технологии.

Однако, кроме того, мобильные установки также как и любая технология, имеют целый ряд определенных недостатков (рисунок 1.5)

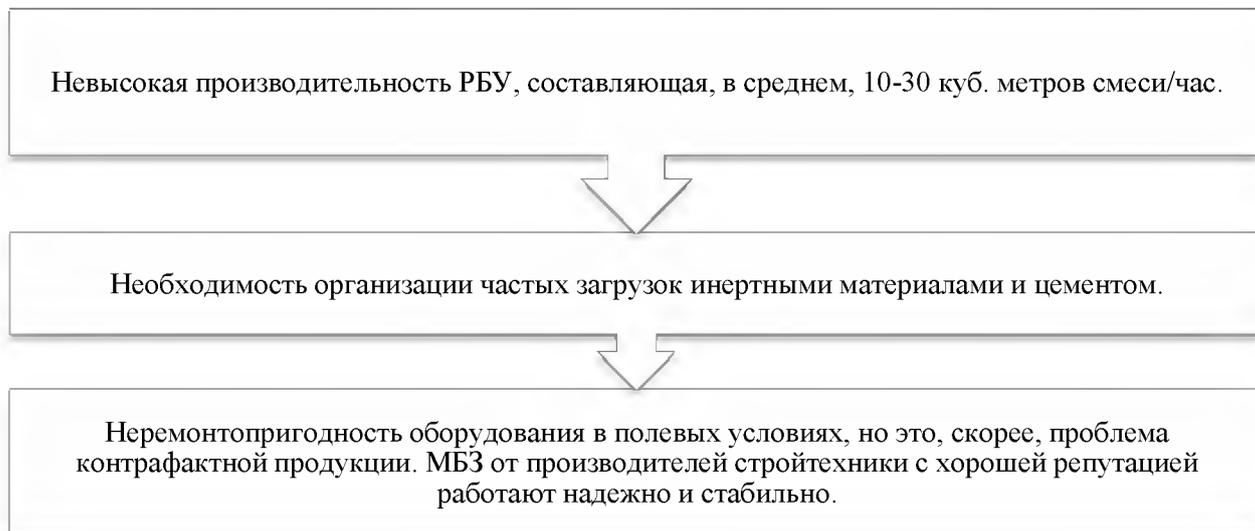


Рисунок 1.5 — Примеры отрицательных сторон МБУ

Между тем, нельзя не отметить, что изменение исторической ситуации в стране, переход на мелкие и частные производства, определенное предпочтение отдается мини установкам, предусматривающие автоматизированную систему управления движущими объектами в виде транспортеров, различных подъемников, или, к примеру, устройствами для распыления инертных пылевидных газов.

Подобные направления в системе модернизации значительно снижают потери основных компонентов при их поставке в бетоносмеситель, и соответственно, до минимума сводят попадание взвешенных частиц в атмосферу вблизи размещения объекта, нанося меньший ущерб работникам и населению.

Транспортер подает на производственную линию точное количество сухого материала, соответствующее требуемому рецепту для создания бетона конкретной марки. Благодаря полной автоматизации процесса, исключается возможность ошибок, связанных с человеческим фактором.

Силосы для цемента обладают герметичной конструкцией, обеспечивающей эффективную изоляцию сухого цемента и минимизацию загрязнения воздуха. Мобильные РБУ оснащены модернизированными системами, которые предотвращают образование пыли на производственной площадке.

Применение высокоэффективных воздушных фильтров предотвращает попадание песка и цементной пыли в атмосферу.

Современные компрессоры являются важным компонентом мобильных бетонных заводов, обеспечивая безопасность для окружающей среды подобно стационарным предприятиям.

Бетонный раствор играет ключевую роль в современном строительстве, и его производство является независимым процессом. При выборе мобильного РБУ необходимо учитывать особенности бетонного завода, надежность временем проверенных поставщиков и их безупречную репутацию. ООО «Технораст» – ведущая российская компания, специализирующаяся на производстве оборудования для бетонных заводов.

Некоторые предприниматели неоднократно пытались решить эту проблему путем замены каких-то частей оборудования, оснащенные фильтрами, пылеулавливателями, однако пока еще примеров достижения успехов в снижении негативного воздействия не зарегистрированы.

В связи с этим нет никаких сомнений, что положительный эффект может принести только кардинальное изменение комплекса задач или одним словом модернизация производства, которая, конечно же требует дополнительных материальных инвестиций.

1.2 Классификация современных видов бетона, области их применения

В настоящее время большинство экологических цементов изготавливаются только новыми производителями на рынке бетонной промышленности. Так как бетонные смеси используются в каждом строительстве в мире, то

неудивительно, что даже малейшие неэкологичные испарения станут глобальной проблемой.

Цемент – это наиболее используемый материал на Земле, который расходуется для производства бетона со скоростью около 150 тонн в секунду. По данным Международной ассоциации цемента и бетона, ежегодно заливается около 14 миллиардов кубометров бетона.

А с постоянно растущими темпами урбанизации, строительства все новых домов, в Африке и Азии, негативное влияние на планету такого элементарного строительного материала как бетон будет только возрастать.

По своей консистенции, будучи изначально искусственно созданным материалом, как правило, представляет собой полужидкую смесь воды и включает в себя связующее вещество и наполнитель в составе комплекса компонентов.

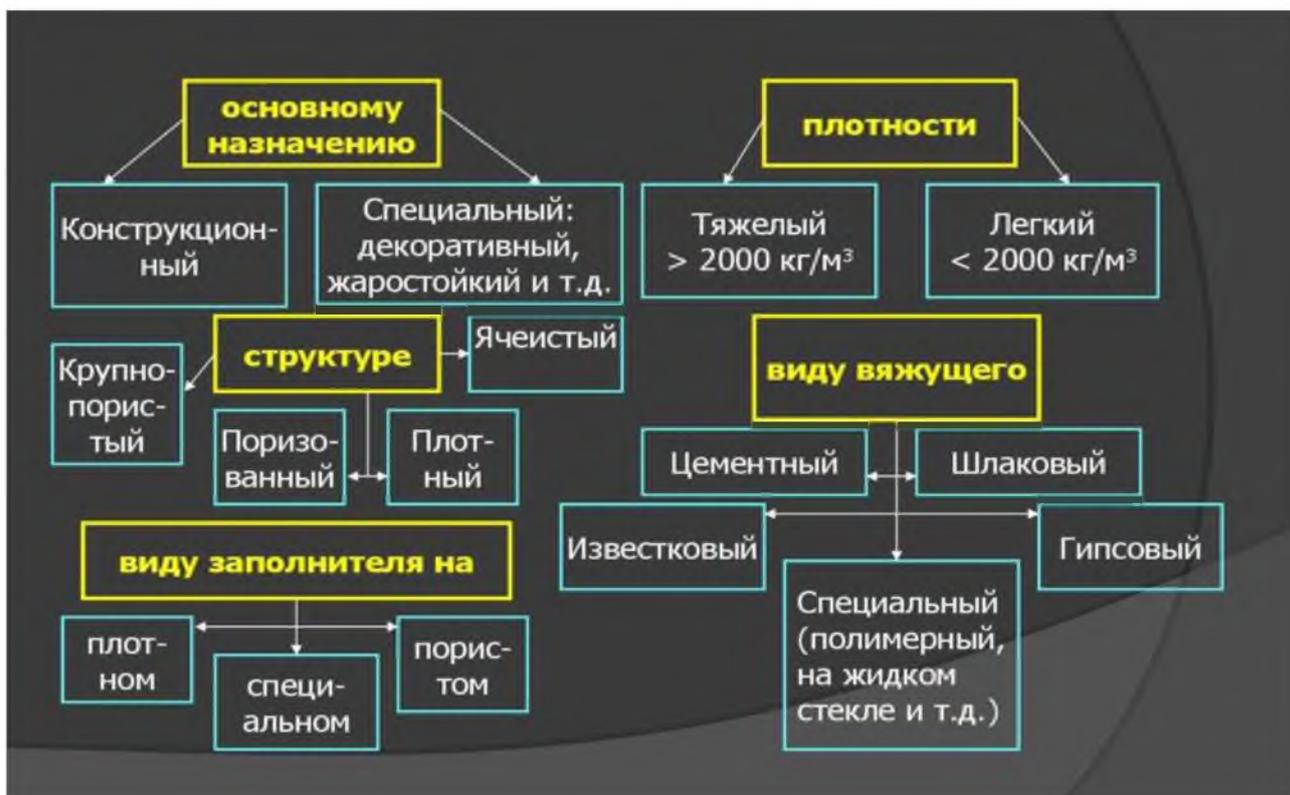


Рисунок 1.6 – Разделение бетона по основным показателям

На рисунке 1.6 довольно подробно и отчетливо приведены смеси различных компонентов и наполнителей в зависимости от которых, они

относятся к той или иной классификации.

Точно так же, как во все другие современные товары или продукты в данную смесь внедряют искусственно всевозможные, уже на практике опробованные различные добавки, которые придают им именно те свойства, которыми они должны обладать. В соответствии с этим их разделяют (рисунок 1.7).



Рисунок 1.7 — Типы добавок к бетону

Современные высокие технологии во многих областях промышленности позволяют выбрать целый комплекс органических и неорганических

соединений, добиться успешного конечного результата, как например, вещества, придающие особую прочность, скорость застывания, устойчивость к морозам, для работы в холодных условиях или, наоборот, к высоким температурам, пластификаторы, водонепроницаемость, очень важное значение придают способности защиты от ионизирующих излучений, довольно распространенное в современных жилых помещениях и т.д. [8, с.202].

Используют виды заполнителей (рисунок 1.8).

Признак классификации	Вид бетона	Определение
По виду заполнителей	На плотных заполнителях	Бетоны на заполнителях из плотных горных пород или плотных шлаков
	На особо плотных заполнителях	Бетоны на заполнителях из рудосодержащих горных пород, чугунивого скрапа, металлических стружек и т.д.
	На пористых заполнителях	Бетоны на искусственных и природных крупных и мелких пористых заполнителях и (или) крупных пористых и мелких плотных заполнителях
По крупности заполнителя	Крупнозернистые	Бетоны с содержанием крупного заполнителя
	Мелкозернистые	Бетоны на мелком заполнителе с размером зерен < 5 мм
По структуре	Плотной структуры	Бетоны с воздухом содержанием до 7% и заполнением всего пространства между зернами заполнителей затвердевшим вяжущим (цементным камнем)
	Поризованной структуры	Бетоны с воздухом содержанием более 7% и заполнением всего пространства между зернами заполнителей затвердевшим вяжущим, пено- и газообразующими, поризованным воздухововлекающими, добавками
	Ячеистой структуры	Бетоны, состоящие из затвердевшей смеси вяжущего, кремнеземистого компонента и искусственных равномерно распределенных пор в виде ячеек, образованных газом или пенообразователями
	Крупнопористой структуры	Бетоны, у которых пространство между зернами крупного заполнителя не заполнено мелким заполнителем и затвердевшим вяжущим

Рисунок 1.8 –Типы добавок к бетону

Цемент – это основное связующее, которое скрепляет мелкий и крупный заполнитель в бетоне. Активный компонент в основном состоит из клинкера – остатков, получаемых при обжиге глины и известняка в печи. Именно когда он нагревается, то образуется CO^2 .

Чтобы произвести одну тонну цемента, в процессе обжига до $1400^{\circ}C$ образуется примерно одна тонна CO^2 .

Существует прямая зависимость между выбором марки цемента с количеством добавления наполнителя, если выразить точнее не последнюю

роль при выборе компонентов для добавки придают должное значение, в том числе и размерам твердых частиц, так в частности размеры песчинок не должны быть в диаметре менее 1,2 мм. Оказывается, что их сложно распределить по бетонной смеси равномерно, соответственно это влияет на качество бетона.

Но при этом более крупный песок (более 3.6 мм), в диаметре также не годится для получения качественного товара.

Не допускаются ни в коем случае наличие примесей в используемых компонентах. Зачастую это могут быть мелкодисперсная пыль или того хуже иловые фракции достигающие пяти и более процентов.



Рисунок 1.9 – Классификация бетонов

Как мы понимаем, что бетоны необходимы для строительства зданий и сооружений, не меньшую значимость имеют такие его качества как теплоизоляция, декоративные характеристики, и, в конце концов, эстетический вид.

Выше упомянутые показатели, естественно регламентируются определенными требованиями к ним. Для удовлетворения таких параметров,

как плотность, прочность и удельный вес - напрямую связанных со структурой бетона, которые напрямую зависят от разных наполнителей и особенно связующих элементов.

Не менее значимым в технологии изготовления бетона являются условия и сроки его затвердевания, что наглядно представлено на рисунке 1.10.

Из специальной литературы известно, что этот процесс может происходить в естественных условиях, но это занимает больше времени и не всегда выгодно, и конечно при искусственно созданных условиях, учитывая что для этого создают особые научно обоснованные термически-влажностные режимы и специальных автоклавах.



Рисунок 1.10– Технологические требования при изготовлении бетона

Как уже ранее было отмечено, бетон должен обладать еще и морозостойкостью, водонепроницаемостью рядом других свойств, для этих целей определены специальные добавки над разработкой и выбором которых работают целые научно-исследовательские компании, и лаборатории.

Так же данный товар обозначают буквами в качестве отличительных знаков или, проще говоря, маркируют (рисунок 1.11).

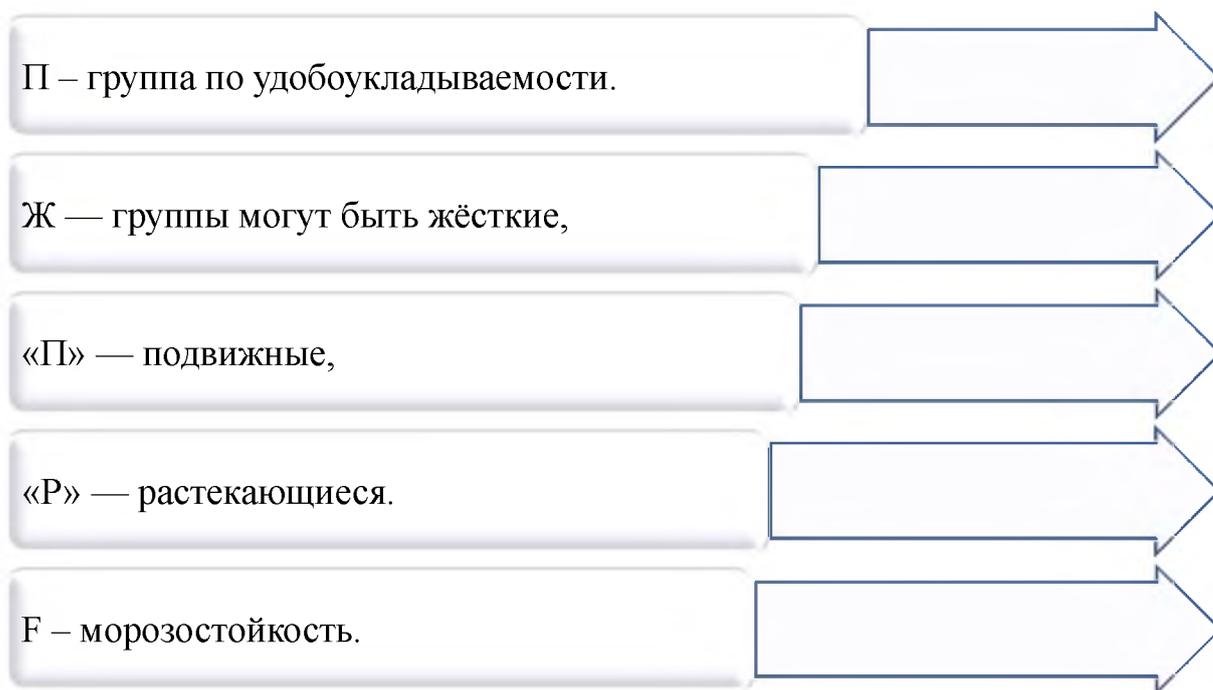


Рисунок 1.11 — Обозначение по группам консистенции

Стоит заметить, что прошло уже 200 лет с создания способа для получения цемента, а метод так и не изменился.

И как бы их не делили по классам, по марке, прочности, водонепроницаемости, плотности, отражающие в конечном итоге качество товара, но, к огромному сожалению, в отличие от многих других производств только на химическую реакцию при производстве и получении бетона, приходится 70% выбросов углекислого газа.

Остальные же 30% – на энергию, используемую для розжига печей.

В последние годы строительные организации, как основные потребители уделяют внимание такому фактору как вес (таблица 1.1)

Из приведенных параметров больше всего, среди строителей оказались востребованными цементные бетоны, имеющие средний вес 2300 — 2500 кг/м³. Для расчетов возьмем значение веса бетона – 2500 кг/м³.

Бетонная промышленность заявила, что к 2050 году хочет добиться нулевого уровня выбросов углерода. В октябре 2021 года вся сфера производства бетона

поставила цель сократить свои выбросы на 25% к 2030 году.

Таблица 1.1 — Отличия товара по весовым показателям

№	Тип бетона	Тип бетона Вес 1 м ³ бетона (Рв), кг/м ³	Состав бетона	Назначение
1	Особо легкие бетоны	Рв ≤ 500	ячеистые бетоны с большим количеством (до 85% от общего объема бетона) мелких и средних воздушных ячеек размером до 1-1,5 мм	Для теплоизоляции
2	Легкие бетоны	Рв=500-1800	бетоны, заполненные облегченными пористыми заполнителями: керамзит или без заполнителей, пенобетон или газобетон	Для строительных блоков
3	Особо тяжелые бетоны	Рв=1800-2500	Основная масса заполнителя бетона: щебень или гравий — 1150-1300 кг, песок — 600-750 кг, цемент — 250-450 кг, вода — 150-200 л	Очень широкий диапазон назначений
4	Тяжелые бетоны	Рв=2500-3000	состав бетонных смесей входят: магнетит, барит, гематит, различные виды металлического скрапа. Основную массу бетона составляет крупный заполнитель	Особо тяжелые для защиты на АЭС от радиоактивных излучений

Это позволит сократить выбросы парникового газа в атмосферу на пять миллиардов тонн в течение десятилетия.

Но как вообще такое возможно? Ведь нельзя же просто «загадать на Новый год», и все вредные вещества перестанут вырабатываться на производстве. Здесь же все зависит от применения на заводах различных технологий и готовности строительной сферы к применению альтернативных способов изготовления бетона.

Очистка промышленности от выбросов CO₂ в значительной степени зависит от таких технологий, как улавливание и хранение углекислого газа, которые еще предстоит внедрить в значимых масштабах на каждое предприятие.

Но также предлагается и другие изменения. Например, переработка старого бетона и замена углеводородов в доменных печах биотопливом.

Такие значимые государственные организации, как Китайская

национальная компания по производству строительных материалов, пообещала «сыграть свою роль» в декарбонизации отрасли.

Также в настоящее время постоянно появляются новые идеи и технологии для сокращения выбросов. Американская компания «Solidia» планирует улавливать CO₂ и использовать его для сушки бетонной смеси, сводя к минимуму количество воды, необходимой для производства.

В Канаде организация «CarbonCure» изучает способ, как можно вводить сжиженный углекислый газ в бетон и хранить его там. Но так, чтобы это не повредило целостности бетонной конструкции и не повлияло на прочность и долговечность объектов.

Возможно, наиболее важным служит то, что отрасль делает ставку на разработку новых экологичных, или как их еще называют «зеленых», цементов из переработанных материалов.

Например, в Великобритании уже 26% бетона производится подобным способом. В мае Франция, где расположено несколько крупных бетонных фирм, также издала новые правила производства цемента. Начиная со следующего года, все новые здания будут подвергаться ограничениям по выбросам углерода на весь срок их эксплуатации, от строительства до сноса [12, с.163].

2 Общая характеристика и оценка воздействия деятельности ООО ПК «Бетон-Сервис»

2.1 Характеристика деятельности ООО ПК «Бетон-Сервис»

ООО ПК «Бетон-Сервис» располагается на одной площадке по адресу: г. Геленджик, ул. Мостовая, кад. №23:40:0410030:3. Вместе с предприятием и на смежных земельных участках осуществляют свою деятельность: ООО СПК «ИНГУРИ» и ООО «ТОПАЗ» (рисунок 2.1).



Рисунок 2.1 – производственная база ООО «Ингури» на карте

Основным видом деятельности ООО ПК «Бетон-Сервис» служит изготовление товарного бетона и бетонных изделий, и транспортные услуги (доставка бетона, раствора).

Здесь на площадке установлен растворо-бетонный узел (РБУ), изготавливающий бетон, в последующем обеспечивают доставку к объектам потребителей на специальном транспорте — автобетоносмесители.

Территория площадки принадлежит ООО СПК «ИНГУРИ» на основании договора аренды.

Согласно СанПиН 2.2.1/2.1.1.1.1200-03 (новая редакция) раздел 7.1.4, п. 5 «Установка по производству бетона», размер ориентировочной санитарно-защитной зоны для промплощадки предприятия равен 100м. Ориентировочный размер санитарно-защитной зоны соблюдается.

Территория промплощадки граничит:

с севера – со свободной территорией (предназначенной для благоустройства, для целей, не связанных со строительством), далее с федеральной автодорогой М4 «Дон» далее с землями лесного фонда с разрешенным использованием для осуществления рекреационной деятельности на расстоянии 142 м;

с северо-востока – с территорией свободной от застройки (пустырями), далее с федеральной автодорогой М4 «Дон», далее с землями лесного фонда;

с востока – с участком для размещения производственной базы;

с юго-востока – с участком для размещения производственной базы и далее с участком для строительства производственной базы;

с юга – с участком для станций технического обслуживания автомобилей (с расположенным на нем СТО ВАЗ «Геленджик Лада Сервис» и магазином автозапчастей «АвтоМаг»), далее с проезжей частью ул. Ходенко, и далее с жилыми домами на расстоянии 221 м и 255 м и участком для размещения многоэтажных жилых домов на расстоянии 211м и далее с рынком «Казачий»;

с юго-запада – с участком для станций технического обслуживания автомобилей) с расположенным на нем СТО ВАЗ «Геленджик Лада Сервис» и магазином автозапчастей «АвтоМаг») и АЗС, далее с проезжей частью ул. Ходенко, магазином ООО «Кровельный центр» и далее с участком автовокзала и жилой застройкой на расстоянии 179м – г. Геленджик, пер. Вокзальный, д.2;

с запада – со свободной территорией (предназначенной для благоустройства, для целей, не связанных со строительством), далее с проезжей частью ул. Объездной и далее с жилой застройкой на расстоянии 178 м – по

адресу: г. Геленджик, ул. Морская, 74а;

с северо-запада – с проезжей частью ул. Объездной, далее со свободной территорией (предназначенной для благоустройства, для целей, не связанных со строительством), и далее с жилой застройкой на расстоянии 261 м.

Предприятие ООО ПК «Бетон-Сервис» осуществляет изготовление следующих видов продукции и оказывает услуги (рисунок 2.2).

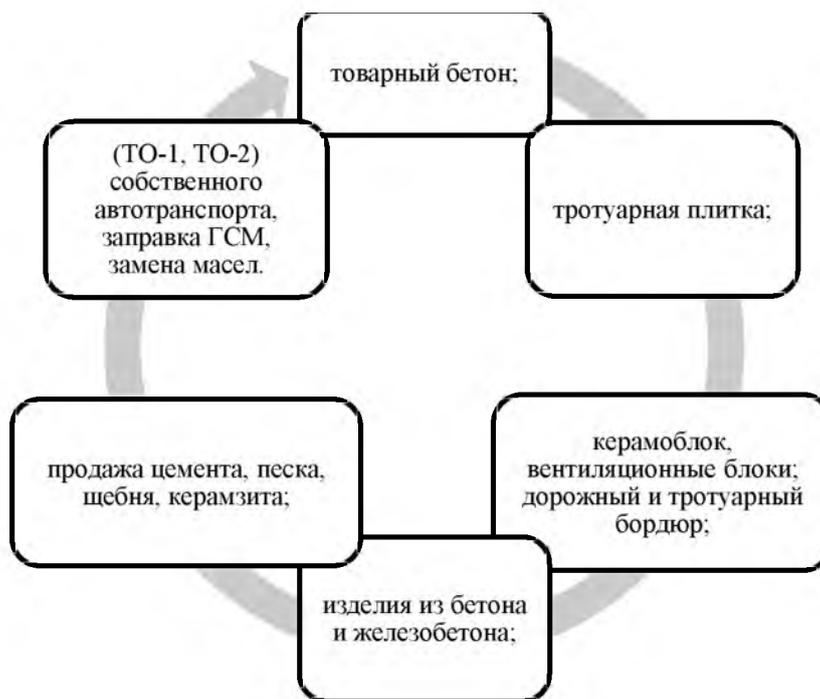


Рисунок 2.2 — Виды конечной продукции предприятия

Ремонт автотранспорта осуществляется сторонними предприятиями по договорам обслуживания.

ООО ПК «Бетон-Сервис» принадлежат следующие объекты: топливозаправочный пункт; склад инертных материалов; линия по производству бетона и раствора; цех по производству тротуарной плитки; автотранспортные средства и техника.

Предприятие также арендует ремонтный бокс для ТО и ТР автотранспорта с двумя постами и расположенными в нем металлообрабатывающими станками.

Песок и щебень, керамзит на площадку доставляются автотранспортом из карьеров. Инертные материалы выгружаются на открытый склад, откуда

автопогрузчиками поочередно загружаются в приемный бункер, либо отгружаются в автомобили на реализацию.

Для уменьшения пылеобразования при выгрузке и хранении инертных материалов используются гидроподавление – щебень, песок и керамзит поливаются водой из поливомоечной машины.

Цемент доставляется с заводов ОАО «Новоросцемент» автоцементовозами и закачивается в цементные силоса, либо непосредственно в рабочие емкости. Узел загрузки и хранения цемента герметизирован (рисунок 2.3).



Рисунок 2.3 — Бетоносмеситель СБ-242-8М

Внутри цементных емкостей и силосов установлены циклоны, равномерно распределяющие цемент при загрузке и препятствующие избыточному пылеобразованию

Воздух, вытесняемый при перекачке цемента из силосов в рабочие емкости и при пересыпке цемента в бетоносмеситель СБ-242-8М (рисунок 3), по системе воздухопроводов выводится в наземную пылеосадительную камеру.

Пылеосадительная камера представляет собой кирпичное помещение,

размером 2x2x2 м. Помещение имеет плотно закрывающуюся дверь, исключаящую пыление в атмосферу.

Очистка пылеосадительной камеры проводится втягивающим цементовозом, пыления при очистке не происходит.

Цементные силоса на предприятии являются резервными емкостями хранения цемента. Дополнительно к вышеописанной схеме очистки воздуха, образующегося при закачке цемента, на одном из силосов установлен напорный рукавный фильтр.

Следовательно, воздух образовавшийся при закачке цемента в любой из силосов по вышеописанной схеме частично выводится в наземную пылеосадительную камеру, частично выбрасывается в атмосферу через напорный рукавный фильтр цементного насоса.

Так как входную концентрацию на фильтры после силосов измерить нельзя, фильтры являются устройствами технологической (промышленной) очистки газа.

Таким образом, принимаем их в качестве неорганизованных источников и определяем количественные показатели данных источников расчетным путем. На территории предприятия ежедневно осуществляется уборка территории влажным способом при помощи поливомоечной машины.

Бетонная смесь состоит из пропорционально подобранных и тщательно перемешанных между собой – минерального вяжущего вещества (цемента), воды, заполнителя (песок, щебень, и керамзит) и, в необходимых случаях, добавок (пластификаторов и ускорителей твердения).

Остановимся коротко на всей технологи приготовления бетонной смеси, которая включает: прием нужных товаров, затем складирование согласно принятого регламентом дозирования и перемешивания и только выдается готовая бетонная смесь на приспособленные для этого транспортные средства (рисунок 2.4)

Ниже проведено подробное описание этого цикла. Растворобетонный узел включает в себя: бетоносмесительную установку башенного типа,

примыкающей к ней ленточный конвейер, приемные бункера заполнителей и цементные силоса.

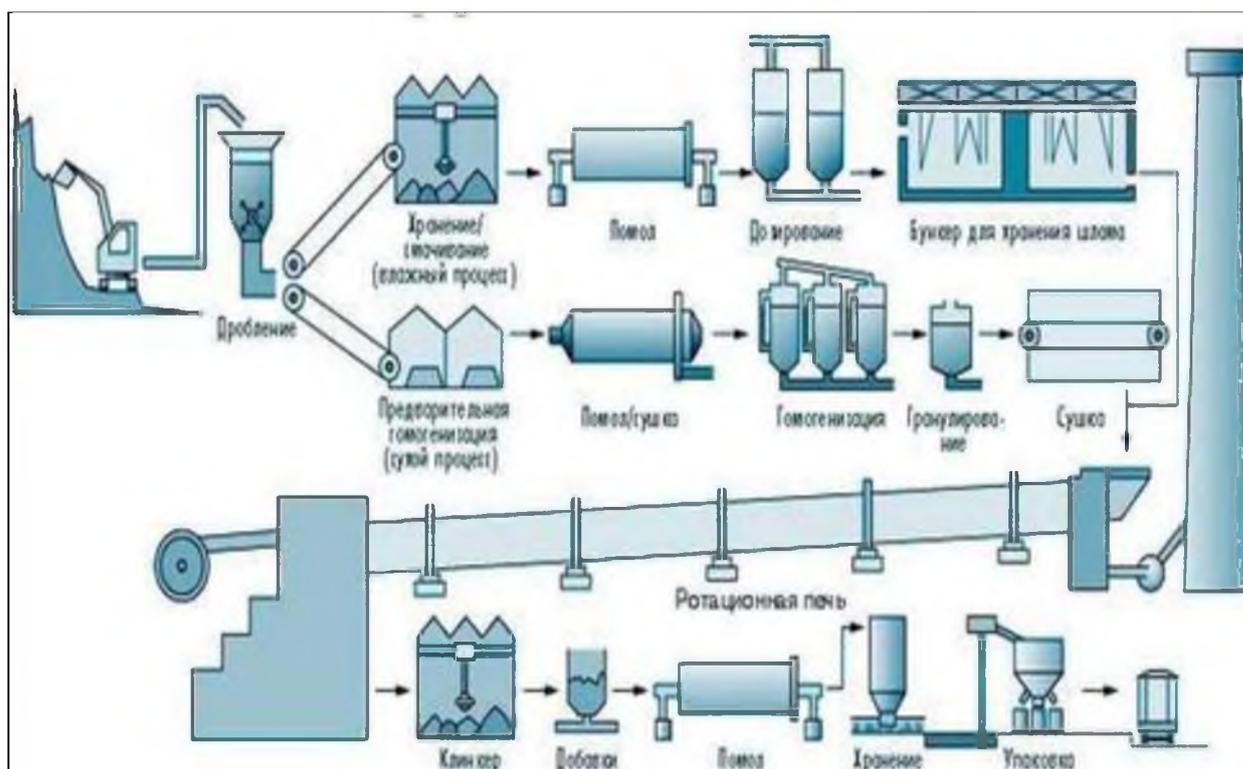


Рисунок 2.4 — Технология производства бетона

Агрегат питания предназначен для предварительной дозировки всех фракций исходного материала, входящих в рецепт смеси, и подачи их по наклонному конвейеру в смеситель.

Цемент подается горизонтальным винтовым конвейером и элеватором и по распределительным желобам направляется в бункер в количестве в соответствии с маркой.

Указатели уровня, предусмотренные в отсеках бункеров, сигнализируют о наполнении их материалами. На башне размещены дозаторы заполнителей, дозатор цемента и дозатора воды. Отдозированные материалы попадают в приемную воронку и далее в смесительный барабан.

По окончании перемешивания автоматически открывается затвор смесителя и готовая бетонная смесь выгружается непосредственно в грузовой автомобиль, оборудованный вращающейся ёмкостью для перевозки бетонной смеси (автобетоносмеситель).

Управление всей установкой централизованно и осуществляется с пульта управления, размещенного в кабине оператора.

Готовый бетон вывозится автобетоносмесителями (миксерами) на объекты строительства.

Открытые стоянки автотранспорта. На территории площадки расположены 3 открытые стоянки, предназначенные для размещения следующих автотранспортных средств: автобетононасосов и бетоносмесителей (13 ед.); седельных тягачей (11 ед.); грузовых самосвалов (20 ед.); грузовых автомобилей (10 ед.); легкового автотранспорта (2 ед.), которые являются частью источников выбросов (рисунок 2.5)



Рисунок 2.5 - Виды выбросов ЗВ в районе автостоянки предприятия

Стоянки легкового автотранспорта, бетоносмесителей, автоцементовозов, самосвалов и тягачей являются источниками вредных веществ от 2, 3, и 4 класса опасности: азота диоксид, азот оксид, углерод (сажа), сера диоксид, углерод оксид, бензин (нефтяной, малосернистый), керосин [13, с.19].

Заправка автотранспорта происходит на топливозаправочном пункте (ТЗП), расположенном на территории предприятия.

Заправка и хранение дизтоплива и бензина, сопровождаются выделением в воздух загрязняющих веществ:

Слив, налив масла сопровождается выделением в воздух загрязняющего вещества: масло минеральное нефтяное (ИЗАВ №6074).

Склад инертных материалов включает в себя (рисунок 2.6):



Рисунок 2.6 — Виды выбросов ЗВ склада инертных материалов предприятия

Места выгрузки и хранения указанных материалов являются неорганизованным ИЗАВ №6001. При выгрузке и хранении щебня происходит выделение загрязняющего вещества: пыль неорганическая: до 20%SiO₂[21, с.11].

При выгрузке и хранении песка влажностью менее 3% происходит выделение загрязняющего вещества: пыль неорганическая >70% SiO₂.

На предприятии используется увлажненный песок влажностью более 3% поэтому выделения при его выгрузке и хранении не происходит. Место выгрузки керамзита служит источником выделения загрязняющего вещества пыль неорганическая 20-70% SiO₂. При хранении керамзита в закрытом помещении пыления не происходит [13,с.26]. Большинство линий по получению конечного продукта состоят (рисунок 2.7):

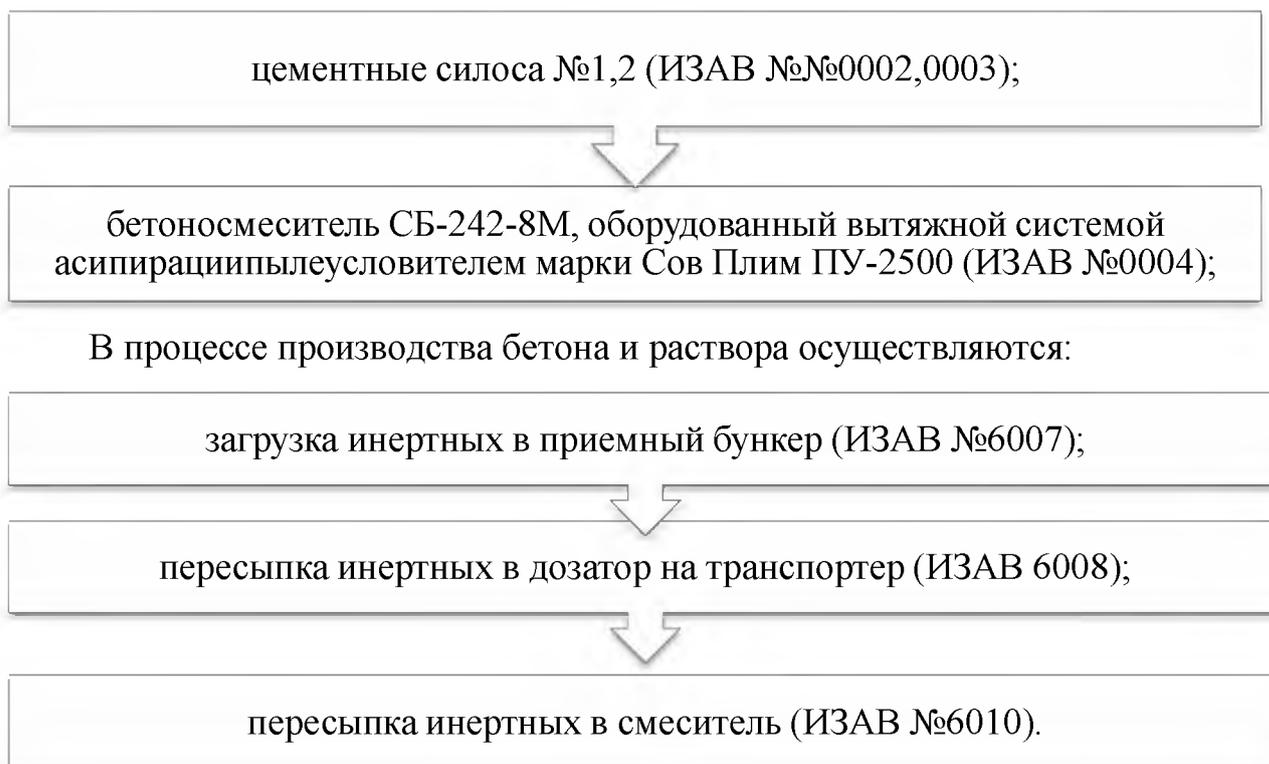


Рисунок 2.7 – Типы вспомогательных объектов предприятия

При загрузке цемента в силосы происходит выделение загрязняющего вещества пыль неорганическая 20-70% SiO_2 . При перегрузке инертных материалов в приемный бункер, на транспортер и в смеситель происходит выделение загрязняющего вещества 20% SiO_2 . Цементные силоса оборудованы фильтрами, которые являются частью технологического оборудования и не могут быть рассмотрены как газоочистная установка.

Цех по производству тротуарной плитки. В цеху производятся бетонные заборные секции, фундаментные блоки, мелкоштучные бетонные изделия (плитка).

На участке производства мелкоштучных бетонных изделий имеется цементный силос (10т), оборудованный напорным рукавным фильтром, который служит частью технологического оборудования. Дыхательный клапан цементного силоса служит организованным ИЗАВ №0006. При загрузке цемента в силос происходит выделение загрязняющего вещества пыль неорганическая 20-70% SiO_2 . Цементный силос оборудован фильтрами,

которые являются частью технологического оборудования и не могут быть рассмотрены как газоочистная установка [22, с.6].

Для приготовления смесей для изделий производится загрузка инертных материалов в растворосмеситель объемом 1м³.

Цех оборудован системой вытяжной вентиляции: дефлекторы 5 ед. (объединены как совокупность точечных источников). При загрузке инертных материалов в растворосмеситель происходит выделение загрязняющего вещества пыль неорганическая 20-70% SiO₂.

Ремонтный бокс для ТО и ТР автотранспорта.

Дверной проем помещения – ИЗАВ №6011. При абразивной заточке режущего инструмента, при работе отрезного станка (болгарки), станка сверлильного, фрезерного выделяются: диЖелезотриоксид (железа оксид) (в пересчете на железо). Пыль абразивная (корунд белый, монокорунд).

Труба выброса отработанных газов от автотранспорта – пост ТО и ТР №1 ИЗАВ №0012.

Труба выброса отработанных газов от автотранспорта – пост ТО и ТР №2 ИЗАВ №0046.

При работе двигателей автотранспорта выделяются следующие загрязняющие вещества:

При появлении нового источника (ИВ, ИЗА) ему присваивают номер, ранее не использовавшийся в отчетности. При ликвидации (консервации) источника его номер в дальнейшем не используют.

2.2 Анализ выбросов вредных веществ в периоды неблагоприятных метеорологических условий

Только на изготовление цемента приходится до 7% глобальных выбросов CO² – в три раза больше выбросов, производимых всей авиацией.

«Это больше, чем все выбросы из Европейского Союза или Индии, сразу после выбросов Китая и США», — сказала Валери Массон-Дельмонтт, ключевой

участник Межправительственной группы экспертов ООН по изменению климата.

Таблица 2.1 — Перечень загрязняющих веществ

№ п/п	Наименование загрязняющего вещества	Установленные выбросы (тонн):		Факт ЗВ	в том числе
		НДВ, ТН	ВРВ		
1	Пыль неорганическая, содержащая диоксид кремния в процентах: 70-20 %	0,0631579	0	0,0631579	0,063157
2	Пыль неорганическая, содержащая диоксид кремния: ниже 20 %	0,0289634	0	0,0289634	0,028963

Количество загрязняющих веществ -22, их них твердых – 6; жидких и газообразных – 16. Суммарный выброс загрязняющих веществ 1,238341 т/год.

В их числе:

Твердых - 0,299699 т/год;

Газообразных и жидких - 0,938642 т/год.

Характеристика аварийных и залповых выбросов. Анализ предприятия, состава и характеристики источников выбросов вредных веществ показывает, что аварийные и залповые выбросы в атмосферу практически исключаются.

Фактические выбросы представлены в таблицах 2.2-2.4.

Таблица 2.2 — Характеристика фактических выбросов вредных веществ от стационарных источников изготовления бетона

№ п/п	Наименование загрязняющего вещества	Установленные выбросы (тонн):	Факт. выброс ЗВ
Административные здания. Дымовая труба отопительного котла			
1	Азота диоксид	0,011923131	0,011923131
2	Азота оксид	0,0019376	0,0019376
3	Серы диоксид	0,000143804	0,000143804
4	Углерода оксид	0,046801947	0,046801947
5	Бензапирен	1,21E-08	1,21E-08
Стационарный источник ДЭС			
1	Азота диоксид	0,0018176	0,0018176
2	Азота оксид	0,0002952	0,0002952
3	Взвешенные вещества (углерод(Сажа))	0,0001136	0,0001136
4	Серы диоксид	0,000284	0,000284

Продолжение таблицы 2.2

5	Углерода оксид	0,0014768	0,0014768
6	Бензапирен	0,00000000320	0,00000000320
7	Формальдегид	0,0000288	0,0000288
8	Керосин	0,0006816	0,0006816
Цех производства бетонных блоков			
1	Азота диоксид	0,011052737	0,011052737
2	Азота оксид	0,001796291	0,001796291
3	Серы диоксид	0,000133713	0,000133713
4	Углерода оксид	0,00000000787	0,00000000787
5	Бензапирен	0,00000000787	0,00000000787
Ремонтный бокс №1			
1	Азота диоксид	0,0001004	0,0001004
2	Азота оксид	0,0000163	0,0000163
3	Взвешанные вещества (углерод(Сажа))	0,0000152	0,0000152
4	Серы диоксид	0,000073405	0,000073405
5	Углерода оксид	0,0006871	0,0006871
6	Бензапирен	0,00000000123	0,00000000123
7	Бензин (нефтяной, малосернистый в пересчете на углерод)	0,0000483	0,0000483
8	Керосин	0,0000549	0,0000549
Склад-котельная. Труба котла			
1	Азота диоксид	0,016006118	0,016006118
2	Азота оксид	0,0026015	0,0026015
3	Серы диоксид	0,0001854	0,0001854
4	Углерода оксид	0,060560732	0,060560732
5	Бензапирен	0,00000003370	3,37E-08

Таблица 2.3 — Характеристика фактических выбросов вредных веществ от стоянки автотранспорта

№ п/п	Наименование загрязняющего вещества	Установленные выбросы (тонн):	Факт. выбросов Загрязняющих веществ-	Наименование загрязняющего вещества
Стоянка самосвалов легкового автотранспорта тягачей и бетономесителей				
1	Азота диоксид		0,0086121	0,0086121
2	Азота оксид		0,0013995	0,0013995
3	Взвешанные вещества (углерод(Сажа))		0,000441	0,000441
4	Серы диоксид		0,0019472	0,0019472
5	Углерода оксид		0,0250587	0,0250587
6	Бензапирен		7,77E-08	7,77E-08
7	Керосин		0,01119	0,01119
Стоянка личного автотранспорта				
1	Азота диоксид		0,0001262	0,0001262
2	Азота оксид		0,0000205	0,0000205
3	Серы диоксид		0,0000552	0,0000552
4	Углерода оксид		0,0200578	0,0200578

Продолжение таблицы 2.3

5	Бензапирен	7,68E-09	7,68E-09
6	Бензин (нефтяной, малосернистый в пересчете на углерод)	0,0018903	0,0018903
Автоэстакада 1			
1	Азота диоксид	0,0000022	0,0000022
2	Азота оксид	0,0000004	0,0000004
3	Взвешанные вещества (углерод(Сажа))	0,0000001	0,0000001
4	Серы диоксид	0,0000009	0,0000009
5	Углерода оксид	0,0000067	0,0000067
6	Бензапирен	2E-11	2E-11
7	Керосин	0,0000026	0,0000026

Таблица 2.4 — Характеристика фактических выбросов вредных веществ от автотранспорта

№п/п	Наименование ЗВ	Факт. выбросов Загрязняющих веществ-	Наименование ЗВ
Работа автотранспорта на территории			
1	Азота диоксид	0,0476703	0,0476703
2	Азота оксид	0,0077464	0,0077464
3	Взвешанные вещества (углерод(Сажа))	0,0036622	0,0036622
4	Серы диоксид	0,0092161	0,0092161
5	Углерода оксид	0,1151657	0,1151657
6	Бензапирен	0,000000357	0,000000357
Площадка мойки автотранспорта			
1	Азота диоксид	0,0005968	0,0005968
2	Азота оксид	0,000097	0,000097
3	Взвешанные вещества (углерод(Сажа))	0,0000314	0,0000314
4	Серы диоксид	0,0000951	0,0000951
5	Углерода оксид	0,0025695	0,0025695
6	Бензапирен	7,96E-09	7,96E-09
7	Бензин (нефтяной, малосернистый в пересчете на углерод)	0,0000693	0,0000693
8	Керосин	0,0003758	0,0003758
Очистные мойки автотранспорта			
1	Азота диоксид	0,000549528	0,000549528
2	Аммиак	0,003350782	0,003350782
3	Азота оксид	0,000938219	0,000938219
4	Сероводород	0,006567533	0,006567533
5	Метан	0,47179014	0,47179014
6	Углеводороды предельные C12-C19	0,021042913	0,021042913

Усиление неблагоприятных погодных условий вызывают увеличение накопления вредных (загрязняющих) веществ в приземном слое атмосферного воздуха и неблагоприятные условия для рассеивания вредных примесей.

В отдельные периоды, когда метеорологические условия способствуют накоплению вредных веществ в приземном слое атмосферы, концентрации примесей в воздухе могут резко возрасти. Чтобы в эти периоды не допускать возникновения высокого уровня загрязнения, необходимо кратковременное сокращение выбросов загрязняющих веществ.

В соответствии со ст. 19 Федерального закона от 04.05.1999 № 96-ФЗ «Об охране атмосферного воздуха» при получении прогнозов НМУ юридические лица, индивидуальные предприниматели, имеющие источники выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух, обязаны проводить мероприятия по уменьшению выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух[19].

При первом режиме регулирования мероприятия должны обеспечить сокращение концентраций загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы – минимум на 15%.

Данные мероприятия носят организационно-технический характер, их можно быстро осуществить, они не требуют существенных затрат и не приводят к снижению производительности предприятия.

Предупреждения о повышении уровня загрязнения воздуха в связи с ожидаемыми неблагоприятными условиями, в соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации от 23.07.2004 года № 372 «О Федеральной службе по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды», составляют в прогностических подразделениях Росгидромета.

Остановимся на не менее важной проблеме при деятельности как стационарных, так и передвижных блоков установки для изготовления товара, это складские помещения, хранящие сыпучие материалы как песок, уголь, щебень (таблица 2.5). В первую очередь, они пересыпаются, транспортируются и, безусловно, при этих необходимых, но обязательных операциях вызывают их

выбросы в атмосферу.

Таблица 2.5 — Выброс инертных материалов от неорганизованных источников

№ п/п	Вещество:	Удельный выброс, т/с	Валовый выброс, т/год
	Песок	0,08	1,3
	Щебень	0,08	1,2
	Уголь	0,0009	0,05

Стоит отметить, что на территории исследуемого предприятия имеются целых три открытых складских помещения для хранения инертных материалов: песка, щебня, угля. При этом больше всего из валового выброса оказывается песок, который в принципе является основанием бетона, и соответственно его много.

Нет абсолютно никаких сомнений, что они вызывают пылеобразование (таблица 2.6), если конкретизировать, то при пересыпке и погрузке грузов, в открытые вагоны, полувагоны и т.д.

Таблица 2.6 — Пыление при транспортировке посредством ленточного конвейера

№ п/п	Вещество:	Удельный выброс, г/с
1	Песок	$13,5 * 10^{-9}$
2	Щебень	$13,5 * 10^{-9}$
3	Уголь	$5,55 * 10^{-9}$

По специфике изложения у экологов, это называется источником неорганизованных выбросов.

Так же, как на любом другом предприятии, здесь не является исключением неожиданные или незапланированные технологией выбросы.

Их могут вызвать самые различные обстоятельства: перебои в подаче электроэнергии, небрежное отношение с оборудованием или в результате

неисправного состояния оборудования и несовершенства технологии (таблица 2.7).

Таблица 2.7 — Источники выбросов инфраструктуры

Производство	Источники выделения ЗВ		Источники выбросов ЗВ				Параметры газовой смеси		
	Наименование	Количество	Наименование	Количество	Высота Н, м	Диаметр D, м	Скорость W, м/с	Объем V, м ³ /с	Температура T, °C
ЖБИ	Станок для резки стержневой арматуры	1	Местная вентиляция	1	6	1,2	7	7,91	4
	Станок для многоточечной сварки	1	Местная вентиляция	1	6	1,2	7	7,91	4
	Котел КЕ10-14С	3	Дымовая труба	1	30	1,2	8	9,04	145

Ощутимый вред ОС наносят залповые выбросы, например в дымовых газах (таблица 2.8), которые даже при однократном, резком увеличении значительно превышают предельно допустимые (разрешенные) выбросы на предприятии.

Таблица 2.8 — Примерный перечень вредных веществ в дымовых газах

Вещество	г/с	т/г
Твердые частицы	28.716	905.418
NO	0,035	1.098
NO2	0.21	6.6
SO2	5.48	172.8
CO	22.53	710.43
Бенз(а)пирен	95,9886*10 ⁻⁶	0,345283*10 ⁻⁶

Основная задача при таких случаях, обнаружение источника и устранение источника и причин выбросов.

3 Эколого-экономическое обоснование современных способов производства бетонов

На отдельных предприятиях, чтобы избежать или сократить многочисленные расходы на транспортировку, утилизацию, и штрафы за превышение воздействия используют газоочистное оборудование (ГОУ) (рисунок 3.1)[2, с.64]

На предприятии 1 источник выбросов загрязняющих веществ оборудован ГОУ: ИЗАВ №0004 (бетоносмеситель СБ-242-8М).

Бетоносмеситель СБ-242-8М оборудован пылеуловителем производства Сов Плим марки ПУ-2500, предназначенным для улавливания твердых частиц пыли неорганической 20-70% SiO₂ (рисунок 3.1).



Рисунок 3.1 — Пылеуловитель ПУ-2500

Пылеуловитель предназначен для очистки от среднedisперсной и крупнодисперсной пыли. Эффективность очистки от пыли дисперсностью от 5 мкм – не менее 92%.

Цементные силоса ИЗАВ №0002, 0003, 0006 оборудованы фильтрами, которые являются частью указанного технологического оборудования, уловленные твердые частицы возвращаются в изготовление. Работа

оборудования без фильтров невозможна [20, с. 5].

Средние коэффициенты газоочистки приняты по замерам эффективности газоочистки в рамках проведения инструментального контроля выбросов на предприятии.

Перспектива развития предприятия. На ближайшие 7 лет (2022-2028 г.г.) расширение производства и изменение технологий, приводящие к увеличению числа источников выбросов, количественного состава выбросов не намечается.

Отдельные ученые-исследователи, такие как Семкин Б.В. и другие, предлагают, что данную проблему можно решить только путем утилизации строительных отходов через рециклинг (рисунок 3.2) [21, с. 132]. Это позволяет существенно экономить финансовые средства на сбор, транспортировку и другие процедуры, поскольку отходы строительства, такие как бетон и кирпич, не требуют перемещения.

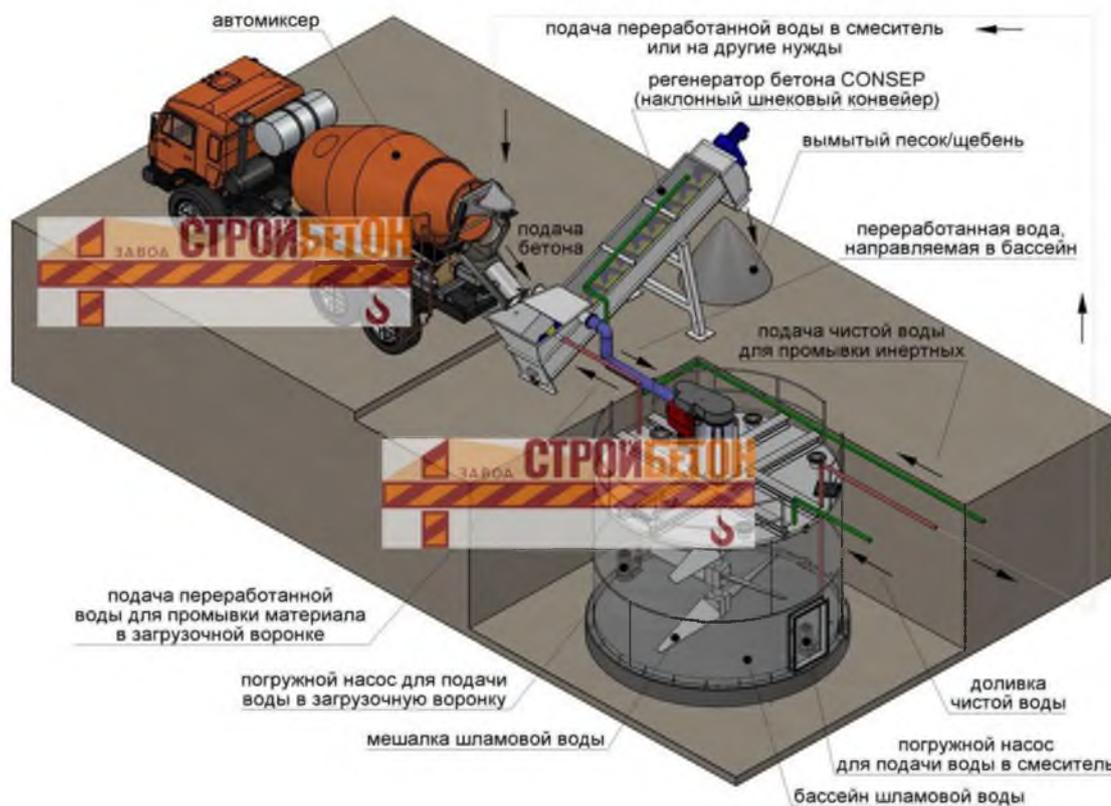


Рисунок 3.2 — Рециклинг бетона

Обобщая мнение ученых, учитывая, что при сносе любого здания, как

водится, на прежнем фундаменте, чаще всего сооружают новый корпус, требующий, как правило, много исходного строительного материала.

Несомненно, для таких случаев следует использовать в качестве вторичного сырья измельченные или как говорится переработанные отходы при разрушениях непригодного сооружения.

Этот казался бы простой способ, но он одновременно решит как минимум две задачи: а) избавит строителя от поиска места утилизации первичного отхода и б) позволит вместо заново купленного по дорогим ценам строительный материал, заменить его измельченным кирпичом или какими – то другими подходящими для этой цели материалом.

Остается при этом открытым всего лишь один не маловажный вопрос, поиск относительно экономного способа переработки остатков смеси на составляющие компоненты, т.е. в итоге приводящее только к кардинальным изменениям конечного продукта, который бы позволил выделить совершенно отдельно его составные компоненты: песок отдельно, щебень отдельно и т.д. (рисунок 3.3).



Рисунок 3.3 — Комплекс рециклинга

Комплекс, состоящий из бункера и модуля под названием «разделитель», представляет собой конструкцию, которая служит для рециклинга бетона и

утилизации жидких отходов, образующихся при мойке автобетоносмесителей. Бункер имеет прямое соединение с разделителем, который оснащен винтовым шнеком, приводимый в движение специальным редуктором.

При работе комплекса поток чистой воды поступает в установку, улавливает и проходит через смесь, вращающуюся со шнеком.

Водный поток улавливает бетонные частицы и направляет их в резервуар-накопитель, а в то время как более тяжелые частицы, оседают и попадают в специальный отсек, благодаря воздействию шнека. При этом легкие частицы бетона поддерживаются в однородном состоянии с помощью смесителя.

Однако современное решение проблемы утилизации жидких отходов, предусматривает использование технологии рециклинга бетона.

Установка рециклинга позволяет разделить бетон на твердые составляющие и воду, что дает возможность повторно использовать все отходы, полученные в процессе мойки, и не наносить вред окружающей природной среде.

На наш взгляд, это оптимальное решение, которое способствует эффективному использованию ресурсов и сокращению отходов. Технология рециклинга бетона основана на принципе разделения на его компоненты.

Сначала бетон подвергается измельчению и смешиванию с водой, после чего происходит фильтрация смеси для удаления мелких примесей.

Обобщение литературных источников и материалов по существующим в настоящее время систем оборудования, на наш взгляд, наиболее подходящим для этих целей оказалась установка рециклинга немецкой фирмы «Hartmann» (таблица 3.1), параметры, которой полностью удовлетворяют как по производительности, так и по техническим условиям.

Таблица 3.1 – Технические характеристики установки рециклинга бетона

Наименование установки рециклинга бетона	Объем переработки смеси, м ³ /ч	Потребляемая мощность кВт	Объем бассейна, м ³	Количество обслуживаемых средств	Стоимость тыс. руб
«Hartmann»	15	7,5	36	1-2	765

Полученная смесь проходит через специальные сита и центрифуги где происходит разделение на твердые частицы и воду.

Твердые фракции могут быть использованы в строительстве в качестве заполнителя или добавки к новому бетону, а вода подвергается очистке и может быть вторично использована в процессе мойки бетоносмесителей.

Таким образом, технология рециклинга является эффективным и экологически безопасным способом утилизации отходов, снижая негативное воздействие на внешнюю среду и позволяет более эффективно использовать ценные природные ресурсы.

Резюмируя, следует заметить, это один из важных промежуточных шагов в направлении устойчивого развития и охраны природы.

Таблица 3.2 – Данные для определения некоторых рабочих параметров установки

№	Емкость миксера автобетоносмесителя, м ³	Количество миксеров	Количество рейсов, совершаемых в		Объем воды, требующийся для очистки, л/м ³	Остаток бетона на стенках миксера автобетоносмесителя после 1 выгрузки, м ³
			день	год		
1	10	2	2	960	70/0,07	0,3
2	5	2	2	960	50/0,05	0,15
итого					120/0,12	0,45

Оба элемента постепенно добавляются в рабочий цикл в процессе приготовления бетона. Цементный раствор медленно засыпают в смеситель, а песчано-щебеночную смесь с помощью погрузчика направляют в одну из емкостей установки.

Данная технология переработки позволяет создать замкнутый производственный цикл за счет существенного снижения количества образующихся отходов.

Даже чистая вода, используемая для разделения фракций, находится в постоянной циркуляции и используется неоднократно. Таким образом, при использовании собственной системы переработки бетонной смеси предприятие экономит 26 357,5 руб.

Ежегодные расходы с подрядчиком и местные сборы за утилизацию отходов.

Производство бетона, как и любой другой производственный цикл, не обходится без образования отходов.

Ввиду постоянно растущей проблемы санитарной экологии, утилизация любых промышленных отходов находится на переднем крае построения эффективного производственного цикла [8, с.190].

Активация компонентов бетонной смеси существенно улучшает основные технические свойства бетона.

Эффектом активации заполнителя является потеря слабого зерна щебня или удаление остатков цементного камня, образование горячей сколы, что улучшает качество зоны контакта и приводит к повышению технических свойств бетона.

В качестве методов стимуляции процесса измельчения использовали механическое и термическое воздействие.

Инженеры и технологи внесли свой вклад в автоматизацию процесса, подключая для этого электроэнергию, при котором изготовили шаровые мельницы с металлическими шарами, где удается проводить перемешивание без дополнительной обработки щебня.

В качестве примера рассмотрим технические показатели щебня из дробленого бетона сведено в таблице 3.3.

Таблица 3.3 —Технические показатели качества щебня из дробленого бетона

Щебень	Фракция, мм	Насыпная плотность, кг\м ²	Водопоглощение, %	Показатель дробимости	
				в сухом состоянии	в смеси водой
Без обработки	5-10	1170	7	22,5	29,2
	10-20			20	23,9
	5-20				
После само-измельчения	5-10	1310	4,3	13,3	16,8
	10-20			20,1	20,9
	5-20			17,7	19,3
После помола в шаровой мельнице	5-10	1350	3,8	11,2	13,4
	10-20			12,7	11,8
	5-20			12,1	12,2

Технические характеристики установок первичного дробления некондиционного бетона позволяют перерабатывать некондиционный бетон в больших объемах (таблица 3.4).

Таблица 3.4 — Техническая характеристика установок первичного дробления некондиционного бетона

Показатель	С передвижным гидравлическим составом		Со стационарным гидравлическим прессом	
	УПН 24-3,5-0,6	УПН 12-3,5-0,6	УПН 10-2-0,6	УПН 7(12)-3-0,6
Производительность, м ³ /ч, при переработке:				
Бетонных отходов	10	10	8	8
Фракция дробленого материала, мм	0-250	0-250	0-250	0-250
Установленная мощность, кВт, при разрушающем усилии пресса 2000 кН	87,5	87	79,5	79,5
Габариты установки, м				
Длина	32,4	24,5	25,3	20,7
Высота	6,2	6,2	4,1	4,1
Масса установки, т	141,5	100	71,5	
В т.ч. масса обслуживающих площадок и металлоконструкций	25	20	15	12

Еще одним новаторским изобретением можно привести пример возможность значительного повышения качества щебня за счет сокращения наличия в ней жидкости или другой растворяющей части. В целях достижения такого результата перед помолом дробленого бетона стальными шарами, он подвергается низкотемпературному обжигу. В итоге мало отличаются от первоначального исходного щебня.

Щебень полученный таким способом практически освобождается от растворных компонентов, а в последующем улучшаются все остальные физические и физико-механические свойства: дробимость, водопоглощение и насыпная плотность.

Что касается установок для дробления и изготовления щебня из бетонолома, за последние годы предложения поступают от разных конструкторских бюро. На рисунке 3.4 приведена одна из отечественных установок на комбинате КЖБК.



Рисунок 3.4 — Общий вид предложенной установки

Возможна плановая регенерация растворной части или в целом керамзитобетонов, суть которой в тепловом ограниченном воздействии и создании $CaO\ SiO_2$ на основе раздробленных фракций бетонолома диаметром 50-70 мм [23].

В качестве объектов исследования были выбраны следующие материалы (рисунок 3.5).

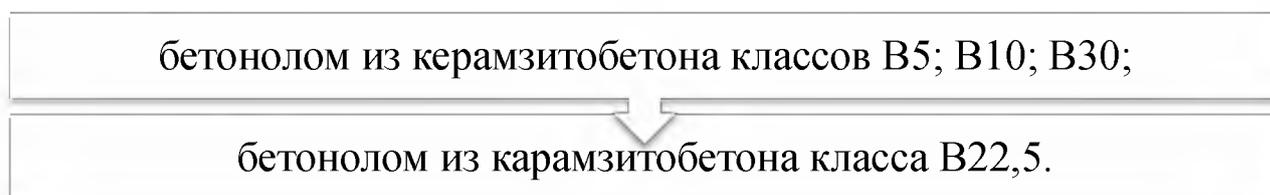


Рисунок 3.5 — Виды предлагаемой конструкции

Оптимизация режимов обжига бетонолома класса В5 и удельной поверхности вяжущего на его основе осуществлялась при температурах 500, 650, 800°C с интервалами по времени от 30 до 90 минут. Результаты оптимизации температуры обжига бетонолома и удельной поверхности

вяжущего на его основе приведены в таблице 3.5 [5, с. 82].

Таблица 3.5 - Параметры раствора при разных режимах обжига товара

Температура обжига в градусах Цельсия	Время обжига, мин.	Удельная поверхность, S, см ² /г	Кол-во Воды мл	Распльв конуса, мм	Прочность раствора R, МПа	
					изгибе	сжатии
500	60	3922	235	110	1,34	3,79
500	60	6066	232	110	2,04	5,94
500	60	8009	226	109	2,39	7,42
650	90	4100	235	107	1,84	6,4
650	90	6000	232	109	2,09	8,34
650	90	8035	218	109	2,41	10,03
650	60	4080	230	108	2,09	5,72
650	60	6010	236	107	2,32	8,2
650	60	8144	226	108	2,46	11,3
650	30	4000	233	109	1,96	7,31
650	30	6100	233	109	2,05	7,43
650	30	8020	229	109	2,3	9,22
800	60	4080	225	108	2,25	6,54
800	60	8000	220	109	3,73	9,4
800	60	6080	223	109	2,65	8,28

Анализ результатов эксперимента показывает, что при постоянстве температуры и времени обжига на увеличение активности регенерированного вяжущего сильно влияет увеличение удельной поверхности. Иными словами при изменении удельной поверхности в диапазоне 4000-8000 см²/г регенерирующего связующего увеличивается в 1,5-1,8 раза.

Вторым важным фактором, влияющим на увеличение активности вяжущего, является температура обжига, которая способствует полному измельчению непрогидратированных зерен цемента.

Поэтому варьирование температуры обжига бетонолома в диапазоне 500-650°С при сохранении постоянного времени обжига и удельной постоянной увеличивается активность регенерированного вяжущего в 1,4 раза.

Изменение прочности цементного камня под воздействием температуры обжига в диапазоне 500-650°С, связано с процессом обезвоживания с последующим охлаждением, лежащим в основе технологического процесса отделения заполнителя от растворной части путем самоизмельчения (рисунок 3.6).

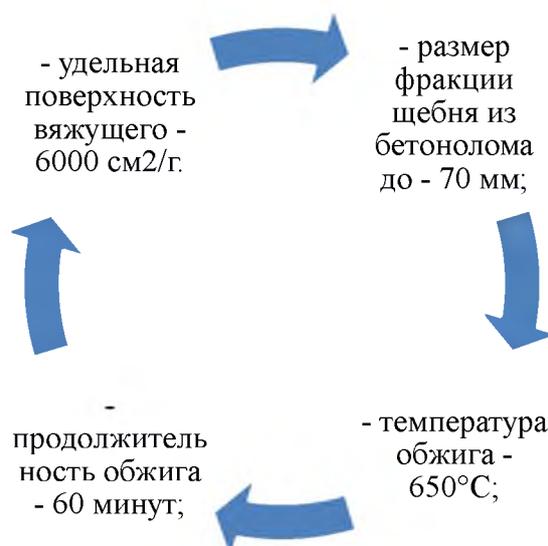


Рисунок 3.6 - Параметры свойств предлагаемого обжига

Получение комплексного вяжущего и вяжущего из растворной части осуществлялось путем помола предварительно обожженного бетонолома при температуре 650°С и доведением удельной поверхности до 6000 см²/г. Комплексное вяжущее получается при помоле всей массы бетона, а вяжущее из растворной части - после отделения крупного заполнителя и помола растворной части.

Закономерность рациональных параметров получения регенерированных вяжущих наблюдается при использовании и других классов бетонолома.

Результаты испытаний по определению предела прочности при сжатии и изгибе растворов на регенерированных вяжущих, полученных из различных классов бетонолома, приведены в таблице 3.6.

Из представленных в таблице 3.6, можно сделать вывод, что активность регенерированного вяжущего возрастает с повышением класса исходного бетонолома.

Это увеличение активности связано с изменением концентрации м цемента которая составляет от 15 до 30% для исследуемых классов бетона.

Активность регенерированного вяжущего из растворной части оказывается в 1,5-1,7 раза выше активности комплексного вяжущего, полученного из одного и того же класса обожженного бетонолома.

Таблица 3.6 — Пределы прочности растворов при сжатии и изгибе на регенерированных вяжущих, полученных из различных классов бетонолома с удельной поверхностью $S = 7000 \text{ см}^2/\text{г}$

Вид и класс исходного бетонолома	Вид вяжущего	Водо-вяжущее отношение	Распływ конуса, мм	Прочность раствора, R, МПа			
				Изгиб		Сжатие	
				После ТВО	28 суток нормального твердения	После ТВО	28 суток нормального твердения
Керамзитобетон В5	Комплексное	0,41	107	1,3	2,8	4,7	5,2
	Из растворной части	0,42	109	1,8	3,4	6,2	8,7
Керамзитобетон В10	Комплексное	0,41	107	2,6	3,6	11,4	12,6
	Из растворной части	0,41	107	3,1	3,8	16,2	18,7
Керамзитобетон В30	Комплексное	0,42	112	3,6	4,1	19,6	24,2
Аглопоритобетон В12,5	Комплексное	0,43	112	1,4	2,3	4,8	5,7
Аглопоритобетон В25	Комплексное	0,41	107	2,7	3,3	8,1	9,8
	Из растворной части	0,42	108	9,6	15,36	26,9	32,2

В отличие от вяжущего из растворной части, комплексное вяжущее содержит значительное количество активных и минеральных и инертных добавок, образующихся в процессе помола пористого заполнителя.

Полученное регенерированное вяжущее, обладающее прочностью выше 30 МПа, является эффективным для использования в растворах и пенобетонах.

Хорошим примером такой практики является повторное использование шлама и бетона, оставшегося на стенках и в полостях бензонасосов и бетоносмесителей в процессе их работы.

В промежутках между циклами строительства эти отходы промываются и извлекаются полученные материалы. Раньше эти отходы выбрасывались в окружающую среду до применения технологии рециклинга [2, с.65].

В настоящее время мы имеем возможность повторно использовать эти

отходы, что позитивно сказывается как на состоянии природы, так и на потреблении компонентов для производства бетона.

Для получения веществ, к повторному использованию отходов производства применяются специализированные комплексы по рециклингу бетонной смеси. Такие комплексы позволяют использовать полученное сырье в последующих производственных циклах.

Наиболее часто при строительстве используется бетон марки М-400 (возведение фундаментов зданий, который применяется для возведения фундаментов и зданий в качестве несущего слоя при строительстве высокопрочных полов) (рисунок 3.7).

Таблица 3.7 – Состав бетона из цемента (Ц) М-400, песка (П) и щебня (Щ)

Марка бетона	Массовый состав Ц:П:Щ, кг	Процентный состав Ц:П:Щ, %	Объемный состав цемента на 10л, П:Щ, л	Количество бетона из 10 л цемента, л
200	1 : 3,5 : 5,6	9,9 : 34,7 : 55,4	32 : 49	62
300	1 : 2,4 : 4,3	13 : 31,2 : 55,8	22 : 37	47
400	1 : 1,6 : 3,2	17,2 : 27,6 : 55,2	14 : 28	36
450	1 : 1,4 : 2,9	18,9 : 26,4 : 54,7	12 : 25	32

Так, в бетоне М-400 доля щебня составляет 55,2% от общей массы отходов миксера, доля песка – 27,6%, значит, можно вычислить, сколько кг этого сырья содержится в бетонной смеси, утилизируемой при очистке миксеров автобетоносмесителей:

$$V_{щ} = 55,2\% / 100\% \cdot V_c \quad (7)$$

$$V_{п} = 27,6\% / 100\% \cdot V_c \quad (8)$$

Затем, по формулам (7) и (8) найдем пропорционный состав бетона – количество песка и щебня:

$$V_{щ} = 55,2\% / 100\% \cdot 64,8 = 35,77 \text{ м}^3$$

$$V_{п} = 27,6\% / 100\% \cdot 64,8 = 17,88 \text{ м}^3$$

Обычно все это сырье вместе с 57,6 м³ воды вместе с другими отходами утилизируются предприятием, с применением же технологии рециклинга и песок и щебень и вода будут обратно возвращаться в процесс производства.

Поэтому общую экономию от вторичного использования сырья можно определить по формуле:

$$\text{Эконом} = V_{\text{п}} \cdot C_{\text{п}} + V_{\text{щ}} \cdot C_{\text{щ}} + V_{\text{в}} \cdot C_{\text{в}}, \quad (9)$$

Где $V_{\text{п}}$, $V_{\text{щ}}$, $V_{\text{в}}$ – количество песка, щебня и воды, содержащихся в отходах бетона, м³

$C_{\text{п}}$, $C_{\text{щ}}$, $C_{\text{в}}$ – рыночная цена на песок, щебень, водоснабжение, руб.

$$\text{Эконом} = 35,77 \cdot 2200 + 17,88 \cdot 1000 + 115,2 \cdot 264,67 = 127064 \text{ (руб.)}$$

Таблица 3.8 – Итоговые показатели экономической эффективности проекта

N п/п	Показатели	Значение, тыс. руб.
1	Капитальные вложения $K_{\text{в}}$	785,00
	В т. ч.: — Закупка установки рециклинга	765,00
	— Доставка	10,00
	— Установка	10,00
2	Годовые эксплуатационные затраты $Z_{\text{г}}$	23,67
3	В т. ч.: — Амортизационные отчисления $A_{\text{г}}$	15,70
	— потребление электроэнергии	0,115
	— капитальный ремонт	7,85
4	Экономический результат от мероприятия $Z_{\text{г}}$	160,03
	— экономия на расходах за вывоз и хранение отходов	9,42
	— экономия на экологических платежах за размещение отходов	23,55
	-экономию от вторичного использования отходов	127,064
	Чистый дисконтированный доход ЧДД	50,05
	Индекс доходности Ид	1,05
	Внутренняя норма доходности Еви	17%
	Срок окупаемости $T_{\text{ок}}$	9 лет

Таким образом, общая годовая выгода от применения технологии рециклинга составит более 160 тыс. руб., в т.ч.:

экономию на расходах за вывоз и хранение отходов – 9,42 тыс. руб.;

экономию на экологических платежах за размещение отходов – 23,55 тыс. руб.;

экономию от вторичного использования отходов – 127,064 тыс. руб.

Рисунок 3.7 — Общая эффективность от рециклинга

Проведенная оценка экономической эффективности показывает, что использование технологии рециклинга бетонной смеси служит экономически обоснованным мероприятием. Инвестиции в покупку установки в размере 785 тыс. руб. окупаются через 9 лет и 3 месяцев (рисунок 3.8)

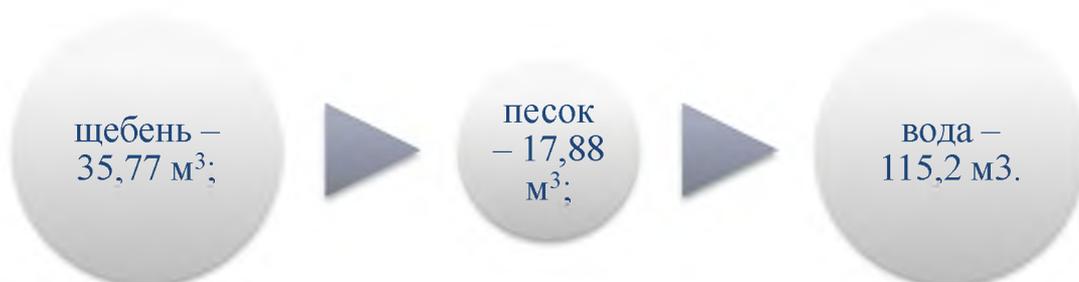


Рисунок 3.8 — Количество вторичного использования ресурса

Итак, выгоды рециклинга при производстве бетона очевидны. Это – во-первых, экономия на материалах, во-вторых, экономия на утилизации, в-третьих, на использовании водных ресурсов, в-четвертых – на штрафах за нарушение природоохранного законодательства.

Проект можно считать экономически обоснованным, а инвестиции в него оправданными, так как все показатели эффективности имеют удовлетворительные значения уже к десятому году его реализации:

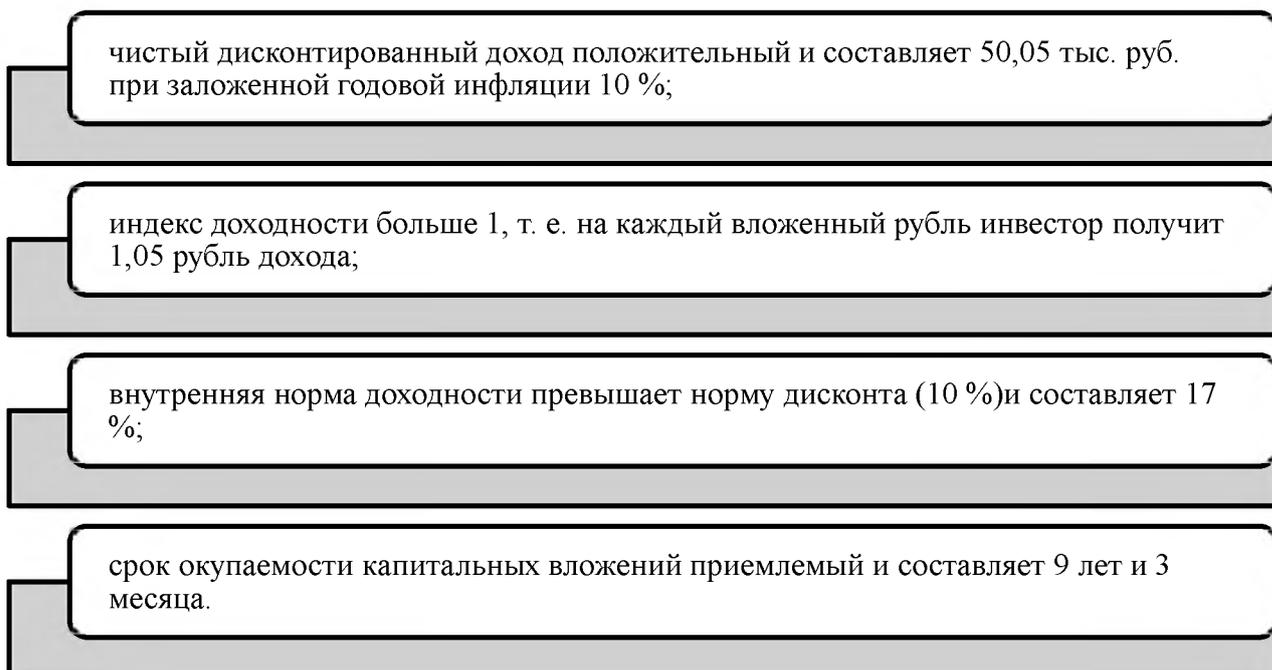


Рисунок 3.9 — Показатели экономической эффективности

В пользу рециклинга говорит и тот факт, что оборудование для него достаточно быстро окупается и считается выгодным вариантом инвестиции. Однако для достижения успеха следует предусмотреть ряд технических требований:

—Производить выгрузку и перегрузку инертных материалов на складе поочередно.

—Усилить контроль над точным соблюдением технологического регламента производства бетона и изделий из него, раствора, тротуарной плитки.

—Обеспечить герметичность основного и вспомогательного оборудования во избежание утечек и залповых сбросов на цементных силосах.

—Проводить контрольный осмотр вентиляционных и аспирационных систем, газоочистных установок на предмет эффективности работы.

—Проводить испытания двигателей на постах ТО и ТР №1 поочередно.

—Закачку топлива в резервуары производить со снижением мощности на 25%.

—Удалить одновременную работу станков заточного, отрезного, сверлильного, фрезерного, разрешить работу 3-х станков из 4-х: заточного, фрезерного, сверлильного (т.к. они дают наименьшие выбросы в атмосферу).

—Закачку масла в резервуары производить со снижением мощности на 25%.

При втором режиме регулирования мероприятия должны обеспечить сокращение концентраций загрязняющих веществ в приземном слое на 20-40%. Эти мероприятия включают в себя все мероприятия, разработанные для первого режима, а также мероприятия, влияющие на технологические процессы и сопровождающиеся незначительным снижением производительности предприятия.

При наступлении второго режима неблагоприятных метеорологических условий на площадке предприятия необходимо применить мероприятия первого режима, а также дополнительные:

—Удалить одновременность въезда/выезда обслуживающего транспорта, ограничить время прогрева двигателей на автостоянках до минимального.

—Ограничить одновременность работы двигателей погрузчиков на полной нагрузке до 20 мин.

—Удалить одновременность закачки цемента в 3 силоса, закачивать цемент одновременно в 2 силоса из 3-х.

—Закачку топлива в резервуары производить со снижением мощности на 50%.

—Удалить одновременную работу станков заточного, отрезного, сверлильного, фрезерного, разрешить работу 2-х станков из 4-х: заточного, фрезерного, (т.к. они дают наименьшие выбросы в атмосферу).

—Закачку масла в резервуары производить со снижением мощности на 50%.

При третьем режиме регулирования мероприятия должны обеспечить сокращение концентраций загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы на 40-60%, а в некоторых особо опасных неблагоприятных метеорологических условиях предприятию следует полностью прекратить работу [9, с.186].

При наступлении третьего режима неблагоприятных метеорологических условий на предприятии следует выполнять мероприятия первого и второго режимов, а также в дополнение к ним необходимо:

— Удалить одновременность работы автопогрузчиков при перемещении щебня, песка, керамзита на складе инертных материалов.

— Удалить одновременность закачки цемента в силосы, разрешить закачку цемента в 1 силос из 3-х.

— Удалить одновременность работы погрузчиков на складе, разрешить работу 1-го погрузчика из 5-ти.

— Закачку топлива в резервуары производить со снижением мощности на 75%.

— Удалить одновременную работу станков заточного, отрезного,

сверлильного, фрезерного, разрешить работу 1 станков из 4-х: заточного (т.к. он дает наименьшие выбросы в атмосферу).

— Закачку масла в резервуары производить со снижением мощности на 75%.

Бетоны не являются после их разрушения и даже длительного хранения химически активными продуктами. Рассмотрим их с позиций использования материала:

первая характеризует процессы разрушения, хранения и использования;

вторая — применение высокоплотных и прочных бетонов как материала для сооружения стойких хранилищ.

Заключение

Бетон и железобетон широко применяют во всех странах для возведения самых разнообразных объектов. В ближайшее время эти материалы останутся наиболее используемыми по всех областях строительства.

Широкому применению бетона способствовали следующие общие предпосылки:

— практически неисчерпаемые запасы сырья для производства вяжущих и заполнителей бетона;

— экологическая целесообразность использовании отходов промышленности в качестве сырья для вяжущих и заполнителей; возможность снижения средней плотности бетона путем замены природных заполнителей искусственными, пористыми;

— возможность удовлетворения возрастающих и разнообразных требований гражданского и промышленного строительства,

Высокая надежность и долговечность бетонных и железобетонных конструкций, стойкость их к воздействию высоких температур и агрессивных сред, способность бетона твердеть и наращивать прочность под водой, возможность возведения из бетона и железобетона зданий, сооружений и конструкций самых разнообразных форм в соответствии с их назначением и эксплуатационными требованиями издавна привлекала строителей.

Территория площадки принадлежит ООО СПК «ИНГУРИ» на основании договора аренды.

В результате проведенного исследования можно сформулировать следующие выводы:

1. Предприятие ООО ПК «Бетон-Сервис» осуществляет изготовление и доставку товарного бетона и бетонных изделий, оказывает транспортные услуги по доставке тротуарной плитки; кирпично-цементные, вентиляционных блоков; дорожных тротуарных бордюров, продажу цемента, песка, щебня,

керамзита проводит тех.обслуживание (ТО-1, ТО-2) собственного автотранспорта, заправку ГСМ и замену масел.

2. Процесс основной технологии производства бетона характеризуется образованием - около 22 вида загрязняющих веществ, из которых 6 твердых и 16 жидких и газообразных. В сумме они составляют около 1,4 т/год.

3. Большинство выбросов происходят при погрузке грузов в открытые вагоны, когда образуются неорганизованные или незапланированные технологией выбросы, которые могут быть вызваны перебоями в подаче электроэнергии, небрежном отношении или неисправном состоянии оборудования .

4. Ощутимый вред ОС наносят залповые выбросы, которые даже при резком однократном увеличении, значительно превышают ПДВ на предприятии: твердых частиц до 905. тонн/год, диоксида азота 2 класса опасности - 6,6 тонн/год, сернистого ангидрида - 172,8 тонн/год ит.д.

5. Источниками вредных веществ 2, 3, и 4 класса опасности: азота диоксид, азот оксид, углерод (сажа), сера диоксид, углерод оксид, бензин (нефтяной, малосернистый), керосин являются стоянки легкового автотранспорта, бетоносмесителей, автоцементовозов, самосвалов и тягачей

Рекомендации и предложения:

На основании комплексного анализа деятельности и развития предприятия, вполне обоснованы направления по использованию отходов строительства при сносе для применения их в качестве вторичного сырья в целях оздоровления окружающей среды.

Список литературы

1. Апостолов, Л.Я. Главнейшие климатические элементы Северо-Западного Кавказа. / Л.Я. Апостолов [статья] Труды Кубано-Черноморского НИИ — Краснодар, 2007. — 32 с.
2. Арсентьев В.А., Мармандян В.З., Добромыслов, Д.Д. Современные технологические линии для строительного рециклинга // Строительные материалы. – 2006. – № 8. – С. 64–66.
3. Астафьева, О.Е. Основы природопользования: учеб. для академического бакалавриата / О.Е. Астафьева, А.А. Авраменко, А.В. Питрюк. — М.: Юрайт, 2018. — 354 с.
4. Аханов, И. И. Геленджик и его окрестности / Краснодар: Кн. изд-во, 1958. —152 с.
5. Байков, В.Н., Попов, К.Н. Железобетонные конструкции. Строительные материалы и изделия. — М.: Высшая школа, 2002. — 285 с.
6. Балыков, Л.И. Море, дети, здоровье. / Л.И. Балыков, М.Ю. Юсупов — Гомель, МП «Олимп», 2009. — 152 с.
7. Безопасность жизнедеятельности. Учеб. для вузов / С. В. Белов, А. В. Ильницкая, А. Ф. Козьяков и др. – М.: Высш. шк., 1999. – 448 с.
8. Безопасность жизнедеятельности: Учеб. для вузов /Под ред. К. З. Ушакова. – М.: Изд-во Моск. гос. горного ун-та, 2000. – 430 с.
9. Белюченко, И.С. Экология Краснодарского края (Региональная экология) / Учеб. пособие. – Краснодар: ФГОУ ВПО «Кубанский ГАУ», 2010. — 356 с.
10. Бурцев В.А., Калинин Н.В., Лучинский А.В. Электрический взрыв проводников и его применение в электрофизических установках. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 289 с.
11. Варавва, А.А. Географо-экологический анализ туристско-рекреационных ресурсов Азово-Черноморского побережья Кавказа /Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. А.А. Варавва – М., 2007. — 23 с.

12. Гавриков, Н.А., Яковлева, Н.И. Климатотерапия на курорте Геленджик / Информационно-методическое письмо. — Геленджик, Сочинский НИИ курортологии и физиотерапии, 1984. — 134 с.
13. Гальперин, М.В. Экологические основы природопользования: учеб.; 2-е изд., испр. — М.: ИД «ФОРУМ», 2014. — 256с.
14. Емельянов, А.Г. Основы природопользования: Учеб. для студ. ВУЗов / Александр Георгиевич Емельянов – М.: Издательский центр «Академия», 2004. — 304 с.
15. Кузнецов, Л. М. Основы природопользования и природообустройства: учеб. для академического бакалавриата / Л. М. Кузнецов, А. Ю. Шмыков ; под ред. В. Е. Курочкина. — М.: Издательство Юрайт, 2018. — 304 с.
16. Милановский, Е. Е., Хаин, В. Е. Геологическое строение Кавказа. / Под ред. М. В. Муратова. - Москва: Изд-во Моск. ун-та, 1963. — 353 с.
17. Неблагоприятные метеорологические условия. Роспотребнадзор[сайт][2020]. [Электронный ресурс] URL: https://63.rospotrebnadzor.ru/news/-/asset_publisher/Ryt1/content (дата обращения 18.10.23)
18. Общие требования и номенклатура видов защиты. Электробезопасность. – М.: Изд-во стандартов, 1979. – 63 с.
19. Отчет по инвентаризации стационарных источников и выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух ООО ПК «Бетон-Сервис» / «Проект ЭкоСистема». — Ростов-на-Дону 2020. — 32 с.
20. Проект нормативов предельно допустимых выбросов загрязняющих веществ в атмосферу ООО ПК «Бетон-Сервис» / «Проект ЭкоСистема». — Ростов-на-Дону 2020. — 28 с.
21. Семкин Б.В., Усов А.Ф., Курец В.М. Основы электроимпульсного разрушения материалов / Отв. ред. Н. П. Тузов; Рос. акад. наук, Кол. науч. центр, Ин-т физ.-техн. проблем энергетики Севера, Том. политехн. ун-т. - СПб. : Наука : С-Петербур. отд-ние, 1995. — 276 с.

22. Усов А.Ф., Семкин, Б.В., Зиновьев, Н.Т. Переходные процессы в установках электроимпульсной технологии.

23. Экология бетона и использование вторичных ресурсов
<https://www.stud24.ru/ecology/jekologiya-betona-i-ispolzovanie-vtorichnyh/359086-1116695-page3.html>(дата обращения 25.10.23)