

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ЮЖНО-РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ (НПИ) ИМЕНИ М.И. ПЛАТОВА»

На правах рукописи



Клименко Максим Юрьевич

**МЕТОДИКА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ  
ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ**

05.23.19 - Экологическая безопасность строительства и городского хозяйства

Диссертационная работа на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Научный руководитель:  
доктор технических наук, профессор  
Кашарина Татьяна Петровна



Новочеркасск 2017

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1 АНАЛИЗ НАУЧНЫХ ПОДХОДОВ К ОБЕСПЕЧЕНИЮ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ .....	12
1.1 Задачи обеспечения экологической безопасности в строительстве .....	16
1.2 Анализ критериев оценки технического состояния зданий .....	19
1.3 Обоснование выбора теоретического подхода при обеспечении экологической безопасности в процессе восстановления конструкций зданий ....	23
1.4 Определение параметров строительных отходов с позиции теории дисперсных систем.....	29
1.5 Анализ особенностей использования строительных отходов .....	43
1.6 Выводы по 1 главе.....	49
ГЛАВА 2 СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ОСНОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ.....	50
2.1 Математическое моделирование существования строительных отходов	50
2.1.1 <i>Образование</i> .....	50
2.1.2 <i>Поступление в окружающую среду</i> .....	62
2.1.3 <i>Процесс уменьшения поступления в окружающую среду</i> .....	67
2.2 Алгоритм оценки и выбора наилучшей доступной технологии восстановления конструкций здания .....	72
2.3 Математическое описание результирующих критериев .....	84
2.3.1 <i>Образование строительных отходов</i> .....	84
2.3.2 <i>Уменьшение поступления строительных отходов в окружающую среду</i> .....	88
2.4 Выводы по 2 главе.....	94
ГЛАВА 3 РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ.....	95
3.1 Разработка методики обеспечения экологической безопасности при восстановлении конструкций зданий.....	97
3.2 Разработка алгоритма реализации разработанной методики и совершенствование способов использования строительных отходов.....	100
3.3 Формирование банка исходных данных с учетом экологических и технологических особенностей .....	109
3.4 Выводы по 3 главе .....	110

ГЛАВА 4 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И ПРАКТИЧЕСКАЯ АПРОБАЦИЯ РАЗРАБОТАННОЙ МЕТОДИКИ .....	111
4.1 Реализация методики для объекта восстановления в г. Новочеркасске	112
4.2 Реализация методики для объекта в г. Ростов-на-Дону.....	122
4.3 Использование результатов исследований в учебном процессе.....	132
4.4 Выводы по 4 главе.....	133
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	135
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	138
ПРИЛОЖЕНИЕ А Программа для ЭВМ «Астонид» .....	157
ПРИЛОЖЕНИЕ Б Акты и справки о внедрении результатов диссертационной работы.....	159
ПРИЛОЖЕНИЕ В Тематическая карточка, приказ и календарный план о выполнении инициативной научно-исследовательской работы по теме «Экологическая безопасность строительства и городского хозяйства» .....	163
ПРИЛОЖЕНИЕ Г Оценка технического состояния строительных конструкций зданий .....	167

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы исследования.** Увеличение количества строительных отходов в большинстве стран мира, в том числе и Российской Федерации, является большой проблемой современности. Так, объём их образования в РФ только за последние 5 лет возрос с 11,1 до 17,1 млн т, а переработка и обезвреживание наоборот показали негативную динамику с 10,1 до 6,8 млн т.

Кроме того, значительная часть зданий введена в эксплуатацию более 50 лет назад и обладает высокой степенью физического износа. Так, по состоянию на 2014 год 38% жилых домов изношены более чем на 31%, а объём ветхого и аварийного жилья в 2,7 раза больше, чем в аналогичный период в 1990 году. Накопленные дефекты и повреждения конструкций зданий создают условия для потенциального негативного воздействия на окружающую среду в виде строительных отходов.

Использование в качестве ресурса строительных отходов, образующихся в процессе демонтажа поврежденных и дефектных участков конструкций здания, при капитальном и текущем ремонтах, а также реконструкции, позволит замедлить динамику их накопления в больших объёмах, а также изменить тенденцию к еще большему их образованию. Обеспечить экологическую безопасность при восстановлении конструкций зданий возможно с помощью разработки инновационных технологий, в основе которых используются оценочные критерии, характеризующие степень ресурсосбережения и энергоэффективности процесса.

Поэтому актуальным на сегодняшний день является создание научно-обоснованной методики обеспечения экологической безопасности при восстановлении конструкций здания, базирующейся на принципах ресурсосбережения и энергоэффективности, посредством разработки и реализации мероприятий использования строительных отходов в качестве ресурса развития.

**Объект исследования:** экологическая безопасность при восстановлении конструкций зданий.

**Предмет исследования:** закономерности взаимодействия строительных отходов с окружающей средой при восстановлении конструкций зданий.

**Степень разработанности темы.** Проблемам, связанным с обеспечением экологической безопасности строительства, посвящены труды: В.Н. Азарова, В.В. Алексашиной, Н.В. Бакаевой, Ю.К. Беляева, В.И. Беспалова, Е.И. Богуславского, В.М. Гарина, М.В. Графкина, А.С. Гринина, О.С. Гуровой, Т.П. Кашариной, А.Н. Мирного, О.Н. Парамоновой, Н.С. Пономарева, М.Ю. Слесарева, В.И. Теличенко, М.П. Федоров, Е.В. Щербиной и других авторов. Изучение процессов изменения технического состояния строительных конструкций отражено в работах В.А. Гордона, А.Н. Добромыслова, Н.И. Карпенко, В.И. Колчунова, А.И. Мальганова, В.С. Плевкова, Н.В. Ключевой, Г.М. Скибина, А.Г. Тамразяна, В.И. Травуша и другие. В настоящей работе применён метод формирования высокоэффективных и экономичных систем согласно физико-энергетической концепции, разработанной д.т.н. проф. В.И. Беспаловым, который впервые получил развитие в исследованиях уменьшения поступления строительных отходов в окружающую среду при восстановлении конструкций зданий.

**Научная гипотеза.** Масса строительных отходов, образующихся в процессе демонтажа поврежденных и дефектных участков конструкций здания, зависит от степени поврежденности строительных конструкций и увеличивается при повышении их поврежденности.

Применение теории дисперсных систем позволяет описать свойства и произвести оценку поведения строительных отходов как компонентов, загрязняющих окружающую среду.

**Целью работы** является развитие научных основ обеспечения экологической безопасности при восстановлении конструкций зданий за счет использования строительных отходов в качестве ресурса развития.

**Задачи исследований.** Для достижения цели исследования необходимо решить следующие задачи:

1. Выполнить анализ научных подходов к обеспечению экологической безопасности при восстановлении конструкций зданий, оценке и выбору оптимальных мероприятий по обращению со строительными отходами, установить дисперсные характеристики строительных отходов.

2. Разработать математическую модель образования строительных отходов, возникающих в процессе восстановления конструкций здания и зависящих от степени поврежденности строительных конструкций.

3. Определить комплекс мероприятий по обращению со строительными отходами и разработать математическую модель реализации процесса уменьшения поступления строительных отходов в окружающую среду при восстановлении конструкций зданий.

4. Построить алгоритм оценки и выбора наилучшей доступной технологии использования строительных отходов в качестве ресурса развития.

5. Разработать оценочные критерии, определяющие величину ресурсосбережения и энергоэффективности реализации процесса уменьшения поступления строительных отходов в окружающую среду.

6. Создать методику обеспечения экологической безопасности при восстановлении конструкций зданий на основе уменьшения поступления строительных отходов в окружающую среду.

**Научная новизна:**

- создана математическая модель процесса образования строительных отходов от демонтажа поврежденных и дефектных участков, характеризующая процесс образования массы строительных отходов в зависимости от степени поврежденности строительных конструкций;

- разработана математическая модель процесса уменьшения поступления строительных отходов в окружающую среду при восстановлении конструкций зданий, базирующаяся на принципах теории дисперсных систем;

- построен алгоритм оценки и выбора наилучшей доступной технологии процесса использования строительных отходов при ремонтно-восстановительных работах, выделяющий этапы их сбора, транспортирования, сортировки, измельчения, приготовления и использования, что обеспечивает расчетное обоснование уровня защищенности окружающей среды;

- получены аналитические зависимости для определения оценочных критериев ресурсосбережения и энергоэффективности, являющиеся результирующими

характеристиками осуществления процесса использования строительных отходов при восстановлении конструкций зданий и выражающие особенности взаимодействия конкретных этапов обращения со строительными отходами в процессе уменьшения их поступления в окружающую среду;

- разработана методика обеспечения экологической безопасности при восстановлении конструкций зданий, отвечающая наибольшей величине ресурсосбережения и энергоэффективности для заданных технических условий, а также обеспечивающая реализацию наилучшей доступной технологии для каждого её этапа.

**Теоретическая и практическая значимость работы** заключается в:

- развитии научных подходов обеспечения экологической безопасности при восстановлении конструкций зданий за счет использования строительных отходов в качестве ресурса развития и уменьшения их поступления в окружающую среду;

- расчетном обосновании мероприятий по снижению негативного воздействия текущего и капитального ремонта, реконструкции зданий на окружающую среду, а также сокращении потребности в строительных материалах;

- предложенных рекомендациях по повышению уровня защищенности окружающей среды, позволивших добиться использования строительных отходов при ремонтно-восстановительных работах в пределах от 78,02 до 100% (без учета потерь) при социально-экономическом эффекте от 18,37 до 21,84 руб. с единицы строительного объёма (1 м<sup>3</sup>);

- возможности расчёта критериев ресурсосбережения и энергоэффективности для каждой стадии процесса уменьшения поступления строительных отходов в ОС с помощью разработанной программы для ЭВМ «АстониД» (Авторское свидетельство № 2013660225, Заявл. 27.06.2013, Зарег. 28.10.2013).

**Методология и методы диссертационного исследования** базируются на основных принципах теории дисперсных систем, теории моделирования систем и системного анализа, аналитическом обобщении известных практических и научных фактов, методах теории вероятности и экспертных оценках.

### **Положения, выносимые на защиту:**

1. Математическая модель образования строительных отходов при восстановлении конструкций здания, описывающая процесс увеличения выделения массы строительных отходов при демонтаже поврежденных и дефектных участков с повышением степени поврежденности строительных конструкций.

2. Математическая модель процесса уменьшения поступления строительных отходов в окружающую среду при восстановлении конструкций здания, характеризующая поэтапное взаимодействие внешних дисперсных систем со строительными отходами на каждом этапе их обращения.

3. Алгоритм выбора наилучшей доступной технологии процесса использования строительных отходов при ремонтно-восстановительных работах, выделяющий этапы их: сбора; транспортирования; сортировки; измельчения; приготовления и использования, обеспечивает расчетное обоснование уровня защищенности окружающей среды.

4. Аналитические зависимости определения результирующих критериев оценки использования строительных отходов при ремонтно-восстановительных работах, выражающие особенности взаимодействия конкретных этапов обращения со строительными отходами и определяющие степень ресурсосбережения и энергоэффективности в процессе уменьшения их поступления в окружающую среду.

5. Методика обеспечения экологической безопасности позволяет сформировать процесс уменьшения поступления строительных отходов в окружающую среду при восстановлении конструкций зданий по наилучшей доступной технологии, соответствующей наибольшей величине ресурсосбережения и энергоэффективности для заданных технических условий.

**Личный вклад** соискателя состоит в следующем: определении параметров строительных отходов, образующихся в процессе демонтажа поврежденных и дефектных участков конструкций здания, с позиции теории дисперсных систем, характеризующих их состояние; создании математической модели образования строительных отходов при восстановлении конструкций зданий; адаптации математи-



ческой модели загрязнения ОС твердыми отходами к процессам поступления строительных отходов в окружающую среду; разработке математической модели процесса уменьшения поступления строительных отходов в окружающую среду; создании алгоритма оценки и выбора наилучшей доступной технологии процесса использования строительных отходов при ремонтно-восстановительных работах с учетом классификационной схемы системы снижения негативного воздействия твердых отходов на окружающую среду; разработке оценочных критериев ресурсосбережения и энергоэффективности, являющихся результирующими характеристиками осуществления процесса использования строительных отходов при ремонтно-восстановительных работах; создании методики обеспечения экологической безопасности при восстановлении конструкций зданий; определении экологического и социально-экономического эффекта при практической апробации результатов исследования.

**Степень достоверности.** Достоверность результатов исследования обоснована применением адекватного в научной практике исследовательского и аналитического аппарата, использованием данных, полученных автором при обследовании технического состояния зданий при их капитальном ремонте и реконструкции, а также апробацией полученных результатов.

**Апробация результатов работы.** Материалы исследований по теме диссертации докладывались на: 10-й, 11-й, 12-й, 16-й Международной научно-практической конференции «Информационные технологии обследования эксплуатируемых зданий и сооружений» (ЮРГТУ (НПИ)) г. Новочеркасск, 2010–2017 гг.; 6-ой Международной научно-технической конференции «Надежность и долговечность строительных материалов, конструкций и оснований фундаментов» (ВолгГАСУ г. Волгоград, 2011г.); 16-ой научно-методической конференции «Дефекты зданий и сооружений. Усиление строительных конструкций» (СПбФВАТТ (ВИТУ) г. Санкт-Петербург, 2012г.); Конкурсе научно-исследовательских работ аспирантов и молодых ученых высших учебных заведений в области строительства и жилищно-коммунального хозяйства «ЭВРИКА-2011» (г. Новочеркасск, 2011г.); 4-м Междуна-

родном симпозиуме «Актуальные проблемы компьютерного моделирования конструкций и сооружений» (ИЦ ЮУрГУ г. Челябинск 2012г.); 17 Научно-методической конференции «Дефекты зданий и сооружений. Усиление строительных конструкций» (ВИ(ИТ) ВАМТО (ВИТУ) Санкт-Петербург 2013г.); X Международной научно-производственной конференция "Информационные технологии в образовании и консультационной деятельности в сельскохозяйственном производстве" (ИПКА г. Новочеркасск, 2013г); II Международной научно-практической конференции "Наука в современном информационном обществе" (г. Москва 2013г); Научно-технической конференции и выставке инновационных проектов, выполненных вузами и научными организациями ЮФО (ЮРГПУ (НПИ) имени М.И. Платова г. Новочеркасск 2014 г); Региональной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых вузов Ростовской области «Студенческой научной весне - 2015» (ЮРГПУ (НПИ) имени М.И. Платова г. Новочеркасск 2015 г); Международной научно-практической конференции «Технические науки: тенденции, перспективы и технологии развития» (Волгоград 2015 г.); Международной научно-технической конференции "Строительство, архитектура и техносферная безопасность" (ЮУрГУ г. Челябинск 2017г.).

**Внедрение результатов исследования.** Созданная методика внедрена в качестве методического обеспечения деятельности Департамента жилищно-коммунального хозяйства г. Новочеркасск, а также в ООО «Проектдонстрой» и ООО «Строительно-производственное управление» при обследовании зданий и разработке проектной документации на капитальный ремонт. Методические материалы по определению инженерно-экологических мероприятий уменьшения поступления строительных отходов в окружающую среду при оценке и выборе ресурсосберегающего и энергоэффективного процесса восстановления конструкций зданий внедрены в учебный процесс ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова» при чтении лекций по дисциплинам «Обследование зданий и сооружений», «Экологическая безопасность строительства и городского хозяйства», «Экспертиза инвестиционно-строительных проектов и объектов недвижимости», «Инженерные изыскания и инвентаризация

при реконструкции зданий».

**Публикации.** Основные результаты исследований по теме диссертации изложены в 19 научных работах, в том числе 5 публикациях в рецензируемых научных изданиях ВАК при Минобрнауки России, 1 свидетельстве о государственной регистрации для программы ЭВМ.

**Структура и объём диссертации.** Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, библиографического списка и 4 приложений. Работа изложена на 174 страницах, в том числе: 137 страниц – основной текст, содержащий 31 таблицу на 31 странице, 28 рисунков на 31 странице; список литературы из 162 наименований на 19 страницах; 4 приложения на 18 страницах.

## **Глава 1 АНАЛИЗ НАУЧНЫХ ПОДХОДОВ К ОБЕСПЕЧЕНИЮ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ**

Обеспечение экологической безопасности объектов строительства представляет собой часть экологической инфраструктуры страны и города, обеспечивает качество среды жизни, а также зданий и прилегающей к ним территории, играет значимую роль для окружающей среды, являясь предпосылкой политической и экономической стабильности развития государства.

Сегодня наступил тот момент, когда реновация и снижение негативного воздействия антропогенных факторов становится одной из важнейших задач государственной политики Российской Федерации.

Возрастание количества строительных отходов в большинстве стран мира является большой проблемой современности, которую необходимо решать, совершенствуя методики, отвечающие за обеспечение экологической безопасности строительства, основываясь на принципах минимизации загрязнения и захоронения, а также максимально бережливому и эффективному использованию факторов производства и топливно-энергетических ресурсов.

На сегодняшний день экологическую безопасность строительства на государственном уровне регламентируют законодательные акты: постановление Правительства РФ от 16.02.2008 N 87 (ред. от 26.03.2014) "О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию" (Раздел 8. "Перечень мероприятий по охране окружающей среды") и Федеральный закон от 24.06.1998 N 89-ФЗ (ред. от 25.11.2013) "Об отходах производства и потребления".

По данным Министерства природных ресурсов и экологии, исходя из основных показателей, характеризующих воздействие хозяйственной деятельности на окружающую среду в 2015 году в РФ образовалось 5060,2 млн т отходов производства и потребления. По классам опасности распределение по массе выглядит следующим образом: I класса опасности – 0,06 млн т, II класса опасности – 0,030 млн

т, III класса опасности – 19,7 млн т, IV класса опасности – 104,3 млн т, V класса опасности – 5044,0 млн т.

По видам экономической деятельности в общее число отходов производства и потребления в 2015 году вошли: сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство – 45,8 млн т; добыча полезных ископаемых – 4653,0 млн т обрабатывающие производства 282,9 млн т производство и распределение электроэнергии, газа и воды – 26,4 млн т; строительство 17,1 млн т; транспорт и связь – 2,9 млн т; предоставление прочих коммунальных, социальных и персональных услуг – 2,3 млн т [106].

Строительные отходы являются патологией жизнедеятельности человека, занимают немалую долю в общем объеме отходов производства и потребления, что вызывает большой интерес с экологической, технической, социальной и экономической точек зрения.

Общий объем образования строительных отходов в целом по стране за последние 5 лет возрос с 11,1 млн т до 17,1 млн т, а переработка и обезвреживание уменьшились с 10,1 млн т до 6,8 млн т (рисунок 1.1) [42, 105]. С целью обеспечения экологической безопасности зданий и прилегающих к ним территорий эту негативную тенденцию необходимо изменить в пользу строительной индустрии.

Большая часть строительных отходов подвергается захоронению, что указывает на то, что существующая система обращения со строительными отходами в Российской Федерации несовершенна, приводит к загрязнению окружающей среды, не отвечает требованиям устойчивого развития и нуждается в процессе полной или частичной реконструкции.

Весьма показательны числа по состоянию фонда недвижимости, указывающие на внушительный объем предстоящих ремонтно-восстановительных работ. Так, в 2014 году 38% жилых домов изношены более чем на 31% (рисунок 1.2), а динамика роста объема аварийного и ветхого жилья увеличивается (рисунки 1.3 и 1.4) [120, 121, 122].



Рисунок 1.1 - Объем образования, переработки и обезвреживания строительных отходов

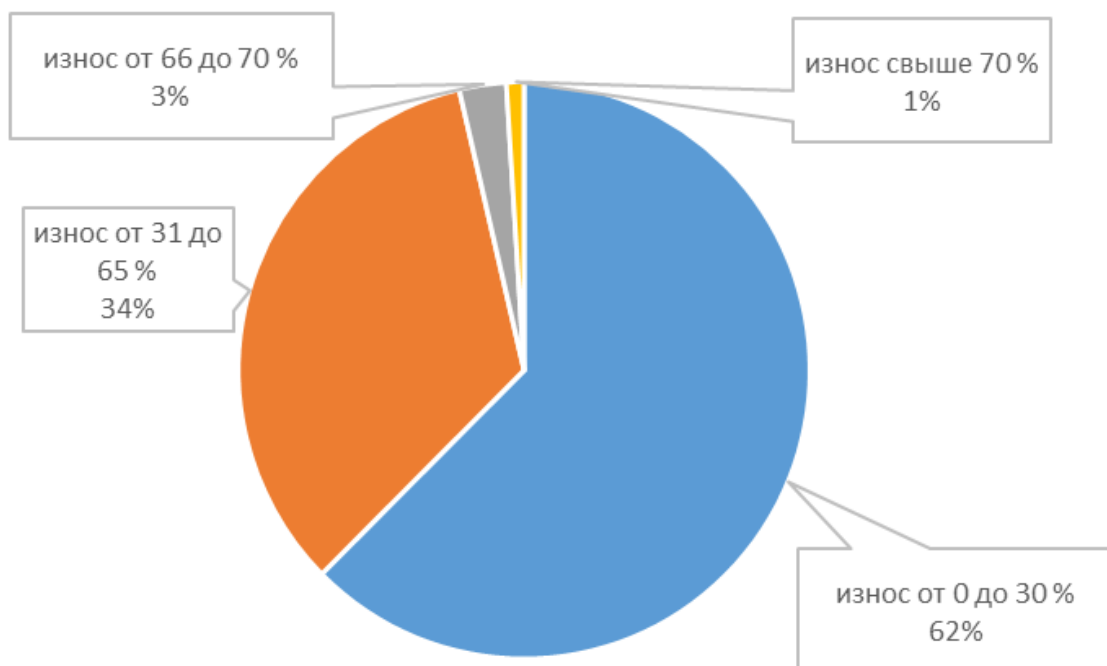


Рисунок 1.2 - Распределение общей площади жилых домов по проценту износа в 2014г.



Рисунок 1.3 - Размеры и доля ветхого и аварийного жилищного фонда

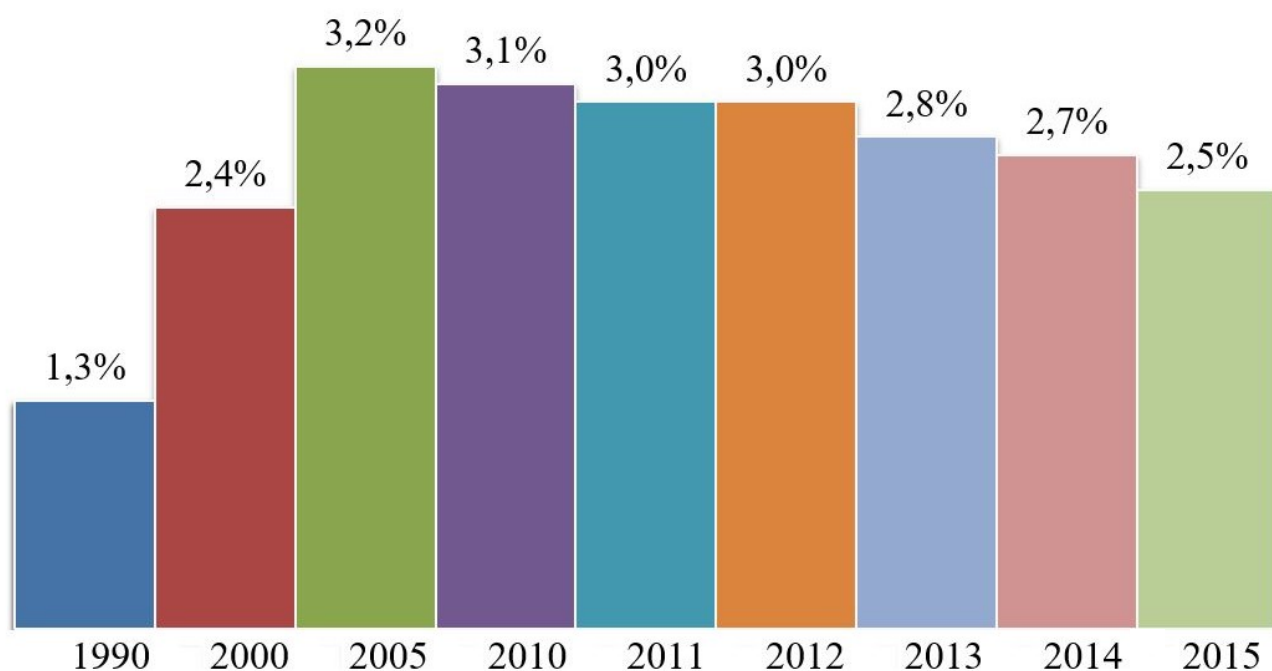


Рисунок 1.4 - Удельный вес ветхого и аварийного жилищного фонда от общей площади всего жилищного фонда

По статистическим данным порядка 3,1 млн семей (6,4 % населения страны) приняты органами местного самоуправления на учёт в качестве нуждающихся в улучшении жилищных условий [120]. Кроме того, значительная часть городского хозяйства построена более 50 лет назад и обладает высокой степенью физического износа, что значительно осложняет ситуацию по предотвращению дальнейшего снижения аварийного фонда зданий.

Общая площадь зданий, нуждающихся в скорейшем восстановлении по состоянию на 2015 год, составляет 88 млн м<sup>2</sup>, что в 2,7 раза больше, чем в аналогичный период в 1990 году.

Улучшение сложившейся ситуации при выявленном количестве ветхих и аварийных зданий потребует проведения ремонтно-восстановительных работ, что непосредственно связано со значительным образованием строительных отходов.

Существующая система обращения со строительными отходами показала свою неэффективность. В связи с этим её необходимо адаптировать на выявление, предупреждение и пресечение негативного воздействия строительных отходов на окружающую среду, локализацию и ликвидацию последствий их неблагоприятного воздействия.

Все вышесказанное указывает на актуальность разработки научно-обоснованной методики, рассматривающей все этапы «жизненного цикла» строительных отходов (образование, сбор, транспортирование и использование) как связанные технологические операции, результатом реализации которых является обеспечение экологической безопасности при восстановлении конструкций зданий [5, 17, 73, 90, 98, 100].

### **1.1 Задачи обеспечения экологической безопасности в строительстве**

Согласно формулировке экологической безопасности, представленной в ст.2 ФЗ «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 N 7-ФЗ, важно определение защищенности природной среды, которое является, в соответствии с тем же законом, объединением компонентов природной среды, природных и природно-антропогенных субъектов [56,137].

При обеспечении инженерно-экологических мероприятий немаловажное значение отводится экологической экспертизе. К ней можно отнести: оперативную; ретроспективную; перспективную и прочие её виды [138].

Система норм является основополагающим принципом экологической экспертизы. Нормирование используется как основа её устройства. Понятие надежности и категории технического состояния являются важными оценочными характе-



ристиками эксплуатируемых зданий, занимают особое место в обеспечении инженерно-экологических мероприятий в строительстве [59, 87, 94].

Методология оценки воздействия на ОС была применена в первый раз при разработке Генеральных планов развития городов европейской части Российской Федерации в период с 2001 по 2006 год (Воронеж, Казань, Тольятти). Её основные принципы включают в себя цепочку действий от оценки воздействия на окружающую среду и расчет положительного эффекта до определения необходимых мероприятий с оптимальными рабочими параметрами реализации проекта.

Также важным принципом формирования теоретических подходов по обеспечению экологической безопасности строительства служат экспериментальные исследования взаимосвязи состояния окружающей среды и объектов, взаимодействующих на строительные отходы, а также изучение используемых строительных материалов [2].

Нормативные регламенты строительных правил ремонтно-восстановительных работ, учитывающие экологические требования и последствия, а также существующее метрологическое обеспечение природоохранных мероприятий устанавливают технические требования создания комплекса мероприятий по формированию охраны окружающей среды. Решение поставленных вопросов сводится к организации технических и социально-правовых методов управления охраной ОС при ремонтно-восстановительных работах.

Осмысленное природопользование и комплексный подход к решению задач охраны окружающей среды являются основными принципами инженерно-экологического обеспечения природоохранных действий [25].

Структуру комплексного инженерного обеспечения экологической безопасности составляют: экологический контроль восстановительной деятельности технических систем (экологическая экспертиза научно-методических, проектно-конструкторских и организационно-технологических решений; промышленная экология; мониторинг и др.); информационное обеспечение (принципы накопления, передачи, хранения и использования экологических сведений; качество банка данных и характеристика его эффективности); количественная оценка и прогнозирование

(методология объективного оценивания экологических ситуаций в региональном и планетарном масштабе; подробное определение инженерно-технических данных максимально неблагоприятных сценариев); оптимальное управление (подтверждение принимаемых решений по управлению производственной деятельностью и природно-техническими системами; социально-методологические данные совершенствования экологических основ и культуры рабочих групп; единые нормы экологически оптимального контроля и пр.) [1, 43, 31, 92, 141, 45, 128, 134, 150, 160, 161].

Отсюда следует, что оценка воздействия на окружающую среду процессов, протекающих при восстановлении конструкций зданий, представляет собой набор документации, доказывающей, что принятые решения о реализации ремонтных работ экологически грамотны [53, 91, 98, 99, 144].

Совершенствование системы экологического воздействия – важная тема, которой посвящено множество исследований [3, 20, 25, 35, 43, 59, 84, 88, 108, 128, 158]. Но прежде чем оценивать воздействия и прогнозировать изменения экологической нагрузки, необходимо оценить состояние объекта в реальном времени, основываясь на его экологических, правовых, экономических, социальных и технических критериях.

Решение задач по обеспечению экологической безопасности эксплуатируемых зданий и прилегающих к ним территорий необходимо для качественного и обоснованного выбора экологических, технических, энергетических и социальных мероприятий, направленных на максимально возможную защищенность окружающей среды на данном этапе развития науки и техники.

Для реализации методик по обеспечению экологической безопасности строительных объектов необходимо их обоснование на существующей информационной, а также нормативно-правовой базе, так как в результате отсутствия или недостатка какой-либо исходной информации её использование будет затруднено или невозможно.

На сегодняшний день в РФ существует большое количество зданий, техническое состояние которых не удовлетворяет требованиям безопасного проживания в

них людей. Для уменьшения потенциально опасного состояния строительных объектов необходимо проведение ремонтно-восстановительных работ. Это создаёт условия для негативного воздействия на окружающую среду в виде строительных отходов, образующихся при демонтаже поврежденных и дефектных участков в процессе восстановления конструкций зданий. Поэтому актуальным является создание методики, которая позволила бы уменьшить поступление строительных отходов в окружающую среду, максимально используя их в качестве ресурса развития.

Задачи по обеспечению экологической безопасности строительства включают в себя снижение загрязнения окружающей среды, чего можно добиться за счет разработки научно-обоснованных методологий природоохранной деятельности, в которых описан комплекс мероприятий по организации охраны ОС [52-57, 81, 144]. Изучение особенностей влияния технических систем на окружающую среду, анализ экологических норм строительства, а также исследование способов воздействия на систему «человек-дом-природа» отражают задачи разработки такой методологии.

## **1.2 Анализ критериев оценки технического состояния зданий**

Оценка технического состояния здания является важным этапом, который необходимо выполнить перед ремонтно-восстановительными работами либо возможным сносом объекта с целью установления эффективности тех или иных работ. Данный процесс на практике, как правило, достигается путем сплошного обследования строительного объекта (визуального и инструментального). Значимым показателем технического состояния объекта является надежность отдельных его элементов, которую возможно определить по внешним признакам повреждений [2, 34, 38, 39, 61, 68, 66, 69, 71, 76, 113, 119, 131, 132, 153].

Надежность зданий изменяется в процессе эксплуатации. Это связано с перераспределением нагрузок, действующих на строительные конструкции, и свойств, приобретённых вследствие потери несущей способности [71].

Трещины, деформации, коррозия, крен и другие дефекты характеризуют изменение уровня надежности.

С точки зрения восстановления технического состояния строительных конструкций, разнообразие конструктивных и типовых решений, а также наличие разного рода дефектов определяет кардинальные различия одного здания от другого, что выражено в разработанной классификационной схеме, представленной на рисунке 1.5 [62].

Для совершенствования теории обеспечения экологической безопасности строительства необходимо применить методику оценки надежности стальных, железобетонных, каменных и деревянных конструкций [48, 49], принципы оценки категории технического состояния которой чаще всего используются на практике.

Так, уровень поврежденности отдельного элемента определяется по формуле

$$E_{эл} = 1 - Y,$$

где  $Y$  – относительная надежность, определенная по внешним признакам.

С целью оценки поврежденности здания, прибегают к натурным обследованиям, а её расчет производится по формуле:

$$E_{зд} = \frac{\alpha_1 E_1 + \alpha_2 E_2 + \dots + \alpha_i E_i}{\alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_i}, \quad (1.1)$$

где  $E_1, E_2, \dots, E_i$  – средняя величина повреждения  $i$ -й конструкции;  $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_i$  – коэффициенты значимости  $i$ -й конструкции [48].

Поврежденность  $E_{зд}$  характеризуется наличием дефектов и повреждений, соответствует установленным характеристикам надежности, поврежденности и категории технического состояния [48, 49].

В таблице Г1 приложения Г представлены категории технического состояния здания, которые соответствуют различным значениям  $E$  и  $Y$ , а также представлен экономический аспект ремонтно-восстановительных работ.

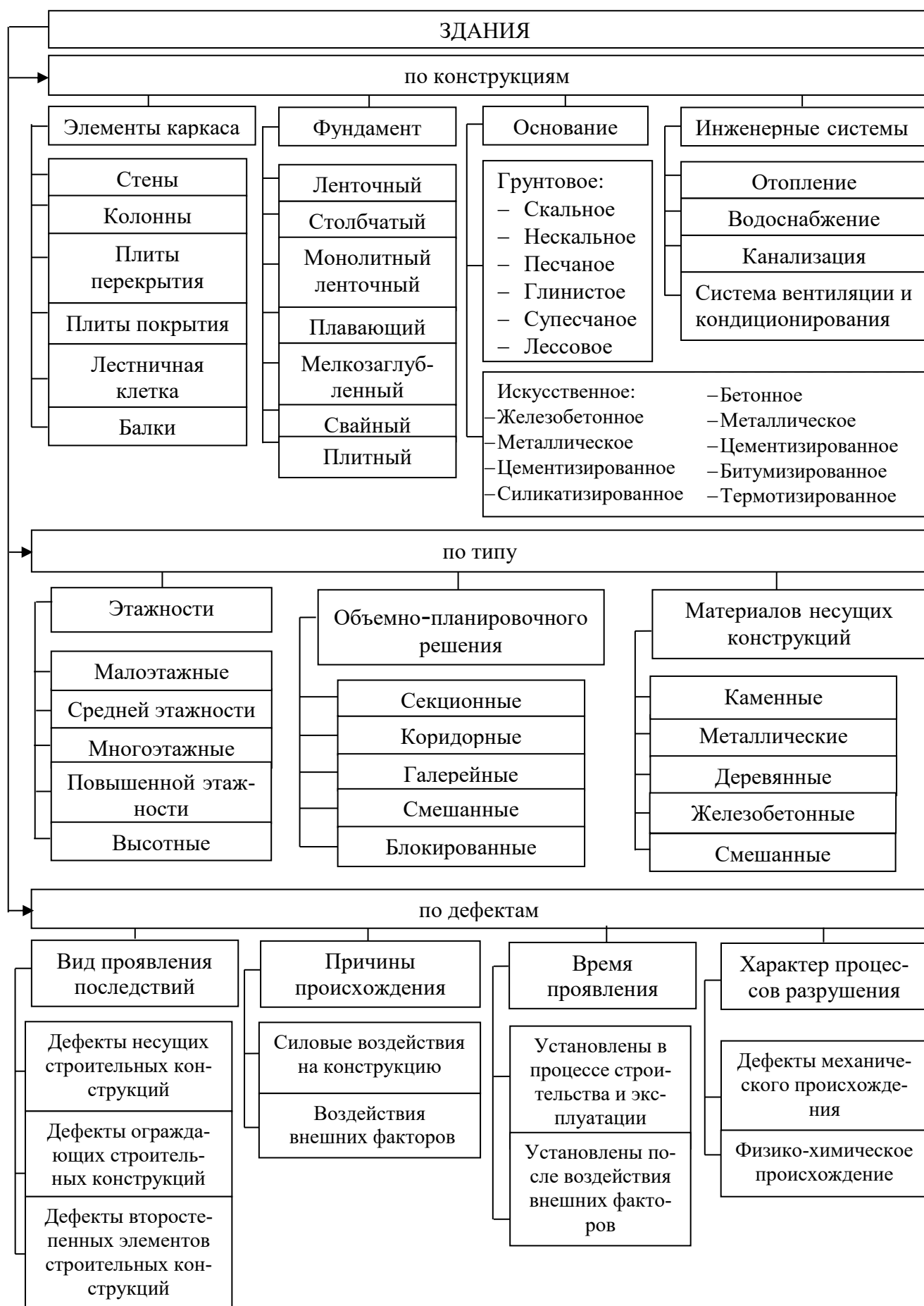


Рисунок 1.5 – Классификация зданий при восстановлении технического состояния

Переход от аварийного технического состояния к нормативному достигается за счет процессов, протекающих при восстановлении конструкций зданий, которые на практике производят при капитальном, текущем ремонте и реконструкции. Такой вид деятельности можно разделить на два этапа: демонтаж поврежденной части конструкции; работы по восстановлению технического состояния. Первый этап характеризуется выделением массы строительных отходов ( $M_{co}$ ), которая зависит от степени поврежденности ( $E_{зд}$ ). Проанализировав ряд литературных источников, подробнее рассмотрим такие примеры (таблица 1.1).

На практике, заключения о техническом состоянии здания, оформленные согласно нормативными документами [40, 41], обладают достаточной информативностью для определения величины повреждения по формуле (1.1).

Таблица 1.1 – Примеры образования строительных отходов в процессе восстановления конструкций зданий

Вид дефекта	Рекомендации по восстановлению	Масса строительных отходов
Разрушение штукатурки	Демонтировать штукатурный слой, оштукатурить	Демонтированная штукатурка ( $M_{штук}$ )
Поверхностная коррозия металлических элементов	Очистить от продуктов коррозии. Загрунтовать и окрасить.	Продукты очистки от коррозии ( $M_{кор}$ )
Прогибы изгибаемых деревянных элементов, потеря устойчивости	Замена деревянных элементов	Демонтируемые деревянные элементы ( $M_{д}$ )
Разрушение защитного слоя бетона	Удалить разрушенные элементы бетона, зачистить дефектные участки арматуры металлическими щетками. Продуть сжатым воздухом и восстановить бетоном	Демонтируемый защитный слой арматуры бетона ( $M_{зсб}$ )
Разрушение материала кирпичной кладки	Демонтировать разрушенный участок, восстановить кирпичную кладку	Демонтируемый разрушенный участок кирпичной кладки ( $M_{к.дк}$ )
Наклонная трещина в кирпичной кладке шириной раскрытия до 15 мм	Трещину расшить и зачеканить полимерным цементно-песчаным раствором, установить металлические скобы	Демонтируемый материал кирпичной кладки ( $M_{расщ}$ )
Разрушение бетона плиты перекрытия с оголением и пластинчатой коррозией арматуры	Выполнить демонтаж разрушенной плиты, выполнить новое перекрытие	Демонтируемая плита перекрытия ( $M_{жб.плит}$ )

На основе проведенного анализа установлено, что в процессах, протекающих при восстановлении конструкций зданий, в частности, при ремонте дефектных конструкций, выделяется масса строительных отходов ( $M_{co}$ ), которая зависит от степени поврежденности ( $E_{зд}$ ) объекта.

### **1.3 Обоснование выбора теоретического подхода при обеспечении экологической безопасности в процессе восстановления конструкций зданий**

В Российской Федерации, по оценкам экспертов, перерабатывается от 5 до 7% строительных отходов, что из 17,1 млн т в 2015 году представляет незначительную цифру. Оставшиеся 95-93%, как правило, вывозят на полигоны для захоронения либо складировуют. Кроме того, статистические данные говорят об отчуждении 10 тыс. га земель каждый год, включая плодородные, на свалки и полигоны.

Исследованию проблем обращения с отходами посвящены работы В.Н. Азарова, В.В. Алексашиной, А.В. Алексанина, Н.В. Бакаевой, В.И. Беспалова, Е.И. Богуславского, Е.Э. Боровского, А.Л. Большеротова, Я.И. Вайсмана, В.М. Гарина, М.В. Графкина, А.С. Гринина, Т.П. Кашариной, В.И. Масликова, А.Н. Мирного, В.Н. Новикова, О.Н. Парамонова, М.Ю. Слесарева, М.П. Федорова и др. [3, 5, 6, 7, 8, 9, 11-20, 24, 26, 29, 30, 35, 36, 43, 44, 59-65, 82, 96, 110, 111, 128, 149].

Существующая система обращения со строительными отходами показала свою неэффективность и требует усовершенствования, для это необходимо решить ряд вопросов, изложенных далее в настоящей работе.

Методики по обеспечению экологической безопасности объектов строительства должны основываться, прежде всего, на теоретическом обосновании и описании процессов загрязнения. Существует множество теоретических подходов, которые позволяют описать такие процессы. Главной задачей на данном этапе является выбор одного из них, наиболее качественно отражающего всё множество свойств восстановления конструкций здания.

Выбор оптимальных технологий уменьшения поступления строительных отходов в окружающую среду при ремонтных работах конструкций зданий показал, что заслуживают внимания следующие теоретические подходы.

Первый теоретический подход по выбору способов и средств обеспечения экологической безопасности основан на выделении трех компонентов оценки качества состояния окружающей среды при выполнении строительных работ и образовании строительных отходов. Для этого используется комплексный критерий, определяемый из выражения [129]:

$$Y=f(Y_0, Y_1, Y_2), \quad (1.2)$$

где  $Y_0$  – критерий стандарта качества (нормативный базовый уровень) окружающей среды, принимаемый равным 1;  $Y_1$  – критерий ухудшения качества окружающей среды по отношению к  $Y_2$  (допустимому уровню), который превышает  $Y_0$  и определяется по зависимости

$$Y_1=\sqrt{A(C-1)}; \quad (1.3)$$

$Y_2$  – критерий допустимого уровня качества окружающей среды, рассчитываемый по формуле

$$Y_2=\sqrt{AC^2}, \quad (1.4)$$

где  $C$  – индекс ухудшения состояния окружающей среды;  $A$  – весовой коэффициент, который возможно найти исходя из значений экономического ущерба окружающей среде.

Оценку качества состояния окружающей среды в данном теоретическом подходе определяют по формуле

$$Y=1+\sqrt{A(C-1)}-\sqrt{AC^2}. \quad (1.5)$$

Преимущества данного теоретического подхода, заключаются в следующем:

- 1) возможно произвести сравнение и дать оценку нескольким вариантам обеспечения экологической безопасности строительства;
- 2) производится методическое обеспечение процедуры ранжирования и классификации состояния окружающей среды по уровню и степени её загрязнения;

К недостаткам данной теории относится невозможность учета показателей экономики при оценке состояния окружающей среды и выборе наиболее рациональных мероприятий по снижению её загрязнения.

Второй теоретический подход, наиболее часто применяемый в практике, ос-



нован на балльной пофакторной оценке [143] и диктует использование шкалы критериев оценки качества окружающей среды, т.е. оценки экологической безопасности объектов строительства. Реализуя данную теорию, необходимо оценить загрязнение окружающей среды при восстановлении конструкций зданий. Это возможно сделать, рассматривая следующие показатели количественных критериев, например, объем образования строительных отходов ( $\text{кг}/\text{м}^3$ ), нормативные показатели утилизации, коэффициент вторичного использования строительных отходов.

Коэффициент вторичного использования возможно определить по формуле

$$K_{\text{вт}} = \frac{N_i}{N_{\text{обр}}}, \quad (1.6)$$

где  $N_i$  и  $N_{\text{обр}}$  – соответственно значения фактического использования и образования  $i$ -го загрязняющего вещества,  $\text{кг}/\text{м}^3$ .

Кроме того, коэффициент суммарного загрязнения  $M$ , который возможно применить ко всему процессу восстановления конструкций здания, определяется по формуле

$$M = \sum_i \frac{N_i}{N_{\text{общ}}}, \quad (1.7)$$

где  $N_{\text{общ}}$  – максимальная концентрация  $i$ -го загрязняющего вещества,  $\text{кг}/\text{м}^3$ .

Преимущества данного подхода заключаются в том, что:

- 1) коэффициенты концентраций являются достаточно показательными характеристиками для определения экологического критерия состояния окружающей среды;
- 2) расчет коэффициента суммарного загрязнения позволяет определить степень загрязнения окружающей среды.

К недостаткам данной теории можно отнести то, что:

- 1) результирующим параметрам характерна невысокая точность, а это влияет на качество принятия решений по выбору мероприятий защиты окружающей среды;
- 2) оценка осуществляется экспертным методом, что говорит о субъективности данных показателей состояния ОС.

Третьим теоретическим подходом является система, учитывающая показатели экологии, экономики и социума, основанная на комплексной оценке состояния окружающей среды и связанная с выбором средств и способов обеспечения экологической безопасности [17-19, 93].

Особенностью данного подхода является разделение исследуемых территорий на зоны по их функциональному назначению (промышленные, селитебные, рекреационные), а значимость комплексной оценки учитывается показателями экологического, экономического и социального характера.

Расчет комплексной оценки показателей данной теории достигается за счет использования функции Харингтона в интервале значений от 0 до 1 с последующим построением диаграммы комплексной оценки состояния ОС. Корректировка значений осуществляется путем реализации дополнительных мероприятий, влияющих, в том числе и на степень загрязнения ОС. Пример такой комплексной оценки представлен на рисунке 1.6. Для построения функции Харингтона используется, как правило, шкала желательность, где очень хорошо – 0,00-0,20; плохо – 0,20-0,37; удовлетворительно – 0,37-0,63; хорошо – 0,63-0,80; очень хорошо – 0,80-1,00.

Преимущества данного теоретического подхода следующие:

- на основании анализа диаграммы комплексной оценки качества окружающей среды исследуемой территории, включая оценку загрязнения ОС строительными отходами, может быть сделан качественный выбор природоохранных мероприятий;

- он позволяет выполнить комплексную оценку качества состояния ОС изучаемой территории, включая оценку снижения загрязнения ОС строительными отходами.

Недостатком рассматриваемого подхода является весьма субъективный характер комплексной оценки качества состояния окружающей среды, в связи с тем, что показатели экологического, экономического и социального характера оцениваются на основе субъективной выборки исходных данных.

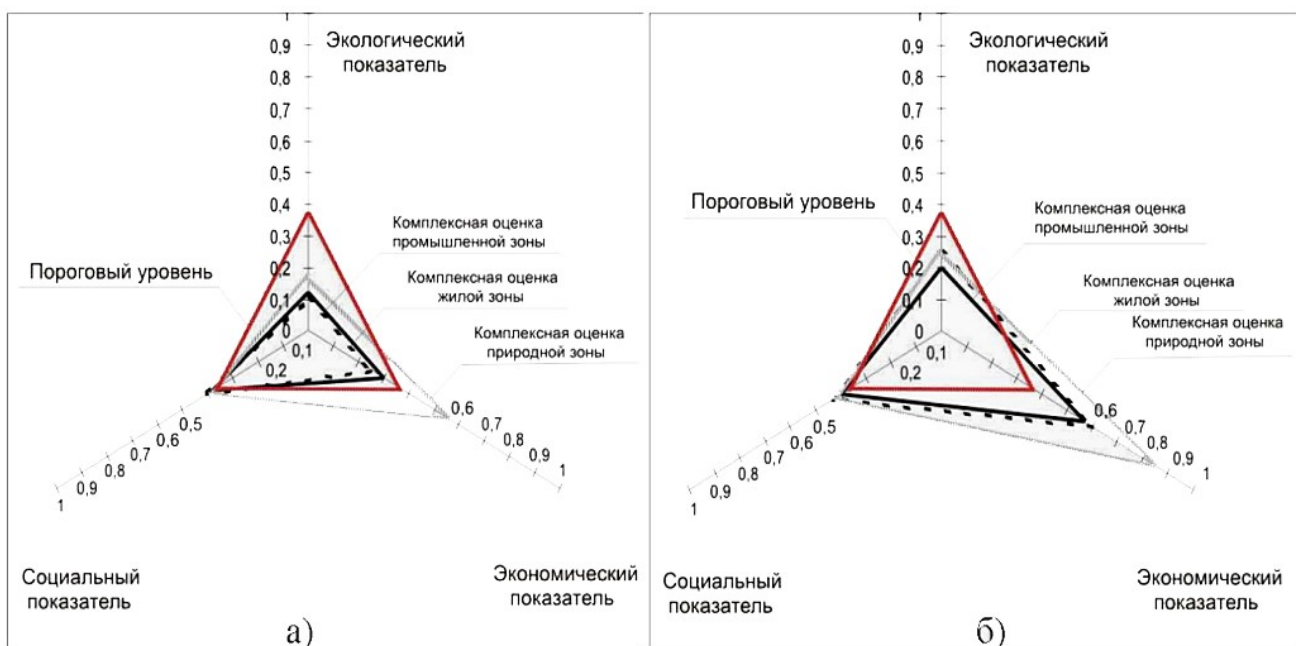


Рисунок 1.6 – Диаграмма комплексной оценки качества состояния окружающей среды исследуемой территории до (а) и после (б) реализации дополнительных мероприятий по охране ОС

Четвертый теоретический подход [8, 114], связанный с выбором средств и способов обеспечения экологической безопасности объектов строительства, включающий снижение загрязнения окружающей среды строительными отходами, рассмотрим как систему, основанную на получении и использовании обобщённого критерия  $N$ . Данный подход позволяет оценивать результат применения технологического оборудования с учетом данных предыдущих исследований и статистики. Обобщенный критерий  $N$  зависит от параметров, непосредственно определяющих полезный эффект функционирования технологических систем, способных снизить загрязнение окружающей среды. К преимуществам данного подхода стоит отнести подробно описанные физико-математические параметры процесса уменьшения поступления загрязняющих веществ в ОС, а к недостаткам – ограниченность физико-химических параметров процесса защиты окружающей среды.

Пятый подход – это физико-энергетический. На его основе загрязнения ОС рассматриваются как дисперсная система [15,16], разрушение устойчивости которой, а следовательно, и самой «исходной» дисперсной системы, достигается за счет реализации различных существующих технологий обеспечения экологической без-

опасности сложных технических систем. Определяющими параметрами, характеризующими подход, являются два основных критерия: экологическая эффективность ( $E_p$ ) и энергетическая экономичность ( $E^{\ominus}$ ).

Для рассматриваемого процесса уменьшения поступления строительных отходов в окружающую среду при восстановлении конструкций зданий, с точки зрения физико-энергетического подхода, важной составляющей является описание энергетических параметров согласно теории дисперсных систем. Параметры свойств дисперсной системы и её устойчивости зависят от энергетических характеристик, которые являются связующим звеном между ними [154, 157, 147].

В соответствии с физико-энергетическим подходом процесс уменьшения поступления строительных отходов в окружающую среду можно выразить математической моделью этого процесса [14]:

$$E_{OC} = 1 - [1 - (1 - E_{сбор}) \cdot (1 - E_{тр-1})] \cdot [1 - (1 - E_{тр-2})(1 - E_{сорт}) \cdot (1 - E_{тр-3}) \cdot (1 - E_{ут})], \quad (1.8)$$

где  $E_{сбор}$ ,  $E_{тр-1}$ ,  $E_{тр-2}$ ,  $E_{сорт}$ ,  $E_{тр-3}$ ,  $E_{ут}$  – соответственно эффективность реализации сбора внутри помещения, транспортирования внутри помещения, транспортирования по прилегающей территории, сортировки, транспортирования в места утилизации, утилизация.

Критерий энергетической экономичности ( $E^{\ominus}$ , %) характеризует отношение удельной энергии ( $W_i$ , Вт), которая направляется на достижение цели процесса снижения загрязнения окружающей среды к удельной энергоёмкости ( $N_i$ , Вт) всего процесса [14]:

$$E^{\ominus} = \frac{\sum_{i=1}^n W_i}{\sum_{i=1}^n N_i} \cdot 100, \quad (1.9)$$

где  $i$  – соответствующий этап взаимодействия «исходной» с «дополнительными» дисперсными системами.

Экологическая эффективность ( $E_p$ , %) процесса обеспечения экологической безопасности характеризуется степенью снижения загрязнения ( $M_{кон}$ , кг/год) по отношению к начальному количеству их образования ( $M_{нач}$ , кг/год) за счет реализации различных технологий описывается следующей зависимостью [75]:

$$E_p = \frac{M_{кон}}{M_{нач}} \cdot 100\%. \quad (1.10)$$

На сегодняшний день существуют государственные стандарты РФ [37], в которых представлены данные о значении энергетических эквивалентов определенных материалов, конструкций, зданий и сооружений (таблица 1.2).

Таблица 1.2 – Энергетические эквиваленты различных материалов

№ п/п	Наименование объекта	Энергетический эквивалент, МДж/кг
МДж/кг		
1	Кирпич	8,5
2	Щебень	0,59
3	Сталь (прокат)	45,5
4	Цемент	7,0
5	Известковые материалы	3,8
МДж/м <sup>2</sup>		
6	Бетонные конструкции	8,3
7	Здания и сооружения (жилые)	4810
8	Производственные здания	5025
9	Административные и культурно-бытовые здания	5662
10	Подсобные помещения	4180
11	Ограждения	383

Выполненный анализ рассмотренных выше теоретических подходов к описанию процессов поступления и снижения поступления строительных отходов в окружающую среду при восстановлении конструкций зданий позволил обосновать выбор физико-энергетической концепции [21,110].

#### **1.4 Определение параметров строительных отходов с позиции теории дисперсных систем**

По периоду образования строительные отходы разделяют на несколько категорий. К первой относятся те, которые сформировались после начала ремонтно-восстановительных работ и представляют собой демонтаж, разборку строительных конструкций и т.п. Ко второй категории относят фрагменты отдельных примененных строительных материалов или неиспользованных конструкций и изделий; их защитная тара и т.п., образовавшиеся при проведении ремонтно-восстановитель-

ных работ. Их удаляют по мере накопления при производстве работ. К третьей категории относятся непригодные для применения отделочные материалы.

Состав строительных отходов зависит от многих факторов: вида конструкции, объёмно-планировочного решения объекта, степени его поврежденности и т.д. Кроме того, с каждым годом количество различных материалов растёт, что значительно усложняет их идентификацию и возможность вторичного применения [107].

Рассмотрим характеристику строительных отходов и способы их удаления (складирования) на практическом примере, в качестве которого выступил проект на капитальный ремонт пятиэтажного общежития, расположенного в г. Новочеркаске Ростовской области (таблица 1.3).

В Федеральном классификационном каталоге выделен перечень отходов, образующихся в строительном производстве [66, 107, 116, 117, 139]. Основным их показателем служит класс опасности. Расчет данной характеристики формируется на основе эколого-токсикологических и физико-химических показателей. Существует 5 классов опасности. Их градуировка начинается от пятого (самый безопасный) к первому, компоненты в котором являются самыми вредными.

Анализ показал, что к пятому классу опасности относятся: бетонные смеси с содержанием пыли менее 30%; древесные отходы из натуральной чистой древесины несортированные; цемент в кусковой форме; изолированные провода и кабели; остатки и огарки стальных сварочных электродов; сучья, ветви от лесоразработок; стеклянный бой незагрязненный; резиновые изделия незагрязненные, утратившие потребительские свойства; полиэтилен; картон упаковочный незагрязненный; упаковочную бумагу незагрязненную; бой бетонных изделий, отходы бетона в кусковой форме; бой строительного кирпича; бой кирпичной кладки при ремонте зданий и сооружений; строительный щебень, потерявший потребительские свойства; бой железобетонных изделий, отходы железобетона в кусковой форме; керамические изделия, потерявшие потребительские свойства; керамзит в кусковой форме.

Таблица 1.3 – Строительные отходы и способы их удаления (складирования) на объекте в период капитального ремонта здания общежития в г. Новочеркасске

Наименование отходов	Место образования отходов	Код по ФККО, класс опасности	Кол-во отходов (всего), т/год	Класс опасности отхода	Способ удаления (складирования) отходов
Бой строительного кирпича	Кладка стен и перегородок	3140140401995	4,75	V	Полигон твердых коммунальных отходов (ТКО)
Отходы цементного раствора, цемента	Раствор цементный кладочный, ц/п стяжка	3140550201995	5,12	V	Полигон ТКО
Отходы керамики	Отделочные работы	3140070301995	0,22	V	Полигон ТКО
Бетонные обломки	Фундаментные блоки, перегородки из пенобетонных блоков	3140270101995	3,03	V	Полигон ТКО
Грунт, образовавшийся при проведении землеройных работ	Подготовка траншей под фундамент для дорожных покрытий и площадок	3140110008995	80,0	IV	Использование в планировочных работах
Мусор от разборки зданий	Демонтажные работы		621,0	IV	Полигон ТКО
Лом черных металлов несортированный	Изготовление металлоконструкций, арматура	3513010001995	0,3	IV	На лицензированное предприятие по переработке черных металлов
Лом сталеуглеродистых марок несортированный	Отходы трубопроводов	3512020101995	0,06	IV	На предприятие по переработке черных металлов
Отходы кварцевого песка, песчано-гравийной смеси	Строительные работы	3140230101995	17,34	IV	Полигон ТКО
Щебень строительный, лом и крошка камня	Строительные работы	3140090201995	1,48	V	Полигон ТКО
Отходы асфальтобетона	Устройство покрытия отмопок	214030201004	2,2	IV	Полигон ТКО
Отходы электродов сварочных	Сварочные работы	3152100101995	0,041	V	На предприятие по переработке черных металлов
Отходы труб из полимерных металлов	Монтаж систем водопровода и канализации	5710300101995	0,01	V	Полигон ТКО
Мусор от бытовых помещений	Жизнедеятельность	9120040001004	2,123	IV	Полигон ТКО

К четвертому классу опасности строительных отходов можно отнести: древесные строительные материалы, в том числе от сноса и разборки строений; рубероид; толь и бумагу, пропитанную битумом; битум, асфальт в твердой форме; асбоцемент в кусковой форме; мусор от бытовых помещений несортированный; мел в виде порошка или пыли; пыль бетонную; абразивные материалы в виде пыли и порошка; шлаковату; лом и отходы черных металлов с примесями или загрязненные [66].

Поскольку факторы, влияющие на состав строительных отходов достаточно многообразны, в литературных источниках нет четко описанного их морфологического состава. Такие данные носят весьма ориентировочный характер [107].

Так, например, морфологический состав строительных отходов в соответствии с литературным источником [115] представлен в таблице 1.4, а в соответствии с [124] – в таблице 1.5. Химический состав представлен в таблице 1.6 [100].

Таблица 1.4 – Морфологический состав строительных отходов по [115]

№ п/п	Наименование компонента	Содержание, %	Наименование компонента	Содержание, %
1	Древесина	73	Керамика	3,5
2	Железо	10	Полимеры	2,5
3	Бетон	6	Ксилол	0,5
4	Стекло	4	Бутацетат	0,5

Таблица 1.5 – Морфологический состав строительных отходов по [124]

№ п/п	Наименование компонента	Содержание, %
1	Бой кирпичной кладки	30
2	Лом штукатурки	10
3	Лом бетона	40
4	Древесные отходы	10
5	Прочие	10

Таким образом, номенклатура строительных отходов имеет широкий ассортимент. В основном они относятся к IV и V классам опасности. Исключение составляют лакокрасочные средства [139].



Таблица 1.6 – Химический состав строительных отходов

Наименование компонента	Содержание, %	Наименование компонента	Содержание, %
Диоксид кремния (SiO <sub>2</sub> )	73,5755	Оксид калия (K <sub>2</sub> O)	0,162
Оксид алюминия (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	3,7235	Оксид натрия (Na <sub>2</sub> O)	0,065
Триоксид железа (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	1,3016	Вода (H <sub>2</sub> O)	5,75
Оксид кальция (CaO)	14,073	Оксид титана (TiO <sub>2</sub> )	0,0325
Оксид магния (MgO)	0,3549	Диоксид углерода (CO <sub>2</sub> )	0,1315
Сернистый ангидрид (SO <sub>3</sub> )	0,657	Оксид фосфора (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	0,0085
Оксид железа (FeO)	0,1225	Оксид бария (BaO)	0,0025
Оксид калия (K <sub>2</sub> O)	0,162	Углерод (C)	0,04

Плотность строительных отходов, в соответствии со справочными данными [123] составляет: каменных, бетонных, железобетонных и штукатурных – 1800 кг/м<sup>3</sup>; деревянных и каркасно-засыпных конструкций – 600 кг/м<sup>3</sup>; прочих – 1200 кг/м<sup>3</sup>.

Физические свойства строительных отходов включают в себя: длину (м); толщину (м); ширину (м); форму (м); объем (м<sup>3</sup>); массу (т); плотность (кг/м<sup>2</sup>); площадь поверхности (м<sup>2</sup>); пористость; температуру (°C); цвет, возраст (лет); радиоактивность (Бк/кг) и т.д.

Состав и свойства строительных отходов необходимо учитывать при выборе технологических решений реализации этапов обеспечения экологической безопасности при восстановлении конструкций зданий.

Увеличение объёма образования и накопления строительных отходов, а также высокая степень аварийности зданий Российской Федерации указывают на важность проблемы их использования. Поэтому актуальным является создание и совершенствование методик обеспечения экологической безопасности строительства, реализация которых направлена на снижение количества выделяемых веществ в окружающую среду, повышение уровня ресурсосбережения, энергоэффективности и экономической составляющей данного процесса и, как следствие, улучшение качества среды жизни. Для этого необходимо применение строительных отходов при восстановлении технического состояния зданий, что также исключит дополнительные экономические неэффективные этапы их обращения [2, 19, 20, 22, 26, 33, 35, 44, 46, 47, 52, 58, 130, 140, 146, 148, 155, 159].

Обзор существующей классификации строительных отходов показал, что их обычно не выделяют в отдельную группу, но выявить основные признаки все же можно:

- источник образования (колонны, балки, стены и пр.);
- общую характеристику (например, фракционное содержание, причины возникновения и т.д.);
- виды вторичного использования (подготовка, приготовление, применение, утилизация и др.);
- основные качественные характеристики (химический состав, морфологический состав, теплоёмкость и др.);
- влияние на ОС (образование пыли неорганической, шлака, золы, сажи и т.п.);
- разделение по классам использования (геометрический состав, компонентный состав и пр.);
- территориальный признак (климатические условия строительной площадки);
- физико-химические свойства, состав и др. [33, 52, 66].

Вышеперечисленные группы недостаточно раскрывают особенности ОС и взаимосвязанность объекта изучения, а также прилегающей территории строительной площадки с окружающей средой.

Согласно принятому физико-энергетическому подходу, научно-методические принципы разрабатываемой методики должны опираться на [14]:

- рассмотрение строительных отходов, образующихся в процессе восстановления технического состояния здания, как дисперсной системы;
- организацию схемы процесса и принципов использования строительных отходов при восстановлении конструкций зданий;
- представление общей дисперсной системы как множество отдельных процессов, описывающих этапы обращения строительных отходов;
- представление этапов применения строительных отходов путем выявления степени возможности наступления такого события.

Согласно теории дисперсных систем, строительные отходы, образовавшиеся при демонтаже поврежденных и дефектных участков конструкций здания, являются полидисперсной системой, составленной из ряда твердых дисперсных фаз (отдельные фракции строительных отходов) и газообразной дисперсионной среды (воздушные прослойки между частицами строительных отходов).

В соответствии с принятым научно-методическим направлением совместно определяются свойства и состояния строительных отходов. Корреляция между ними определяется природой этих процессов. Влияние одного процесса на другой является одной из основополагающих характеристик. Его можно описать свойствами дисперсных фаз (ДФ), дисперсионных сред (ДС) и характеристиками ОС, при этом, учитывая параметры и раскрыв характер осуществления этих процессов можно судить о степени их влияния и состоянии строительных отходов.

Параметрами, характеризующими свойства дисперсной фазы (ДФ) и дисперсионной среды (ДС), следует считать только те показатели, которые определяют характер осуществления различных процессов состояния строительных отходов.

На основании исследования параметров и состояния, характеризующих свойства дисперсионной среды (ДС) и дисперсной фазы (ДФ), возможно построение модели поступления строительных отходов в окружающую среду.

Анализ процессов, происходящих в строительных отходах, характеризуется следующими параметрами:

- геометрическими ( $\Gamma_{ДФ}$ ,  $\Gamma_{ДС}$ ) – толщина, высота, ширина, длина и площадь элемента строительного отхода; размер фракции, площадь поперечного сечения, объём дисперсионной среды и др.;

- физико-механическими ( $\Phi M_{ДФ}$ ,  $\Phi M_{ДС}$ ), такими как: масса, плотность, прочность, твёрдость, упругость, пластичность, масса дисперсной фазы и т.д.;

- химическими ( $X_{ДФ}$ ,  $X_{ДС}$ ), например, химической и коррозионной стойкостью, растворимостью дисперсной фазы, адгезией, кристаллизацией и т.д.;

- гидрофизическими ( $\Gamma\Phi_{ДФ}$ ,  $\Gamma\Phi_{ДС}$ ), например, влажность, гигроскопичность, капиллярное высасывание, водопоглощение дисперсной фазы, водостойкость, влагоотдача, водопроницаемость, паропроницаемость, морозостойкость и пр.;

- теплофизическими ( $T\Phi_{дф}$ ,  $T\Phi_{дс}$ ), такими как: теплопроводность, удельная теплоёмкость, огнестойкость, огнеупорность, тепловое расширение, аккумулярование тепла, температура частиц дисперсной фазы и дисперсионной среды и др.;
- оптическими ( $O_{дф}$ ,  $O_{дс}$ ) – светопропускание дисперсионной среды, коэффициент отражения света, прозрачность, коэффициент поглощения и рассеяния и др.;
- аэродинамическими ( $A_{дф}$ ,  $A_{дс}$ ), такими как: плотность, инертность и вязкость воздуха; шероховатость материала, скорость седиментации дисперсной фазы и пр.

В итоге определения свойств дисперсионной среды и дисперсной фазы установлена связь групп параметров фазовых элементов, которая описывает совокупность характеристик строительных отходов, образующихся при демонтаже поврежденных и дефектных участков конструкций здания [75]:

$$СП_{со} = f_1((СП_{дф}), (СП_{дс})) = f_1(f_{1-1}(\Gamma_{дф}, \Phi M_{дф}, X_{дф}, \Gamma\Phi_{дф}, T\Phi_{дф}, O_{дф}, A_{дф}), f_{1-2}(\Gamma_{дс}, \Phi M_{дс}, X_{дс}, \Gamma\Phi_{дс}, T\Phi_{дс}, O_{дс}, A_{дс})), \quad (1.11)$$

где  $СП_{со}$ ,  $СП_{дф}$ ,  $СП_{дс}$  - совокупность параметров, определяющих свойства строительных отходов, их дисперсных фаз и дисперсионных сред при восстановлении конструкций зданий.

Такой подход позволяет пополнять группы параметров новыми характеристиками. Изучение состояния процесса предоставляет значительные преимущества при формировании методик по обеспечению экологической безопасности строительства.

Опираясь на предыдущие исследования [48, 49], принято выделять 4 вида основных типов материала, из которых выполняют основные строительные конструкции здания: камень, дерево, бетон, металл.

Строительные отходы, образующиеся в процессе улучшения характеристик технического состояния конструкций здания, классифицируются группами:

1. По геометрическим параметрам, определяющим разнообразные величины компонентного состава. В них входят:
  - толщина, высота, ширина, длина и площадь элемента строительного отхода;
  - размер фракции;

Наиболее важную роль среди геометрических параметров строительных отходов, рассматриваемых с точки зрения вторичного использования, занимает их фракционный состав (мм).

При использовании бетонных и каменных строительных отходов для добавления их в качестве крупного и мелкого заполнителя при производстве нового бетона чаще всего применяются фракции размером 0-5 мм, 5-10 мм, 10-20 мм, 20-40мм, 40-70 мм.

- площадь поперечного сечения и др.

2. По физико-механическим параметрам. К ним относятся:

- масса, кг;

- средняя плотность от разборки зданий 1100-1400 кг/м<sup>3</sup> [93];

- плотность (кг/м<sup>3</sup>) отдельных компонентов (таблица 1.7);

- постоянные, временные, фактические нагрузки (кПа) и т.п.

Характеристиками материалов основных строительных конструкций зданий являются:

- для бетонных и железобетонных: прочность материалов (кгс/см<sup>2</sup>); прочность арматуры (кгс/см<sup>2</sup>); пористость (%); плотность (кг/м<sup>3</sup>); водопоглощение (%); водонепроницаемость (%); морозостойкость (количество циклов); щелочность (мг-экв/л); температурное растрескивание (°С); температура нагрева при пожаре (°С); расчетное сопротивление арматуры (кПа) и т.д.;

- для металлических: предел текучести (МПа); временное сопротивление (МПа); расчетное сопротивление стали (МПа); пластичность и т.д.;

- для каменных: прочность материала (кгс/см<sup>2</sup>); плотность (кг/м<sup>3</sup>) и т.п.;

- для деревянных: прочность (кгс/см<sup>2</sup>); расчетное сопротивление (МПа); предел прочности при статическом изгибе (МПа); предел прочности при местном смятии вдоль (поперек) волокон (МПа) и т.п.;

- для грунтового основания: коэффициент фильтрации (К<sub>ф</sub>, м/сут); плотность (Р, г/см<sup>3</sup>); влажность (W, %); коэффициент пористости (е, %); угол внутреннего трения (φ, град.); удельное сцепление (С, кгс/см<sup>2</sup>); модуль деформации (Е, кгс/см<sup>2</sup>) и т.д.

Таблица 1.7 – Усредненные характеристики отдельных строительных отходов

Компонент	Влажность, %	Плотность в плотном теле, кг/м <sup>3</sup>	Плотность в разобранном состоянии, кг/м <sup>3</sup>	Пористость, %	Теплопроводность, Вт/(м·К)
Бой кирпичной кладки	1,8-2,9	1800	1000	32	0,8
Лом тяжелого бетона	13	2400	1000	10	1,16
Лом легкого бетона	13	1000	500	61,5	0,35
Древесные отходы (сосна)	12	500	250	67	0,17
Древесные отходы (древесноволокнистая плита)	12	200	100	86	0,06
Отходы металла	0	7900	900	0	24,3
Отходы стекла	0	2650	1000	0	0,58

3. По гидрофизическим параметрам. В них входят:

- влажность (%), значимый параметр для процесса подготовки и приготовления материалов и изделий, при котором, как правило, выделяется большое количество пыли, кроме того, например, при производстве вторичного бетона она влияет на водоцементное отношение;

- водопоглощение: бетона – 3,8-4,6%; кирпича – 3,3-4,2%.

4. По теплофизическим параметрам. К ним относятся:

- удельная низшая теплота сгорания, которая составляет 14460кДж/кг, 3460ккал/кг;

- удельная теплоёмкость (Дж/(кг·°C)): древесные отходы- 2000-2500; отходы стекла; кирпичной кладки – 800-1000; отходы металла – 400;

- теплота сгорания деревянных конструкций – 3200-3400 ккал/кг и т.д.

Анализируя процессы, происходящие в строительных конструкциях зданий при ремонтно-восстановительных работах, можно выделить следующие параметры среды:

- геометрические (ГП<sub>дф</sub>, ГП<sub>дс</sub>) – толщина, высота, ширина, длина и площадь элемента; площадь поперечного сечения, объём дисперсной фазы и среды, др.;

- объемно-планировочные (ОП<sub>дф</sub>, ОП<sub>дс</sub>), например, форма в плане, длина, ширина и высота здания, расстояние между отдельными объёмами дисперсной фазы и дисперсионной среды и т.д.;

- конструктивные ( $K_{дф}$ ,  $K_{дс}$ ), такие как: схема и элементы остова здания; ограждающие конструкции; тип перегородок, покрытия и перекрытия; заполнения проемов (оконных и дверных) и прочие;

- техническое состояние строительных конструкций ( $ТС_{дф}$ ,  $ТС_{дс}$ ) – поврежденность, надежность, долговечность (время проведения капитального ремонта, время наступления опасности обрушения) и пр.;

- климатические ( $КП_{дф}$ ,  $КП_{дс}$ ), например, средняя температура воздуха, ветровой и снеговой район, нормативная глубина промерзания и пр.

Таким образом, при определении основных свойств дисперсионной среды и дисперсной фазы установлены параметры фазовых элементов, которые раскрывают характеристики среды процесса восстановления конструкций зданий [75]:

$$СП_{вкз} = f_1((СПС_{дф}), (СПС_{дс})) = f_1(f_{1-1}(ГП_{дф}, ОП_{дф}, K_{дф}, ТС_{дф}, КП_{дф}), f_{1-2}(ГП_{дс}, ОП_{дс}, K_{дс}, ТС_{дс}, КП_{дс})), \quad (1.12)$$

где  $СП_{вкз}$ ,  $СПС_{дф}$ ,  $СПС_{дс}$  – совокупность параметров среды процесса восстановления конструкций зданий.

Среда существования строительных конструкций здания классифицируется группами:

1. Геометрические параметры, характеризующие различные величины элементов здания. Главные геометрические параметры образующихся строительных отходов зависят от методов воздействия, а также типа конструкций, относительно которых применено воздействие. Линейные размеры демонтируемых элементов необходимо принимать в соответствии с проектными значениями.

Среди основных геометрических параметров, характеризующих различные величины конструктивных элементов здания можно выделить: толщину защитного слоя (мм); диаметр арматуры и нахождение в бетонных конструкциях (мм); толщину коррозии, уменьшение поперечного сечения арматуры (мм); размер продольных и поперечных сечений (м); линейные деформации (мм) и т.д.

2. Объемно-планировочные параметры, включают:

- строительный объём,  $m^3$ ;
- общую площадь,  $m^2$ ;

- высоту этажа, м;
- расстояние между несущими конструкциями, м;
- схему здания (секционная, коридорная, галерейная, смешанная и т.д.);
- форму в плане (прямоугольная, Г-образная, П-образная и т.д.).

3. Конструктивные параметры. К ним относятся (см. рисунок 1.5): основные несущие элементы (колонны, стены, перекрытия и т.д.); ограждающие конструкции (кирпичная стена, стеновая панель и т.д.); перегородки (толщина, высота (м)); конструкции покрытия (толщина покрытия (мм)); конструкции перекрытия (толщина, длина, ширина (м)); конструкции кровли (шаг стропильной системы, величина элементов кровли (м)) и пр.

4. Параметры технического состояния строительных конструкций, характеризуют эксплуатационную пригодность, которая включает (таблица 1.8):

- поврежденность  $E$ , %;
- среднюю относительную надежность  $u$ ;
- срок эксплуатации  $\lambda$ , лет;
- коэффициент надежности  $\gamma$ .

Распространёнными дефектами в строительных конструкциях в зависимости от типа материала являются:

- в деревянных: механические повреждения (мм); увлажнение (%); биопоражение (мм); поражения гнилью (мм); провисания (мм) и другие;
- в металлических: коррозия; дефекты сварных соединений (неравномерное сечение шва, кратеры; непровары; включения дутиков; прожоги; наплывы; трещины); механические повреждения, искривление; потеря устойчивости, изгиб; трещины в стыковых и нахлесточных соединениях и другие;
- в железобетонных: коррозия арматуры и материала; трещины; сколы граней; отслоение защитного слоя; разрушение от размораживания (мм) и т.п.;
- в каменных: разнонаправленные трещины; разрушение кладки, физическое и химическое разрушение и/или вымывание водой раствора кладки, сколы кладки (мм) и т.д.



Таблица 1.8 – Значения параметров технического состояния конструкций

Характеристики	Эксплуатационные состояния		
	Удовлетворительное	Неудовлетворительное	Аварийное
Полный коэффициент надежности $\gamma$ при разрушении по: арматуре бетону	$>1,35$	1,21...1,35	1...1,2
	$>1,54$	1,21...1,54	1...1,2
Относительная надежность $u$	$>(0,77...0,9)$	0,61...0,9	0,5...0,8
Средняя относительная надежность $u$	0,85	0,75	0,65
Средняя величина поврежденности $E_{CP}$	0,15	0,25	0,35

5. Климатические параметры, к которым можно отнести:

- нормативную ветровую нагрузку, кгс/м<sup>2</sup>;
- снеговую нагрузку, кгс/м<sup>2</sup>;
- глубину промерзания, м;
- среднегодовую температуру воздуха, °С;
- количество осадков за год, мм и т.п.

С энергетической точки зрения процесс образования, накопления и распространения строительных отходов на практике протекает длительное время, поэтому их энергетические параметры целесообразно выражать мощностью (Вт), приведенной к единице времени.

Согласно работам ряда исследователей, устойчивость является результирующей характеристикой, определяющей поведение и существование загрязняющего вещества (строительных отходов) как дисперсной системы, т.е. параметром его «жизнеспособности» [13, 111]. Чем более устойчива система, тем медленнее изменяются ее параметры и наоборот.

Приобретение, распределение и расход энергии строительных отходов количественно характеризуются энергетическими параметрами ( $W_{CO}$ ) дисперсной фазы ( $W_{дф}$ ) и дисперсионной среды ( $W_{дс}$ ) строительных отходов, что предполагает возможность перераспределения отдельных её видов, отражающих особенности суще-

ствования строительных отходов. Обладая определенным запасом суммарной свободной энергии (энергии активации), строительные отходы проявляют в окружающей среде особенности своего поведения, что, в конечном счете, сказывается на их устойчивости:  $W_{CO} \sim U_{CO}$ . Отсюда следует, что устойчивость строительных отходов ( $U_{CO}$ ) является результирующей характеристикой, определяющей способность строительных отходов сопротивляться внешним воздействиям, что происходит при изменении энергии строительных отходов ( $W_{CO}$ ), которая в свою очередь зависит от параметров свойств строительных отходов ( $СП_{CO}$ ), формирующихся в среде, образованной процессом восстановления конструкций здания ( $СП_{вкз}$ ).

По результатам анализа можно сделать следующие выводы:

1. Определены основные виды строительных отходов, образующихся при восстановлении зданий.
2. Установлены классификационные признаки и соответствующие характеристики строительных отходов с точки зрения их повторного использования.
3. По результатам анализа процессов, протекающих в строительных отходах и среде существования строительных конструкций, нами предложены группы параметров их свойств.
4. Описаны параметры, определяющие состояние строительных отходов и среды существования строительных конструкций в качестве дисперсной фазы и дисперсионной среды.
5. Установлены факторы, определяющие устойчивость строительных отходов при восстановлении технического состояния здания.

Таким образом, рассматривая строительные отходы с позиции теории устойчивости дисперсных систем, можно предположить, что основные пути решения проблемы уменьшения их поступления в окружающую среду заключаются в разрушении их как дисперсной системы за счет полной потери устойчивости. На основании проведенных исследований, установлены параметры свойств строительных отходов, характеризующие их состояние, что позволяет управлять их поведением и, в конечном счете, снизить загрязнение окружающей среды при восстановлении конструкций зданий.

## 1.5 Анализ особенностей использования строительных отходов

В настоящее время применяют два способа утилизации строительных отходов: захоронение на специализированных полигонах и свалках, а также использование при производстве строительных материалов.

В РФ преобладает первый подход, но опыт европейских стран, Японии и США говорит о том, что рациональнее использовать отходы как вторичное сырье. Отсутствие широкого распространения специализированных полигонов для захоронения строительных отходов обусловлено тем, что они обычно используются в качестве разделяющего покрова на существующих полигонах ТКО [97].

Для создания благоприятных условий рационального использования строительных отходов необходимо усовершенствование процесса восстановления конструкций здания. Примером такой работы может служить распоряжение Администрации г. Санкт-Петербург от 15.05.2003 №1112-ра [118]. В нём представлен определенный свод правил обращения со строительными отходами в городе, предусматривающий разработку технологического регламента по сбору, использованию, обезвреживанию, транспортированию и размещению отходов при составлении проектной документации, а также формирование банка данных [135].

Следует отметить, что территориальные строительные нормы Московской области [117] предусматривают раздвоение полигонов в зависимости от состава. На первый тип специально отведенной и подготовленной территории необходимо транспортировать отходы нового строительства, сноса и реконструкции, а также древесные и грунтовые, на второй – четвертого класса опасности [136].

Работа по уменьшению загрязнения окружающей среды при восстановлении конструкций здания и материальному снабжению производства вторичным сырьем также ведется Правительством Российской Федерации [83]. На сегодняшний день система правового регулирования ориентирована на управление обращения со строительными отходами как одним из видов загрязнения ОС, что практически исключает их использование [151].

Отсутствие таких базовых понятий, как "вторичные материал" и "вторичное сырье" в ФЗ [83] указывает на необходимость развития правовой базы, в связи с

чем изготовление строительных изделий представляется отраслью, которая способна эффективно использовать строительные отходы в своей деятельности.

Подготовка использования строительных отходов в качестве материала заполнителя во всеобщей практике производится по следующим вариантам [89]:

1. Транспортировка с рабочей площадки на фабрику (завод) по изготовлению заполнителей, далее подготовленный материал попадает на производство.
2. Переработка непосредственно на строительной площадке (измельчение, сортировка), далее транспортировка до производства.
3. Переработка и применение на рабочей площадке.

По первому варианту необходимо совершить две транспортные операции, по второму – одну, в третьем варианте нет необходимости в перевозке за пределы границ территории объекта.

В РФ пользуется популярностью второй вариант, когда произведенный вторичный материал применяется для создания щебеночной подготовки дорог и оснований. Наиболее эффективный вариант использования строительных отходов третий.

Последние научные достижения доказывают, что бетон маркой по прочности до 40 МПа возможно получить из дробленых продуктов бетона, заменив им крупный и мелкий заполнитель, не исключив песчанопылеватую фракцию с дополнением специальными добавками ГКЖ-94 и ПВА (соотношение Ц/П= 1:3, В/Ц = 0,54). Нужно отметить, что добиться таких результатов стало возможно даже без предварительного распределения фракций на пылевую, песчаную и щебеночную. Получить высокие показатели прочности стало возможным после добавления в бетонную смесь специальных добавок. Практической ценностью работы [102] являются составы мелкозернистых (таблица 1.9) и тяжелых бетонов (таблица 1.10) на основе продуктов дробления осколков бетона, что расширяет границы использования вторичных материалов.

Таблица 1.9 – Составы и свойства мелкозернистого бетона

№ п/п	Содержание компонентов, вес частей							Марка по проч- ности R, МПа
	Цемент	Песок	Песчанопылевая фракция измельчен- ного бетона		Водоце- ментное соотноше- ние (В/Ц)	Вводимое вещество		
			<0,14 мм	0,14-5,0 мм		ПВА	ГКЖ-94	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	1,5	0,35	1,15	0,42	0,02	0,01	53,7
2	1	1,5	0,35	1,15	0,51	-	-	40,3
3	1	-	0,69	2,31	0,43	0,02	0,01	48,4
4	1	-	0,69	2,31	0,46	0,04	-	43,4
5	1	-	0,69	2,31	0,48	-	0,01	42,6

Другим примером могут служить Японские стандарты к качеству конструкций на вторичном заполнителе из бетонных обломков (таблицы 1.11 и 1.12) [146].

Проанализировав данные литературных источников, можно прийти к выводу, что широкое использование в качестве вторичного сырья в изготовлении бетона получили такие строительные отходы, которые возможно разбить на 3 типа: каменные, железобетонные и деревянные [101]. Все из вышперечисленных материалов могут быть применены в качестве крупного и мелкого заполнителя, каменные и железобетонные (после подготовки) для – мелкозернистого, легкого и тяжелого бетона, а деревянные отходы – для опилкобетона, который обладает высокими теплоизолирующими характеристиками [22].

Таблица 1.10 – Составы и свойства тяжелого бетона

№ п/п	Расход компонентов (кг) на 1м <sup>3</sup> бетонной смеси								
	Цемент	Песок	Песок из продуктов дробления отходов бетона		Фракция щебня из измельченных отходов бетона		Вода	ГКЖ- 94	ПВА
			0,16-5,0 мм (песок)	<0,16 мм (пыль)	5-20 мм	20-40 мм			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	367	312	286	92	859	378	176	4	7,5
2	378	616	-	-	896	397	185	4	7,5
3	356	-	580	121	844	374	174	4	7,5
4	371	605	-	-	879	389	185	-	15
5	342	-	557	116	810	359	205	-	-

Таблица 1.11 – Физико-механические свойства вторичных бетонов

Наименование показателей	Значение показателей	
	На природном заполнителе	Из продуктов дробления бетонных обломков
Расход цемента, кг/м <sup>3</sup>	370	411
Водоцементное отношение, В/Ц	0,43	0,45
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	2344	2267
Прочность при сжатии в 28 сут., МПа	53,4	57,1
Пиковые деформации, %	1,9	3,2
Модуль упругости, МПа	37400	30800

Таблица 1.12 – Использование вторичных бетонов

Вид заполнителя	Область применения	Марка по прочности, МПа	
		Проектная	Фактическая
Песок + щебень из продуктов дробления отходов бетона	Здания высотой до пяти этажей, конструкции фундаментов производственных и складских объектов	18	30
Песок + песок из продуктов дробления отходов бетона + щебень из продуктов дробления отходов бетона	ФБС, гаражи, неподвижные части машин и механизмов, легкие подсобные помещения	15	27
Песок из продуктов дробления отходов бетона + щебень из продуктов дробления отходов бетона	Фундаменты под легкие конструкции (ворота, забор и т.д.)	12	24

Использование строительных отходов является ресурсосберегающим фактором, уменьшает загрязнение ОС, что сохраняет невозполнимые источники природных ресурсов.

Для переработки строительных отходов используется, как правило, технологическое оборудование по демонтажу, измельчению и фракционированию.

Наиболее распространённые методы подготовки строительных отходов к использованию описаны на рисунке 1.7. Измельчение и сортировка строительных отходов по крупности обычно применяются при утилизации и переработке. Эффективность их использования увеличивается с минимизацией размеров отдельных компонентов. Это значит, что предание строительным отходам меньших геометрических характеристик – это, как правило, является первым этапом переработки.



Рисунок 1.7 – Методы подготовки строительных отходов к использованию

Главными характеристиками процесса является энергоемкость и степень дробления  $i$ , которая рассчитывается по формуле

$$i = D_{max} / d_{max} , \quad (1.13)$$

где  $D_{max}$ ,  $d_{max}$  – максимальный диаметр зерен материала до и после дробления соответственно.

Энергоемкость дробления учитывает расход электроэнергии и изменяется в зависимости от величины необходимой фракции и физико-механических свойств строительных отходов, определяется по формуле

$$E = N / Q, \quad (1.14)$$

где  $Q$  – производительность, кг/ч;  $N$  – мощность, потребляемая двигателем, кВт.

Сортировка строительных отходов при измельчении имеет распространённое технологическое значение при их использовании. Методом, наиболее часто применяемым в мобильных передвижных технических изделиях, является процесс грохочения.

При грохочении строительные отходы распределяют на две части: фракция, величиной крупнее отверстий разделяющей поверхности, и меньше величин отверстий, которые попали в собирательную камеру.

Эффективность процесса грохочения  $E$  (%) определяется по формуле

$$E=10^4(C_B-C_H)/C_B(100-C_H), \quad (1.15)$$

где  $C_B$  и  $C_H$  – содержание соответственно верхнего и нижнего классов в исходном материале, %.

Производительность  $Q$  (м<sup>3</sup>/ч) неподвижных колосниковых грохотов рассчитывается по формуле

$$Q = q \cdot S, \quad (1.16)$$

где  $q$ - удельный объем производительности по питанию, м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>·ч);  $S$ - площадь решетки, м<sup>2</sup> [22].

Анализ показал, что эффективнее всего использовать технологическое оборудование по приданию необходимой фракции материалу внутри строительной площадки. Для дробления и сортировки отходов существует мобильное технологическое оборудование, например СМД-27Б [46].

Внедрение мобильных инженерно-технических изделий позволяет значительно увеличить экономическую эффективность данного процесса.

Дальнейшее развитие теории и практики применения материалов и изделий с содержанием подготовленных и переработанных строительных отходов состоит в расширении знания их приготовления и использования (создания новых составов, конструирования новых энергоэффективных технических изделий и т.п.).

Проанализировав все вышесказанное, можно сделать выводы:

1. Вторичная переработка строительных отходов решает задачу материального снабжения объекта строительства дешевым сырьем, а также ресурсосбережения природных ресурсов.
2. Достижения исследований в сфере применения каменных, железобетонных и древесных строительных отходов в качестве крупного и мелкого заполнителя при производстве различных видов материалов и изделий указывают, что их свойства сопоставимы с традиционно применяемыми на первичном заполнителе, а высокий спрос указывает на рациональность их использования.
3. Применение строительных отходов наиболее эффективно следует производить на месте демонтажных работ, реализуя процесс посредством технологии,



включающей их сортировку, измельчение, подготовку, приготовление и использование.

## 1.6 Выводы по 1 главе

1. К задачам по обеспечению экологической безопасности в строительстве в настоящее время относят снижение загрязнения окружающей среды, в том числе уменьшение поступления строительных отходов, образующихся от демонтажа дефектных и поврежденных участков в процессе восстановления технического состояния строительных конструкций зданий.

2. Масса строительных отходов ( $M_{co}$ ), образующихся при восстановлении конструкций здания, зависит от степени его поврежденности ( $E_{зд}$ ).

3. Для разработки методики необходимо применить физико-энергетический подход, который позволит решить задачу по формированию высокоэффективного и экономичного процесса восстановления конструкций зданий.

4. Определены параметры строительных отходов, образующихся при восстановлении конструкций здания, характеризующих их состояние с позиции теории дисперсных систем.

5. Исследования в сфере использования строительных отходов в качестве заполнителя при производстве различных видов материалов и изделий показали, что их свойства сопоставимы с традиционно применяемыми на первичном заполнителе, а высокий спрос указывает на рациональность их применения, что решает проблему материального снабжения объекта строительства дешевым сырьем, а также ресурсосбережения.

## Глава 2 СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ОСНОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ

Капитальный и текущий ремонт, а также реконструкция зданий представляют собой сложный технологичный процесс, включающий различные виды восстановления конструкций, что влечет за собой выделение большого количества строительных отходов [4, 60, 61, 63, 70, 77, 80, 95, 108, 109, 156].

Проведенный нами анализ процесса поступления строительных отходов в окружающую среду при восстановлении конструкций здания показал, что его можно представить этапами: образование, характеризующееся выделением строительных отходов из основной массы конструктивных элементов здания в связи с демонтажем дефектных и поврежденных участков, в результате чего появляется исходная дисперсная система; внутреннее накопление; внутреннее распространение; внешнее выделение; внешнее распространение.

### 2.1 Математическое моделирование существования строительных отходов

#### 2.1.1 Образование

На основании физико-энергетического методического подхода [13, 14, 15, 16], критерием оценки состояния процесса может служить показатель ресурсосбережения. В целях его разработки в первую очередь произведен детальный анализ особенностей влияния поврежденности ( $E_{\text{пл}}$ ) конструктивных элементов объекта на образование строительных отходов. Он позволяет установить характеристики, описывающие дефекты и повреждения зданий. Научные подходы теории надежности строительных конструкций [2, 61, 68, 71, 76, 113, 153] косвенно указывают на то, что процесс изменения поврежденности связан с выделением строительных отходов ( $M_{\text{со}}$ ) при восстановлении конструкций здания.

На основе метода анализа параметров в развитие физико-энергетического методического подхода впервые разработана блок-схема процесса образования строительных отходов при восстановлении конструкций здания с точки зрения начальных параметров их поврежденности ( $E$ ) (рисунок 2.1).

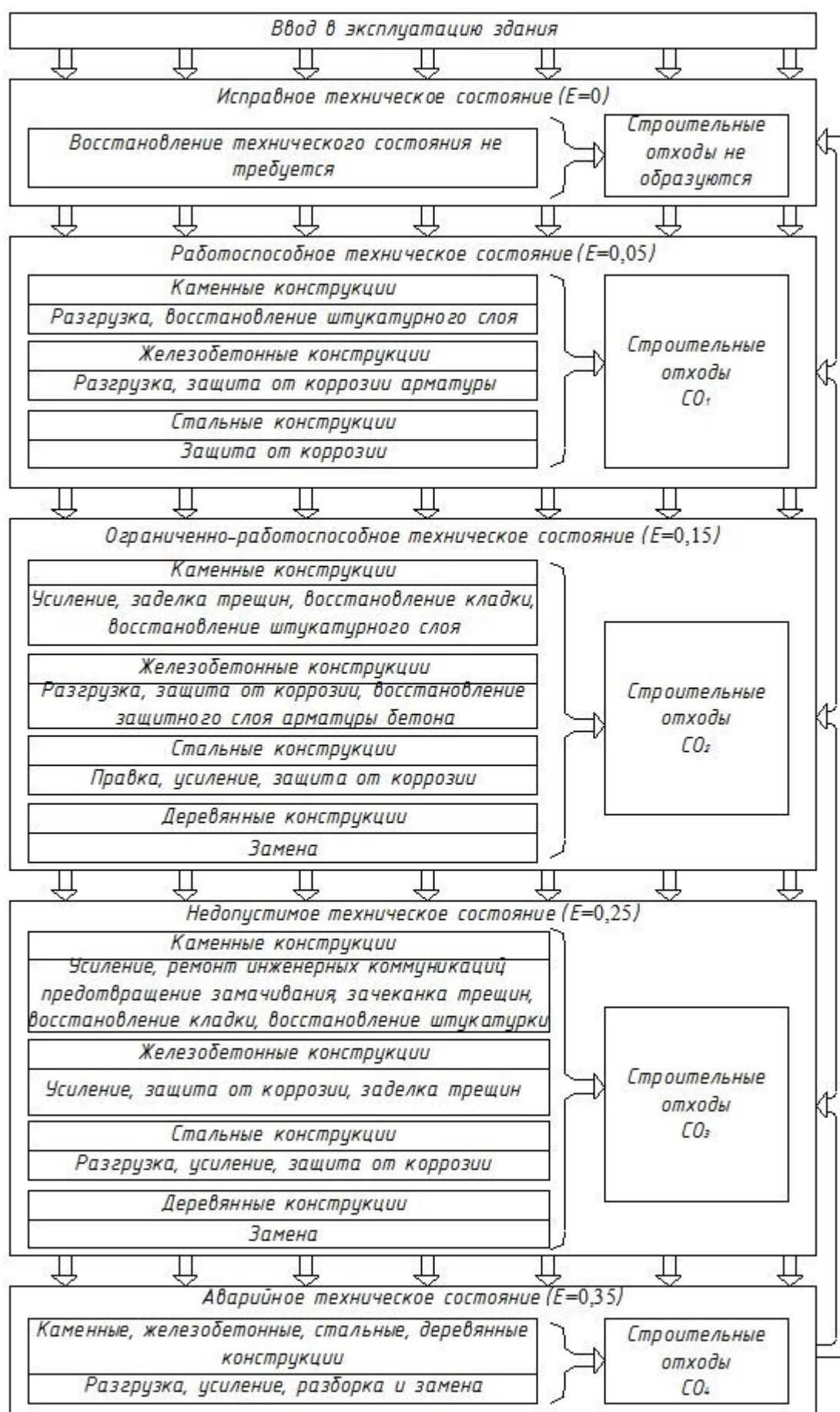


Рисунок 2.1 – Блок-схема процесса образования строительных отходов

В построенной блок-схеме учтены основные характеристики категорий технического состояния (исправного, работоспособного, ограниченно-работоспособного, недопустимого, аварийного). Переход из одной категории в другую в ходе эксплуатации влечет за собой изменение всех параметров процесса.

Одним из основных критериев процесса восстановления конструкций здания является поврежденность ( $E$ ). Её традиционно применяют на практике для расчетов, характеризующих: надежность, остаточный срок службы и другие параметры. Каждой категории технического состояния соответствуют границы поврежденности ( $E$ ), определяемые по таблице Г1 приложения Г. Использование данного параметра повлечет за собой широкое применение разрабатываемой методики в практической деятельности строительной отрасли.

Процесс увеличения поврежденности ( $E$ ) предполагает преобразование параметров конструктивных элементов здания в ходе эксплуатации. Это происходит в результате влияния силовых воздействий, либо внешней среды (осадки, солнечная радиация, ветровая нагрузка, вибрации, шум и т.д.). Обратный процесс восстановления конструкций здания предусматривает комплекс мероприятий, позволяющих улучшить эксплуатационные качества конструкций до исправной категории.

Основными физическими объектами в данном случае являются: строительные конструкции; строительные отходы; технические изделия (экскаваторы, перфораторы, отбойники и др.) и т.п.

Особенностью разработанной блок-схемы является то, что образование строительных отходов рассмотрено как процесс выделения их массы при изменении целостности строительных конструкций (при демонтаже дефектных и поврежденных участков) в ходе восстановительных работ.

Построенная блок-схема (рисунок 2.1) раскрывает особенности первого этапа поступления строительных отходов в окружающую среду, а её сущность выражает математическая модель, представленная формулой:

$$V_{обр} = V_{E=0,35} + V_{E=0,25} + V_{E=0,15} + V_{E=0,05}, \quad (2.1)$$

где  $V_{E=0,35}$ ,  $V_{E=0,25}$ ,  $V_{E=0,15}$ ,  $V_{E=0,05}$  – вероятность реализации процесса восстановления конструкций здания в аварийном, недопустимом, ограниченно-работоспособном, работоспособном техническом состоянии соответственно.

При определении значения поврежденности ( $E$ ) учитываются их наибольшие показатели по причине того, что аварии происходят в результате существования критичного дефекта.

В целях определения массы образующихся строительных отходов за основу принята методика оценки надёжности строительных конструкций зданий и сооружений по внешним признакам [38, 39]. В ней описаны категории технического состояния, зависящие от поврежденности ( $E$ ) отдельных видов конструктивных элементов объекта (приложение Г, таблицы Г1- Г5).

Рассмотрен общий случай образования строительных отходов при восстановлении конструкций зданий. Согласно принятой методике распределим строительные конструкции по типу материала на каменные, железобетонные, стальные и деревянные. Кроме того, изменение поврежденности ( $E$ ) при эксплуатации здания происходит посредством силового воздействия и внешней среды.

При поврежденности ( $E$ ) здания соответствующей *исправному* состоянию ( $0 \leq E < 0,05$ ) (приложение Г, таблица Г1) потребности в ремонте нет, поэтому образование строительных отходов не происходит.

Рассмотрев *работоспособное* техническое состояние (поврежденность  $0,05 \leq E < 0,15$ ) по данным, приведенным в приложении Г таблице Г1, нормативные условия эксплуатации гарантированы, необходима ликвидация незначительных недочетов.

При *силовых воздействиях* (приложение Г, таблицы Г1-Г5):

1. В каменных конструкциях образуются трещины, проходящие через 2 ряда кладки максимум. В узлах стыка потолков и перегородок появляются трещины до 2 мм. Причиной является перегрузка конструкций. Для приведения конструкций в работоспособное техническое состояние необходимо минимизировать нагрузки, требуется мониторинг. Данные мероприятия не связаны с образованием строительного мусора.

2. В железобетонных конструкциях образуются трещины в растянутой части изгибаемых элементов с максимальной шириной трещины до 0,3 мм, в рустах плит перекрытий (покрытий) достигают 2 мм. Причиной служит влияние изгибающего момента вследствие перегрузки. Для приведения конструкций в работоспособное техническое состояние необходимо защитить от коррозии арматурные стержни. Данные мероприятия не связаны с образованием строительного мусора.

3. В стальных конструкциях строительные отходы образовываться не будут в связи с отсутствием потребности в ремонтных работах.

4. В деревянных конструкциях образование строительных отходов равно 0.

*При воздействиях внешней среды:*

1. В каменных конструкциях происходит физическое и химическое разрушение раствора из швов кладки размером до 1 см, растрескивание и шелушение поверхности, отслоение фактурного слоя панелей стен и отпадение штукатурки местами, сетчатые трещины размером от 0,1 до 0,2 мм на поверхностях панелей и блоков (рисунок 2.2, а, б, в, г). Поврежденный штукатурный слой демонтируется. При ремонте образуются строительные отходы штукатурки.

2. В железобетонных конструкциях появляются следы коррозии конструктивной арматуры. Для приведения конструкций в работоспособное техническое состояние необходимо защитить от коррозии арматурные стержни. Образование строительных отходов равно 0.

3. В стальных конструкциях происходит местное разрушение защитного покрытия, на отдельных зонах коррозия участками с уменьшением площади поперечного сечения до 5 % (рисунок 2.2, д). Ремонт не связан с образованием строительных отходов.

4. В деревянных конструкциях образование строительных отходов равно 0.

Следующей категории технического состояния соответствует поврежденность здания, находящаяся в границах  $0,15 \leq E < 0,25$  (*ограниченно-работоспособное*). Для продолжения нормальной эксплуатации необходим ремонт по ликвидации поврежденных конструкций (приложение Г, таблица Г1).



а, б – разрушение штукатурного слоя торцевого и главного фасадов соответственно; в, г – выветривание и выщелачивание раствора кирпичной кладки наружных несущих стен здания выхода на кровлю и зоны карниза соответственно; д – поверхностная коррозия металлического уголка фермы покрытия

Рисунок 2.2 – Общие виды дефектов эксплуатируемого здания в г. Ростов-на-Дону  
 Для ограниченно-работоспособного состояния строительных конструкции на основании данных (приложение Г, таблицы Г1-Г5) *при силовых воздействиях*:

1. В каменных конструкциях. В кирпичных стенах образуются трещины не более чем через четыре ряда кладки. Причиной повреждения является перегрузка. Для приведения конструкций в работоспособное техническое состояние необходимо исключить перегрузку, требуется мониторинг. Возникают вертикальные трещины раскрытием до 2 мм в кладке, блоках и перемычках продольных стен,

а также горизонтальные трещины между перегородками и перекрытием (покрытием) шириной раскрытия до 10 мм. В процессе ремонта необходимо усиление мест сопряжений стен и заделка трещин. Ремонтные работы не связаны с образованием строительных отходов.

2. В железобетонных конструкциях образуются трещины в растянутой части элементов шириной раскрытия до 0,5 мм, происходит перемещение сборных железобетонных плит перекрытий (покрытия) по высоте на расстояние до 30 мм. Причиной повреждения служит действие изгибающего момента при перегрузке. Для устранения дефектов необходимо защитить от коррозии арматурные стержни. Мероприятия по ремонту не связаны с образованием строительных отходов.

3. В стальных конструкциях образуются относительные прогибы изгибаемых элементов до 1/150 пролета. Причиной образования прогибов являются локальные перегрузки, удары. Для устранения повреждения необходимо устранить и усилить дефектные участки. Образование строительных отходов равно 0.

4. В деревянных конструкциях образуются прогибы изгибаемых конструкций, которые превышают нормативные значения. Причиной повреждений является перегрузка, существующие дефекты свидетельствуют о снижении наибольшей нагрузки, которую способен выдержать деревянный элемент. Для устранения дефектов необходимо демонтировать деревянные элементы и заменить их. В процессе ремонтных работ образуются строительные отходы.

*При воздействиях внешней среды:*

1. В каменных конструкциях происходит нарушение целостности материала кладки или отслоение облицовки на глубину до 15 % толщины стены. Для устранения повреждений необходимо произвести поверочный расчет наибольшей нагрузки, которую способна выдержать конструкция (рисунок 2.3, а, б). В случае, если расчетом не подтверждается достаточная несущая способность, необходимы временные усиления. Для устранения дефекта необходимо демонтировать разрушенную облицовочную кирпичную кладку, а затем восстановить проектную толщину конструкции [112]. В процессе ремонтных работ образуются строительные



отходы каменных стен (на глубину 15%) и штукатурки.



а, б – разрушение кирпичной кладки несущей наружной стены на глубину до 50 и 40 мм соответственно; в, г – разрушение защитного слоя бетона арматуры железобетонного перекрытия подвального этажа, пластинчатая коррозия несущей металлической балки двутаврового сечения до 20% площади поперечного сечения. Рисунок 2.3 – Общие виды дефектов эксплуатируемого здания в г. Ростов-на-Дону

2. В железобетонных конструкциях происходит образование продольных трещин вдоль рабочей арматуры в результате ее коррозии (рисунок 2.3, в, г). Для устранения дефекта необходимо восстановить поврежденный защитный слой бетона. В процессе ремонтных работ демонтируется защитный слой арматуры, создавая строительные отходы.

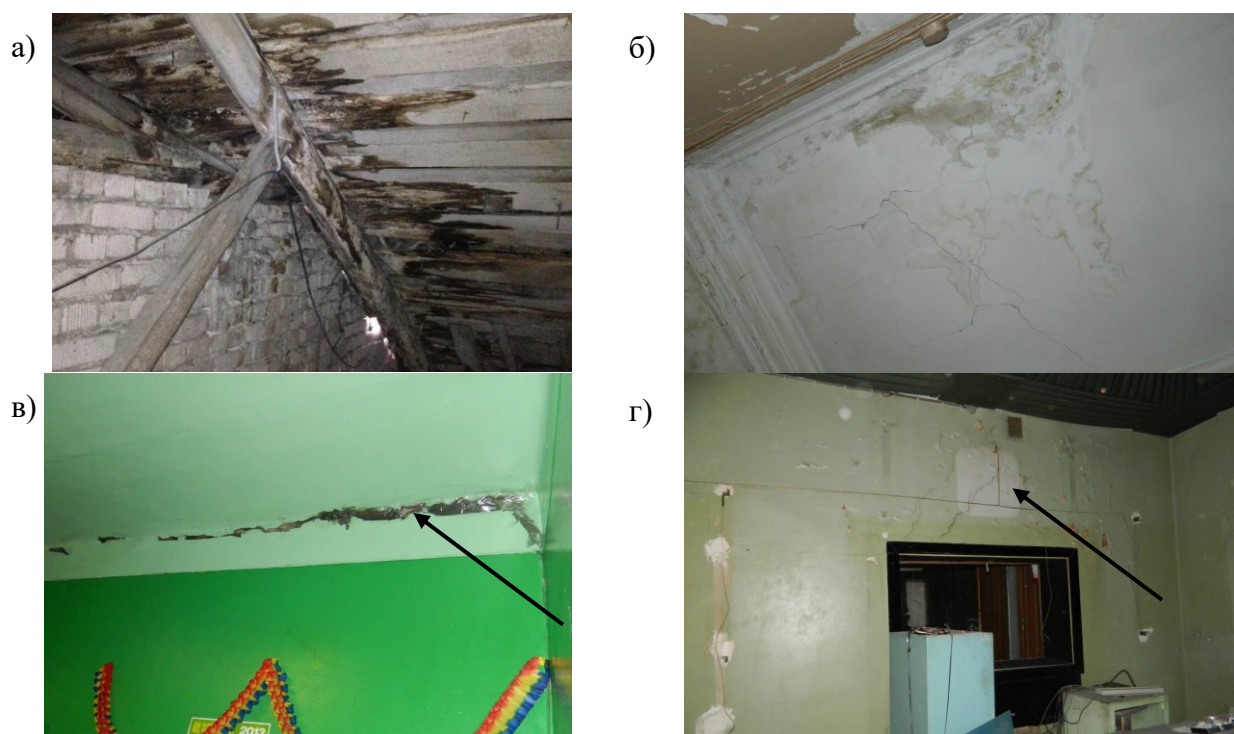
3. В стальных конструкциях образуется пластинчатая ржавчина с уменьшением сечения элементов до 10% сечения по причине коррозии (рисунок 2.3, в, г). При ремонте значительных отходов не создается.

4. В деревянных конструкциях фиксируются признаки протечек, гниль мауэрлата и участков стропильных элементов, уменьшающие прочность до 15 % (рисунок 2.4, а, б). Для устранения дефектов необходимо демонтировать деревянные элементы и заменить их, за счет чего образуются строительные отходы.

При поврежденности здания в пределах  $0,25 \leq E < 0,35$  (*недопустимое* состояние), таблица Г1 приложения Г, указывает на то, что для продолжения эксплуатации требуются ремонтные работы, в которые также входят мероприятия по усилению деревянных элементов.

Для недопустимого состояния строительных конструкции на основании данных, приведенных в приложении Г, таблицах Г1- Г5, *при силовых воздействиях*:

1. В каменных конструкциях. В кладке стен и столбов образуются: трещины, проходящие больше четырех рядов кладки; вертикальные трещины в сопряжении поперечных и продольных стен; вертикальные сквозные трещины в поперечных и продольных стенах по высоте здания по ослабленным или сплошным проемам (окна, двери, технологические отверстия и т.п.), или рустам панелей с максимальным значением до 10 мм; наклонные трещины в простенках до 3 мм; вертикальные трещины по перемычкам до 3 мм, на участках монтажа балконных плит; наклонные и вертикальные трещины перемещения в верхних этажах с максимальным значением раскрытия до 10 мм на участках пересечения стен с различными значениями нагрузки; вертикальные трещины на участках опирания ферм или балок длиной до 20 см; трещины в перегородках более 10 мм (рисунок 2.4, в, г). Причинами повреждения являются неравномерные деформации системы «основания-фундаменты», морозное пучение и др. Для восстановления здания необходимо устранение неравномерных деформаций, увеличение пространственной жесткости здания, зачеканка трещин. Данные мероприятия не связаны с образованием строительного мусора. Предотвращение неравномерных деформаций влечет за собой: усиление фундаментов и увеличение пространственной жесткости; ремонт инженерных коммуникаций, что устранит протечки и остановит замачивание и т.д. При ремонте образуются строительные отходы демонтированной штукатурки.



а, б – течи кровли, замачивание, загнивание обрешетки и стропильных ног кровли; б – замачивание, загнивание деревянных прогонов перекрытия; в – горизонтальная трещина примыкания перекрытия к поперечной несущей стене шириной раскрытия до 25 мм; г – наклонная сквозная трещина на всю высоту этажа, проходящая через дверной проём.

Рисунок 2.4 – Общие виды дефектов эксплуатируемого здания в г. Ростов-на-Дону

2. В железобетонных конструкциях ширина раскрытия нормальных трещин изгибаемых конструкций на растянутых участках достигает 1 мм, прогибы составляют до 0,0125 пролета. Причиной повреждения может служить уменьшение прочности бетона бетонных или железобетонных конструкций, влияние изгибающего момента при перегрузке, уменьшение площади поперечного сечения арматурных стержней. Для ремонта дефектных участков железобетонных конструкций применяют мероприятия по увеличению сечений, защите от коррозии, а также заделке трещин. В процессе ремонтных работ образуются строительные отходы демонтированного защитного слоя арматуры бетона.

3. В стальных конструкциях прогибы изгибаемых элементов достигают 0,0125 пролета. Причиной повреждения является перегрузка, ослабление в результате пожара или коррозии. Для ремонта дефектных участков применяют меропри-

ятия по разгрузке и усилению данных элементов. Строительные отходы не образуются.

4. В деревянных конструкциях возникают прогибы изгибаемых конструкций до 0,0125 пролета. На отдельных участках, в узлах, работающих на скалывание, возникают трещины. Причиной повреждений является перегрузка по причине снижения проектной наибольшей нагрузки, которую способна выдержать конструкция. Для устранения дефектов необходимо демонтировать деревянные элементы и заменить их. При этом образуются строительные отходы.

*При воздействиях внешней среды:*

1. В каменных конструкциях образуются следующие дефекты: нарушение целостности материала кладки или отслоения облицовки до 25% толщины стены; выпучивание и наклон стен и фундаментов в границах этажа не более чем на 0,166 их толщины; выпучивание перегородок; отклонения кирпичных колонн и столбов от вертикали более 3 см. Необходим поверочный расчет наибольшей нагрузки, которую способна выдержать конструкция и, при необходимости, усиление путем установки дополнительных стоек, упоров, стяжек, расчалок. При ремонте дефектов необходимо восстановление поврежденных участков и заделка трещин [112]. Образуются строительные отходы каменных стен (на глубину 25%) и штукатурки.

2. В железобетонных конструкциях наблюдается отслоение защитного слоя бетона с уменьшением поперечного сечения арматурных стержней до 15% вследствие коррозии. Происходит снижение прочности на сжатие до 30 %. Ремонт предполагает усиление согласно расчетным данным, защиту от коррозии арматуры, заделку трещин. В процессе ремонтных работ демонтируется защитный слой арматуры железобетонных конструкций, что образует строительные отходы.

3. В стальных конструкциях происходит уменьшение площади поперечного сечения до 25%, отклонение ферм от вертикальной плоскости превышает 15 мм. Для ремонта дефектных участков применяют мероприятия по их усилению. Строительные отходы не образуются.

4. В деревянных конструкциях появляется гниль в узлах заделки несущих

элементов кровли, снижающая прочность до 25%. Для устранения дефектов необходимо демонтировать элементы и заменить их, за счет чего образуются строительные отходы.

В заключении, при поврежденности здания в границах  $0,35 \leq E \leq 1$  (*аварийное состояние*), по данным таблицы Г.1 приложения Г, типичные дефекты указывают на то, что существует вероятность нарушения устойчивого состояния конструкций, требуется их немедленная разгрузка и устройство временных креплений, либо их полный демонтаж.

В том случае, если силовые и внешние воздействия среды влияют на строительные конструкции здания таким образом, что при этом значение поврежденности ( $E$ ) приближено к 1, восстановление технических характеристик будет иметь физический смысл сплошной замены всех строительных конструкций. Из этого следует, что образовавшиеся строительные отходы будут равны полному объему строительных конструкций здания.

Таким образом, в дальнейших исследованиях процесса уменьшения поступления строительных отходов в ОС для их описания и оценки необходимо использовать значения массы их образования. Такие параметры напрямую указывают на экологическую эффективность мероприятий по обеспечению экологической безопасности восстанавливаемых объектов строительства.

Исходя из всего вышесказанного можно заключить, что важнейшими результирующими параметрами образования строительных отходов в процессе восстановления конструкций здания являются фактически образующаяся от демонтажа дефектных и поврежденных участков масса строительных отходов ( $M_{co}$ ) и поврежденность ( $E$ ) строительных конструкций.

Математическая модель процесса образования строительных отходов (рисунок 2.1) и описанные изменения целостности строительных конструкций и их отдельных элементов (слоёв, рядов, частей и т.д.) характеризуют вероятность выделения массы строительных отходов при устранении дефектов, накопленных в период эксплуатации, с целью приведения здания в нормативное состояние. Причем

масса строительных отходов увеличивается при повышении степени поврежденности ( $E$ ) строительных конструкций здания.

Это позволяет разработать критерий ресурсосбережения, который главным образом будет зависеть от начальных условий поврежденности ( $E$ ).

### ***2.1.2 Поступление в окружающую среду***

На сегодняшний день существует метод формирования высокоэффективных и экономичных систем обеспыливания воздуха, разработанный согласно физико-энергетической концепции описания процессов загрязнения и снижения загрязнения [15], а также выполненные на его основе методики оценки и выбора систем снижения негативного воздействия загрязняющих веществ, рассмотренных как дисперсные системы, на окружающую среду [13, 14]. Однако возможности уменьшения поступления строительных отходов в окружающую среду при ремонтно-восстановительных работах изучены не были.

В соответствии с впервые примененным физико-энергетическим методологическим подходом к условиям уменьшения поступления строительных отходов в окружающую среду за счёт их использования при ремонтно-восстановительных работах, предварительно произведен детальный анализ взаимодействия строительных отходов с окружающей средой для рассматриваемого процесса. Он производился на основании обобщенной блок-схемы физической модели процесса загрязнения воздушной среды и разработанных на её основе других физических моделей [16]. В ней рассматриваются объекты, участвующие в процессе, а их параметры определяются особенностями взаимодействия. Для рассматриваемого процесса предварительно:

- выявлены и проанализированы главные этапы процесса поступления строительных отходов в окружающую среду;

- выделены основные физические объекты, вступающие во взаимодействие со строительными отходами на стадиях их образования, внутреннего накопления в объеме помещения, внешнего выделения в ОС, а также распространения во внутреннем объеме помещения и прилегающей к объекту территории.

При использовании метода анализа параметров физическая модель загрязнения ОС твердыми отходами [13] адаптирована к процессу поступления строительных отходов в окружающую среду, рисунок 2.5 наглядно иллюстрирует его структуру и изменение в исследуемых условиях строительной деятельности внутри здания [75]. Это позволяет сделать вывод, что в этом случае процесс загрязнения включает следующие основные этапы:

1. Процесс образования строительных отходов ( $PCO_1$ ). Основными взаимодействующими объектами являются технические изделия (строительная техника) и строительные конструкции (стены, перекрытия, покрытия, фундаменты, балки и т.д.).

2. Внутреннее накопление строительных отходов ( $PCO_2$ ) происходит от технических изделий. Основным объектом, принимающим участие в процессе, является внутренний источник поступления и накопления – рабочая зона. В ней происходит отделение частиц строительных отходов от конструктивных элементов во внутренний объем здания.

3. Внутреннее распространение ( $PCO_3$ ). Движение частиц строительных отходов внутри помещений. На этой стадии в качестве основных физических объектов участвуют внутренний объем здания, его подстилающая поверхность и строительные отходы.

4. Внешнее выделение ( $PCO_4$ ). Характеризуется выделением частиц строительных отходов из внутреннего объема здания через внешний источник выделения (технологические, оконные, дверные и другие проёмы) в ОС. Основными объектами, участвующими в процессе, являются: подстилающая поверхность помещения, прилегающая к зданию территория и строительные отходы.

5. Внешнее распространение ( $PCO_5$ ). Заключается в пространственном перемещении частиц строительных отходов по прилегающей к объекту территории.

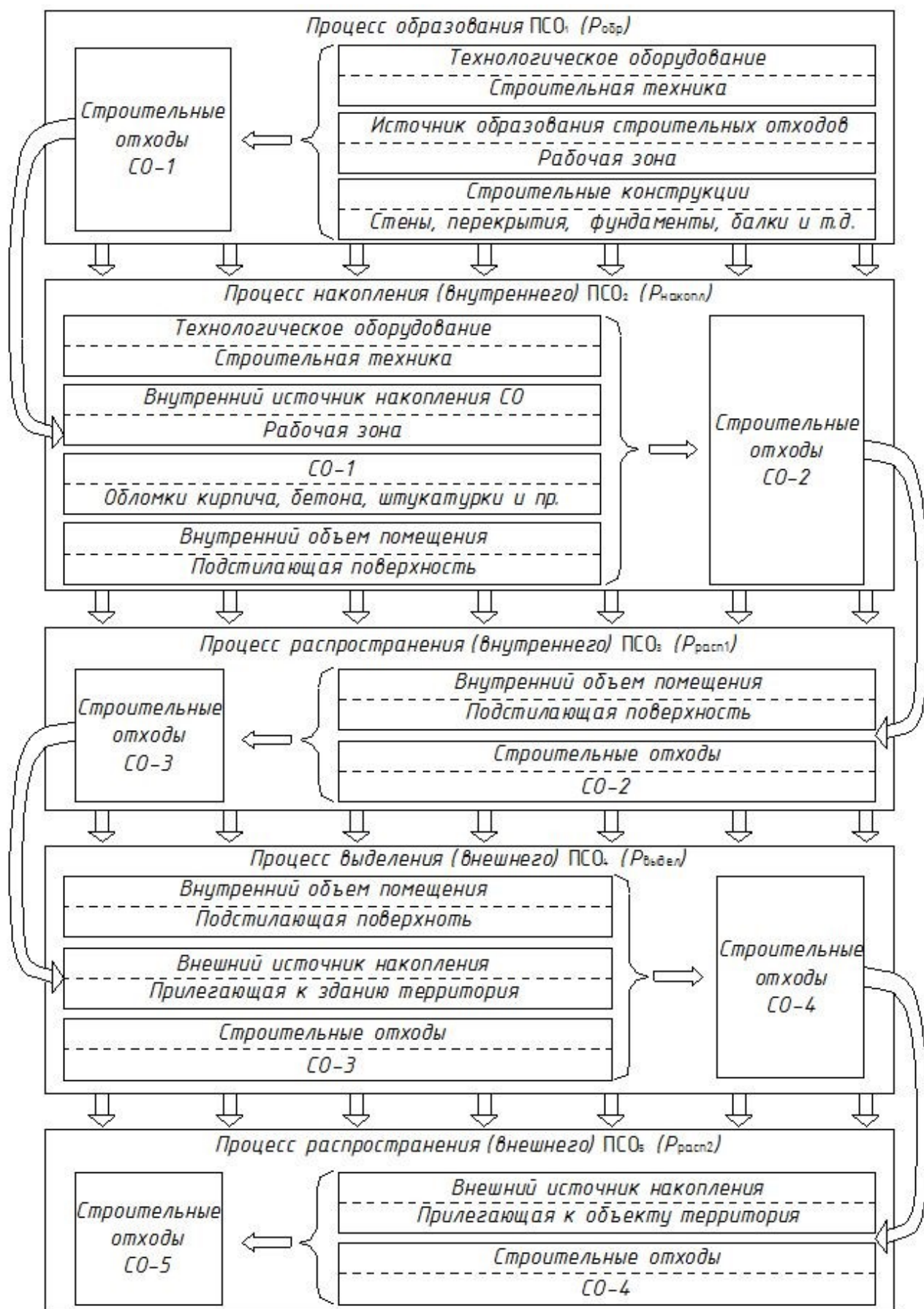


Рисунок 2.5 – Блок-схема процесса поступления строительных отходов в окружающую среду



Произведя анализ основных объектов, участвующих в исследуемом процессе, делаем вывод, что разработанная блок-схема является комплексом последовательных этапов взаимодействия строительных отходов с иными объектами, вступающими в это взаимодействие на определенной стадии.

На основании разработанной блок-схемы (рисунок 2.5) сущность процесса поступления строительных отходов в ОС с учетом вероятности реализации последовательно зависимых событий выражает следующая математическая модель [75]:

$$V_{\text{ПСО}} = V_{\text{обр}} \cdot (1 - V_{\text{н}}) \cdot (1 - V_{\text{р-1}}) \cdot (1 - V_{\text{в}}) \cdot (1 - V_{\text{р-2}}), \quad (2.2)$$

где  $V_{\text{ПСО}}$  – вероятность реализации процесса поступления строительных отходов в ОС;  $V_{\text{обр}}$  – вероятность реализации процесса образования строительных отходов;  $V_{\text{н}}$  – вероятность реализации процесса накопления внутри помещения;  $V_{\text{р-1}}$  – вероятность реализации процесса распространения внутри помещения;  $V_{\text{в}}$  – вероятность реализации процесса внешнего выделения на прилегающую к объекту территорию при условии завершения реализации процессов внутреннего накопления и распространения;  $V_{\text{р-2}}$  – вероятность реализации процесса распространения на прилегающей к объекту территории при условии завершения реализации процесса внешнего выделения.

Таким образом, в процессе поступления строительных отходов в ОС на каждом этапе принимают участие разнообразные физические объекты. При этом, главным физическим объектом, объединяющим весь процесс в целостный порядок, являются строительные отходы. Важным является тот факт, что они, взаимодействуя с разнообразными технологическими и физическими объектами, после каждого этапа изменяют свои физико-механические свойства.

Таким образом, процесс образования строительных отходов, который происходит в рабочей зоне при взаимодействии технических изделий и конструктивных элементов здания, порождает строительные отходы (СО-1), характеризующиеся определенными («исходными-1») свойствами. Затем, накапливаясь в рабочей зоне, СО-1 преобразуются в СО-2 уже с другими свойствами. Распространяясь на подстилающей поверхности помещения, СО-2 преобразуются в СО-3 также с иными свой-

ствами. Затем, выделяясь в окружающую среду через внешние источники выделения (технологические, оконные, дверные и прочие проёмы), СО-3 преобразуются в СО-4 вновь с отличными от предыдущего состояния свойствами. Распространяясь на территории, прилегающей к объекту, СО-4 преобразуются в СО-5 с новыми характеристиками.

В качестве строительных конструкций нами рассматриваются: колонны; балки; ригели; плиты перекрытия; плиты покрытия; несущие стены; колонны и т.д., основные характеристики которых приведены в пункте 1.2.

В качестве технических изделий рассматриваются техника, применяемая для демонтажных работ, в качестве которой служат: экскаваторы, оснащенные дополнительными устройствами; перфораторы различной мощности; отбойники; ручные инструменты (молотки, зубила, ломы и т.п.).

Рассматривая образующиеся строительные отходы как дисперсную систему, можно сделать вывод, что комплексное, последовательное исследование их состояния следует проводить на основе упорядоченного изучения параметров, определяющих свойства дисперсной фазы (фракций строительных отходов) и дисперсионной среды (воздушной прослойки между ними). Такой подход позволит определить максимально энергоэффективные и ресурсосберегающие направления совершенствования исследуемого процесса уменьшения поступления строительных отходов в ОС.

Учитывая все вышеизложенное, математическая модель (2.2) процесса поступления строительных отходов в окружающую среду при восстановлении конструкций зданий позволяет:

- выделить главные объекты и установить их взаимосвязь;
- определить комплекс последовательных этапов взаимодействия строительных отходов с другими объектами, каждый из которых происходит на конкретном этапе;
- установить, какие качественные и количественные изменения испытывают строительные отходы, проходя через все этапы процесса;

- учесть особенности технологии и трансформирования конструктивных элементов здания в строительные отходы;
- разработать математическую модель процесса уменьшения поступления строительных отходов в ОС.

### ***2.1.3 Процесс уменьшения поступления в окружающую среду***

Формирование процесса восстановления конструкций здания с максимальными значениями ресурсосбережения и энергоэффективности возможно добиться, решив вопрос оптимального обращения в нем строительных отходов. С этой целью необходимо разработать математическую модель, которая позволит упорядочить последовательность технологических операций сбора, транспортирования, сортировки, измельчения, приготовления и использования уже подготовленного сырья в процессе ремонтных работ с учетом особенностей их применения.

Основой для математического моделирования послужили предложенные блок-схемы физических моделей, представленные в работах [11, 12, 13, 14, 20]. Их основная идея сводится к целенаправленным последовательным действиям по снижению загрязнения на каждом этапе процесса загрязнения.

Для разработки математической модели в условиях процесса восстановления конструкций зданий был произведён анализ теоретических основ процесса уменьшения поступления строительных отходов в окружающую среду в условиях РФ, который позволил выявить следующие недостатки:

- решение задачи уменьшения поступления строительных отходов в ОС сводится, как правило, к их использованию за пределами строительной площадки;
- отсутствуют алгоритмы оценки и выбора наилучшей доступной технологии восстановления конструкций здания с учетом особенностей применения строительных отходов, позволяющие обосновать необходимость применения сложного дорогостоящего оборудования и экономическую целесообразность каждого конкретного инженерного решения по их сбору, транспортированию, сортировке, измельчению, приготовлению и использованию в строительном производстве;

– недостаточно раскрыта взаимосвязь параметров строительных отходов с окружающей средой.

На основании проведенного анализа разработана блок-схема процесса уменьшения поступления строительных отходов в окружающую среду при восстановлении конструкций здания (рисунок 2.6).

Процесс уменьшения поступления строительных отходов в ОС рассматривается как совокупность последовательного направленного воздействия «дополнительными» на «исходные» и «промежуточные» дисперсные системы, соответственно. В результате процесс выстраивается таким образом, что «исходная-1» дисперсная система стремится стать частью «остаточной-7» дисперсной системы, в которой строительные отходы преобразуются в конструктивные элементы здания.

Математическая модель реализации последовательно зависимых этапов обращения со строительными отходами с целью уменьшения их поступления в окружающую среду, представленная ниже блок-схемой (рисунок 2.6), описывается выражением:

$$V_{сз} = 1 - (1 - V_I) \cdot (1 - V_{II}) = 1 - [1 - (1 - V_{сб}) \cdot (1 - V_T)] \cdot [1 - (1 - V_{сор}) \cdot (1 - V_{изм}) \cdot (1 - V_{пр}) \cdot (1 - V_{исп})], \quad (2.3)$$

где  $V_{сз}$  – вероятность реализации процесса уменьшения поступления строительных отходов в окружающую среду;  $V_{сб}$ ,  $V_T$ ,  $V_{сор}$ ,  $V_{изм}$ ,  $V_{пр}$ ,  $V_{исп}$  – вероятность реализации процесса сбора, транспортирования, сортировки, измельчения, приготовления, использования строительных отходов соответственно.

Математическая модель характеризует вероятность осуществления процесса уменьшения поступления строительных отходов в ОС ( $V_{сз}$ ) как совокупность возможности выполнения двух циклов:

- $V_I$  – действия, направленные на уменьшение поступления строительных отходов в ОС в локациях их образования, накопления и распространения в границах строительной площадки;

- $V_{II}$  – ресурсосберегающие и энергоэффективные действия, направленные на использование строительных отходов в процессе восстановления конструкций здания.



Рисунок 2.6 – Блок-схема процесса уменьшения поступления строительных отходов в окружающую среду

На основании разработанной математической модели в таких условиях строительные отходы, образующиеся в процессе влияния на строительные конструкции здания технических изделий, будут являться «исходной» дисперсной системой. Внешние воздействия на них представляет собой «дополнительную» дисперсную систему. Строительные отходы, сохранившиеся в ОС, относятся к «остаточной-1» - «остаточной-7» дисперсной системе. Их доля, распределенная в предварительно специально отведенную для этого область, является «промежуточной» дисперсной системой.

В процессе уменьшения поступления строительных отходов в ОС участвуют объекты: технические изделия (строительная техника), строительные конструкции, внутренний объем помещения, прилегающая к зданию территория и др.

Из блок-схемы (рисунок 2.6) следует, что в процессе воздействия на строительные отходы, обозначенные «исходной-1» дисперсной системой, внешними, т.е. предварительно подготовленными «дополнительными» дисперсными системами, осуществляется перераспределение параметров свойств (ПС), устойчивости ( $U$ ) всех взаимодействующих дисперсных систем и энергетических параметров ( $W$ ).

Уменьшение поступления строительных отходов в ОС достигается за счет осуществления процессов в локациях их образования, накопления и распространения на ограниченной территории в пространстве размеров здания или в границах строительной площадки.

Уменьшение поступления строительных отходов в окружающую среду может происходить за счет внешних воздействий дисперсных систем, таких как:

- сбор («дополнительная-1») – состоит в исключении распространения строительных отходов за границы строительства;
- транспортирование («дополнительная-2») – перемещение строительных отходов внутри строительной площадки (например, в выделенное помещение в восстанавливаемом здании);
- сортировка («дополнительная-3») – разделение на фракции, предусматривает выделение из вторичного сырья части, обладающей определёнными свойствами, требуемыми для приготовления изделия или материала;

- измельчение («дополнительная-4») – придание строительным отходам необходимых геометрических характеристик, удовлетворяющих следующему этапу;
- приготовление («дополнительная-5») – смешивание различных ингредиентов, в том числе прошедших предварительную подготовку строительных отходов, с целью получения изделия или материала;
- использование («дополнительная-6») – применение произведенного изделия или материала в соответствии с выбранной технологией.

Максимально эффективная реализация всех этапов по предложенной схеме (рисунок 2.6) предполагает, в идеальном случае, использование всего объема строительных отходов, за исключением потерь («остаточная-1» - «остаточная-7» дисперсная система). Подготовленное сырьё («дополнительная-1» - «дополнительная-4» дисперсная система), в соответствии с формулой (2.3), используется для ремонтных работ в качестве заполнителя при изготовлении изделий или материалов («дополнительная-5» - «дополнительная-6» дисперсная система), что исключает потребность в доставке и транспортировке строительных отходов за пределы строительной площадки и дальнейшую их утилизацию. Этого можно добиться, прежде всего, совершенствованием технологического процесса и применяемых в нем технических изделий с целью подготовки вторичного сырья (на этапах сортировки, измельчения), а также разработкой новых подходов к подбору составов для изготовления изделий или материалов заданного класса (прочности, морозостойкости, водонепроницаемости и т.д.) с заполнителями из продуктов измельчения строительных отходов. Однако не в полной мере изучены особенности оценки и выбора наилучшей доступной технологии производства изделий или материалов, в составе которых будут находиться переработанные строительные отходы.

Анализ основных этапов процесса уменьшения поступления строительных отходов в ОС при восстановлении конструкций здания позволяет заключить:

1. Невыполнение хотя бы одного этапа процесса влечет за собой нарушение работы всего процесса, тем самым делая невозможным формирование процесса с наибольшими показателями ресурсосбережения и энергоэффективности.

2. Эффективность реализации каждого этапа подчиняется результативности предшествующего.

3. При переходе из одной дисперсной системы в другую происходит изменение её устойчивости, энергии и параметров.

4. Чем менее результативно проходит каждая стадия процесса, тем сложнее обеспечить экологическую безопасность территории.

Учитывая все вышеизложенное, разработанная математическая модель процесса уменьшения поступления строительных отходов в ОС позволяет:

- исследовать этот процесс в качестве поэтапного взаимодействия внешних дисперсных систем («дополнительных») со строительными отходами на каждом этапе их «жизненного цикла»;

- выявить методы, способы и технические изделия, влияющие на устойчивость «исходной-1» дисперсной системы – строительные отходы, и последующие её состояния наиболее результативно, с целью разрушения;

- установить параметры свойств, энергетическое состояние и устойчивость каждой дисперсной системы, с целью дальнейшей разработки результирующих критериев формирования оптимального процесса;

- предложить алгоритм оценки и выбора наилучшей доступной технологии использования строительных отходов при ремонтно-восстановительных работах.

## **2.2 Алгоритм оценки и выбора наилучшей доступной технологии восстановления конструкций здания**

Одной из основных задач реализации методики обеспечения экологической безопасности при восстановлении конструкций зданий является использование строительных отходов в качестве ресурсов при производстве строительных изделий и материалов с целью сокращения потребления природных ископаемых и снижения загрязнения окружающей среды [22, 66, 107, 152].

Строительные отходы, образующиеся от демонтажа поврежденных и дефектных участков в процессе восстановления конструкций зданий, оказывают негативное воздействие на окружающую среду на каждом этапе своего «жизненного



цикла», поэтому мероприятия по обеспечению экологической безопасности должны быть предусмотрены на всех этапах обращения с ними: образования, накопления, выделения и распространения.

В соответствии с математическими моделями процесса поступления и уменьшения поступления строительных отходов в ОС при образовании строительных отходов предусмотрен их сбор, при накоплении – транспортирование, при распространении в окружающую среду – сортировка, измельчение, приготовление, использование.

Обоснование выбора наилучшей доступной технологии необходимо производить, учитывая влияние специфических свойств строительных отходов и разнообразных альтернативных вариантов технических изделий, особенности заданных условий строительной площадки и прочие условия.

При реализации процесса уменьшения поступления строительных отходов в ОС первым этапом обращения с ними является их сбор внутри помещений и на прилегающей территории объекта. Техническим изделием, используемым на прилегающей территории, как правило, является экскаватор-погрузчик. Внутри помещений, чаще всего, применяется уборка механическим методом (сухая, либо влажная). Также, на данном этапе используют аэродинамический метод, в этом случае в качестве технического изделия применяют пылесос.

Вторым этапом обращения со строительными отходами служит их транспортирование внутри строительной площадки объекта. В разрабатываемой методике использование строительных отходов подразумевает их применение в качестве заполнителя при производстве различных изделий и материалов, необходимых при восстановлении конструкций здания.

С целью обеспечения экологической безопасности оптимальная схема транспортных операций представляет собой минимальное перемещение грузов в рамках земельного участка объекта восстановления. В связи с этим этапы обращения (сортировка, измельчение и приготовление) должны быть произведены в непосредственной близости к участкам использования. Большая часть строительных отхо-

дов при восстановлении конструкций здания образуется внутри помещения. Исключения составляют демонтируемые конструкции, либо их отдельные части, являющиеся ограждающими и непосредственно находящиеся в процессе взаимодействия с внешней средой. Например, наружная верста каменной кладки несущей стены ограждения, либо кровельное покрытие и т.п.

Минимального расстояния перемещения возможно достигнуть при условии транспортирования внутри здания, либо в обустроенном помещении технологического процесса, находящегося в непосредственной близости к объекту восстановления.

Технологические процессы сортировки и измельчения строительных отходов, а также приготовление изделий и материалов, предпочтительнее производить в изолированном помещении, оборудованном пылеуловителями и увлажнителями.

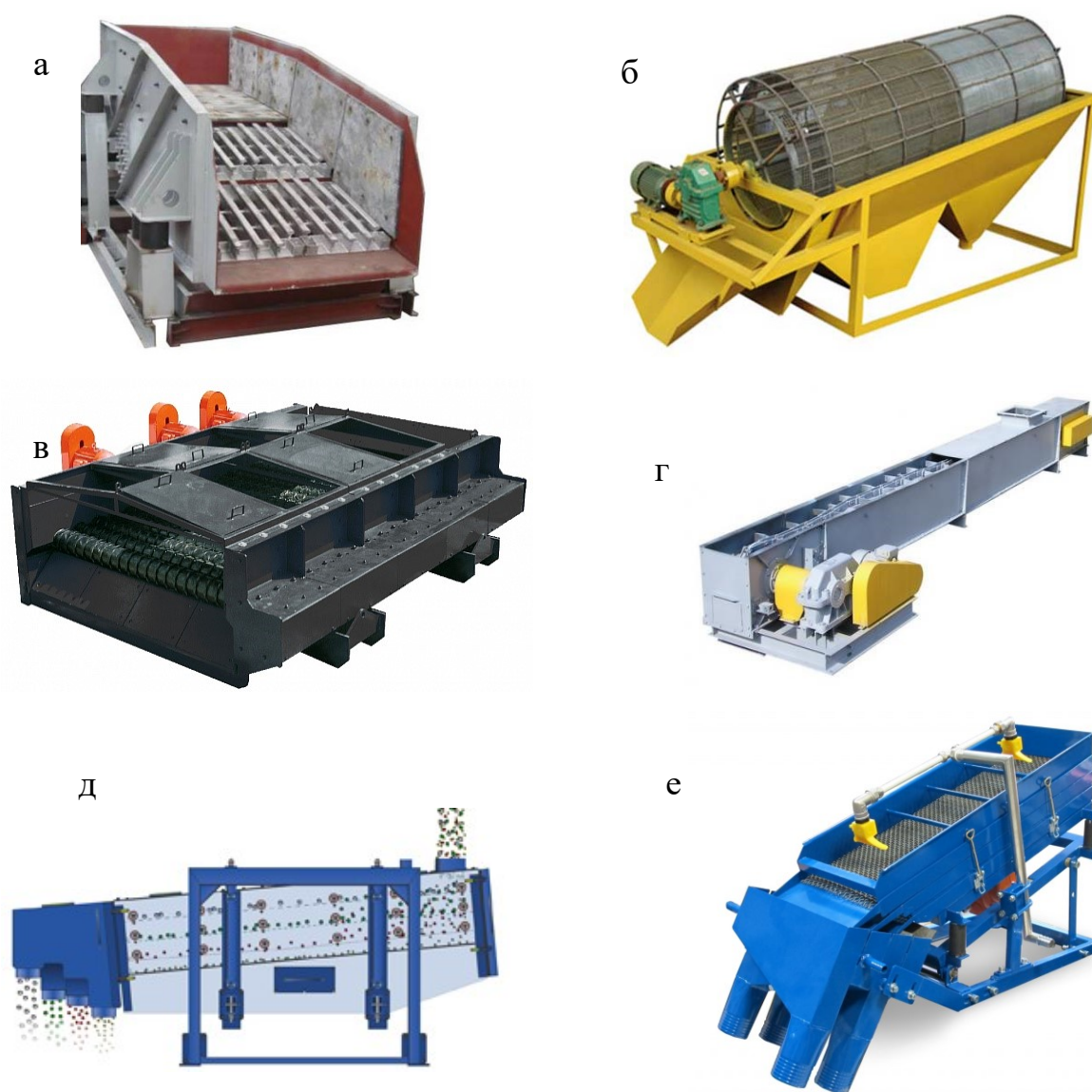
Фактически процесс транспортировки строительных отходов, в зависимости от расположения технологического помещения, может быть осуществлен по четырем схемам:

- образование строительных отходов внутри восстанавливаемого здания
- транспортировка внутри объекта;
- образование строительных отходов внутри восстанавливаемого здания
- транспортировка в помещение, расположенное на прилегающей территории в границах объекта;
- образование строительных отходов снаружи восстанавливаемого здания – транспортировка внутрь объекта;
- образование строительных отходов снаружи здания – транспортировка в помещение, расположенное на прилегающей территории в границах объекта.

Каждая из описанных выше схем имеет свои отличительные особенности. Для первого и второго вариантов перемещения оптимально использование строительного мусоропровода; в третьем и четвертом целесообразно применение самосвалов, мусоровозов, конвейеров, либо осуществлять транспортировку механизированным способом при помощи простейших ручных устройств.

Третий этап процесса подразумевает сортировку строительных отходов. Данная операция предназначена для выделения необходимой фракции, готовой для приготовления изделия или материала, не нуждающегося в измельчении.

Для получения необходимой фракции наибольшее распространение получил механический метод, реализованный в виде обращения со строительными отходами – грохочение. В настоящее время существует значительный ряд разнообразных грохотов, таких как: неподвижные колосниковые, барабанные, дисковые, роликовые, цепные, качающиеся, вибрационные и др. (рисунок 2.7) [22, 23, 46, 103].



а- неподвижные колосниковые; б- барабанные; в- роликовые; г-цепные;  
д-качающиеся; е-вибрационные

Рисунок 2.7 – Технические изделия грохочения

Неподвижные колосниковые грохоты выполнены в виде продольных решеток, установленных под углом не меньше естественного откоса материала.

Преимуществами колосниковых грохотов являются: несложность конструкции и техобслуживания; высокая энергоэффективность работы; примитивность при производстве; универсальность способов загрузки.

Дисковые, роликовые и цепные грохоты при сортировке строительных отходов встречаются крайне редко по причине своей низкой эффективности.

К отрицательным сторонам применения относится невысокая производительность, которая, как правило, составляет не более 60 %.

Барабанный грохот выполнен в виде вращающихся перфорированных обечайек, размещенных с уклоном к выгрузке. Строительные отходы в таких технических изделиях сортируются хуже, чем на грохотах линейной конфигурации. Недостатком таких грохотов является значительная масса установки; высокое шумовое воздействие и пылеобразование в режиме работы; низкая продуктивность используемой рабочей поверхности.

Качающиеся грохоты, как правило, делятся на плоские качающиеся и эксцентриковые качающиеся. К достоинствам первых относятся: небольшие размеры устройства; ремонтпригодность; высокая эффективность и качество сортировки; минимальное разрушение сырья. К преимуществам вторых относят: высокую эффективность и точность, постоянную скорость сортировки при производственном процессе. Среди их недостатков стоит отметить неуравновешенность конструкции.

Самое широкое распространение получили виброгрохоты. К преимуществам таких устройств относят: высокую эффективность и качество; точность разделения по гранулометрическому составу; небольшие размеры; возможность применения для получения широкого спектра фракций; простоту технологических операций; высокую энергоэффективность. Главным недостатком таких грохотов является вибрационное воздействие.

Четвертый этап процесса уменьшения поступления строительных отходов в ОС при восстановлении конструкций зданий подразумевает дробление, которое

при механическом методе обращения со строительными отходами можно подразделить на следующие виды: дробилки и мельницы (рисунки 2.8, 2.9).

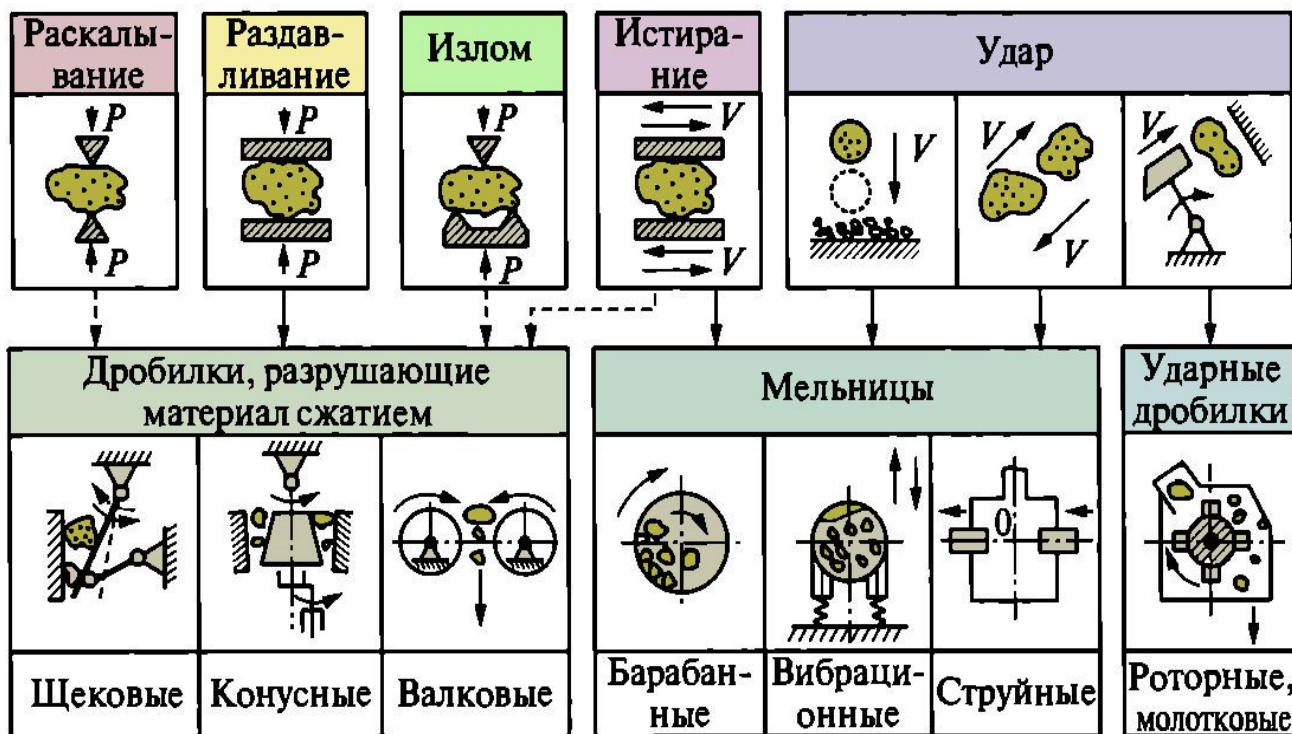


Рисунок 2.8 – Технические изделия измельчения [103]

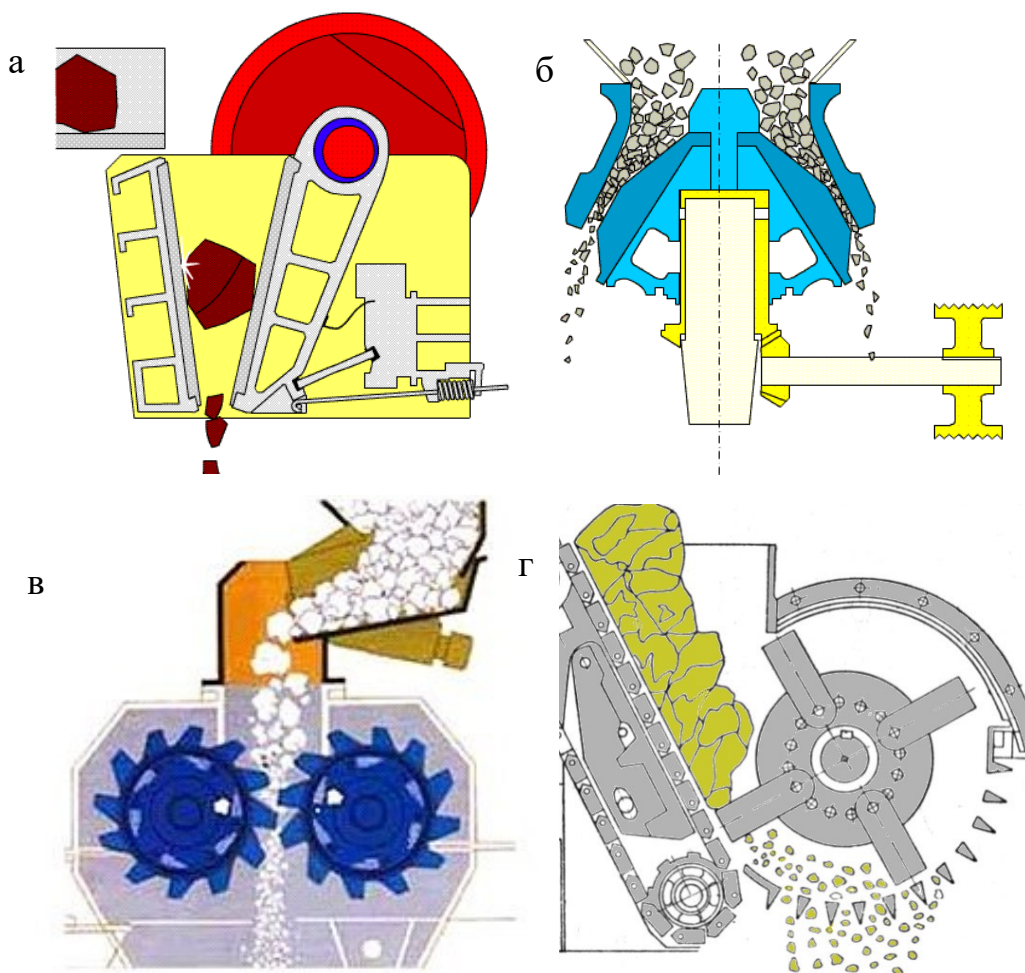
В качестве измельчителя чаще всего используют щековые дробилки. Сырье в таких устройствах измельчается за счет прохождения через стальные пластины, находящиеся во вращательно-поступательном движении.

Преимуществом таких устройств является: несложность конструкции и техобслуживания; ремонтпригодность.

К отрицательным сторонам применения относятся низкая энергоэффективность и надежность установки, невысокое качество продукта на выходе, необходимость периодической очистки рабочей поверхности.

Основным различием в устройстве конусных дробилок, в отличие от щековых, является отсутствие холостого хода устройства, в связи с чем они обладают высокой экономичностью и эффективностью. К недостаткам необходимо отнести: сложность в исполнении, большой вес, низкую ремонтпригодность, сложность техобслуживания.

Валковые дробилки устроены таким образом, что измельчение сырья в них происходит за счет работы параллельно расположенных валов.



а- щелковая; б- конусная; в-валковая; г-роторная, молотовая

Рисунок 2.9 - Конструктивные виды дробилок

К положительным сторонам применения таких устройств относятся: качество получаемого сырья; простота конструкции; высокая ремонтпригодность; простота обслуживания; энергоэффективность; долговечность; надежность; широкий выбор параметров работы; возможность разгрузки приёмной ёмкости без остановки процесса.

К отрицательным сторонам использования валковых дробилок относятся: невысокая эффективность; незначительный диапазон размера фракции измельчения; низкая надежность.

Устройство молотовых и роторных дробилок выполнено таким образом, что измельчение сырья осуществляется за счет ударов молотков, передвигающихся по окружности. Используют такие измельчители для хрупких (не твердых) материалов (гипс, известняк и т.п.).

К положительным сторонам применения молотковых и роторных дробилок необходимо отнести: небольшие размеры, широкий диапазон получаемой на выходе фракции, несложность устройства. Отрицательным является низкая надежность.

Дробильные мельницы позволяют довести размер строительных отходов до фракции микронных размеров, в чем нет никакого смысла, поэтому этот вид измельчения не является приоритетным в рамках поставленной задачи.

При производстве строительных материалов для приготовления материалов и изделий применяют смесители, отличающиеся по следующим признакам:

- технологическое назначение (приготовление бетонов тяжёлых, силикатных, ячеистых и др.);
- способ смешения (гравитационного или принудительного действия);
- мобильность (стационарные и передвижные).

На данный момент существует множество методов, способов, видов и альтернативных вариантов технических изделий, а также возможных последовательностей технологических процессов обращения со строительными отходами подходящих для условий процесса восстановления конструкций зданий. Разработка алгоритма оценки и выбора наилучшей доступной технологии использования строительных отходов при ремонтно-восстановительных работах на основании математической модели процесса уменьшения поступления строительных отходов в ОС позволит упорядочить процессы, систематизировать принципы и сформировать структуру для рассматриваемого процесса.

В начале алгоритма последовательно расположены этапы обращения со строительными отходами, совокупность которых направлена на обеспечение экологической безопасности при ремонтно-восстановительных работах:

- сбор отходов можно осуществлять с помощью реализации контейнерной и безконтейнерной схемы;
- транспортирование может быть организовано с помощью мусоропроводов, либо ручной перевозкой с применением простейших технических изделий, транспортирующих грузы (тачка и др.);

- сортировка строительных отходов осуществляется с помощью грохочения, гидравлической классификации и других видов разбиения на группы;
- для измельчения строительных отходов применяются различные технологические операции, такие как дробление, помол и т.п.;
- приготовление строительных материалов может быть организовано с помощью гравитационных, барабанных, центробежных и других смесителей;
- использование изготовленных изделий и материалов реализуется в разнообразных строительномонтажных работах, различающихся для зданий в связи с многообразием типов конструктивных, объемно-планировочных и отделочных решений и прочих параметров.

При определении наилучшей доступной технологии выявлены методы реализации обращения строительных отходов: аэродинамический; гидродинамический; механический; оптический; теплофизический; электромагнитный [46, 47, 85].

С учетом классификационной схемы системы снижения негативного воздействия твердых отходов на окружающую среду [13] основные стадии алгоритма представляют собой определение этапа, метода, способа и вида обращения со строительными отходами, далее определяется техническое изделие и затем формулируются существующие альтернативы.

По способу обращения, в зависимости от метода, можно выделить следующие формы физической организации внешнего воздействия: сплошным твердым телом, дискретным твердым телом и т.п. – для механического; магнитным полем, электромагнитным полем и т.п. – для электромагнитного; линейными потоками, вихревыми потоками и т.п. – для аэродинамического; орошением, пеной и т.п. – для гидродинамического; рентгеновскими лучами, ультрафиолетом и т.п. - для оптического; тепловой поток, тепловое излучение и т.п. – для теплофизического.

В зависимости от этапов обращения со строительными отходами выявлены их различные виды, такие как: контейнерный и бесконтейнерный сбор; транспортирование через мусоропровод, либо ручной перевозкой; сортировка грохочением, гидравлической классификацией и т.п.; измельчение с помощью дробления, помола и т.п.; приготовление с помощью смешивания; использование для усиления,



изготовления и восстановления конструкций.

Далее, по схеме алгоритма, виду обращения соответствуют различные технические изделия. Например, для грохочения подбирается легкий инерционный или барабанный грохот, для дробления – щековая или конусная дробилка, для смешивания – барабанный или гравитационный смеситель и т.д.

Завершается алгоритм оценкой и выбором наилучшей доступной технологии по критериям ресурсосбережения ( $E_p$ ) и энергоэффективности ( $E^э$ ) альтернативных вариантов (конкретных устройств), характеризующихся технологическими параметрами внешнего воздействия на строительные отходы ( $A_i, ПС_i, W_i, E_p$ ).

В итоге по схеме алгоритма складывается комбинация «этап-метод-способ-вид-техническое изделие-альтернативы» обращения со строительными отходами [22, 23, 44, 103, 103, 146].

Так, например, этап «измельчение» может быть реализован механическим методом, который использует различные «способы» – сплошным твердым телом или дискретными твердыми телами. А каждый «способ», например дискретными твердыми телами, осуществляется соответствующим «видом», например дроблением или помолом. Каждый «вид», к примеру дробление, реализуется «техническим изделием», например, щековой или конусной дробилкой. В свою очередь, «техническое изделие» - щековая дробилка – имеет ряд разнообразных вариантов (альтернатив), например, ЩДС-1,6х2,5, ЩДС-2,5х4, ЩДС-2,5х9 и т.д.

Представленный на рисунке 2.10 алгоритм позволяет из всего многообразия методов, способов, видов и альтернативных вариантов технических изделий выбрать наиболее эффективные схемы реализации процессов уменьшения поступления строительных отходов в ОС при восстановлении конструкций зданий, так как при выборе учитываются как специфические свойства строительных отходов, так и технические особенности объектов, и прочие условия.

В основе формирования экологически безопасного процесса восстановления конструкций здания находится принцип достижения максимальных значений показателей ресурсосбережения ( $E_p$ ) и энергоэффективности ( $E^э$ ) реализации про-

цесса уменьшения поступления строительных отходов в ОС на каждой стадии обращения со строительными отходами.

Основные этапы алгоритма оценки и выбора наилучшей доступной технологии соответствуют схеме реализации методики. Различные альтернативные варианты технических изделий могут быть выбраны исходя из метода, способа и вида обращения со строительными отходами [11, 17].

Множество схем реализации разработанного алгоритма при схожих параметрах процесса восстановления отображает существующее разнообразие доступных технологий сбора, транспортирования, сортировки, измельчения, приготовления и использования строительных отходов.

С целью обоснования выбора оптимальной схемы реализации процесса уменьшения поступления строительных отходов в ОС при восстановлении конструкций зданий, согласно физической модели, могут служить два критерия:

- ресурсосбережение ( $E_p$ ), характеризующее степень уменьшения поступления строительных отходов в окружающую среду ( $M_2$ ) по отношению к начальному количеству образующихся строительных отходов ( $M_1$ ) за счёт последовательной реализации процессов, влияющих на снижение загрязнения;

- энергоэффективность ( $E^э$ ), характеризующее долю энергии, расходуемую на достижение цели процесса уменьшения поступления строительных отходов в ОС (полезную энергию) ( $\sum W_{\Pi i}$ ), относительно энергии, затраченной на реализацию процесса в целом ( $\sum N_{3i}$ ).

Критерии оценки наилучшей доступной технологии реализации процесса уменьшения поступления строительных отходов в ОС при восстановлении конструкций зданий, в упрощенном виде, можно описать следующими зависимостями:

- ресурсосбережение

$$E_p = \frac{M_2}{M_1} \cdot 100\%; \quad (2.4)$$

- энергоэффективность

$$E^э = \frac{\sum_{i=1}^n W_{\Pi i}}{\sum_{i=1}^n N_{3i}} \cdot 100\%. \quad (2.5)$$

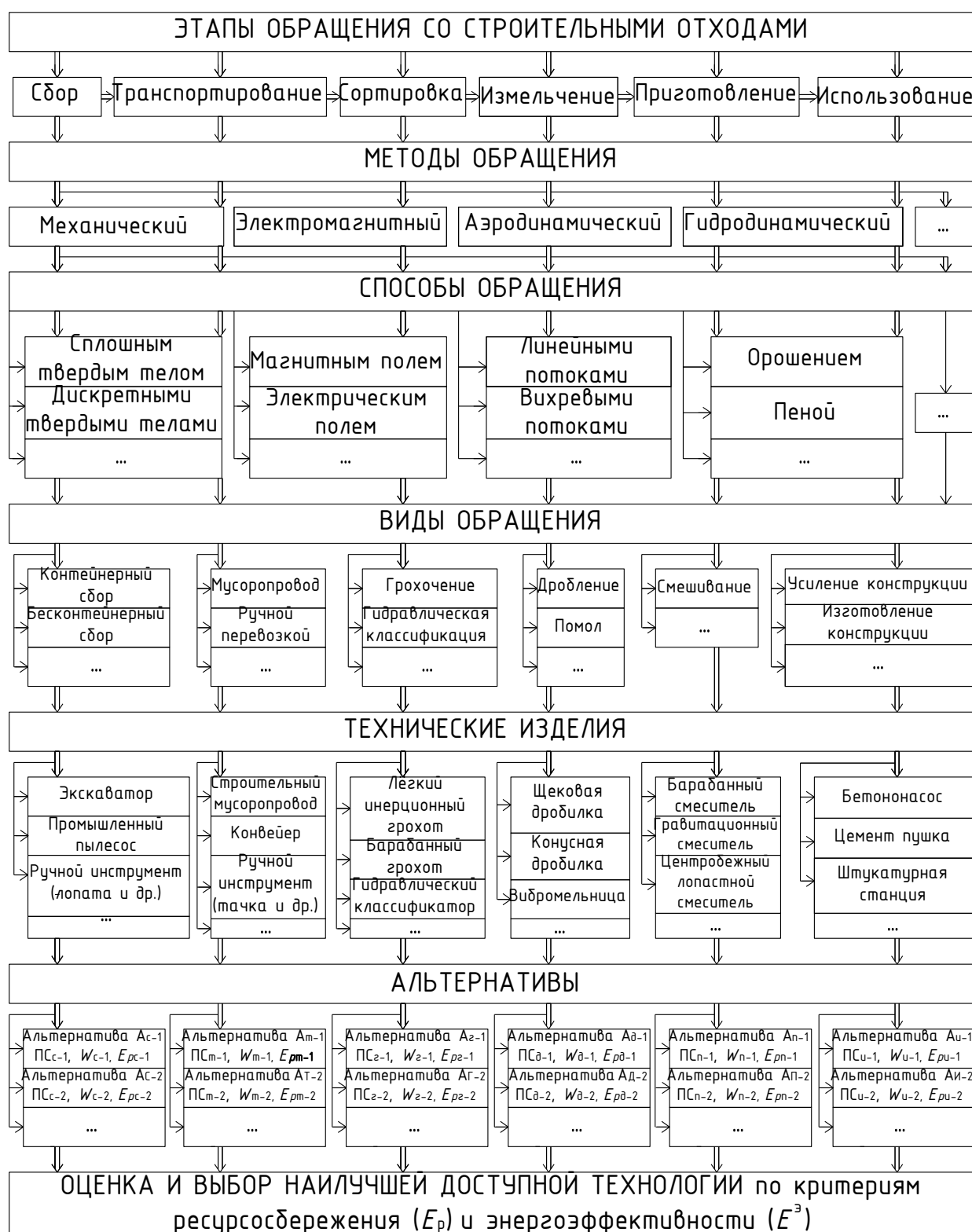


Рисунок 2.10 – Алгоритм оценки и выбора наилучшей доступной технологии использования строительных отходов

Предлагаемый алгоритм позволяет выбрать наилучшую доступную технологию на каждом функциональном этапе сбора, транспортирования, сортировки, из-

мельчения, приготовления и использования строительных отходов при восстановлении конструкций зданий, что влечет за собой:

- 1) снижение загрязнения окружающей среды от строительных отходов; выбросов в атмосферу загрязняющих веществ; транспортировки материалов;
- 2) ресурсосбережение природных ресурсов;
- 3) энергетическую экономичность процесса;
- 4) сохранение плодородных земель, отводимых на захоронение отходов.

На основании математической модели процесса уменьшения поступления строительных отходов в ОС разработан алгоритм оценки и выбора наилучшей доступной технологии использования строительных отходов, который позволяет систематизировать принципы и сформировать структуру применяемых методов, способов, видов и технических изделий обеспечения экологической безопасности при восстановлении конструкций зданий.

Таким образом, разработанный алгоритм может являться основой для определения, оценки и выбора наилучшей доступной технологии при формировании методики обеспечения экологической безопасности в условиях конкретной строительной площадки на основании критериев ресурсосбережения ( $E_p$ ) и энергоэффективности ( $E^v$ ), а также позволит упорядочить последовательность технологических операций этапов процесса уменьшения поступления строительных отходов в ОС.

## **2.3 Математическое описание результирующих критериев**

### ***2.3.1 Образование строительных отходов***

На основании предложенной в пункте 2.1.1 блок-схемы процесса образования строительных отходов (рисунок 2.1) и математической модели вероятности реализации процесса формула (2.1) можно предположить, что степень образования строительных отходов при восстановлении конструкций зданий ( $M_{co}$ ) тем выше, чем выше поврежденность ( $E$ ). Таким образом, при математическом описании результирующих критериев необходимо объединить эти характеристики [70, 72].

В реальных условиях восстановления конструкций здания определить фактическое конечное удельное значение массы образующихся отходов достаточно

сложно. Таким образом, необходимо выявить те значения, измерить которые представляется возможным. Такими параметрами могут выступать массы каменных, железобетонных, деревянных и стальных конструкций, из которых, как правило, изготовлены основные строительные конструкции зданий.

Рассмотрим общий случай и запишем все возможные виды строительных отходов, характерные для конкретного технического состояния здания.

При силовых и внешних воздействиях среды на здания, максимальная возможная масса строительных отходов определяется как масса всех каменных, железобетонных, стальных и деревянных конструкций при сплошном аварийном состоянии. Максимальная масса строительных отходов (при  $\varepsilon=1$ ) равна:

$$M_{max} = M_k + M_{жб} + M_c + M_d, \quad (2.6)$$

где  $M_k$ ,  $M_{жб}$ ,  $M_c$ ,  $M_d$  – соответственно масса каменных, железобетонных, стальных и деревянных конструкций.

Рассмотрим общие случаи при демонтаже всех каменных, железобетонных, деревянных и стальных строительных конструкций.

Максимальная масса каменных конструкций здания при демонтаже ( $M_k$ ) в общем случае, описывается следующей зависимостью:

$$M_k = M_{к.с} + M_{к.кол} + M_{к.перем} + M_{к.перегор} + M_{к.штук}, \quad (2.7)$$

где  $M_{к.с}$ ,  $M_{к.кол}$ ,  $M_{к.перем}$ ,  $M_{к.пер}$ ,  $M_{к.штук}$  – соответственно масса каменных стен, несущих колон, перемычек, перегородок и штукатурки.

Максимальная масса железобетонных конструкций  $M_{жб}$  при демонтаже в общем случае равна:

$$M_{жб} = M_{жб.плит} + M_{жб.балок} + M_{жб.ригел} + M_{жб.ферм} + M_{жб.колон} + M_{жб.нс} + M_{жб.связей} + M_{жб.перем}, \quad (2.8)$$

где  $M_{жб.плит}$ ,  $M_{жб.балок}$ ,  $M_{жб.ригел}$ ,  $M_{жб.ферм}$ ,  $M_{жб.колон}$ ,  $M_{жб.нс}$ ,  $M_{жб.связей}$ ,  $M_{жб.перем}$  – соответственно масса железобетонных плит покрытия и перекрытия, балок, ригелей, ферм, колонн, стен, связей и перемычек.

Максимальная масса стальных конструкций  $M_c$  при демонтаже здания в общем случае равна:

$$M_c = M_{с.балок} + M_{с.ригел} + M_{с.ферм} + M_{с.колон} + M_{с.перегор} + M_{с.связей} + M_{с.перем}, \quad (2.9)$$

где  $M_{с.балок}$ ,  $M_{с.ригел}$ ,  $M_{с.ферм}$ ,  $M_{с.колон}$ ,  $M_{с.перег}$ ,  $M_{с.связей}$ ,  $M_{с.перем}$  – соответственно масса стальных балок, ригелей, ферм, колон, перегородок, связей и перемычек.

Максимальная масса деревянных конструкций  $M_{д}$  при демонтаже здания в общем случае равна:

$$M_{д}=M_{д.пер}+M_{д.строп}+M_{д.нс}+M_{д.балок}+M_{д.риг}+M_{д.ферм}+M_{д.колон}+M_{д.перегор}+M_{д.перем}, \quad (2.10)$$

где  $M_{д.пер}$ ,  $M_{д.строп}$ ,  $M_{д.нс}$ ,  $M_{д.балок}$ ,  $M_{д.риг}$ ,  $M_{д.ферм}$ ,  $M_{д.колон}$ ,  $M_{д.перег}$ ,  $M_{д.перем}$  – соответственно, масса деревянного перекрытия и покрытия, стропильных конструкций, стен, балок, ригелей, ферм, колон, перегородок и перемычек.

Отметим, что масса конструкции  $M_i$  рассчитывается по формуле

$$M_i=V_i \cdot \rho_i, \quad (2.11)$$

где  $V_i$  – объем конструкции ( $m^3$ );  $\rho_i$  – удельный вес конструкции ( $кг/м^3$ ).

Добавим новые параметры образования отходов при восстановлении конструкций зданий. Предположим, что каждому техническому состоянию соответствует определенная масса  $M_j$  строительных конструкций здания. Исходя из условия разделения по материальному признаку сведем значения в таблицу 2.1, где  $M_{к1}$ ,  $M_{к2}$ ,  $M_{к3}$ ,  $M_{к4}$ ,  $M_{к5}$  - масса каменных строительных конструкций, находящихся в исправном ( $E=0$ ), работоспособном ( $E=0,05$ ), ограниченно-работоспособном ( $E=0,15$ ), недопустимом, аварийном ( $E=0,25$ ) техническом состоянии соответственно.

Согласно модели образования строительных отходов при восстановлении конструкций (рисунок 2.2), они выделяются из общей массы строительных конструкций  $M_i$ .

Таблица 2.1 – Масса строительных конструкций здания по материальному признаку

Поврежденность	Масса конструкции, кг			
	Каменные	Железобетонные	Деревянные	Стальные
$E=0$	$M_{к1}$	$M_{жб1}$	$M_{д1}$	$M_{с1}$
$E=0,05$	$M_{к2}$	$M_{жб2}$	$M_{д2}$	$M_{с2}$
$E=0,15$	$M_{к3}$	$M_{жб3}$	$M_{д3}$	$M_{с3}$
$E=0,25$	$M_{к4}$	$M_{жб4}$	$M_{д4}$	$M_{с4}$
$E=0,35$	$M_{к5}$	$M_{жб5}$	$M_{д5}$	$M_{с5}$
	$\sum M_{к1-5} = M_{к}$	$\sum M_{жб1-5} = M_{жб}$	$\sum M_{д1-5} = M_{д}$	$\sum M_{с1-5} = M_{с}$

Используя полученные массы строительных отходов ( $M_k, M_{жб}, M_c, M_d$ ), сведем результаты выявленных закономерностей образования строительных отходов при конкретных технических состояниях зданий в таблицу 2.2, описывающую сущность физической модели процесса образования строительных отходов при восстановлении технического состояния здания.

Таблица 2.2 – Масса образующихся строительных отходов при восстановлении технического состояния здания

Поврежденность	Масса строительных отходов, кг			
	Каменные	Железобетонные	Деревянные	Стальные
$E=0$	0	0	0	0
$E=0,05$	$M_{к2шт}$	0	0	0
$E=0,15$	$0,15M_{к3}$	$M_{жб3зсб}$	$M_{д3}$	0
$E=0,25$	$0,25M_{к4}$	$M_{жб4зсб}$	$M_{д4}$	0
$E=0,35$	$M_{к5}$	$M_{жб5}$	$M_{д5}$	$M_{с5}$

При восстановлении каменных конструкций при их поврежденности  $E=0,05$  выделяются строительные отходы штукатурки:

$$M_{к2шт} = t_{шт.к2} \cdot S_{к2} \cdot \rho_{к2}, \quad (2.12)$$

где  $S_{к2}, \rho_{к2}, t_{шт.к2}$  – соответственно площадь, плотность и толщина штукатурного слоя каменных конструкций, находящихся в работоспособном ( $E=0,05$ ) техническом состоянии.

При восстановлении железобетонных конструкций поврежденностью  $E=0,15$  и  $E=0,25$  выделяются строительные отходы защитного слоя бетона:

$$M_{жб3зсб} = t_{зсб3} \cdot S_{жб3} \cdot \rho_{жб3}, \quad (2.13)$$

$$M_{жб4зсб} = t_{зсб4} \cdot S_{жб4} \cdot \rho_{жб4}, \quad (2.14)$$

где  $S_{жб3}, \rho_{жб3}, t_{зсб3}$  – соответственно площадь, плотность и толщина штукатурного слоя железобетонных конструкций, находящихся в ограниченно-работоспособном ( $E=0,15$ ) техническом состоянии;  $S_{жб4}, \rho_{жб4}, t_{зсб4}$  – площадь, плотность и толщина штукатурного слоя железобетонных конструкций, находящихся в недопустимом ( $E=0,25$ ) техническом состоянии.

Выражение массы строительных отходов при восстановлении конструкций здания ( $M_{с0}$ ) [78]:

$$M_{с0} = M_{к2шт} + 0,15M_{к3} + 0,25M_{к4} + M_{к5} + M_{жб3зсб} + M_{жб4зсб} + M_{жб5} + M_{д3} + M_{д4} + M_{д5} + M_{с5}, \quad (2.15)$$

где  $M_{co}$  – масса строительных отходов здания, кг;  $M_{к2шт}$  – масса штукатурного слоя из общей массы каменных конструкций при  $E=0,05$ ;  $M_{к3}$   $M_{к4}$   $M_{к5}$  – соответственно масса каменных строительных конструкций, находящихся в ограниченно-работоспособном ( $E=0,15$ ), недопустимом ( $E=0,25$ ) и аварийном ( $E=0,35$ ) техническом состоянии;  $M_{жб3зсб}$ ,  $M_{жб4зсб}$  – соответственно масса защитного слоя арматуры бетона железобетонных конструкций, находящихся в ограниченно-работоспособном ( $E=0,15$ ) и недопустимом ( $E=0,25$ ) техническом состоянии;  $M_{жб5}$  – масса железобетонных строительных конструкций при  $E=0,35$ ;  $M_{д3}$ ,  $M_{д4}$ ,  $M_{д5}$  – соответственно масса деревянных строительных конструкций, находящихся в ограниченно-работоспособном ( $E=0,15$ ), недопустимом ( $E=0,25$ ) и аварийном ( $E=0,35$ ) техническом состоянии;  $M_{с5}$  – масса стальных строительных конструкций при  $E=0,35$ .

Таким образом, на основании блок-схемы и математической модели вероятности реализации процесса образования строительных отходов при восстановлении конструкций зданий математически описаны и установлены закономерности образования строительных отходов в зависимости от степени поврежденности ( $E_{зд}$ ) здания.

На основании формулы (2.15) доказано, что масса строительных отходов, образующихся в процессе демонтажа поврежденных и дефектных участков конструкций здания в процессе их восстановления зависит от технического состояния здания и увеличивается при повышении поврежденности здания. На основании полученного выражения решена задача математического обоснования начального количества образующихся строительных отходов ( $M_1$ ) в формуле (2.4), критерия ресурсосбережения при восстановлении конструкций здания.

### ***2.3.2 Уменьшение поступления строительных отходов в окружающую среду***

Степень уменьшения поступления строительных отходов в окружающую среду при восстановлении конструкций зданий увеличивается при эффективной реализации технологических процессов (сбора, транспортирования, сортировки, измельчения, приготовления, использования), а их применение в качестве заполни-



теля при производстве различных изделий и материалов, необходимых при ремонтно-восстановительных работах, напрямую указывает на величину ресурсосбережения. После образования строительных отходов внутри территории объекта нет необходимости в их транспортировании за её пределы, что так же благоприятно сказывается на окружающей среде.

Следовательно, математическое описание результирующих критериев необходимо разработать применительно ко всем этапам процесса уменьшения поступления строительных отходов в ОС, рассчитывая их внутри строительной площадки.

В общем случае математическое описание процесса уменьшения поступления строительных отходов в ОС сводится к получению параметрических взаимосвязей его итоговых параметров, в качестве которых согласно работам [13,14] можно рассматривать показатель ресурсосбережения ( $E_p$ ) и энергоэффективности ( $E^э$ ).

Ресурсосбережение ( $E_p$ ) процесса уменьшения поступления строительных отходов в ОС характеризуется степенью снижения количества строительных отходов ( $M_{исп}$ ) по отношению к начальному количеству их образования ( $M_{образ}$ ) за счет их использования в качестве заполнителя при производстве различных изделий и материалов и описывается в общем виде следующей зависимостью [75]:

$$E_p = \frac{M_{исп}}{M_{образ}} \cdot 100\%, \quad (2.16)$$

где  $E_p$  – расчетная эффективность реализации использования строительных отходов, %;  $M_{образ}$  – фактическое удельное количество образовавшихся строительных отходов на расчетную единицу, кг/год (т/год);  $M_{исп}$  – фактическое удельное количество использованных строительных отходов, кг/год (т/год).

Фактическое удельное количество образовавшихся строительных отходов при восстановлении технического состояния здания на расчетную единицу  $M_{обр}$  наиболее качественно в рамках поставленной задачи определим по формуле (2.15).

Опираясь на данные литературных источников [22, 23, 46, 103], можно заключить, что наиболее часто применяемые способы использования строительных

отходов (каменных, бетонных, деревянных) наблюдаются при приготовлении бетонной смеси, именно в этих случаях обеспечивается наиболее оптимальное использование строительных отходов в качестве вторичных материалов.

Известные работы [102] описывают использование дробленого бетона в качестве крупного (щебень вторичного дробленого бетона фракций 5,0-40,0 мм) и мелкого (песчанопылеватая фракция менее 5,0 мм) заполнителей, целесообразность использования которых состоит в том, что в технологическом процессе нет потребности обеспыливать вторичный песок продуктов дробления. Нужно отметить, что исследования прочности бетона, произведенного с использованием строительного мусора, достигает значений более 41 МПа. Это удовлетворяет условиям его использования при усилении и восстановлении в строительных конструкциях здания, а также производства строительных работ на прилегающей территории в соответствии с алгоритмом оценки и выбора наилучшей доступной технологии (рисунок 2.10).

Отсюда следует, что масса строительных отходов, используемых в процессе ремонтно-восстановительных работ ( $M_{исп}$ ), будет равна сумме всех используемых каменных, бетонных и деревянных строительных отходов при производстве различных изделий и материалов:

$$M_{исп} = M_{и.к} + M_{и.жб} + M_{и.д}, \quad (2.17)$$

где  $M_{и.к}$ ,  $M_{и.жб}$ ,  $M_{и.д}$  – удельная масса каменных, железобетонных и деревянных отходов, необходимая для приготовления различных изделий и материалов.

Подставив в формулу (2.16) соответствующие значения удельных масс, получим параметрическую зависимость ресурсосбережения, посредством использования строительных отходов при восстановлении конструкций здания в следующем виде:

$$E_p = \frac{M_{и.к} + M_{и.жб} + M_{и.д}}{M_{к2шт} + 0,15M_{к3} + 0,25M_{к4} + M_{к5} + M_{жб3зсб} + M_{жб4зсб} + M_{жб5} + M_{д3} + M_{д4} + M_{д5} + M_{с5}} \cdot 100\% \quad (2.18)$$

Помимо эффективности использования строительных отходов при производстве различных изделий и материалов, важным результирующим критерием обес-

печения экологической безопасности для рассматриваемого процесса является параметр энергоэффективности ( $E^{\ominus}$ ).

Показатель энергоэффективности ( $E^{\ominus}$ , %) характеризует отношение удельной энергии уменьшения поступления строительных отходов в окружающую среду ( $W_{\text{втор. исп. } i}$ , Вт), которая направляется на достижение цели уменьшения поступления строительных отходов, образующихся от демонтажа дефектных и повреждённых участков в окружающую среду, к удельной энергоёмкости ( $N_{\text{всего } i}$ , Вт) всего процесса [14]:

$$E^{\ominus} = \frac{\sum_{i=1}^n W_{\text{втор. исп. } i}}{\sum_{i=1}^n N_{\text{всего } i}} \cdot 100, \quad (2.19)$$

где  $i$  – соответствующий этап взаимодействия дисперсной системы строительные отходы («исходная-1») с «дополнительными» дисперсными системами, в соответствии с рисунком 2.6

Для установления параметрических зависимостей энергоёмкости процессов обращения со строительными отходами проведен анализ их энергетических принципов применения физических механизмов для конкретных условий строительной площадки. Поскольку энергоёмкость «сбора» и «транспортирования» достаточно трудно просчитать, т.к. в этом случае основное влияние на эффективность будет оказывать субъективный фактор, нами представлен расчет для реализации «сортировки», «измельчения» и «приготовления» за счет грохочения, дробления и смешивания, которые осуществляются на территории строительной площадки.

Опираясь на данные литературных источников [23, 46, 103], можно заключить, что наиболее часто применяемый метод для реализации разделения зернистых материалов по крупности является грохочение, которое, как правило, комбинируется с дроблением.

На этапе приготовления различных смесей, например бетона, чаще всего используются гравитационные смесители, компоненты исходного сырья в которых смешиваются в барабанах [23, 46, 103].

При описании эффективности использования каменных и бетонных строительных отходов первым физическим механизмом является *сортировка* строительных отходов по фракциям, которая с энергетической точки зрения эффективнее всего характеризуется энергией грохочения вибрационных грохотов ( $W_{1(\text{грох})}$ ). Именно этот вид энергии  $W_{1(\text{грох})}$  может считаться полезной в данном механизме [103]:

$$W_{1(\text{грох})} = \frac{2,3lQ(C_B + C_H/2)\rho}{VE_{\text{ЭГ}}}, \quad (2.20)$$

где  $Q$  – производительность грохота, м<sup>3</sup>/с;  $l$  – длина грохота, м;  $C_B, C_H$  – содержание соответственно верхнего и нижнего классов в исходном материале, %;  $\rho$  – плотность исходного сырья (строительных отходов), кг/м<sup>3</sup>;  $V$  – скорость перемещения материала, м/с;  $E_{\text{ЭГ}}$  – эффективность грохочения, %.

Вторым физическим механизмом, определяющим достижение цели процесса уменьшения поступления строительных отходов в ОС посредством их использования, является предание вторичному сырью необходимых геометрических параметров (измельчение), которое с энергетической точки зрения характеризуется энергией дробления ( $W_{2(\text{дроб})}$ ). Этот вид энергии  $W_{2(\text{дроб})}$  можно считать полезным в данном механизме [103]:

$$W_{2(\text{дроб})} = \frac{N_{\text{уст}}\sqrt{D_{\text{СВ}}M_{\text{исп}}}}{0,13K_M(\sqrt{i}-1)Q_p}, \quad (2.21)$$

где  $N_{\text{уст}}$  – мощность установки, Вт;  $M_{\text{исп}}$  – масса используемых строительных отходов здания, кг;  $K_M$  – коэффициент масштабного фактора, характеризующий изменение энергии дробления исходного сырья (строительных отходов) с изменением фракции;  $i$  – степень дробления, равная отношению средневзвешенных размеров обломков исходного материала и продуктов дробления;  $Q_p$  – производительность, м<sup>3</sup>/с;  $D_{\text{СВ}}$  – средневзвешенный размер исходного материала, м.

Следующим физическим механизмом является приготовление смеси, которая с энергетической точки зрения характеризуется энергией смешивания (вращения гравитационного смесителя  $W_{3(\text{приг})}$ ). Этот вид энергии  $W_{3(\text{приг})}$  может считаться полезным в данном механизме [103]:

$$W_{3(\text{приг})} = 2,15(M_{\text{исп}} + M_{\text{ц}} + M_{\text{в}} + M_{\text{д}}) \cdot g \cdot R \cdot n \cdot 10^{-3}, \quad (2.22)$$

где  $M_{\text{исп}}$  – масса используемых строительных отходов здания, кг;  $M_{\text{ц}}$  – масса цемента, кг;  $M_{\text{в}}$  – масса воды, кг;  $M_{\text{д}}$  – масса добавок, кг;  $R$  – внутренний радиус барабана по цилиндрической его части, м;  $n$  – частота вращения барабана, об/с;  $g$  – гравитационное ускорение, м/с<sup>2</sup>.

Таким образом, суммарная полезная энергия использования строительных отходов ( $W_{\text{втор.исп}}$ ), образовавшихся при восстановлении конструкций здания, может быть описана следующим выражением:

$$W_{\text{втор.исп}} = W_{1(\text{грох})} + W_{2(\text{дроб})} + W_{3(\text{приг})}. \quad (2.23)$$

Подставив в выражение (2.23) соответствующие известные зависимости для энергии грохочения, дробления и смешивания, получим:

$$W_{\text{втор.исп}} = \frac{2,31lQ(C_B + C_H/2)\rho}{vE_{\text{эГ}}} + \frac{N_{\text{уст}}\sqrt{D_{\text{CBM}}}\rho}{0,13K_M(\sqrt{i-1})Q_p} + 2,15G_{\text{см}}Rn \cdot 10^{-3}. \quad (2.24)$$

Тогда, с учетом выражений (2.20) – (2.24), параметрическая зависимость энергоэффективности при применении строительных отходов с помощью сортировки, измельчения и приготовления может быть представлена в следующем виде [75]:

$$E^{\text{э}} = \left[ \sum_{j=1}^n \frac{2,31lQ(C_B + C_H/2)\rho}{vE_{\text{эГ}}} + \sum_{j=1}^n \frac{N_{\text{уст}}\sqrt{D_{\text{CBM}}}\rho}{0,13K_M(\sqrt{i-1})Q_p} + \sum_{j=1}^n 2,15(M_{\text{исп}} + M_{\text{ц}} + M_{\text{в}} + M_{\text{д}}) \cdot g \cdot R \cdot n \cdot 10^{-3} \right] / \sum_{j=1}^n N_1 + N_2 + \dots + N_n. \quad (2.25)$$

Таким образом, проведенные исследования, согласно физико-энергетической концепции [15], позволили произвести математическое описание и получить аналитические зависимости определения оценочных критериев ресурсосбережения и энергоэффективности реализации процесса уменьшения поступления строительных отходов в ОС при восстановлении конструкций здания, на основании которых осуществляется расчетное обоснование уровня защищенности окружающей среды.

## 2.4 Выводы по 2 главе

1. Создана блок-схема и математическая модель образования строительных отходов при восстановлении технического состояния, характеризующая процесс как увеличение выделения массы строительных отходов при определенном изменении целостности строительных конструкций в зависимости от повышения степени их поврежденности.

2. Адаптирована физическая модель загрязнения ОС твердыми отходами к процессам поступления строительных отходов в окружающую среду, характеризующая вероятность происхождения процессов образования, накопления, распространения и выделения строительных отходов как дисперсная система.

3. Разработана блок-схема и математическая модель процесса уменьшения поступления строительных отходов в окружающую среду, позволяющая рассмотреть его как поэтапное взаимодействие внешних дисперсных систем со строительными отходами на каждом этапе их обращения.

4. Построен алгоритм оценки и выбора наилучшей доступной технологии использования строительных отходов, который позволяет систематизировать принципы и сформировать структуру применяемых методов, способов, видов, технических изделий и существующих альтернатив обеспечения экологической безопасности в процессе уменьшения поступления строительных отходов в ОС.

5. Получены аналитические зависимости для определения оценочных критериев ресурсосбережения и энергоэффективности, являющиеся результирующими характеристиками использования строительных отходов при восстановлении конструкций зданий и выражающие особенности взаимодействия конкретных этапов обращения со строительными отходами в процессе уменьшения их поступления в окружающую среду.

### ГЛАВА 3 РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ

Техногенные процессы оказывают значительное влияние на ОС, в том числе на возникновение проблем, связанных с захоронением отходов, образующихся в строительной деятельности. Их решение требует привлечения квалифицированных специалистов различных сфер и отраслей деятельности.

На территории Российской Федерации действуют тысячи объектов размещения, производства и потребления отходов, большая часть которых пребывает в недопустимом состоянии, опасном для ОС. При обеспечении экологической безопасности субъекта РФ следует объединить труд федеральных и региональных органов исполнительной и законодательной власти, а также местного самоуправления, научных обществ, общественных объединений и бизнес-сообществ. Поэтому для решения этих задач необходимо использование методики обеспечения экологической безопасности процесса восстановления конструкций зданий. Ее главным преимуществом является использование строительных отходов, что обуславливает фактор ресурсосбережения, без их транспортировки за пределы строительной площадки.

Исследования уменьшения поступления строительных отходов в ОС при строительной деятельности ограничиваются решением задач с учетом применения трех групп критериев:

- экономические, обеспечивающие минимальные расходы на восстановление здания путем улучшения характеристик и производительных функций; снижение потребления природных ресурсов; увеличение вторичного использования; энерго-сбережение; сокращение трудовых затрат и др.;

- экологические, обеспечивающие определенный уровень экологической безопасности обращения со строительными отходами при ремонтно-восстановительных работах посредством уменьшения количества строительных отходов до удовлетворительного уровня; снижение транспортной загрузки; уменьшение площади

земель, отводимых под объекты инфраструктуры и размещения отходов;

- социальные, учитывающие отношение общественности к организации (улучшению) обращения со строительными отходами в процессе восстановления конструкций зданий; участие населения в реализации таких процессов; предотвращающие социальные напряжённости [2, 3, 4, 12, 19, 35, 58, 65, 79, 84, 86, 104, 125, 127, 128, 142].

В связи с тем, что уменьшение поступления строительных отходов в ОС может быть реализовано в различных объектах строительства, отличающихся местными условиями (конструктивными особенностями, степенью поврежденности и др.), при формировании процесса восстановления конструкций зданий с оптимальными параметрами, в большинстве случаев, решаются следующие задачи:

1. Нахождение границ и площадей строительного объекта с характеристиками объема и количества образования строительных отходов.
2. Определение производительности техники.
3. Установление необходимых технических изделий для использования строительных отходов.
4. Расчет экономической эффективности различных технологий при использовании строительных отходов.
5. Расчет увеличения срока эксплуатации полигонов ТКО.
6. Расчет значения предотвращения экологического ущерба от загрязнения объектов ОС при формировании обращения со строительными отходами при ремонтно-восстановительных работах здания [11,20].

Решение указанных задач не подразумевает установление критериев ресурсосбережения и энергоэффективности, что требуется для научно-обоснованного определения технического решения при реализации процессов уменьшения поступления строительных отходов в ОС при восстановлении конструкций зданий.



### 3.1 Разработка методики обеспечения экологической безопасности при восстановлении конструкций зданий

Разработанная блок-схема и математическая модель уменьшения поступления строительных отходов в окружающую среду, включающая этапы сбора, транспортирования, дробления, сортировки, приготовления и использования строительных отходов, позволяет оценить и прогнозировать характеристики процесса восстановления конструкций здания, а также рассчитать её оптимальные рабочие параметры.

При решении задачи применения комплекса моделей выбора способов и расчета этапов обеспечения экологической безопасности при восстановлении конструкций зданий, а в конечном счете, формирования процесса с оптимальными рабочими показателями, автором разработана методика, позволяющая принимать в расчет требования обеспечения экологической безопасности согласно методу формирования высокоэффективных и экономичных систем [13,14].

Выполненные исследования предоставили возможность разработать методику обеспечения экологической безопасности при восстановлении конструкций зданий, основные этапы которой заключаются в следующем (рисунок 3.1) [78]:

1. Сбор информации об объекте.
2. Определение наилучшей доступной технологии реализации процесса уменьшения поступления строительных отходов в ОС на этапах сбора, транспортирования, дробления, сортировки, приготовления и использования в условиях исследуемого участка здания с прилегающей территории [8, 17, 32].
3. Сравнение технологических свойств возможных схем наилучших доступных технологий этапов обращения со строительными отходами с конкретными технологическими параметрами и спецификой строительной площадки (материал строительных конструкций; путь от участков образования строительных отходов до локаций их сбора и т.д.) и отбор наиболее допустимых.
4. Оценка наилучшей доступной технологии с точки зрения ресурсосбережения. Расчет критерия эффективности ресурсосбережения ( $E_p$ ) и выбор альтернативного варианта с наибольшей величиной производится по формуле (2.18).

Вычисление производится для каждого альтернативного варианта, с учетом того, что:

- при единственной альтернативе рационально принять его к исполнению;
- при отсутствии альтернатив к последующему рассмотрению необходимо принять альтернативный, для которого величина расчетного ресурсосбережения наиболее возможна для заданных параметров, с дальнейшей попыткой повысить использование строительных отходов различными техническими средствами;
- при разнообразии альтернатив предстоящий выбор оптимального из них состоит в расчете критерия максимальной величины ресурсосбережения  $E_{p\ max}$ , соответствующей максимальному использованию строительных отходов при восстановлении технического состояния зданий.

5. Оценка наилучшей доступной технологии с точки зрения энергоэффективности  $E^{\text{э}}_{\max}$  производится для каждого альтернативного варианта с максимальной величиной ресурсосбережения  $E_{p\ \max}$ .

6. Расчёт критерия энергоэффективности  $E^{\text{э}}_{\max}$  для каждого альтернативного варианта производится по формуле (2.25).

7. По каждому этапу обращения со строительными отходами выбор только такого альтернативного варианта, для которого критерий  $E^{\text{э}}_{\max}$  наибольший.

8. По величине ресурсосбережения  $E_p$  и энергоэффективности  $E^{\text{э}}_{\max}$  для удовлетворительного варианта производится расчет рабочих характеристик операции (противоположная задача) и подбор для установленных характеристик технического решения (либо из числа установленных, либо создание нового).

9. Формирование процесса восстановления конструкций здания (по этапам обращения со строительными отходами) с оптимальными рабочими характеристиками, отвечающими наибольшей величине ресурсосбережения и энергоэффективности для заданных технических условий и подбор соответствующей наилучшей доступной технологии реализации её каждого этапа.

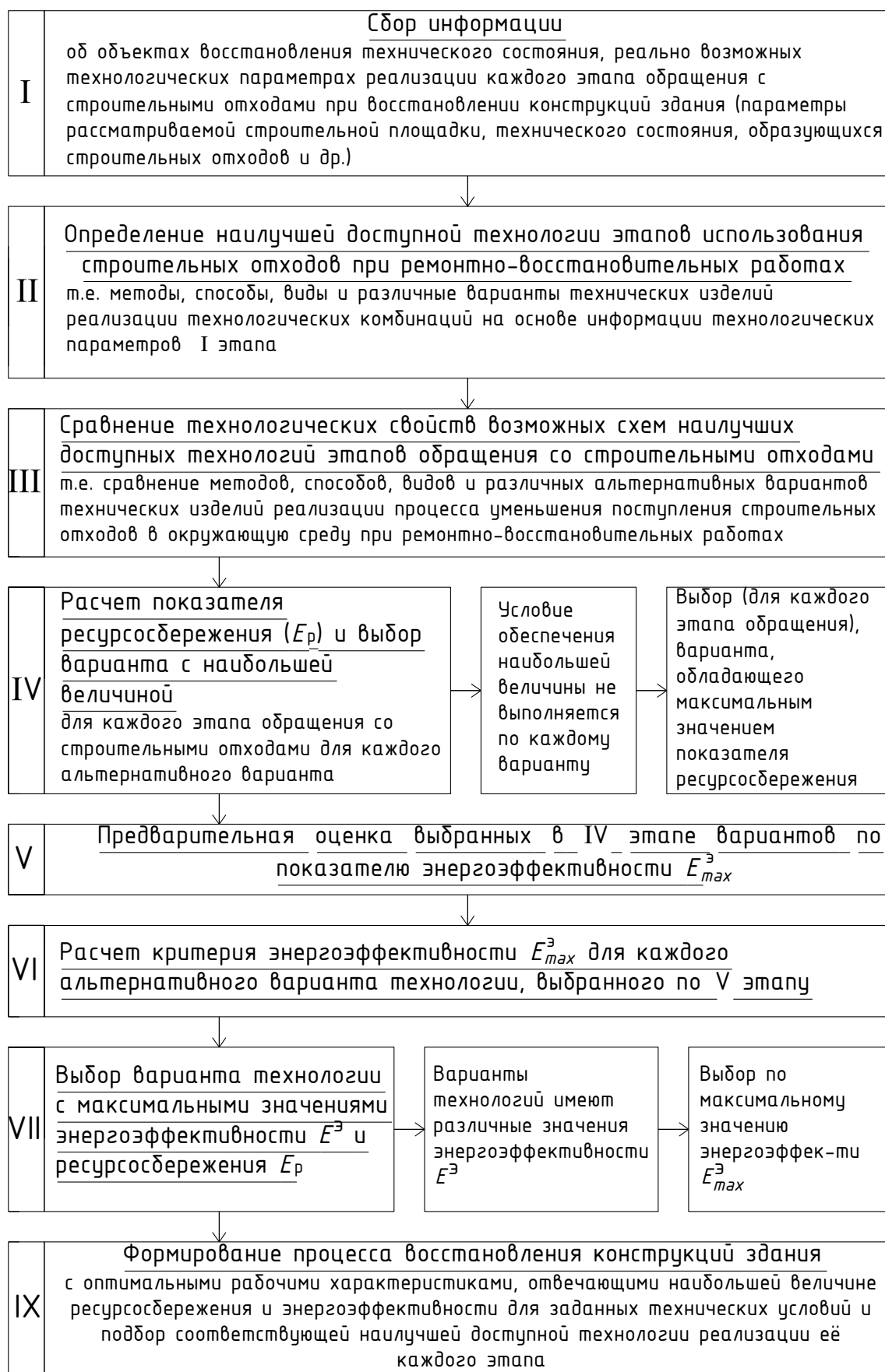


Рисунок 3.1 – Блок-схема реализации методики обеспечения экологической безопасности при восстановлении конструкций зданий

Преимущество разработанной методики основывается на простейшем порядке выбора этапов обращения со строительными отходами (сбора, транспортирования, сортировки, дробления, приготовления и использования), технических изделий и способов их исполнения (способов и устройств); аналитико-логических моделях, содержащих высокое количество оперативных и нормативно-справочных сведений; параметрических закономерностях степени ресурсосбережения и энергоёмкости процесса уменьшения поступления строительных отходов в ОС [74].

Таким образом, разработанная методика обеспечения экологической безопасности при восстановлении конструкций зданий, помимо отдельно сформулированных этапов обращения со строительными отходами, позволит в полной мере применить приобретенный опыт, улучшить способы и средства, основываясь на анализе параметров, входящих в расчетные параметрические взаимосвязи результирующих критериев: ресурсосбережения и энергоэффективности. Кроме того, направить строительные отходы на производство материалов и изделий, что снизит нагрузку на полигоны по их захоронению.

### **3.2 Разработка алгоритма реализации разработанной методики и совершенствование способов использования строительных отходов**

Методика обеспечена алгоритмом её реализации для этапов сбора, транспортирования, дробления, сортировки, приготовления и использования строительных отходов при восстановлении конструкций зданий.

При этом этапы реализации алгоритма соответствуют основным этапам методики (рисунок 3.2):

1. Формирование блока исходных данных для определения наилучшей доступной технологии реализации процесса уменьшения поступления строительных отходов в ОС в соответствии с пунктом 3.3.
2. Комплектование набора возможных вариантов использования строительных отходов с учетом рабочих параметров, применимых для объекта восстановления.

3. Определение основных параметров, участвующих в процессе использования строительных отходов.
4. Сопоставление технологических свойств возможных схем наилучших доступных технологий с конкретными характеристиками и особенностями строительного объекта.
5. Определение вариантов, соответствующих конкретным условиям.
6. Расчет результирующих величин и выбор только тех вариантов наилучших доступных технологий, которые обеспечивают максимальные значения. При единственном альтернативном варианте по каждому этапу обращения со строительными отходами целесообразно принять его к реализации. При разнообразии таких альтернативных вариантов проводят их оценку согласно методике.
7. Выбор варианта наилучшей доступной технологии, обладающего максимальными значениями ресурсосбережения, который выводится и окончательно принимается для подбора технического изделия.
8. Ввод исходных данных для выбора наилучшей доступной технологии реализации этапа сортировки строительных отходов: производительность; фракционный состав; плотность и др.
9. Комплектование набора альтернативных вариантов сортировки строительных отходов с учетом рабочих параметров, применимых для объекта строительства.
10. Определение основных параметров, участвующих в процессе сортировки строительных отходов.
11. Сопоставление технологических свойств подобранных наилучших доступных технологий с реальными технологическими характеристиками и особенностями строительной площадки.

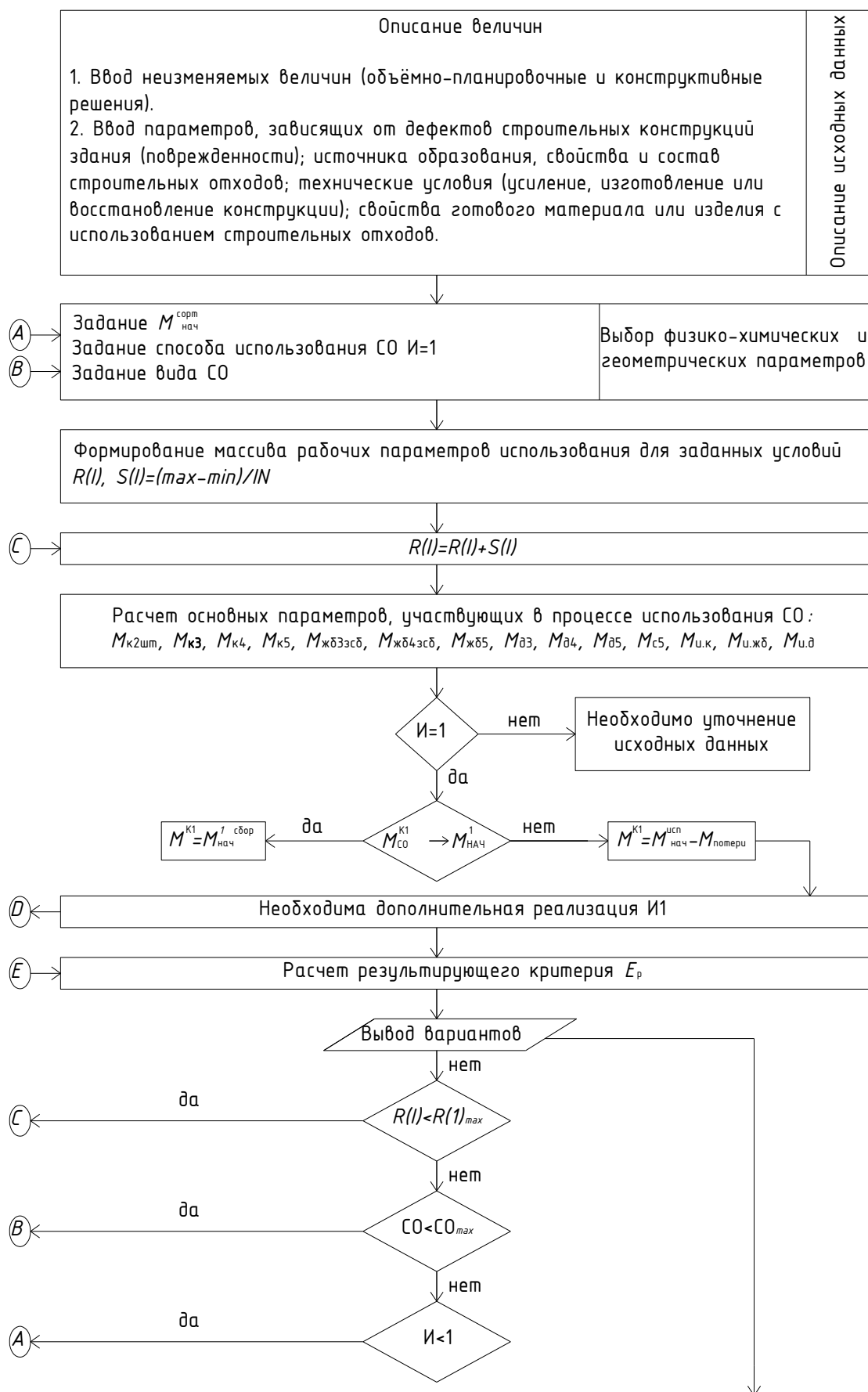


Рисунок 3.2 – Алгоритм реализации методики обеспечения экологической безопасности при восстановлении конструкций зданий (часть 1)

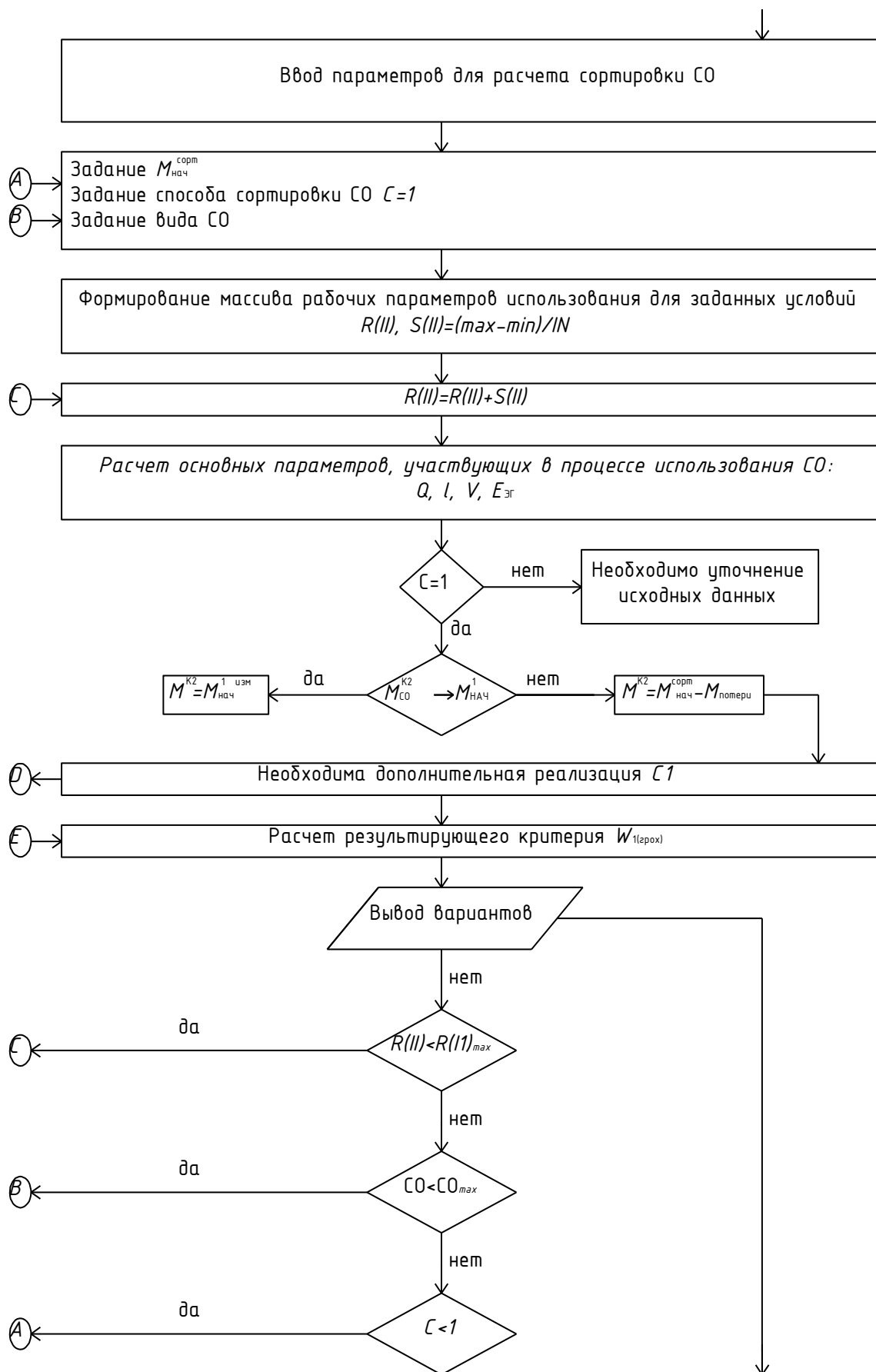


Рисунок 3.2 – Алгоритм реализации методики обеспечения экологической безопасности при восстановлении конструкций зданий (часть 2)

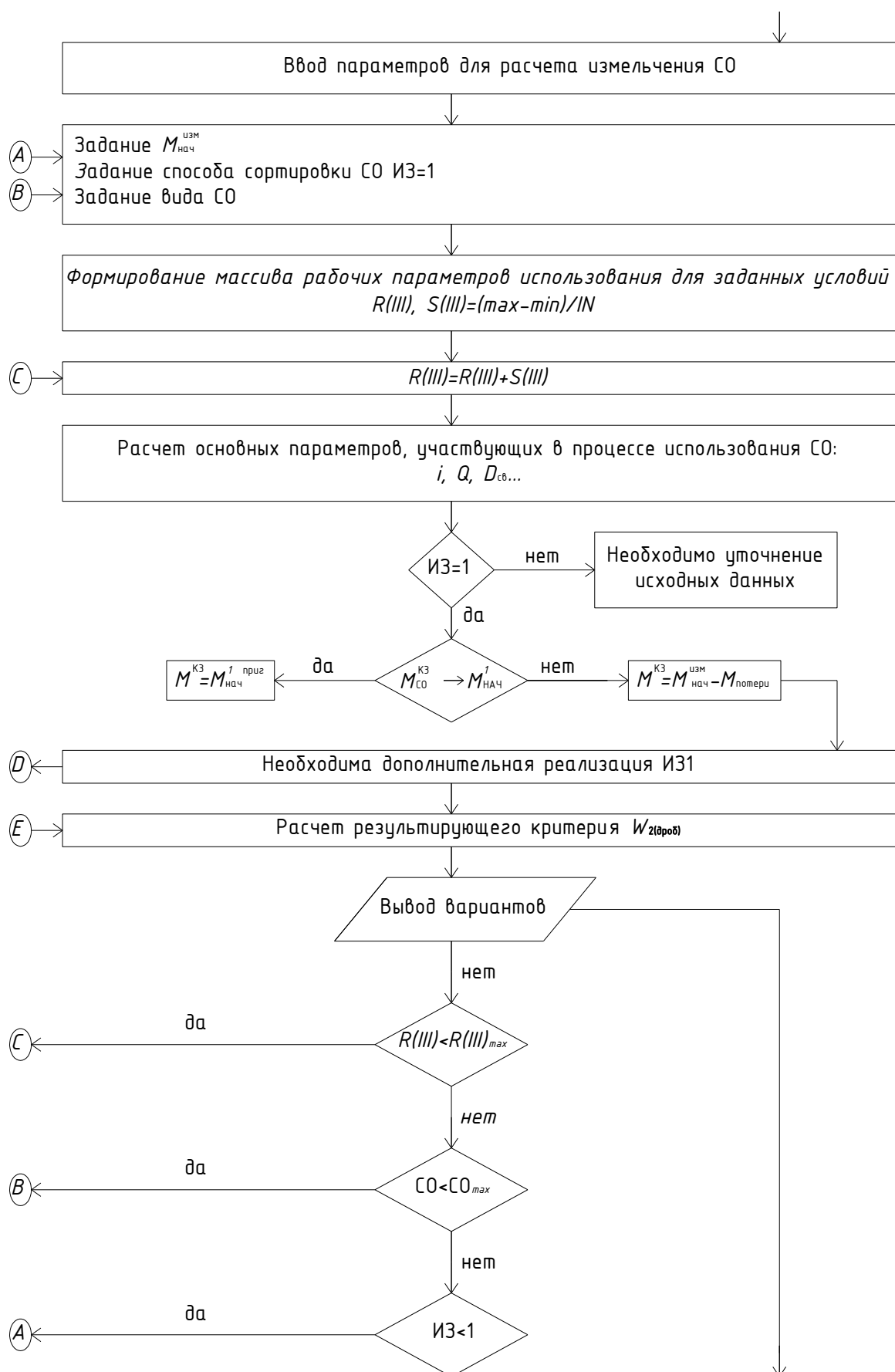


Рисунок 3.2 – Алгоритм реализации методики обеспечения экологической безопасности при восстановлении конструкций зданий (часть 3)



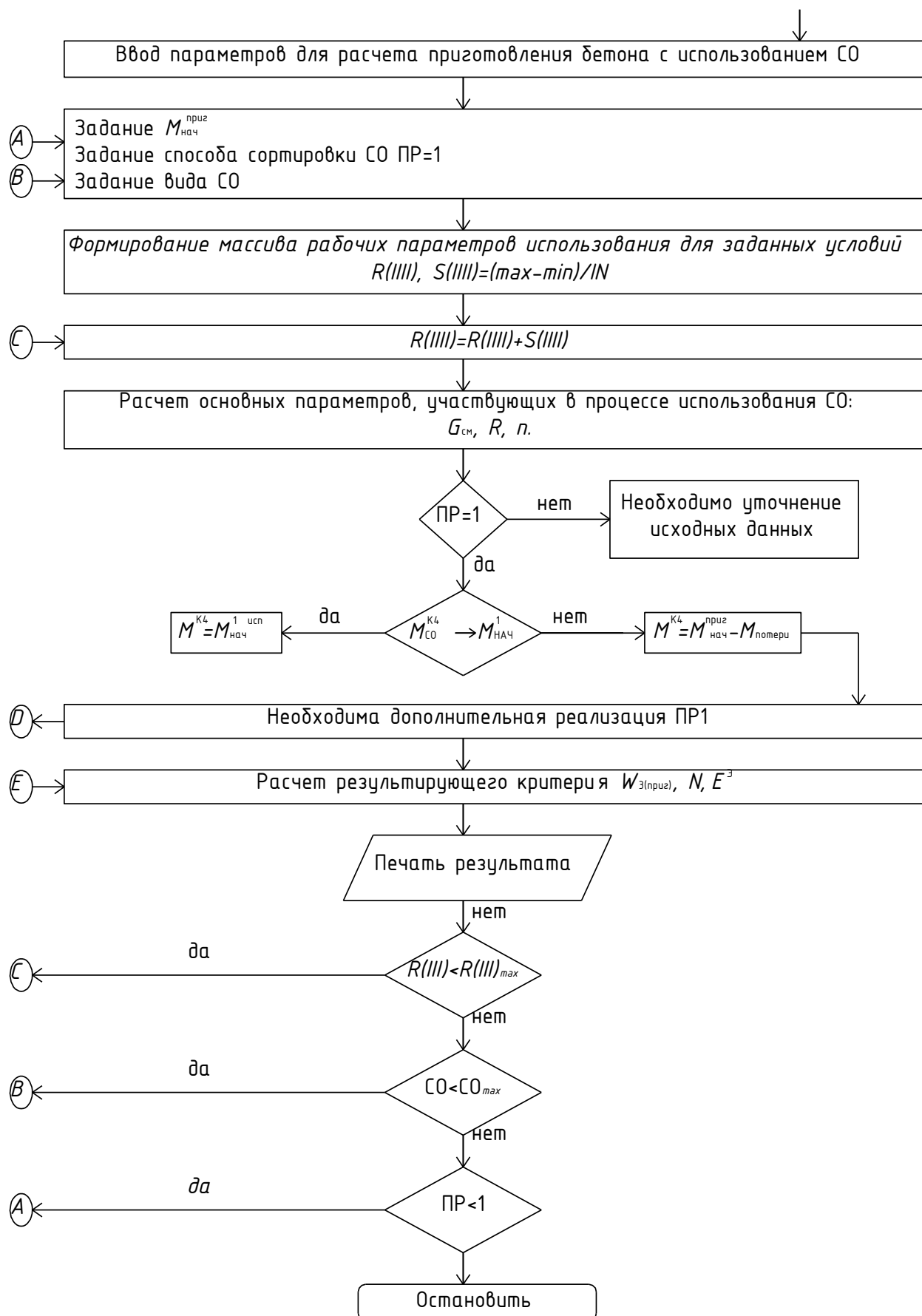


Рисунок 3.2 – Алгоритм реализации методики обеспечения экологической безопасности при восстановлении конструкций зданий (часть 4)

12. Вывод вариантов, соответствующих конкретным условиям.
13. Расчет результирующих величин и выбор только тех альтернативных вариантов наилучших доступных технологий, которые обеспечивают максимальные значения. При единственном альтернативном варианте его целесообразно принять к реализации. При разнообразии таких альтернативных вариантов проводят их оценку согласно разработанной методике.
14. Выбор альтернативного варианта наилучшей доступной технологии, обладающего максимальными значениями энергоэффективности, который выводится и окончательно принимается для подбора технического решения.
15. Ввод исходных данных для выбора из существующего разнообразия альтернативных вариантов наилучшей доступной технологии реализации этапа дробления строительных отходов: производительность, фракционный состав, плотность и др.
16. Комплектование набора возможных вариантов дробления строительных отходов с учетом рабочих параметров, применимых для строительного объекта.
17. Определение основных параметров, участвующих в процессе дробления.
18. Сопоставление технологических свойств подобранных вариантов наилучших доступных технологий с реальными технологическими характеристиками и особенностями строительной площадки.
19. Вывод вариантов, соответствующих конкретным условиям.
20. Расчет результирующих величин и выбор только тех альтернативных вариантов наилучших доступных технологий, которые обеспечивают максимальные значения. При единственном альтернативном варианте его целесообразно принять к реализации. При разнообразии таких альтернативных вариантов проводят их оценку согласно методике.
21. Выбор варианта наилучшей доступной технологии, обладающего максимальными значениями энергоэффективности, который выводится и окончательно принимается для подбора технического решения.

22. Ввод исходных данных для выбора варианта наилучшей доступной технологии реализации этапа приготовления строительных отходов: производительность, масса и др.

23. Комплектование набора возможных вариантов приготовления строительных отходов с учетом рабочих параметров, применимых для объекта строительства.

24. Определение основных параметров, участвующих в процессе приготовления строительных отходов.

25. Сопоставление технологических свойств подобранных вариантов наилучших доступных технологий с реальными технологическими характеристиками и особенностями строительной площадки.

26. Вывод вариантов, соответствующих конкретным условиям.

27. Расчет результирующих величин и выбор только тех альтернативных вариантов наилучших доступных технологий, которые обеспечивают максимальные значения. При единственном альтернативном варианте его целесообразно принять к реализации. При разнообразии таких альтернативных вариантов проводят их оценку согласно разработанной методике.

28. Выбор варианта наилучшей доступной технологии, обладающего максимальными значениями энергоэффективности, который выводится и окончательно принимается для подбора технического решения.

29. Формирование процесса восстановления конструкций здания (по этапам обращения со строительными отходами) с оптимальными рабочими характеристиками, отвечающими наибольшей величине ресурсосбережения и энергоэффективности для заданных технических условий, и подбор соответствующей наилучшей доступной технологии реализации её каждого этапа.

Совершенствование способов и средств обращения со строительными отходами сортировки, измельчения, приготовления и использования, а также управление ими основано на анализе параметрических зависимостей результирующих параметров (ресурсосбережения и энергоэффективности) процесса уменьшения по-

ступления строительных отходов в ОС. В качестве управляемых выбирать необходимо те функционально независимые свойства, преобразование которых влечет за собой одновременное увеличение значений степени ресурсосбережения и энергоэффективности (таблица 3.1).

Таблица 3.1 – Принципы управления параметрами различных наилучших доступных технологий реализации процессов обращения со строительными отходами (примеры)

Наименование параметра	Направление изменения	Возможные способы изменения	Примечание
Сортировка строительных отходов			
Эффективность грохочения $E_{эг}$	Увеличить	Применение механизированных методов демонтажа строительных конструкций	+
Измельчение строительных отходов			
Степень дробления строительных отходов $i$	Уменьшить	Увеличить размер фракционного состава исходного сырья для изготавливаемых материалов и изделий на основе строительных отходов	+
Приготовление материалов и изделий			
Масса строительных отходов $M_{со}$	Увеличить	Увеличить количество крупного и мелкого заполнителя в составе изготавливаемых материалов и изделий	+
Использование строительных отходов			
Масса, необходимая для использования при восстановлении $M_{2(исп)}$	Увеличить	Увеличить объем использования изделий и материалов на основе строительных отходов	+

С целью практической реализации применения предложенной методики, учитывая большой объем исходных данных и сложную схему алгоритма производимых расчетов, разработана программа для ЭВМ «Астонид» (приложение А) [126].

Перечень основных направлений совершенствования способов и средств реализации процессов уменьшения их поступления в ОС наиболее результативен на этапах сортировки, измельчения, приготовления и использования строительных отходов.

### 3.3 Формирование банка исходных данных с учетом экологических и технологических особенностей

Банк данных с целью формирования процесса восстановления конструкций с оптимальными рабочими параметрами обращения со строительными отходами включает в себя представленные ниже основные характеристики (рисунок 3.3).

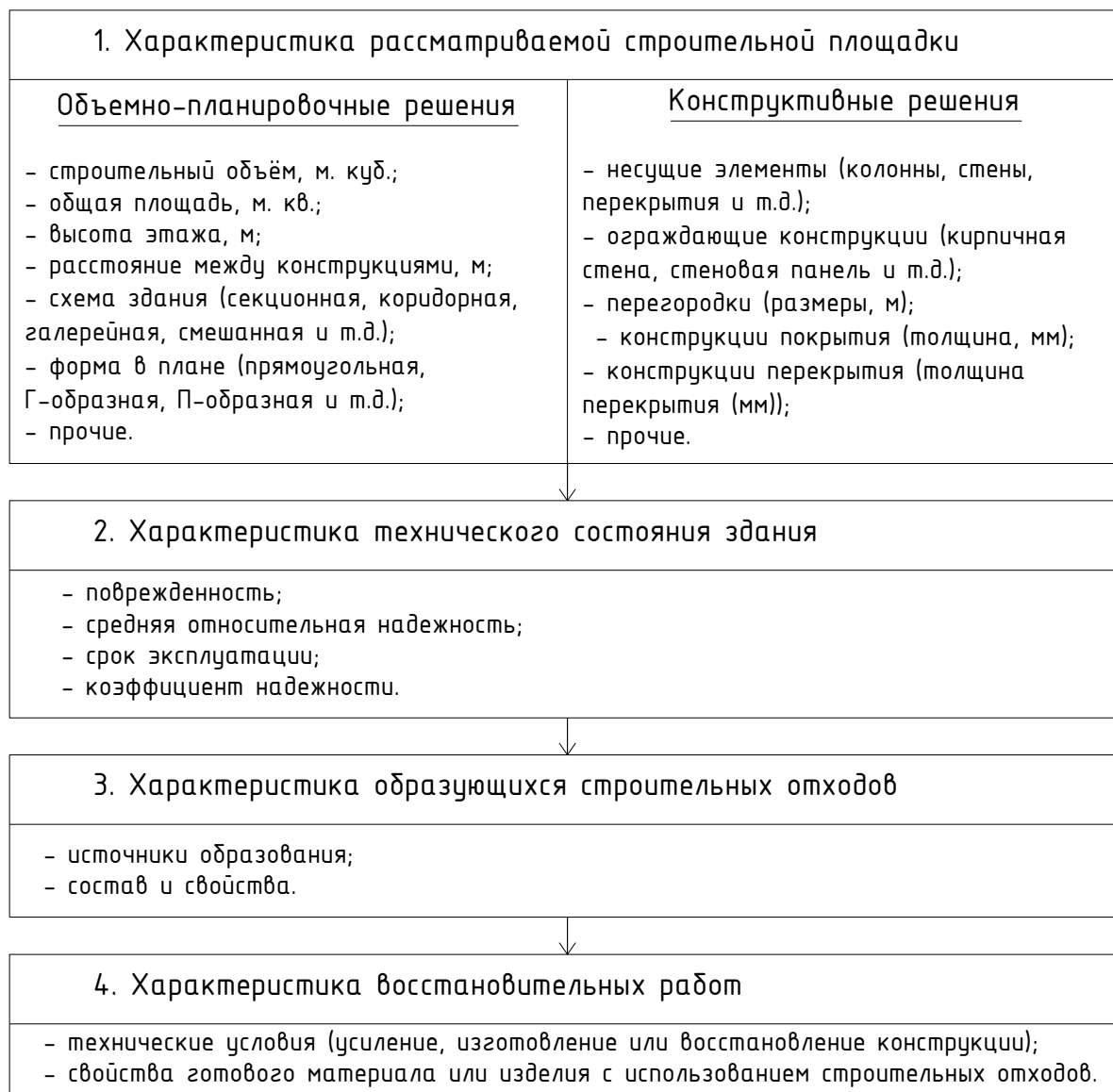


Рисунок 3.3 – Блок исходных данных к методике обеспечения экологической безопасности при восстановлении конструкций зданий

Так как процесс ремонтных работ проводится для уже существующих зданий, то первичными данными для формирования процесса восстановления конструкций будут являться объёмно-планировочные и конструктивные характери-

стики, а также данные технического состояния здания. После их сбора производится расчет параметров образующихся строительных отходов с целью определения технических условий объекта и свойств материалов и изделий, требуемых для осуществления методики.

Сформирован блок исходных данных, учитывающий техническое состояние, объёмно-планировочные и конструктивные решения здания, а также параметры образующихся строительных отходов, технические условия и свойства готового материала или изделия, требуемого для восстановительных работ.

### **3.4 Выводы по 3 главе**

1. Разработана методика обеспечения экологической безопасности при восстановлении конструкций зданий, в которой этапы обращения со строительными отходами представлены процессами их сбора, транспортировки, сортировки, измельчения, приготовления и использования с применением параметрических зависимостей ресурсосбережения и энергоэффективности.

2. С целью практической реализации предложенной методики разработан и описан алгоритм, который обеспечен программой для ЭВМ «АстониД», основными преимуществами которого является разработанный для инженеров по обследованию зданий блок исходных данных, позволяющий сформировать процесс восстановления конструкций с оптимальными рабочими параметрами.

3. Представлены основные направления совершенствования способов и средств сортировки, измельчения, приготовления и использования строительных отходов для реализации процессов уменьшения их поступления в ОС.

## ГЛАВА 4 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И ПРАКТИЧЕСКАЯ АПРОБАЦИЯ РАЗРАБОТАННОЙ МЕТОДИКИ

Предложенные автором теоретические разработки служат основой создания мероприятий по обеспечению экологической безопасности при восстановлении конструкций зданий за счёт использования строительных отходов на строительной площадке, что минимизирует их перевозку до мест расположения предприятий по переработке, либо полигонов ТКО, являясь при этом ресурсосберегающим и энергоэффективным инженерно-экологическим процессом.

Достижение этой цели возможно на основе результатов проведенных теоретических исследований:

- математического описания процессов образования, сортировки, измельчения и приготовления строительных отходов с помощью разработанных математических моделей, а также разработки критериев ресурсосбережения и энергоэффективности, позволивших определить оптимальные рабочие параметры для заданных условий объектов восстановления строительных конструкций;

- методики обеспечения экологической безопасности при восстановлении конструкций зданий из условий получения максимальных значений критериев ресурсосбережения и энергоэффективности процесса уменьшения поступления строительных отходов в окружающую среду, позволяющей применять полученные теоретические результаты и определить наилучшую доступную технологию для реальных условий рассматриваемых объектов.

Полученные результаты апробированы на строительных объектах в гг. Ростове-на-Дону (Ленинский район) и Новочеркаске, Ростовской области. Определение объектов апробации полученных результатов на практике произведено на основе ожидаемых экологических эффектов от их применения с помощью методики обеспечения экологической безопасности при восстановлении конструкций зданий [78].

#### 4.1 Реализация методики для объекта восстановления в г. Новочеркасске

Нежилое 4-этажное здание расположено в центральной части г. Новочеркасска.

Площадь земельного участка в границах землеотвода составляет – 1749 м<sup>2</sup>, площадь застройки – 1094,0 м<sup>2</sup>, строительный объём – 6748 м<sup>3</sup>.

Участок граничит:

- с севера – территорией строящегося 7-этажного жилого дома;
- с востока – малоэтажной жилой застройкой (одно-двухэтажные дома);
- с запада – малоэтажной жилой застройкой (одноэтажные дома);
- с юга – проезжей частью ул. Дубовского.

На территории участка дополнительных построек нет.

Площадка характеризуется спокойным рельефом с абсолютными отметками земли от 78,76 до 80,92.

По функциональному зонированию территория относится к зоне жилой застройки. По ландшафтному зонированию примыкающая к участку территория оценивается как интенсивно застроенная.

Размер здания в плане в осях 35,15×13,53 м (рисунки 4.1-4.4).

Проектом предусматривается реконструкция нежилого здания под 28-квартирный жилой дом со встроенными общественными помещениями и надстройкой мансардного этажа. Все решения разработаны опираясь на функциональное назначение жилого дома.

В соответствии с разработанным проектом по реконструкции жилого 28-квартирного дома при производстве строительных работ расходуется бетон:

- 1) на восстановление дефектных и поврежденных конструкций:
  - защитного слоя бетона ж/б конструкций – 18,15 м<sup>3</sup>;
  - кирпичной кладки – 26,92 м<sup>3</sup>.



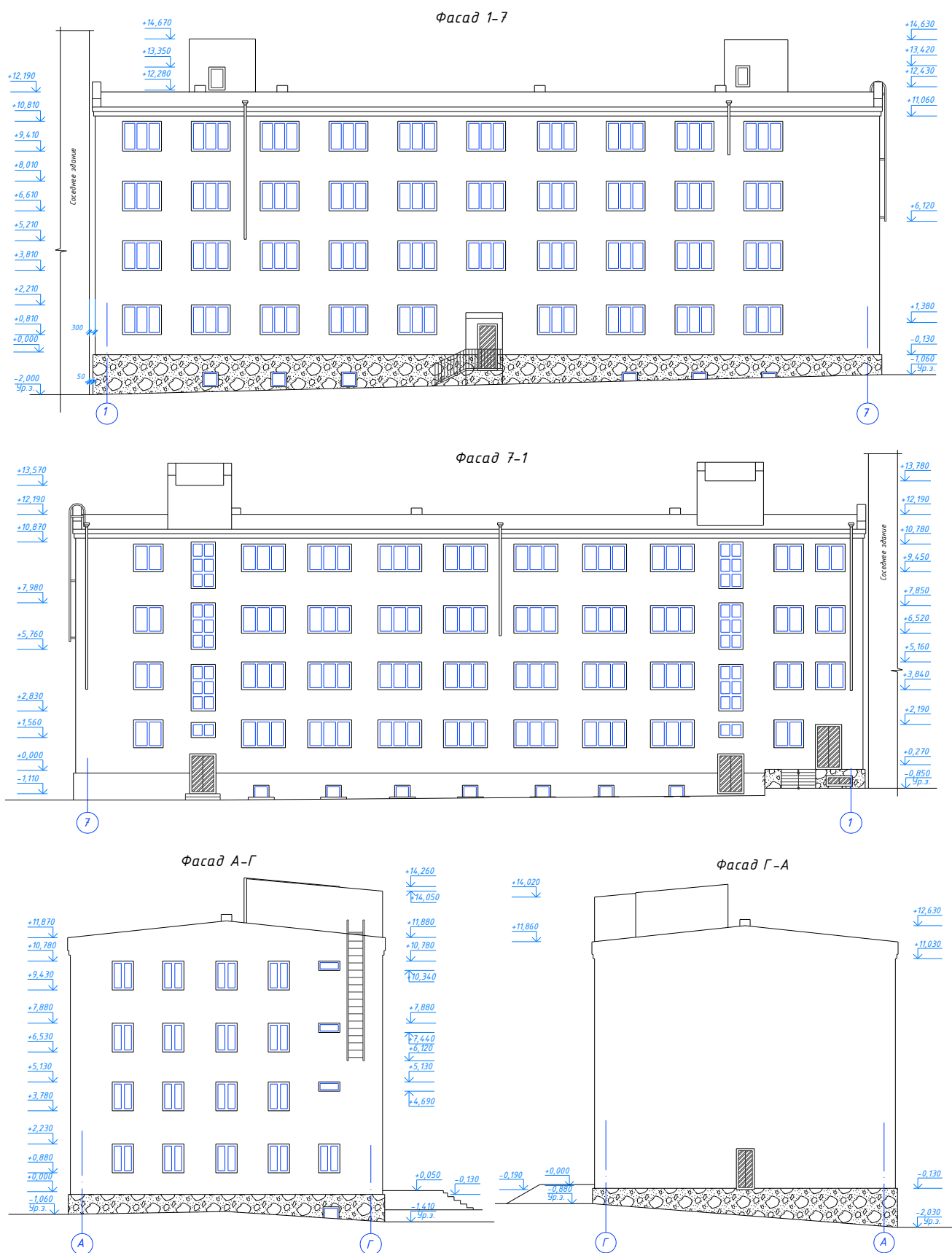


Рисунок 4.1 – Схема фасадов 4-этажного здания в г. Новочеркасске

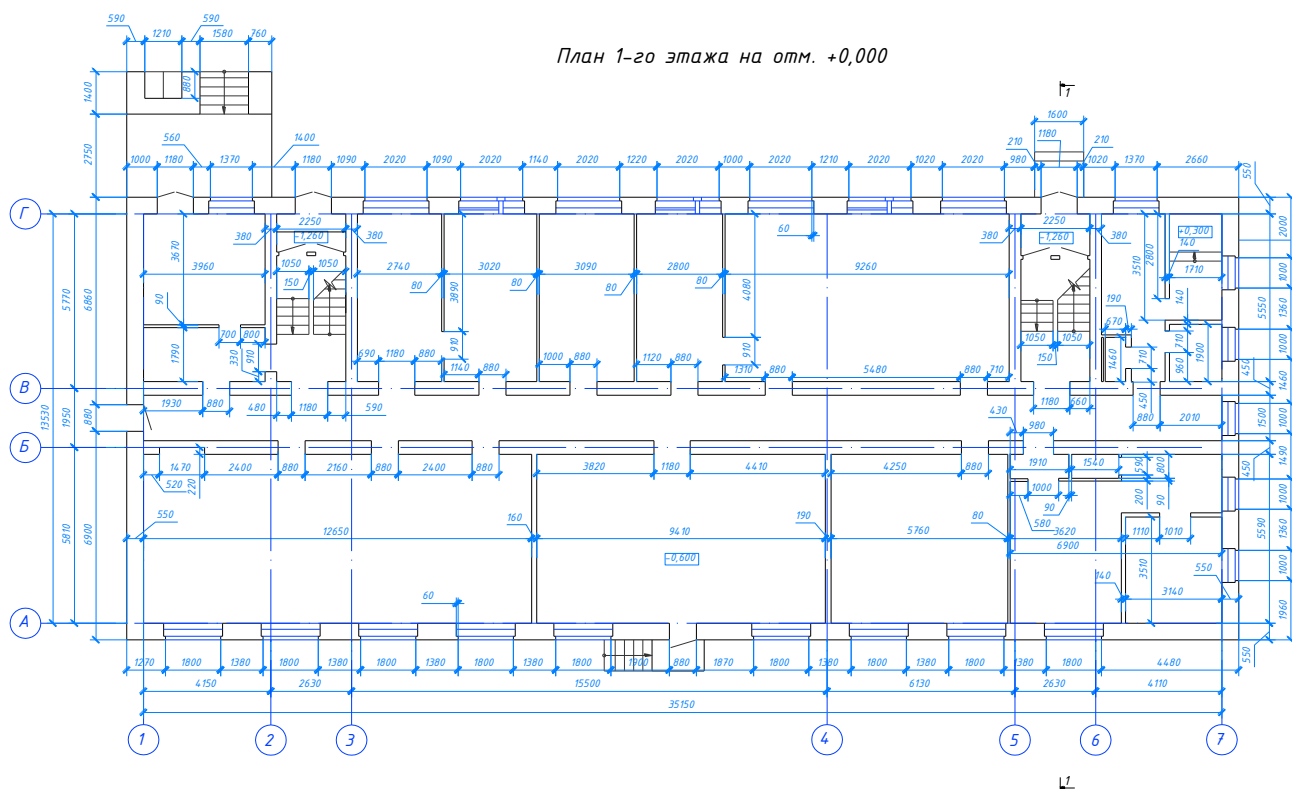


Рисунок 4.2 – План 1-го этажа 4-этажного здания в г. Новочеркасске

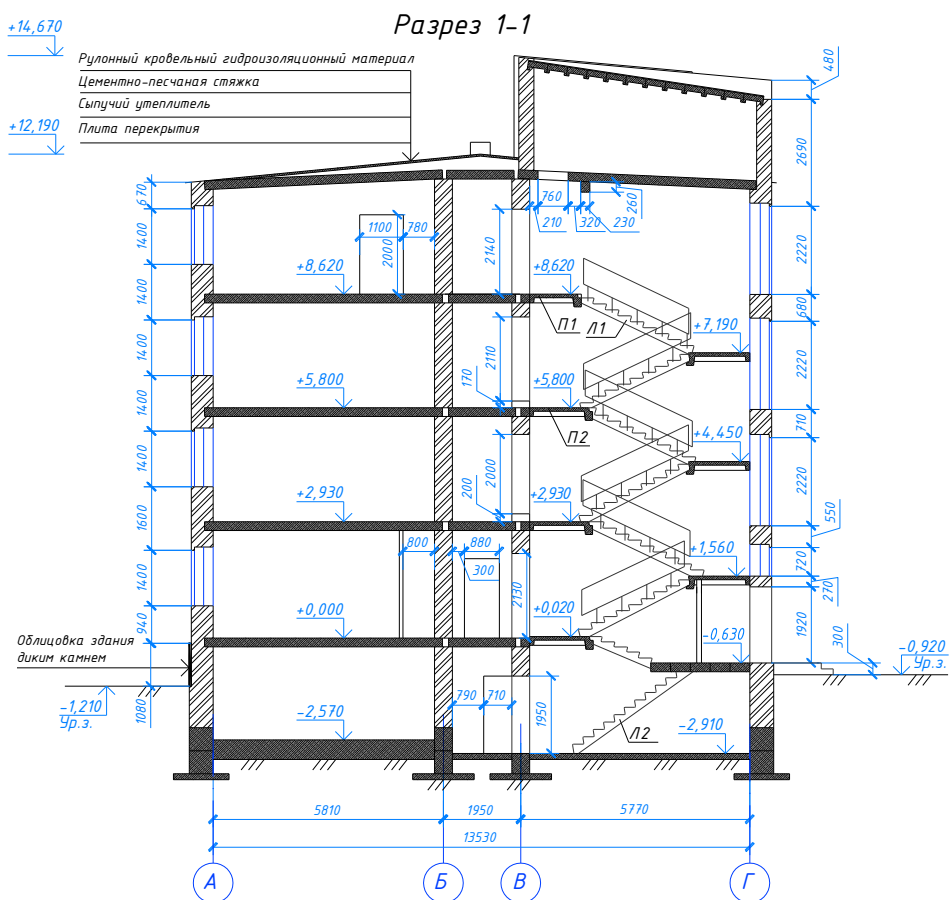


Рисунок 4.3 – Разрез 4-этажного здания в г. Новочеркасске



а – общий вид фасада здания в осях 1-7; б – общий вид фасада здания в осях 7-1  
 Рисунок 4.4 – Общий вид фасадов восстанавливаемого здания в г. Новочеркасске

2) на усиление строительных конструкций: монолитный железобетонный пояс –  $19,4 \text{ м}^3$ ; обойма кирпичных стен –  $13,8 \text{ м}^3$ .

3) на прилегающей территории выполнение отсыпки –  $24,86 \text{ м}^3$ .

Итого потребность в бетоне составляет  $103,13 \text{ м}^3$ .

Класс бетона по прочности на сжатие указанных выше работ не превышает В20, что, в соответствии с проведенным анализом в гл. 1 п. 1.5, позволяет приготовить его на основе вторичных материалов строительных отходов.

Исходя из запрошенных коммерческих предложений у организаций, занимающихся утилизацией строительного мусора в г. Новочеркасске, минимальная стоимость услуги составляет 620 руб. за 1 тонну с учетом транспортирования. Щебень фракцией 5-40 мм – 470 руб./т с доставкой.

Практическая реализация методики обеспечения экологической безопасности при восстановлении конструкций зданий включает следующие основные этапы:

1. Формирование базы данных. Для расчета критериев ресурсосбережения и энергоэффективности процессов сортировки, измельчения, приготовления и использования строительных отходов было произведено техническое обследование здания с учётом блока исходных данных (рисунок 3.3), в ходе которого определены объёмно-планировочные и конструктивные решения, а также параметры

технического состояния здания, по которым в свою очередь установлены источники образования и свойства строительных отходов при восстановлении конструкций здания в г. Новочеркасске. Значения приняты следующими:

– масса строительных конструкций здания по поврежденности и материальному признаку представлена в таблице 4.1;

Таблица 4.1 – Масса строительных конструкций здания по поврежденности и материальному признаку

Поврежденность	Масса строительных конструкций, т			
	каменные	железобетонные	деревянные	стальные
$E=0$	$M_{к1}=0$	$M_{жб1}=0$	$M_{д1}=0$	$M_{с1}=41,171$
$E=0,05$	$M_{к2}=2156,697$	$M_{жб2}=634,628$	$M_{д2}=0$	$M_{с2}=0$
$E=0,15$	$M_{к3}=169,627$	$M_{жб3}=120,881$	$M_{д3}=0$	$M_{с3}=0$
$E=0,25$	$M_{к4}=72,697$	$M_{жб4}=0$	$M_{д4}=0$	$M_{с4}=0$
$E=0,35$	$M_{к5}=24,232$	$M_{жб5}=0$	$M_{д5}=0$	$M_{с5}=0$
	$\sum M_{к1-5}=2423,255$	$\sum M_{жб1-5}=755,510$	$\sum M_{д1-5}=0$	$\sum M_{с1-5}=41,171$

– масса образующихся строительных отходов при производстве восстановления технического состояния здания представлена в таблице 4.2;

Таблица 4.2 – Масса образующихся строительных отходов при восстановлении технического состояния по поврежденности

Поврежденность	Масса строительных отходов, т			
	каменные	железобетонные	деревянные	стальные
$E=0$	0	0	0	0
$E=0,05$	$M_{к2штг}=16,822$	0	0	0
$E=0,15$	$0,15M_{к3}=25,444$	$M_{жб3зсб}=16,476$	$M_{д3}=0$	0
$E=0,25$	$0,25M_{к4}=18,174$	$M_{жб4зсб}=0$	$M_{д4}=0$	0
$E=0,35$	$M_{к5}=24,232$	$M_{жб5}=0$	$M_{д5}=0$	$M_{с5}=0$
	$M_{к.сo}=84,673$	$M_{жб.сo}=16,476$	$M_{д.сo}=0$	$M_{с.сo}=0$

– массу крупного и мелкого заполнителя, необходимую для приготовления бетона, примем 139225,5 кг, согласно проектным данным и главы 1, п. 1.5, таблицы 1.9, № п/п 3;

– плотность строительных отходов в соответствии с главой 1, п. 1.4 принята 1800 кг/м<sup>3</sup>;

– содержание фракции размером более 4 мм в исходном материале строительных отходов примем 69 %;

- средневзвешенный размер кусков исходного материала принимаем 100 мм;
- средневзвешенный размер кусков продуктов дробления 40 мм, в соответствии с главой 1, п.1.5, таблицей 1.9, № п/п 3;
- соотношение  $\text{Ц}/\text{П}_{\text{др}}=1/3$  принято по данным главы 1, п. 1.5;
- соотношение  $\text{В}/\text{Ц}=0,54$  принято по данным главы 1, п. 1.5;
- расход ГКЖ-94 составляет 4 кг, расход ПВА – 7,5 кг на 1 м<sup>3</sup> бетонной смеси, принято по данным главы 1, п. 1.5, таблицы 1.9, № п/п 3;

2. Определение наилучшей доступной технологии осуществления процесса уменьшения поступления строительных отходов в ОС при восстановлении конструкций объекта.

Исходя из заданных условий наибольшее количество возможных схем алгоритмов образуется в тех случаях применения строительных отходов, в которых их используют в качестве ресурса при приготовлении бетона для усиления, восстановления и (или) изготовления конструкций.

По схеме алгоритма оценки и выбора наилучшей доступной технологии определены альтернативные варианты технических изделий использования строительных отходов.

3. В соответствии с формулой (2.18) выполнение расчета критерия ресурсосбережения. С учетом того, что отходы дерева и металла равны нулю, получим  $E_p$  равным 100 %. Так как результат расчета показал вариант с максимально возможной величиной ресурсосбережения, примем его к реализации и дальнейшему рассмотрению.

4. Определение наилучшей доступной технологии осуществления процесса уменьшения поступления строительных отходов в ОС при восстановлении конструкций объекта на стадии сортировки с учетом рабочих параметров.

По схеме алгоритма оценки и выбора наилучшей доступной технологии определены альтернативные варианты технических изделий сортировки строительных отходов.

Согласно проведенному анализу характеристик технических изделий и потребности строительного процесса, исходя из заданных начальных условий, определены альтернативные варианты осуществления этапа сортировки, что представлено в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Набор альтернативных вариантов процесса сортировки механическим методом способом грохочения

Технические изделия грохочения	
Вид	Альтернативный вариант
Вибрационный высокочастотный, односитный	1) ГВД-1x2 2) ГВД-1x0,6 3) ГВ-06
Вибрационный самобаланс-ный	1) СМД-53(С-861) 2) СМД-107
Вибрационный эксцентрико-вый	1) СМД-23 2) СМД-24 3) СМД-21
Вибрационный инерционный	1) СМД-44 (С-724) 2) СМД-113 (СМ-690) 3) СМД-545 (С-725) 4) С-740 5) С-785

5. Соотнесение технологических свойств подобранных технических изделий с реальными технологическими характеристиками и особенностями заданных условий предоставило возможность выбрать технические средства грохочения для рассмотрения: ГВД-1x2; ГВД-1x0,6; С-740; СМД-53; СМД-24.

6. Расчет значения энергоэффективности альтернативных вариантов реализации процесса сортировки в соответствии с формулой (2.20) представлен в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Значения энергоэффективности процесса сортировки

Параметр	Технические изделия сортировки			
	ГВД-1x2	ГВД-1x0,6	СМД-53	СМД-24
$Q$ , м <sup>3</sup> /с	11,1	2,77	0,011	0,055
$l$ , м	2,15	1,75	3,16	5,1
$C_B$ , %	69	69	69	69
$C_H$ , %	31	31	31	31
$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	1800	1800	1800	1800
$V$ , м/с	0,073	0,023	$53,30 \cdot 10^{-6}$	$176,710^{-6}$
$E_{\text{эрг}}$ , %	0,85	0,85	0,85	0,85
Энергоэффективность, %	0,25	0,16	0,50	1,23

Расчет показал единственный вариант с максимально возможным значением энергоэффективности (ГВД-1х2), принимаем его к реализации. Переходим к следующему этапу обращения со строительными отходами.

7. Определение альтернативных вариантов наилучшей доступной технологии дробления с учетом рабочих параметров, применимых для строительного объекта.

Согласно проведенному анализу характеристик технических изделий и потребности строительного процесса и исходя из заданных начальных условий, выбраны технологические сочетания реализации этапа измельчения (таблица 4.5).

Таблица 4.5 – Определение альтернативных вариантов измельчения механическим методом способом дробления

Технические изделия дробления	
Вид	Альтернативный вариант
Дробилки щековые	1) СМД-115.1 2) ЩДС-1,6х2,5 3) ЩДС-2,5х4
Дробилка роторная	1) СМД-85 2) СМД-86 3) СМД-75
Дробилки молотковые	1) С-599 2) С-738 3) С-218 М 4) ВМД-105А 5) СМ-112 6) М-6-4

8. Соотнесение технологических свойств альтернативных вариантов с реальными технологическими характеристиками и особенностями заданных условий предоставило возможность выбрать технические изделия дробления для дальнейшего рассмотрения: С-218М; ЩДС-2,5х4; М-6-4.

9. Расчет результирующих величин и выбор только тех наилучших доступных технологий дробления, которые обеспечивают максимальные величины.

Рассчитанные величины энергоэффективности процесса измельчения и значения вариантов технологического осуществления процесса в соответствии с формулой (2.21) представлены в таблице 4.6.

Таблица 4.6 – Значения энергоэффективности процесса измельчения

Параметр	Технические изделия измельчения		
	С-218М	ЩДС-2,5х4	М-6-4
$N_{уст}$ , кВт	17	17	20
$M_{исп}$ , кг	89869	89869	89869
$K_M$ ,	1,5	1,5	1,5
$i$ ,	2,5	2,5	2,5
$Q_p$ , м <sup>3</sup> /с	0,0018	0,0007	0,0015
$D_{св}$ , м	100	100	100
Энергоэффективность, %	$73,29 \cdot 10^{-5}$	$28,50 \cdot 10^{-5}$	$71,86 \cdot 10^{-5}$

10. Расчет показал единственный вариант с максимально возможным значением энергоэффективности (ЩДС-2,5х4), принимаем его к реализации.

11. Определение набора возможных альтернативных вариантов приготовления строительных отходов с учетом рабочих параметров, применимых для заданных условий.

Согласно проведенному анализу характеристик технических изделий и потребности строительного процесса, исходя из заданных начальных условий, определены альтернативные варианты осуществления этапа приготовления бетонной смеси, что представлено в таблице 4.7.

Таблица 4.7 – Набор альтернативных вариантов приготовления бетона механическим методом способом смешивания

Технические изделия смешивания	
Вид	Альтернативный вариант
Смеситель принудительного действия	1) БП-50 2) БП-100 3) БП-250
Смесители гравитационные	1) БГЦ-100 2) БГЦ-250

12. Соотнесение технологических свойств подобранных альтернативных вариантов с реальными технологическими характеристиками и особенностями заданных условий предоставило возможность выбрать технические изделия приготовления бетона для дальнейшего рассмотрения: БГЦ-100, БГЦ-250.



13. Расчет результирующих величин и выбор альтернативных вариантов обеспечивают наибольшие величины энергоэффективности.

Рассчитанные величины энергоэффективности процесса приготовления бетонной смеси и значения альтернативных вариантов технологии осуществления процесса в соответствии с формулой (2.22) представлены в таблице 4.8.

Таблица 4.8 – Значения энергоэффективности процесса приготовления бетонной смеси

Параметр	Технические изделия приготовления бетонной смеси	
	БГЦ-100	БГЦ-250
$M_{исп}$ , кг	89869	89869
$M_{ц}$ , кг	29965	29965
$M_{в}$ , кг	16181	16181
$M_{д}$ , кг	635	635
$R$ , м	0,35	0,47
$n$ , об/с	0,46	0,39
Энергоэффективность, %	$8,92 \cdot 10^{-5}$	$10,16 \cdot 10^{-5}$

14. Расчет показал единственный вариант с максимально возможным значением энергоэффективности (БГЦ-100), принимаем его к реализации.

15. Процесс восстановления конструкций рассматриваемой строительной площадки в г. Новочеркасске включает: сбор и транспортировку строительных отходов к установленному месту расположения технологического процесса; использование строительных отходов для приготовления бетонной смеси; сортировку в вибрационном высокочастотном грохоте ГВД-1х0,6; их измельчение в щековой дробилке ШДС-2,5х4; приготовление бетонной смеси в гравитационном смесителе БГЦ-100; использование полученного материала для восстановления дефектных участков, усиления эксплуатируемых и выполнения новых конструкций.

Таким образом, практическое внедрение предполагаемой методики (приложение Б) позволяет реализовать процесс уменьшения поступления строительных отходов в ОС при восстановлении конструкций здания, используя наилучшие доступные технологии, обеспечивающие максимально возможные значения ресурсосбережения и минимальные энергетические затраты, которые определяют процесс как оптимальный.

Экологический эффект от реализации методики выражен в использовании строительных отходов, образующихся от демонтажа поврежденных и дефектных участков конструкций зданий, в качестве крупного и мелкого заполнителя бетона. Это позволило снизить загрязнения окружающей среды, применив 100% (без учета потерь) строительных отходов (84673 кг каменных, 16476 кг железобетонных отходов) при ремонтно-восстановительных работах.

Социально-экономический эффект от реализации предлагаемой методики составил 18,37 руб. с единицы строительного объема ( $1 \text{ м}^3$ ), что в общем в процессе реконструкции здания позволило сэкономить 147417 руб.

#### 4.2 Реализация методики для объекта в г. Ростов-на-Дону

Трехэтажное здание общественного назначения расположено в центральной части г. Ростов-на-Дону. Площадь земельного участка в границах землеотвода составляет –  $1451,1 \text{ м}^2$ . Площадь застройки –  $1296,2 \text{ м}^2$ . Строительный объем здания –  $9896 \text{ м}^3$ . Для формирования исходных данных проведено сплошное детально-инструментальное обследование [133].

На территории участка дополнительных построек нет. Площадка характеризуется спокойным рельефом.

По функциональному зонированию территория относится к зоне жилой застройки. По ландшафтному зонированию примыкающая к участку территория оценивается как интенсивно застроенная.

Габаритные размеры здания –  $22,06 \times 31,37 \text{ м}$ , относительная отметка верха кровли  $+15,08 \text{ м}$  (рисунки 4.5-4.8).

Проектом предусматривается реконструкция общественного здания под офисные помещения с надстройкой мансардного этажа.

В соответствии с разработанным проектом по реконструкции здания при производстве строительных работ расходуется бетон:

- 1) на восстановление дефектных и поврежденных конструкций:  
– восстановление защитного слоя бетона ж/б конструкций –  $11,95 \text{ м}^3$ ;

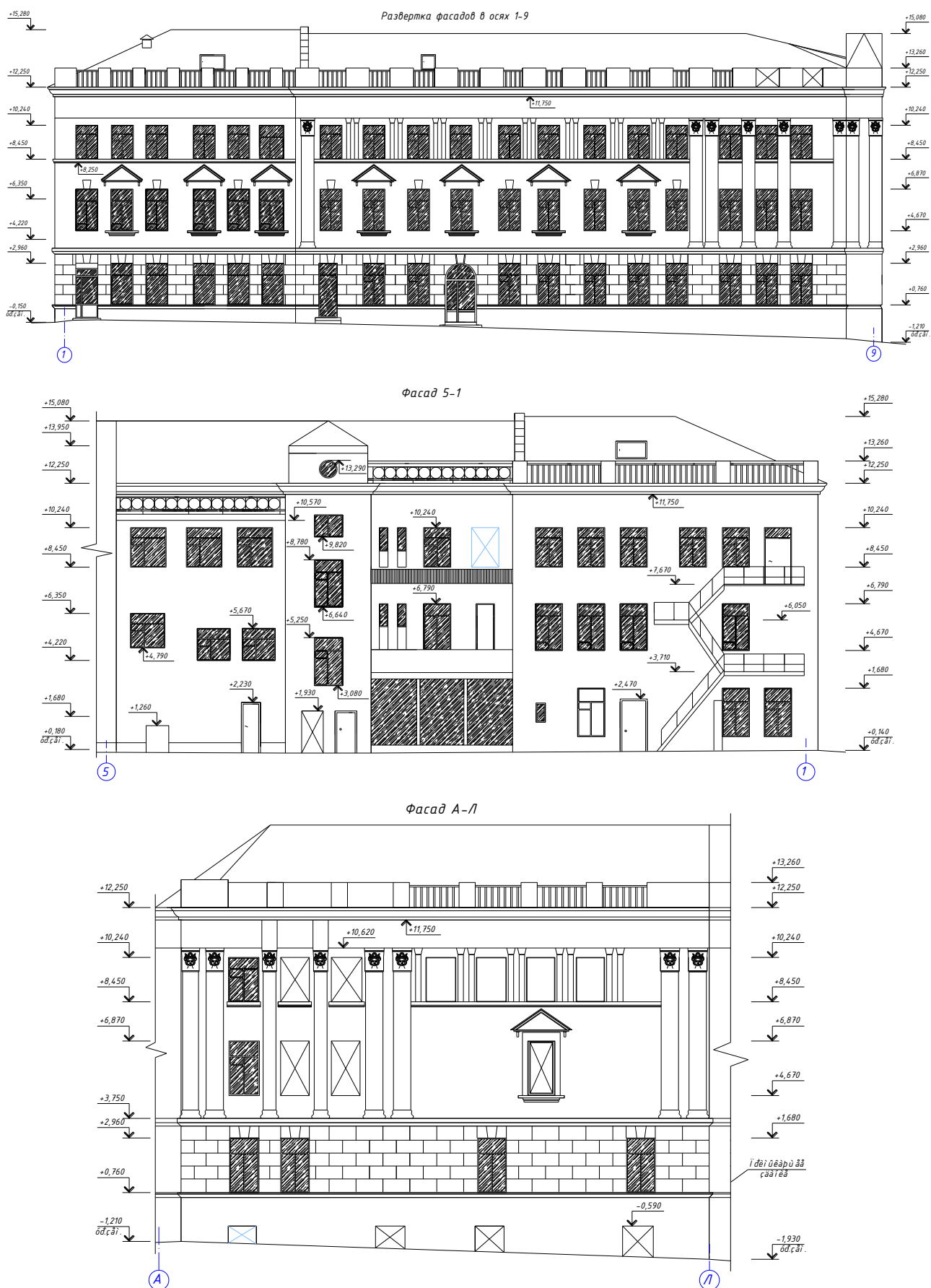


Рисунок 4.5 – Схема фасадов 3-этажного здания в г. Ростов-на-Дону

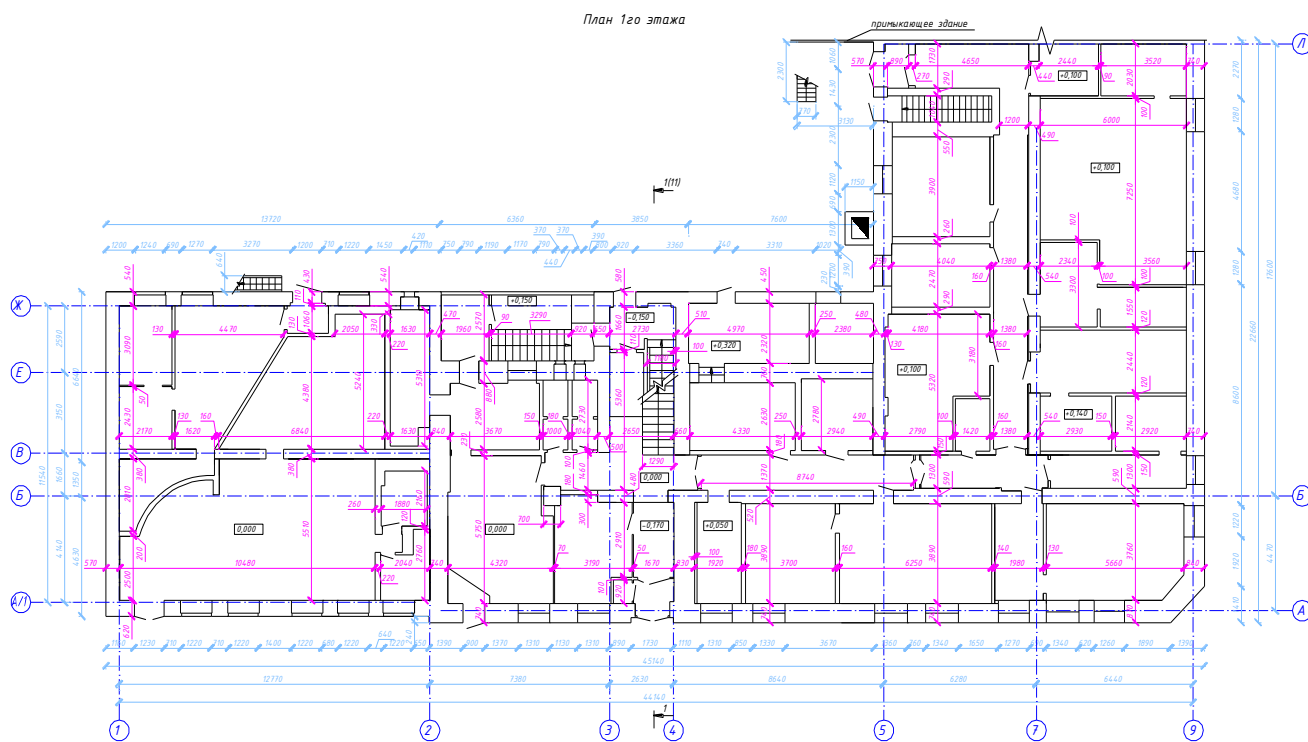


Рисунок 4.6 – План 1-го этажа здания в г. Ростов-на-Дону

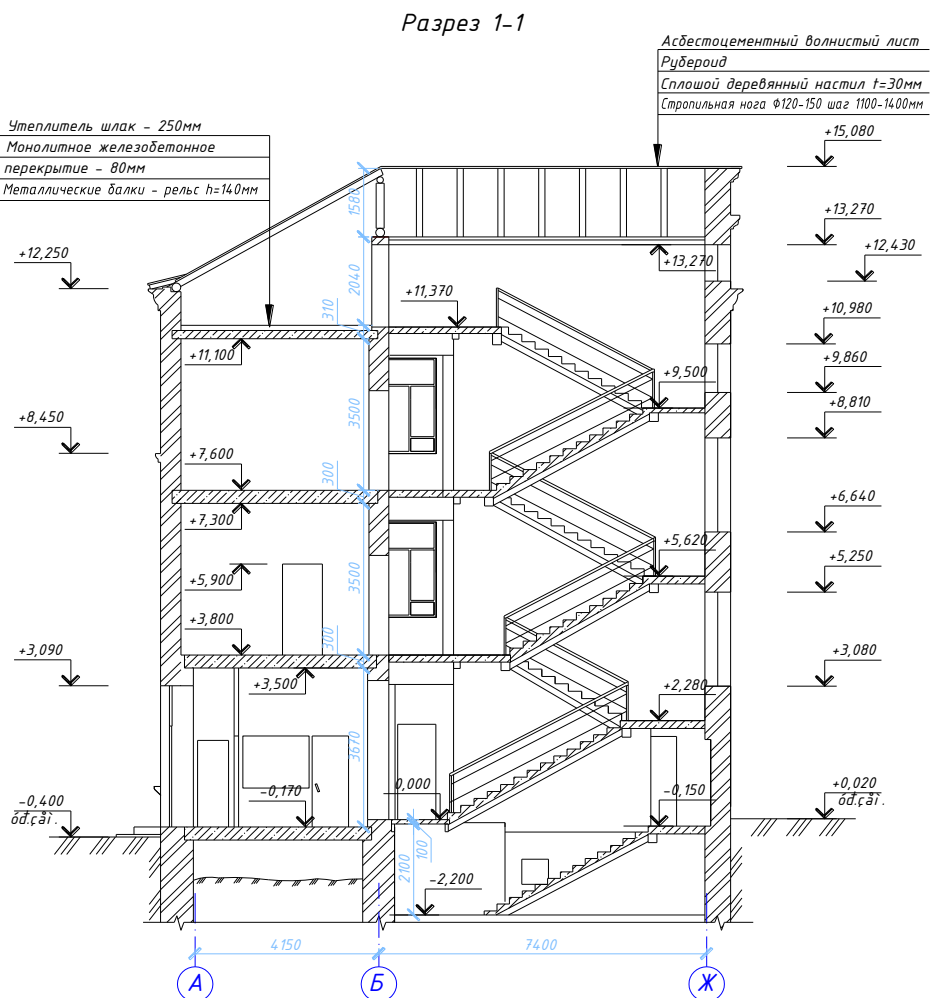


Рисунок 4.7 – Разрез 3-этажного здания в г. Ростов-на-Дону

2) на усиление строительных конструкций:

– монолитный железобетонный пояс – 38,66 м<sup>3</sup>;

– обойма кирпичных стен – 19,2 м<sup>3</sup>;

– усиление железобетонного перекрытия – 38,6 м<sup>3</sup>.

3) на благоустройство прилегающей территории:

– отмостка – 23,65 м<sup>3</sup>.

Всего: 132,06 м<sup>3</sup>.

В соответствии с конструктивными решениями класс бетона по прочности на сжатие указанных выше работ не превышает В20, что в соответствии с проведенным анализом в гл. 1 п. 1.5 позволяет приготовить его на основе вторичных материалов строительных отходов.



а – общий вид фасада здания в осях 1-9; б – общий вид фасада здания в осях 5-1

Рисунок 4.8 – Здание общественного назначения в Ростове-на-Дону

Исходя из запрошенных коммерческих предложений у организаций, занимающихся утилизацией строительного мусора в г. Ростов-на-Дону, минимальная стоимость услуги составляет 570 руб. за 1 т с учетом транспортирования. Щебень фракцией 5-40 мм – 450 руб./т с доставкой.

Практическая реализация методики обеспечения экологической безопасности при восстановлении конструкций зданий включает следующие основные этапы:

1. Формирование базы данных с учётом блока исходных данных (рисунок 3.3). Для расчета критериев ресурсосбережения и энергоёмкости процессов сортировки, измельчения, приготовления и использования строительных отходов были приняты следующие параметры:

– масса строительных конструкций здания по поврежденности и материальному признаку представлена в таблице 4.9;

Таблица 4.9 – Масса строительных конструкций здания по поврежденности и материальному признаку

Поврежденность	Масса строительных конструкций, т			
	каменные	железобетонные	деревянные	стальные
$E=0$	$M_{к1}=0$	$M_{жб1}=0$	$M_{д1}=0$	$M_{с1}=0$
$E=0,05$	$M_{к2}=3196,080$	$M_{жб2}=721,572$	$M_{д2}=0$	$M_{с2}=62,415$
$E=0,15$	$M_{к3}=257,155$	$M_{жб3}=83,753$	$M_{д3}=0$	$M_{с3}=0$
$E=0,25$	$M_{к4}=91,841$	$M_{жб4}=0$	$M_{д4}=0$	$M_{с4}=0$
$E=0,35$	$M_{к5}=128,577$	$M_{жб5}=53,688$	$M_{д5}=0$	$M_{с5}=0$
	$\sum M_{к1-5}= 3673,655$	$\sum M_{жб1-5}= 859,015$	$\sum M_{д1-5}= 49,258$	$\sum M_{с1-5}= 41,171$

– масса образующихся строительных отходов при производстве восстановления технического состояния здания представлена в таблице 4.10;

Таблица 4.10 – Масса образующихся строительных отходов при восстановлении конструкций здания по поврежденности

Поврежденность	Масса строительных отходов, т			
	каменные	железобетонные	деревянные	стальные
$E=0$	0	0	0	0
$E=0,05$	$M_{к2шт}=24,929$	0	0	0
$E=0,15$	$0,15M_{к3}=38,573$	$M_{жб3зсб}=11,415$	$M_{д3}=0$	0
$E=0,25$	$0,25M_{к4}=22,960$	$M_{жб4зсб}=0$	$M_{д4}=0$	0
$E=0,35$	$M_{к5}=24,232$	$M_{жб5}=53,688$	$M_{д5}=49,258$	$M_{с5}=0$
	$M_{к.сo}=110,695$	$M_{жб.сo}=65,104$	$M_{д.сo}=49,258$	$M_{с.сo}=0$

– масса крупного и мелкого заполнителя, необходимая для приготовления бетона, рассчитана согласно проектным данным, главы 1, п. 1.5, таблицы 1.9, № п/п 3 и составляет 178 281 кг;

– плотность строительных отходов в соответствии с гл.1, п.1.4 принята 1800 кг/м<sup>3</sup>;

– содержание фракции размером более 4 мм в исходном материале строительных отходов принимаем 54 %;

- средневзвешенный размер кусков исходного материала – 120 мм;
- средневзвешенный размер кусков продуктов дробления 40 мм, в соответствии с главой 1, п. 1.5, таблицей 1.9, № п/п 3;
- соотношение  $\text{Ц}/\text{П}_{\text{др}}=1/3$ , принято по данным главы 1, п. 1.5;
- соотношение  $\text{В}/\text{Ц}=0,54$  принято по данным главы 1, п. 1.5;
- расход ГКЖ-94 составляет 4 кг, расход ПВА – 7,5 кг на 1 м<sup>3</sup> бетонной смеси (принято по данным главы 1, п. 1.5, таблица 1.9, № п/п 3)

2. Определение наилучшей доступной технологии осуществления процесса уменьшения поступления строительных отходов в ОС при восстановлении конструкций объекта. Исходя из заданных условий наибольшее количество возможных схем алгоритмов образуется в тех случаях применения строительных отходов, в которых их используют в качестве ресурса при приготовлении бетона для усиления, восстановления и (или) изготовления конструкций.

По схеме алгоритма оценки и выбора наилучшей доступной технологии определены альтернативные варианты технических изделий использования строительных отходов.

3. Выполнение расчета критерия ресурсосбережения, который в соответствии с формулой (2.18) составляет  $E_p=78,015\%$ . Так как результат расчета показал единственный вариант с максимально возможной величиной ресурсосбережения, примем его к реализации.

4. Определение наилучшей доступной технологии осуществления процесса уменьшения поступления строительных отходов в ОС с учетом рабочих параметров, применимых для строительного объекта.

По схеме алгоритма оценки и выбора наилучшей доступной технологии определены альтернативные варианты технических изделий для сортировки строительных отходов.

Согласно проведенному анализу характеристик технических изделий и потребности строительного процесса, исходя из заданных начальных условий, определены альтернативные варианты осуществления этапа сортировки, что представлено в таблице 4.11.

Таблица 4.11 – Набор альтернативных вариантов процесса сортировки механическим методом способом грохочения

Технические изделия грохочения	
Вид	Альтернативный вариант
Вибрационный высокочастотный, односитный	1) ГВД-1x2 2) ГВД-1x0,6 3) ГВ-06
Вибрационный самобаланс-ный	1) СМД-53(С-861) 2) СМД-107
Вибрационный эксцентрико-вый	1) СМД-23 2) СМД-24 3) СМД-21
Вибрационный инерционный	1) СМД-44 (С-724) 2) СМД-113 (СМ-690) 3) СМД-545 (С-725) 4) С-740 5) С-785

5. Соотнесение технологических свойств подобранных технических изделий с реальными технологическими характеристиками и особенностями заданных условий предоставило возможность выбрать машины грохочения для рассмотрения: ГВД-1x2; ГВД-1x0,6; С-740; СМД-24.

6. Рассчитанные значения энергоэффективности альтернативных вариантов реализации процесса сортировки в соответствии с формулой (2.20) представлены в таблице 4.12.

Таблица 4.12 – Значения энергоэффективности процесса сортировки

Параметр	Технические изделия сортировки		
	ГВД-1x2	ГВД-1x0,6	СМД-24
$Q, \text{ м}^3/\text{с}$	11,1	2,77	0,055
$l, \text{ м}$	2,15	1,75	5,1
$C_B, \%$	54	54	54
$C_H, \%$	56	56	56
$\rho, \text{ кг}/\text{м}^3$	1800	1800	1800
$V, \text{ м}/\text{с}$	0,073	0,023	$176,710^{-6}$
$E_{\text{эГ}}, \%$	0,85	0,85	0,85
Энергоэффективность, %	0,24	0,15	1,19

Расчет показал единственный вариант с максимально возможным значением энергоэффективности (ГВД-1x0,6), принимаем его к реализации.



7. Определение альтернативных вариантов наилучшей доступной технологии дробления строительных отходов с учетом рабочих параметров, применимых для строительного объекта.

Согласно проведенному анализу характеристик технических изделий и потребности строительного процесса, исходя из заданных начальных условий, выбраны технологические сочетания реализации этапа измельчения, что представлено в таблице 4.13

Таблица 4.13 – Формирование альтернативных вариантов осуществления процесса измельчения

Технические изделия дробления	
Вид	Альтернативный вариант
Дробилки щековые	1) СМД-115.1 2) ЩДС-1,6x2,5 3) ЩДС-2,5x4
Дробилка роторная	1) СМД-85 2) СМД-86 3) СМД-75
Дробилки молотковые	1) С-599 2) С-738 3) С-218 М 4) ВМД-105А 5) СМ-112 6) М-6-4

8. Соотнесение технологических свойств альтернативных вариантов с реальными технологическими характеристиками и особенностями заданных условий предоставило возможность выбрать технические изделия дробления для дальнейшего рассмотрения: С-218М; ЩДС-2,5x4; М-6-4.

9. Расчет результирующих величин и выбор только тех наилучших доступных технологий, которые обеспечивают максимальные величины.

Рассчитанные величины энергоэффективности процесса измельчения и значения вариантов технологического осуществления процесса в соответствии с формулой (2.21) представлены в таблице 4.14.

Таблица 4.14 – Значения энергоэффективности процесса измельчения

Параметр	Технические изделия измельчения		
	С-218М	ЩДС-2,5х4	М-6-4
$N_{уст}$ , кВт	17	17	20
$M_{исп}$ , кг	124294	124294	124294
$K_M$	1,4	1,4	1,4
$i$	3	3	3
$Q_p$ , м <sup>3</sup> /с	0,0018	0,0007	0,0015
$D_{CB}$ , м	100	100	100
Энергоэффективность, %	$119,67 \cdot 10^{-5}$	$46,54 \cdot 10^{-5}$	$117,33 \cdot 10^{-5}$

10. Расчет показал единственный вариант с максимально возможным значением энергоэффективности (ЩДС-2,5х4), принимаем его к реализации.

11. Определение набора возможных альтернативных вариантов приготовления строительных отходов с учетом рабочих параметров, применимых для заданных условий.

Согласно проведенному анализу характеристик технических изделий и потребности строительного процесса, исходя из заданных начальных условий, определены альтернативные варианты осуществления этапа приготовления бетонной смеси, что представлено в таблице 4.15.

Таблица 4.15 – Набор альтернативных вариантов приготовления бетона механическим методом способом смешивания

Технические изделия смешивания	
Вид	Альтернативный вариант
Смеситель принудительного действия	1) БП-50 2) БП-100 3) БП-250
Смесители гравитационные	1) БГЦ-100 2) БГЦ-250

12. Соотнесение технологических свойств подобранных альтернативных вариантов с реальными технологическими характеристиками и особенностями заданных условий предоставило возможность выбрать технические изделия приготовления бетона для дальнейшего рассмотрения: БГЦ-100, БГЦ-250.

13. Расчет результирующих величин и выбор альтернативных вариантов, обеспечивающих наибольшие величины энергоэффективности.

Рассчитанные величины энергоэффективности процесса приготовления бетонной смеси и значения альтернативных вариантов технологии осуществления процесса в соответствии с формулой (2.22) представлены в таблице 4.16.

Таблица 4.16 – Значения энергоэффективности процесса приготовления бетонной смеси

Параметр	Технические изделия приготовления бетонной смеси	
	БГЦ-100	БГЦ-250
$M_{исп}$ , кг	124294	124294
$M_{ц}$ , кг	41443	41443
$M_{в}$ , кг	22379	22379
$M_{д}$ , кг	878	878
$R$ , м	0,35	0,47
$N$ , об/с	0,46	0,39
Энергоэффективность, %	$12,34 \cdot 10^{-5}$	$14,05 \cdot 10^{-5}$

14. Расчет показал единственный вариант с максимально возможным значением энергоэффективности (БГЦ-100), принимаем его к реализации.

15. Восстановление конструкций здания рассматриваемой строительной площадки в г. Ростов-на-Дону включает: сбор и транспортировку строительных отходов к установленному месту расположения технологического процесса; использование строительных отходов для приготовления бетонной смеси; сортировку в вибрационном высокочастотном грохоте ГВД-1х0,6; их измельчение в щековой дробилке ЩДС-2,5х4; приготовление бетонной смеси в гравитационном смесителе БГЦ-100 и использование полученного материала для восстановления дефектных; усиление эксплуатируемых и выполнение новых конструкций.

Таким образом, практическое внедрение предлагаемой методики (приложение Б) позволяет реализовать процесс уменьшения поступления строительных отходов в ОС при восстановлении конструкций здания, используя наилучшие доступные технологии, обеспечивающие максимально возможные значения ресурсосбережения и минимальные энергетические затраты, которые определяют процесс как оптимальный.

Экологический эффект от реализации методики выражен в использовании строительных отходов, образующихся от демонтажа поврежденных и дефектных

участков конструкций зданий, в качестве крупного и мелкого заполнителя бетона. Это позволило снизить загрязнение окружающей среды, применив 78,015 % (без учета потерь) строительных отходов (110695 кг каменных, 65104 кг железобетонных отходов) при ремонтно-восстановительных работах.

Социально-экономический эффект от реализации предлагаемой методики составил 21,84 руб. для единицы строительного объёма (1 м<sup>3</sup>), что в общем в процессе капитального ремонта здания позволило сэкономить 181846 руб.

### **4.3 Использование результатов исследований в учебном процессе**

Методика обеспечения экологической безопасности при восстановлении конструкций зданий, особенностью которой являются использование строительных отходов в процессе строительных работ, апробирована в учебном процессе при чтении лекций, проведении практических занятий по дисциплинам «Обследование зданий и сооружений», «Экспертиза инвестиционно-строительных проектов и объектов недвижимости», для студентов, обучающихся по направлению «Строительство», профиль «Промышленное и гражданское строительство», «Экспертиза и управление недвижимостью» (приложение Б), а также в магистерских диссертациях кафедры «Промышленное, гражданское строительство, геотехника и фундаментостроение»

Основными задачами проведения практических работ является освоение студентами принципов: формирования информационной базы; определения, оценки и выбора наилучшей доступной технологии; расчета ресурсосбережения и энергоэффективности процесса; формирования процесса восстановления строительных конструкций с оптимальными рабочими параметрами.

Использование ранее полученных теоретических результатов даёт возможность студентам ознакомиться с новыми средствами реализации этапов: образования; сортировки; измельчения; приготовления и использования строительных отходов с целью обеспечения экологической безопасности объектов строительства.

Формирование навыков студентов разбираться в действующих строительных

нормах и правилах, статистических данных органов управления по охране ОС, отчетах по итогам визуально-инструментального обследования зданий профилированных организаций. Свободное владение перечисленными документами позволяет качественно построить схему алгоритма реализации методики и определить перспективы дальнейшей разработки темы.

Проверку уровня теоретических знаний возможно осуществить на практических занятиях. Умение анализировать полученные результаты на примере условных или реальных объектов восстановления конструкции даёт возможность формировать расширенную информационную базу, а также выявлять особые случаи с целью расширения области знаний инженера.

Применение методики обеспечения экологической безопасности при восстановлении конструкций зданий в учебном процессе нацелено на повышение качества подготовки высококвалифицированных специалистов.

#### **4.4 Выводы по 4 главе**

1. В результате реализации предложенной автором методики для условий объектов восстановления в гг. Ростов-на-Дону и Новочеркасск определены оптимальные рабочие параметры и предложены технологические схемы реализации процессов сортировки, измельчения, приготовления и использования строительных отходов.

2. Практическая апробация результатов исследований позволила в реальных условиях существующего объекта восстановления строительных конструкций снизить загрязнение окружающей среды путем использования в качестве ресурса строительные отходы при минимальных возможных энергозатратах.

3. Применение предложенной методики при проведении капитального ремонта и реконструкции зданий в гг. Ростов-на-Дону и Новочеркасск позволило обеспечить уменьшение поступления строительных отходов в окружающую среду за счет их использования при ремонтно-восстановительных работах на 78,02-100% (без учета потерь), социально-экономический эффект составил от 18,37 до 21,84 руб. с единицы строительного объёма (1 м<sup>3</sup>).

4. С целью расширения области практического применения результатов диссертационной работы, её основные результаты апробированы в учебном процессе при чтении лекций и проведении практических занятий, а также нашли своё применение в магистерских диссертационных работах кафедры «Промышленное, гражданское строительство, геотехника и фундаментостроение».

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Теоретические исследования закономерности количества образующихся строительных отходов в зависимости от технического состояния (поврежденности) строительных конструкций являются основой формирования безотходного производственного процесса восстановления конструкций здания.

Обобщая результаты проведенных исследований, можно сделать вывод о том, что в диссертации получили существенное развитие научные основы обеспечения экологической безопасности при восстановлении конструкций зданий на основе адаптации теоретических основ формирования высокоэффективных и экономичных инженерных систем к условиям уменьшения поступления строительных отходов в окружающую среду за счёт их использования при ремонтно-восстановительных работах.

В диссертационной работе на основе теоретических разработок и проведенных по ним исследований и расчетов можно сделать следующие выводы:

1. Выполнен анализ научных подходов к обеспечению экологической безопасности при восстановлении конструкций зданий, оценке и выбору оптимальных мероприятий по обращению со строительными отходами, установлены дисперсные характеристики строительных отходов.

2. Создана математическая модель образования строительных отходов при восстановлении конструкций здания, характеризующая процесс как увеличение выделения массы строительных отходов ( $M_{co}$ ) при демонтаже поврежденных и дефектных участков в зависимости от повышения степени поврежденности ( $E_{дл}$ ) строительных конструкций.

3. Разработана математическая модель процесса уменьшения поступления строительных отходов в окружающую среду при восстановлении конструкций здания, отличающаяся поэтапным взаимодействием внешних дисперсных систем со строительными отходами на каждом этапе их обращения.

4. Построен алгоритм выбора наилучшей доступной технологии процесса использования строительных отходов при ремонтно-восстановительных работах с учетом классификационной схемы системы снижения негативного воздействия

твёрдых отходов потребления на окружающую среду, выделяющий этапы их сбора, транспортирования, сортировки, измельчения, приготовления и использования, что обеспечивает расчетное обоснование уровня защищенности окружающей среды.

5. На основе физико-энергетической концепции получены аналитические зависимости для определения оценочных критериев ресурсосбережения и энергоэффективности, являющиеся результирующими характеристиками использования строительных отходов при ремонтно-восстановительных работах и выражающие особенности взаимодействия конкретных этапов обращения со строительными отходами в процессе уменьшения их поступления в окружающую среду. Основные этапы методики реализованы в программе для ЭВМ «Астонид» (Авторское свидетельство № 2013660225, Заявл. 27.06.2013, Зарег. 28.10.2013).

6. Осуществлено внедрение разработанной методики при проведении капитального ремонта зданий в гг. Ростов-на-Дону и Новочеркасск, что уменьшило поступление строительных отходов в окружающую среду за счет их использования при ремонтно-восстановительных работах, а их реализация составила в пределах от 78,02 до 100% (без учета потерь), социально-экономический эффект от 18,37 до 21,84 руб. с 1-го м<sup>3</sup> строительного объёма, а также при проведении научных исследований и в учебном процессе.

#### **Рекомендации:**

1. Производить обследование технического состояния строительных конструкций зданий, дополнительно выполняя сбор информации с учетом блока исходных данных, предложенного в данной работе.

2. Разрабатывать разделы «Конструктивные и объёмно-планировочные решения», «Проект организации строительства», «Перечень мероприятий по охране окружающей среды», «Мероприятия по обеспечению соблюдения требований энергетической эффективности и требований оснащённости зданий, строений и сооружений приборами учёта используемых энергетических ресурсов», проект-



ной и научной-технической документации с учетом оценочных критериев ресурсосбережения и энергоэффективности в целях максимального использования строительных отходов.

**Перспективы дальнейшей разработки темы** диссертации связаны с разработкой строительных машин обращения со строительными отходами, обладающих высокой энергоэффективностью, созданием биосферо-совместимых технологий уменьшения поступления строительных отходов в окружающую среду.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авиром, Л.С. Надежность конструкций сборных зданий и сооружений [Текст] / Л. С. Авиром. – М. : Стройиздат, 1971. – 216 с.
2. Аврорин, А. В. Экологическое домостроение. Строительные материалы [Текст] / А. В. Аврорин // Экология. Серия аналитических обзоров мировой литературы. – М. , 1999. – № 53. – С. 1-68.
3. Азаров, В. Н. Промышленная экология [Текст]: учеб. для высших учебных заведений Министерства образования и науки РФ / В. Н. Азаров [и др.]. – М. ; Волгоград: ПринТерра-Дизайн, 2013. – 457 с.
4. Акимова, Т. А. Экология. Человек – Экономика – Биота – Среда [Текст]: учеб. для вузов / Т. А. Акимова, В. В. Хаскин. – 2-е изд., перераб., доп. – М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2000. – 566 с.
5. Алексашина, В. В. Влияние промышленного транспорта на экологию города [Текст] / В. В. Алексашина // Промышленное и гражданское строительство. – М. , 2007. – № 7. – С. 23-24.
6. Алексанин, А. В. Использование логистического подхода для совершенствования рынка вторичной строительной продукции [Текст] / А. В. Алексанин, С. Б. Сборщиков // Вестник МГСУ. – М. , 2013. – № 5. – С. 193-199.
7. Алексанин, А. В. Перспективные направления исследований по повышению эффективности управления строительными отходами [Текст] / А. В. Алексанин, С. Б. Сборщиков // Промышленное и гражданское строительство. – М. , 2014. – № 11. – С. 84-86.
8. Бакаева, Н.В. Экологические риски при обслуживании автомобилей [Текст] / Н.В. Бакаева // Мир транспорта. – М. , 2009. – № 3. – С. 134-139.
9. Бакаева, Н.В. Моделирование управления автотранспортной системой биосферосовместимого города [Текст] / Н.В. Бакаева // Сборник материалов VIII Крымской Международной научно-практической конференции «Геометрическое и компьютерное моделирование: энергосбережение, экология, дизайн». – Симферополь. , 2011. – С. 15-22.

10. Беломойцев, Е. А. Методические положения выбора предпочтительного варианта способа борьбы с пылью [Текст] / Е. А. Беломойцев // Тезисы докладов II региональной научно-технической конференции (Караганда, 1985). – Караганда: Изд-во Карагандинского гос. ун-та. – 1985. – С. 43.

11. Беспалов, В. И. Анализ подходов к организации систем управления твердыми бытовыми отходами [Текст] / В. И. Беспалов, О. Н. Парамонова // Известия РГСУ. – 2011. – № 14. – С. 97-104.

12. Беспалов, В. И. Экологические, социальные и экономические аспекты системы управления твердыми бытовыми отходами [Текст] / В. И. Беспалов, О. Н. Парамонова // Сборник материалов XXI Международной научно-практической конференции. «Экология и жизнь», г. Пенза. – Пенза. , 2011. – С. 75-81.

13. Беспалов, В. И. Физическая модель процесса загрязнения окружающей среды твердыми бытовыми отходами потребления [Электронный ресурс] / В. И. Беспалов, О. Н. Парамонова // Инженерный вестник Дона. – 2012. – № 4. – Ч. 1. – Режим доступа: [http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/147.pdf\\_1118.pdf](http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/147.pdf_1118.pdf).

14. Беспалов, В. И. Физико-энергетическая концепция описания процессов загрязнения и снижения загрязнения окружающей среды твердыми бытовыми отходами [Электронный ресурс] / В. И. Беспалов, О. Н. Парамонова // Наукоеведение. – 2013. – Вып. 5(18). – Режим доступа: <http://naukovedenie.ru/PDF/33trgsu513.pdf>.

15. Беспалов, В. И. Физико-энергетическая концепция описания процессов и проектирования инженерных комплексов защиты воздушной среды [Текст] / В. И. Беспалов // БЖД. Охрана труда и окружающей среды: межвузовский сборник научных трудов – Ростов н/Д. : РГСУ, 1997. – С. 65-70.

16. Беспалов, В. И. Теория и практика обеспыливания воздуха [Текст] / В. И. Беспалов, Д. С. Данельянц, Й. Мишнер. – Киев: Наукова думка, 2000. – 185 с.

17. Беспалов, В. И. Инженерная методика комплексной оценки состояния застроенных территорий [Текст] / В. И. Беспалов, Ю. Ю. Максюкова // Вестник Донского государственного технического университета. – 2007. – Т. 7. – № 1 (32). – С. 67-69.

18. Беспалов, В. И. Алгоритм определения комплексной оценки состояния застроенных территорий на примере г. Ростова-на-Дону [Текст] / В. И. Беспалов, Ю. Ю. Максюкова // Экологические системы и приборы. – 2007. – № 5. – С. 47-51.
19. Беспалов, В. И. Экологические критерии комплексной оценки застроенных территорий города [Текст] / В. И. Беспалов, Ю. Ю. Максюкова // Строительство – 2005: мат. Международная научно-практическая конференция – Ростов н/Д.: РГСУ, 2005. – С. 27.
20. Беспалов, В. И. Процессы и аппараты защиты окружающей среды [Текст] : учебное пособие по специальности 330200 «Инженерная защита окружающей среды» / В. И. Беспалов, С. В. Мещеряков, О. С Гурова. – Ростов н/Д.: РГСУ, 2006. – 119 с.
21. Беспалов В. И. Новый подход к выбору технологии утилизации твердых отходов потребления / В. И. Беспалов, О.Н., Парамонова // European Applied Sciences is an international, German / English / Russian language, peer-reviewed journal and is published monthly. – 2013. – №1, # 1/1. – С. 202-204
22. Бобович, Б.Б. Переработка промышленных отходов [Текст] : учебник для вузов. - М. : «СП Интермет Инжиниринг», 1999. - 445 с.
23. Бобович, Б. Б. Процессы и аппараты переработки отходов [Текст]: учебное пособие / Б. Б. Бобович. – М. : ФОРУМ; ИНФРА-М, 2013. – 288 с.
24. Богуславский, Е. И. Вероятностно-стохастический подход к проблемам охраны окружающей среды Кн. 1. Основы подхода [Текст] / Е. И. Богуславский. – Ростов н/Д, 1997. – 207 с.
25. Большеротов, А.Л. Научные основы и подходы к формированию системы оценки экологической безопасности строительства (СОЭБС) [Текст] / А. Л. Большеротов // Жилищное строительство. – 2011. – N 7. – С. 44-47.
26. Боровский, Е. Э. Промышленные и бытовые отходы: Проблемы экологии [Текст] / Е. Э. Боровский. – М. : Чистые пруды, 2007. – 32 с.
27. Булгаков Н. Г. Измерение дисперсного состава промышленных пылей [Текст] / Н. Г. Булгакова [и др.]. – ЦИНТИхимнефтемаш. – М. – 1981. – 40 с.

28. Быстряков, А. Я. Европейский опыт управления отходами и возможности его использования в российских условиях [Текст] / А. Я. Быстряков, Е. В. Марголина // Природообустройство. – 2010. – № 2. – С. 124-130.
29. Вайсман Я. И. Управление отходами. Сбор, транспортирование, пресование, сортировка твердых бытовых отходов [Текст]: монография / Я. И. Вайсман, В. Н. Коротаев, Н. Н. Слюсарь и др. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2012. – 236 с.
30. Вайсман Я. И. Управление отходами. Полигонные технологии захоронения твердых бытовых отходов. Рекультивация и постэксплуатационное обслуживание полигона [Текст]: монография / Я. И. Вайсман и др.; под ред. Я. И. Вайсмана. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2012. – 244 с.
31. Великанов Н. Л. Использование ударного разрушения при сносе строительных конструкций [Текст] / Н. Л. Великанов [и др.]. – Известия Калининградского государственного технического университета. – 2011. – № 20. – С. 48-53.
32. Временная методика определения предотвращенного экологического ущерба": утв. Госкомэкологией РФ 09.03.1999 [Электронный ресурс] // Справочная правовая система «КонсультантПлюс». – Режим доступа: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc; base=EXP;n=278825>.
33. Виды твердых отходов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.mboutil.com/tverot?showall=1>.
34. ВСН 53-86 – Правила оценки физического износа жилых зданий. Госстрой России. – М. : ГУП ЦПП, 2003. – 80 с.
35. Гарин, В. М. Экология для технических вузов [Текст] / В. М. Гарин, И. А. Кленова, В. И. Колесников; под ред. В. М. Гарина. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2003. – 384 с.
36. Гарин, В. М. Технологии и утилизации переработки отходов [Текст] : Учебное пособие / В. М. Гарин, Н. А. Кленова, А.Г. Хвостиков. – Ростов н/Д.: Рост. гос. ун-т путей и сообщения, 2005. – 52 с.

37. ГОСТ Р 51750-2001 Энергосбережение. Методика определения энергоёмкости при производстве продукции и оказании услуг в технологических энергетических системах [Текст]. – М. : Изд-во стандартов, 2002. 24 с.
38. ГОСТ Р 54257-2010. Национальный стандарт Российской Федерации. Надежность строительных конструкций и оснований [Текст]. – М. : Изд-во Стандартиформ, 2011. 17 с.
39. ГОСТ 27.201-81. Надежность в технике. Оценка показателей надёжности при целом числе наблюдений и с использованием дополнительной информации [Текст]. – М. , 1982 -27 с.
40. ГОСТ 31937-2011. «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния» . – М. : Изд-во Стандартиформ, 2014. 54 с.
41. СП 13-102-2003 «Правила обследования несущих строительных конструкций здания и сооружений» [Текст]. – М. : Изд-во Госстрой России, 2004. 43 с.
42. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2013 году» [Электронный ресурс]. – Министерство природных ресурсов и экологии Рос. Федерации. –2015 . – Режим доступа: <http://www.mnr.gov.ru/upload/iblock/6c7/gosdokladeco.pdf>.
43. Графкина, М. В. Теория и методы оценки геоэкологической безопасности создаваемых природно-технических систем [Текст] : автореферат диссертации доктора технических наук / М. В. Графкина – Москва, 2009. – 40 с.
44. Гринин, А. С. Промышленные и бытовые отходы: хранение, утилизация, переработка [Текст] / А. С. Гринин, В. М. Новиков. – М. : ФАИР-ПРЕСС, 2002. – 386 с.
45. Губанов В. В. Опыт ликвидации последствий аварий промышленного здания [Текст] / В. В. Губанов [и др.]. // Металлические конструкции. – 2008. – Т. 14. – № 3. – С. 181-188.
46. Гусев, Б. В. Вторичное использование бетонов [Текст] / Б. В.Гусев, В. А.Загурский – М. : Стройиздат, 1988. – 96 с

47. Дворкин, Л. И. Строительные материалы из отходов промышленности: учебно-справочное пособие для ВУЗов [Текст] / Л. И. Дворкин, О. Л. Дворкин. – М. : Феникс, 2007. – 156 с.
48. Добромыслов, А.Н. Рекомендации по оценке надежности строительных конструкций зданий и сооружений по внешним признакам [Текст] / А.Н. Добромыслов [и др.]. – М. : ЦНИИПРОМЗДАНИЙ, 2001. – 43 с.
49. Добромыслов, А. Н. Оценка надежности зданий и сооружений по внешним признакам. Справочное пособие. [Текст] / А. Н. Добромыслов, – М. : Изд-во АСВ, 2004. – 72 с.
50. Дрейер А. А. Твердые промышленные и бытовые отходы, их свойства и переработка [Электронный ресурс] / А. А. Дрейер [и др.] // Союз российских городов. Секция "Экология города" – М.: Электронная библиотека. – 1997. – Режим доступа: <http://waste.ru>
51. Европейская практика обращения с отходами: проблемы, решения, перспективы [Текст]. – СПб. , 2005. – 74 с.
52. Журкович, В. В. Городские отходы [Текст]: Научное и методическое справочное пособие / В. В. Журкович, А. И. Потапов. - СПб, 2001
53. Закон Российской Федерации «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» (№ 52фз от 30.03.1999 г.).
54. Закон Российской Федерации «Об отходах производства и потребления» (№ 89фз от 24.06.1998).
55. Закон Российской Федерации «Об охране атмосферного воздуха» (№ 96фз от 04.05. 1999).
56. Закон Российской Федерации «Об охране окружающей природной среды» (№ 2060-1фз 19.12.1991 г.).
57. Закон Российской Федерации «Об экологической экспертизе» (№ 174фз от 23.11. 1995 г.). Зверев, В. А. Основы экологии [Текст] / В. А. Зверев. – Москва: ООО «Геоинформцентр», 2003. – 375 с.
58. Калыгин, В. Г. Промышленная экология: курс лекций [Текст] / В. Г. Калыгин. – М. : Изд-во МНЭПУ, 2000. – 240 с.

59. Кашарина, Т.П. Обеспечение экологической безопасности городской застройки и хозяйства [Текст] / Т.П. Кашарина, М.Ю. Клименко // Academic science -problems and achievements II: материалы II международная научно-практическая конференция "Академическая наука - проблемы и достижения", 5-6 сент. 2013 г., г. М.: [электрон. ресурс] / spc Academic – 2013. – С. 149-151. – Режим доступа: <http://acad.science-publish.ru/maket.pdf>.

60. Кашарина, Т.П. Обеспечение экологической безопасности городской застройки и хозяйства [Текст] / Т.П. Кашарина, М.Ю. Клименко // Инновационные конструкции и технологии в фундаментостроении и геотехнике: материалы научно-технической конференции с международным участием, 27-29 окт. 2013 г. / Институт экономики и предпринимательства. - М. : ИНЭП: Палеотип, 2013. – С. 196-199.

61. Кашарина, Т.П. Методика определения строительных отходов при капитальном ремонте и реконструкции [Текст] / Т.П. Кашарина, М.Ю. Клименко // Технические науки: тенденции, перспективы и технологии развития: сб. науч. тр. по итогам Международной научной-практической конференции, 10 окт. 2015 г. / Инновационный центр развития образования и науки. – Волгоград: ИЦРОН, 2015. – Вып. 2. – С. 186-189.

62. Кашарина, Т.П. Методы прогнозирования существования строительных конструкций [Текст] / Клименко М.Ю. // Дефекты зданий и сооружений. Усиление строительных конструкций: материалы XVI научно-методической конференции, посвященной 85-летию со дня рожд. проф. В.Т. Гроздова, г. Санкт-Петербург, 23 марта 2012 г. / СПбФВАТТ (ВИТУ) – СПб., 2012. – С. 96-101.

63. Кашарина, Т.П. Моделирование жизненных циклов конструкций и сооружений из композитных (полимерных) материалов на стадии проектирования, строительства и эксплуатации [Текст] / Т.П. Кашарина, М.Ю. Клименко // Актуальные проблемы компьютерного моделирования конструкций и сооружений: тез. докл. IV Междунар. симп., г. Челябинск, 19-22 июня 2012 г. / Юж.-Урал. гос. ун-т. - Челябинск : ИЦ ЮУрГУ, 2012. – С. 185-187.



64. Кашарина, Т.П. Разработка математических моделей по определению жизненного цикла строительных конструкций [Текст] / Т.П. Кашарина, М.Ю. Клименко // Актуальные проблемы компьютерного моделирования конструкций и сооружений: тез. докл. IV Междунар. симп., г. Челябинск, 19-22 июня 2012 г. / Юж.-Урал. гос. ун-т –Челябинск : ИЦ ЮУрГУ, 2012. – С. 182-184.

65. Кашарина, Т.П. Экологическая безопасность и надежность строительных конструкций при проектировании и эксплуатации [Текст] / Т.П. Кашарина, М.Ю. Клименко «Вестник ВОЛГАСУ», серия «Строительство и архитектура», Выпуск №25(44), 2011г. – Волгоград, 2011. – С. 184-187.

66. Классификация твердых промышленных и бытовых отходов [Электронный ресурс]. – URL: <http://xreferat.ru/112/520-1-klassifikaciya-tverdyhpromyshlennyh-i-bytovyh-othodov.html>

67. Клименко, М. Ю. Восстановление и реконструкция зданий городской застройки [Текст] / М. Ю. Клименко // Студенческая научная весна – 2015: материалы регион. науч.-техн. конф. (конкурса науч.-техн. работ) студентов, аспирантов и молодых ученых вузов Ростовской области / Юж.-Рос. гос. политехн. ун-т (НПИ) им. М.И. Платова. – Новочеркасск: ЮРГПУ (НПИ), 2015. – С. 246-248.

68. Клименко, М.Ю. Влияние качества строительства на эксплуатационную надежность зданий [Текст] / М. Ю. Клименко // Информационные технологии в обследовании эксплуатируемых зданий и сооружений: материалы X Междунар. науч.-практ. конф., г. Новочеркасск, 23 дек. 2010 г. / Юж.-Рос. гос. техн. ун-т (НПИ) – Новочеркасск : ЮРГТУ, 2011. – С. 78-83.

69. Клименко, М.Ю. Информационные технологии при создании комплексной программы оценки несущих конструкций [Текст] / М.Ю. Клименко, Т.П. Кашарина // Информационные технологии в образовании и консультационной деятельности в сельскохозяйственном производстве: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Новочеркасск, 15-16 мая 2012 г. / Ин-т переподготовки кадров агробизнеса – Новочеркасск : Лик, 2012. – С. 60-61.

70. Клименко, М.Ю. Загрязнение территорий городской застройки валовыми выбросами в атмосферу и отходами при строительстве [Текст] / М.Ю. Клименко, Т.П. Кашарина // Экология урбанизированных территорий. – 2014. – № 4. – С. 68-70.

71. Клименко, М.Ю. Определение стоимости капитального ремонта зданий и сооружений [Текст] / М.Ю. Клименко // Информационные технологии в образовании и консультационной деятельности в сельскохозяйственном производстве: материалы Междунар. науч.-произв. конф., г. Новочеркасск. 24-25 апр. 2013 г. / Дон ГАУ, ИПКА. – Новочеркасск, 2013. – С. 76-77.

72. Клименко, М.Ю. Определение экологического воздействия строительной деятельности урбанизированных территорий на состояние окружающей среды [Текст] / М.Ю. Клименко // Научно-техническая конференция и выставка инновационных проектов, выполненных вузами и научными организациями ЮФО в рамках участия в реализации федеральных целевых программ и внепрограммных мероприятий, заказчиком которых является Минобрнауки России: сб. материалов конф., г. Новочеркасск, 14-16 дек. 2014 г. / Юж.-Рос. гос. политехн. ун-т им. М.И. Платова. – Новочеркасск: Лик, 2014. – С. 291-293.

73. Клименко, М.Ю. Оценка ущерба окружающей среде от строительной деятельности [Текст] / М.Ю. Клименко // Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Техн. науки - 2015. – № 2. – С. 82-85.

74. Клименко, М.Ю. Методика снижения загрязнения окружающей среды при капитальном ремонте (реконструкции) зданий городской застройки [Текст] / М.Ю. Клименко // ЮГ РОССИИ: экология, развитие – 2015. – № 2 – С. 128-135.

75. Клименко, М.Ю. Методика снижения загрязнения окружающей среды системы восстановления технического состояния зданий городской застройки [Текст] / М.Ю. Клименко // Инженерный вестник Дона, №4 (2016) URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2016/3793](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2016/3793).

76. Клименко, М.Ю. Комплексный подход по определению надежности строительных систем [Текст] / М.Ю. Клименко, А.В. Радченко // Дефекты зданий и сооружений. Усиление строительных конструкций: материалы XVII науч.-метод.

конф. ВИТУ (21 марта 2013 г.) / ВИ (ИТ) ВАМТО (ВИТУ) – СПб., 2013. – С. 189-192.

77. Клименко, М.Ю. Методы прогнозирования существования строительных конструкций [Текст] / М.Ю. Клименко, Т.П. Кашарина, Дефекты зданий и сооружений. Усиление строительных конструкций: материалы XVI научн.-метод. конф., посвящ 85-летию со дня рождения проф. В.Т. Гроздова, г. Санкт-Петербург, 23 марта 2012 г. / СПбФВАТТ (ВИТУ). – СПб., 2012. – С. 96-101.

78. Клименко, М.Ю. Практическая апробация методики снижения загрязнения окружающей среды при восстановлении зданий городской застройки [Текст] / М.Ю. Клименко // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии – 2017. – №3(19). С.143-142.

79. Клименко, М.Ю. Современный подход к определению интегральной значимости экологической безопасности зданий и сооружений [Текст] / М. Ю. Клименко // Science in the modern information society II: материалы II Междунар. науч.-практ. конф. "Наука в современном информационном обществе", 7-8 нояб. 2013 г., г. Москва / spc Academic. - North Charleston: CreateSpace, 2013. – Vol. 2. – С. 167-169.

80. Клименко, М.Ю. Экологическая безопасность зданий в системе управления их эксплуатацией [Текст] / М.Ю. Клименко, Т.П. Кашарина // Збірник наукових праць. Сер. Галузеве машинобудування, будівництво / Полтав. нац. техн. ун-т ім. Ю. Кондратюка – Полтава, 2013. – Вип. 3(38), Т. 1. – С. 184-188.

81. Клименко, М.Ю. Экологическая безопасность и надежность строительных конструкций при проектировании и эксплуатации [Текст] / М.Ю. Клименко // Надежность и долговечность строительных материалов, конструкций и оснований фундаментов: материалы VI Междунар. науч.-техн. конф., г. Волгоград, 13-14 окт. 2011 г. / Волгогр. архит.-строит. ун-т - Волгоград : ВолгАСУ, 2011. – С. 184-187.

82. Коммунальная экология [Текст]: Энциклопедический справочник / А. Н. Мирный [и др.]. – М. : Прима-экспресс, 2007. – 806 с.

83. Концепция ФЗ "О вторичных материальных ресурсах" подготовлена во исполнение Поручения Правительства Российской Федерации от 26 декабря 2005 г. № ДМ-П12-6420

84. Кочуров, Б. И. Современная экологическая обстановка в России и возможности ее прогнозирования [Текст] / Б. И. Кочуров, А. В. Антипова, С. К. Костовска. – М.: Ин-т эконом. стратегий, 2005. – 52 с.

85. Ксенофонтов, В. А. Использование и обезвреживание отходов [Текст] / В. А. Ксенофонтов, Ю. Л. Беяева, Е. В. Москвичева // Деятельность по обращению с опасными отходами: учебное пособие / под общей редакцией В. Ф. Желтобрюхова, Л. Я. Полянинова; С. Н. Недешевой; авт.-сост. Ю. Л. Беяева. – М. : НИА-Природа, РЭФИА, 2003. – Т. 1. – С. 177-213.

86. Куклев, Ю. И. Физическая экология [Текст] : учеб. пособие / Ю. И. Куклев. – Москва: Высш. шк., 2001. – 357 с.

87. Лазарова, Л. Особенности подхода к жилищной политике [Текст] // Экономист. – № 10. – 2006. – С. 73.

88. Лифшиц, А. Б. Современная практика управления твердыми бытовыми отходами [Текст] / А. Б. Лифшиц // Чистый город. – 1999. – № 1 (5) – С. 2-12.

89. Лобачева Г. К. Состояние вопроса об отходах и современных способах их переработки [Текст]: Учебное пособие / Г. К. Лобачева и др. – Волгоград: Издво ВолГУ, 2005. – 176 с.

90. Луканин, В. Н. Промышленно-транспортная экология [Текст]: учеб. для вузов / В. Н. Луканин, Ю. В. Трофименко. – М. , 2003. – 273 с.

91. Магомадов, И.З. Защита атмосферного воздуха от запыленности при проведении демонтажа зданий и сооружений [Текст] / П.А. Сидякин, И.З. Магомадов, Р.Р. Палатов, Г.И. Стате // Технологии гражданской безопасности. М. , 2014, No. 2 (40). – С. 82-85.

92. Магомадов, И. З. Экологическая безопасность восстановительных работ в строительстве [Текст] / И. З. Магомадов // Материалы всероссийской научно-практической конференции «Наука, образование и производство», ГГНИ. – Грозный: 2006. – С. 86-89.

93. Макаров, Е. В. Справочные таблицы весов строительных материалов [Текст] / Е. В. Макаров, Н. Д. Светлаков – М. : Стройиздат, 1971. – 45 с.
94. Максуюкова, Ю. Ю. Комплексная оценка застроенных территорий. Безопасность жизнедеятельности. Охрана труда и окружающей среды [Текст] / Ю. Ю. Максуюкова // Межвуз. сб. науч. тр. – Ростов н/Д.: РГАСХМ, 2005. – Вып. 9. – С. 58-61.
95. Мальганов, А.И. Восстановление и усиление строительных конструкций аварийных и реконструируемых зданий [Текст] : под ред. Хоменко Л. М. / А. И. Мальганов, В. С. Плевков, А. И. Полищук // Томск, 1990 – 318 с.
96. Масликов, В.И. Проблемы утилизации бытовых отходов в условиях северных регионов [Текст] / В.И. Масликов, М.П. Федоров // Наука и технологии для устойчивого развития северных регионов: Международная научно-практическая конференция Санкт-Петербург, 23 апреля 2003 г. СПб.: Издательство БАН. 2003. С. 197-200.
97. МДС 13-8.2000 Концепция обращения с твердыми бытовыми отходами в Российской Федерации: утв. постановлением коллегии Госстроя России от 22 дек. 1999г. № 17 [Электронный ресурс] // Электронный фонд правовой и технической документации. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200005351>.
98. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов и их отбору для финансирования. Утв. Госстроем России, Минэкономикой России, Госкомпромом России 31.03. 1994 №7-12/47. – М.: НПКВЦ «Теринвест». – 1994.
99. Методологические основы оценки критических нагрузок поллютантов на городские экосистемы [Текст]: / В. Н. Башкин [и др.]. – Науч.-исслед. и проект.-изыскат. ин-т экологии города. – М., 2004. – 62 с.
100. Методические рекомендации по разработке проекта нормативов предельного размещения отходов для теплоэлектростанций, теплоцентралей, промышленных и отопительных котельных [Текст] . – СПб, 1998. – 30 с.

101. Мурзаев, А.Ю. Формирование себестоимости строительных компози- тов, полученных с использованием керамического кирпичного боя [Текст] / А. Ю. Муртазаев [и др.] // Экономические науки, 2012. – № 2. – С. 100-103.

102. Мирзалиев, Р.Р. Бетоны с заполнителем из продуктов дробления вто- ричного бетона [Текст] / П.Н.Курочка, Р.Р. Мирзалиев // Вестник РГУПС, – Ростов- н/Д, – 2012.

103. Назаров В. И. Переработка и утилизация дисперсных материалов и твердых отходов: учебное пособие для вузов по направлению 150100 "Материало- ведение и технологии материалов" / В. И. Назаров, [и др.]. – ред. В. И. Назаров . – М.: Альфа-М: ИНФРА-М, 2014 . – 464 с.

104. Никаноров, А. М. Экология [Текст] / А. М. Никаноров, Т. А. Хоружая. – М. : Изд-во ПРИОР, 1999. – 496 с.

105. О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2014 году [Электронный ресурс]: Государственный доклад. – М, 2015. – URL.: [http://www.mnr.gov.ru/upload/iblock/b27/gosdoklad\\_2015.pdf](http://www.mnr.gov.ru/upload/iblock/b27/gosdoklad_2015.pdf)

106. О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2015 году [Электронный ресурс]: Государственный доклад. – М., 2016. – URL.: <http://www.mnr.gov.ru/upload/iblock/62f/dokl2015.pdf>

107. ОКВЭД: Общероссийский классификатор видов экономической дея- тельности: раздел F: Строительство: подраздел FA: Строительство [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [classifikator.ru](http://classifikator.ru)

108. Олейник, С. П. О результатах исследования проблемы управления строительными отходами [Текст] / С. П. Олейник // Промышленное и гражданское строительство. – 2007. – № 9. – С. 57.

109. Олейник, С. П. Единая система управления строительными отходами [Текст] / С. П. Олейник // Промышленное и гражданское строительство. – 2006. – № 3. – С. 43-44.

110. Парамонова, О. Н. Основные положения физико-энергетической кон- цепции описания процессов загрязнения и снижения загрязнения окружающей

среды твердыми отходами потребления [Текст] / О. Н. Парамонова, Л. А. Геворкьянц // Мат. Межд. науч.-практ. конф. «Строительство-2013». – Ростов н/Д.: РГСУ, 2013. – С. 120-122

111. Парамонова, О. Н. Рассмотрение твердых отходов потребления как дисперсной системы [Текст] / О. Н. Парамонова // Инженерный вестник Дона, 2013, №3 URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n3y2013/1933](http://ivdon.ru/magazine/archive/n3y2013/1933)

112. Плевков, В.С. Оценка технического состояния, восстановление и усиление строительных конструкций инженерных сооружений [Текст] : Учебное пособие Под ред. В.С. Плевкова. 2-у изд., перераб. и доп. / В. С. Плевков, А. И. Мальганов, И. В. Балдин – М. : Издательство АСВ, 2014. – 328 с.

113. Положение о проведении планово-предупредительного ремонта производственных зданий и сооружений / М.: Стройиздат, 1974. – 65 с.

114. Полянский, В. И. Определение обобщенного критерия оценки технологической системы борьбы с пылью [Текст] / В. И. Полянский, Е. А. Беломойцев // Тез. док. II регион. науч.-техн. конф. (Караганда, 1985). – Караганда: Изд-во Карагандинского гос. ун-та, 1985. – С. 41.

115. Приказ ГУПР и ООС МПР России по Ханты-Мансийскому автономному округу № 75-Э от 16 июня 2004 г. "Об утверждении примерного компонентного состава опасных отходов, присутствующих в ФККО, которые не нуждаются в подтверждении класса опасности для окружающей природной среды" [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [ecoindustry.ru](http://ecoindustry.ru)

116. Приказ Министерства природных ресурсов РФ № 663 от 30.07.2003 «О внесении дополнений в федеральный классификационный каталог отходов, утверждённый приказом МПР России от 02.12.2002, № 786 "Об утверждении федерального классификационного каталога отходов" [Текст] // Российская газета. – №1 66. – 22.08.2003.

117. Приказ «Об утверждении федерального классификационного каталога отходов в целях реализации федерального закона «Об отходах производства и потребления»: М-во природных ресурсов и экологии РФ от 02.12.02 (в редакции от 30.07.2003 г.663) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [docs.cntd.ru](http://docs.cntd.ru)

118. Распоряжение Администрации Санкт-Петербурга от 15.05.2003 №1112-ра «Об утверждении правил обращения со строительными отходами в Санкт-Петербурге» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://gov.spb.ru/low?d&nd=8337192>

119. "РДС 82-202-96. Правила разработки и применения нормативов трудно устранимых потерь и отходов материалов в строительстве" (приняты Постановлением Минстроя РФ от 08.08.1996 N 18-65) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [law.rufox.ru](http://law.rufox.ru)

120. Российский статистический ежегодник. 2014: Стат.сб. / Росстат.: М., Росстат, 2014. – С. 409.

121. Российский статистический ежегодник. 2015: Стат.сб. / Росстат.: М., Росстат, 2015. – С. 727.

122. Российский статистический ежегодник. 2016: Стат.сб. / Росстат.: М., Росстат, 2016. – С. 725.

123. РСН 8.01.104-2007 Методические указания по применению ресурсно-сметных норм ) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [normativ.by](http://normativ.by)

124. Санитарная очистка и уборка населенных мест. М. : “Стройиздат”. – 1990 . – 413с.

125. Пат. 2517585 С2 Россия, МПК E02D27/08 (2006.01). Способ создания защитных многооболочечных систем искусственных оснований и фундаментов зданий и сооружений и устройство для его осуществления [Текст] / Т.П. Кашарина, Д.В. Кашарин, М. С. Буняев , М. Ю. Клименко – Заявлено 06.03.2012; Опубл. 20.09.2013. Свидетельство о регистрации патента № 2012108682/03.

126. Программа для расчета критериев ресурсосбережения и энергоэффективности АстониД [Текст] / а. с. о гос. рег. программы для ЭВМ АстониД № 2013660255 от 28.10.2013. №2013615374; заявл. 27.06.2013.

127. Сидоренко, В. Ф. Комплексная экологическая оценка жилой застройки как фактор оптимизации среды жизнедеятельности [Текст] / В. Ф. Сидоренко // Экология урбанизированных территорий. – 2006. – № 1. – С. 42-49.



128. Слесарев, М. Ю. Управление экологической безопасностью строительства. Экологическая экспертиза и оценка воздействия на окружающую среду [Текст] / М. Ю. Слесарев, В. И. Теличенко. – М.: Изд-во Ассоциации строит. вузов, 2005. – 383 с.

129. Смирнов, В. И. Математическая оценка застроенных территорий [Текст] / В. И. Смирнов, В. С. Кожевников. – М. : Стройиздат, 1985. – 126 с

130. Состояние и перспективы развития нормативно-правового обеспечения в области обращения с отходами [Текст]: Парламентские слушания. Вып. 3 / Совет Федерации Федерального Собрания Российской Федерации. – М. , 2004. – 75 с.

131. СП 13-102-2003 Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений. – М. , 2011. – 47 с.

132. СП 118.13330.2012. Свод правил. Общественные здания и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 31-06-2009: утв. Приказом Минрегиона России от 29.12.2011 N 635/10. – М. , 2011. – 65 с.

133. Субботин А. И. Анализ результатов обследования при оценке возможности реконструкции многоэтажного здания по ул. Красноармейская, 94/ул. Островского, 92 в г. Ростове-на-Дону [Текст] / А.И. Субботин, А.П. Приходько, М.Ю. Клименко, Е.Г. Скибин, И.А. Субботин, А.А Шкиль. // Информационные технологии в обследовании эксплуатируемых зданий и сооружений: материалы XIV Междунар. науч.-практ. конф., 30 окт. 2014 г., г. Новочеркасск / Юж.-Рос. гос. политехн. ун-т (НПИ) имени М.И. Платова. – Новочеркасск: ЮРГПУ, 2014. – С. 179-183.

134. Теличенко, В.И. Управление экологической безопасностью строительства: экологическая экспертиза и оценка воздействий на окружающую среду: учеб. пособие для студ. вузов, обучающихся по спец. "Пром. и гражд. стр-во" направления подгот. дипл. спец. "Стр-во" [Текст] / Теличенко В. И., Слесарев М. Ю.; . – М.: АСВ, 2005. – 383 с.

135. Тертычный-Даури, В. Ю. Стохастическая механика [Текст] / В. Ю. Тертычный-Даури. – М. : Изд-во «Факториал-Пресс», 2001. – 464 с.

136. ТСН 30-308-2002 Московской области. Проектирование, строительство и рекультивация полигонов твердых бытовых отходов в Московской области [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www.standartov.ru](http://www.standartov.ru)

137. Федеральный закон. Об охране окружающей среды [Текст]: от 10 янв.2002 года №7-ФЗ: принят Гос. Думой 20 дек. 2001 г.: одобр. Советом Федерации 26 дек. 2001 г. [Электронный ресурс]. – Информационно-правовая система ГАРАНТ

138. Федеральный закон. Об экологической экспертизе [Текст]: от 23.11.1995 г. № 174: принят Гос. Думой 20 дек. 2001 г.: одобр. Советом Федерации 26 дек. 2001 г. [Электронный ресурс] . – Информационно-правовая система ГАРАНТ

139. Федеральный классификационный каталог отходов [Электронный ресурс] // [www.fkko.ru](http://www.fkko.ru)

140. Хван, Г. А. Промышленная экология [Текст]: учеб. пособие / Г. А. Хван. – Ростов н/Д.: Феникс, 2003. – 320 с.

141. Хмара Л. А. Механизация работ и расчет потребности в грузоподъемных средствах при разборке разрушенных зданий. [Текст] / Л. А. Хмара [и др.] // Механизация строительства. – № 2. – С. 22-27.

142. Хоружая, Т. А. Оценка экологической опасности [Текст] / Т. А. Хоружая. – М.: Книга сервис, 2002. – 208 с.

143. Чистякова, С. Б. Охрана окружающей среды [Текст]: учебное пособие / С. Б. Чистякова. – М.: Стройиздат, 1988. – 315 с.

144. Ширинкина Е. С. Здания и сооружения промышленного назначения [Текст] : Экология и промышленность России // Е. С. Ширинкина [и др.]. – М. : Калвис, 2011г. – № 5. – С. 48-51.

145. Шмаль, А. Г. Факторы экологической опасности & экологические риски [Текст] / А. Г. Шмаль. – Бронницы: Изд-во МП «ИКЦ БНТВ», 2010. – 192 с.

146. Штокман, Е. А. Вентиляция, кондиционирование и очистка воздуха на предприятиях пищевой промышленности [Текст] / Е. А. Штокман. – М. : АСВ, 2001. – 564 с.

147. Щербина, Е. В. Экологическая безопасность мест размещения отходов с позиций устойчивости геотехнических систем [Текст] / Е. В. Щербина // Современные методы проектирования, технической эксплуатации и реконструкции зданий и сооружений: сб. тр. МГСУ. – М. : 2005. – С. 109-112.

148. Щукина, А. Я. Система обращения с отходами в условиях рыночной экономики [Текст] / А. Я. Щукина, А. А. Чуприн // Промышленные и бытовые отходы: проблемы хранения, захоронения, утилизации, контроля: сб. материалов VIII Междунар. науч.-практ. конф. (25-26 февр. 2004 г.). – Пенза, 2004. – С. 111-114.

149. Экологические основы управления природно-техническими системами [Текст] / Под ред. М.П. Федорова. – СПб: Издательство Политехнического университета, 2007. – 506 с.

150. Яковлев, С. В. Охрана окружающей среды: учеб. [Текст] / С. В. Яковлев, А. К. Стрелков, А. А. Мазо. – М. : Изд-во АСВ, 1998. – 129 с.

151. Bendere, Ruta Waste management [Электронный ресурс] / Ruta Bendere. – Riga, Latvia, 2003. – URL: [www.waste.ru](http://www.waste.ru)

152. Kikuchi, Ryunosuke Recycling of municipal solid waste for cement production: pilot-scale test for transforming incineration ash of solid waste into cement clinker [Текст] / Ryunosuke Kikuchi, // Resources, Conservation and Recycling. – 2001. – Volume 31. – Issue 2. – February. – P. 137-147.

153. Fleischer, K. Die qualitat der technischen systeme der stadt und die begrundung der kosten siene versorgung / Кашарина Т.П.,Бесфамильная Е.В., Клименко М.Ю. // Вестн. Юж.-Рос. гос. техн. ун-та (Новочерк. политехн. ин-та). Сер. Соц.-эконом. науки – 2012. – № 3. – P. 43-51.

154. Hanna, S. R. Hybrid plume dispersion model development and evaluation [Text] / S. R. Hanna, R. J. Paine // J Appl Meteor. – 1988. – Vol. 28, N 3. – P. 206-224.

155. Management of urban solid waste: Vermicomposting a sustainable option [Текст] / Rajeev Pratap Singh, Pooja Singh, Ademir S.F. Araujo, M. Hakimi Ibrahim, Othman Sulaiman // Resources, Conservation and Recycling. – 2011. – Volume 55. – Issue 7. – P. 719-729.

156. Model evaluation results for AERMOD [Text] / R. J. Paine [et al.] // Draft document December. – 1998. – 17. – 40 p.

157. Nikmo, J. A hybrid plume model for local-scale dispersion [Text] / J. Nikmo [et al.] // Finnish Meteorological Institute. - Publications on Air Quality 27 Helsinki, 1997. – 65 p.

158. Tracking the ecological overshoot of the human economy [Text] / M. Wackernagel [et al.] // Proceedings of the Academy of Science. –1999. – № 14. – P. 9266-9271. Washington, DC, 2002.

159. Troschinetz, Alexis M. Sustainable recycling of municipal solid waste in developing countries [Текст] / Alexis M. Troschinetz, James R. Mihelcic // Waste Management. – 2009. – Volume 29. – Issue 2. – P. 915–923.

160. World Wide Fund for Nature [Text]. Living Planet Report 2002 (Gland, Switzerland: WWF, 2002).

161. Weil, J. C. A PDF dispersion model for buoyant plums in the convective boundary layer [Text] / J. C. Weil, L. A. Corio, R. P. Brower // J Appl Meteor., 1997, 36, P. 982-1003.

162. Willis, G. E. A laboratory model of diffusion into the convective planetary boundary layer Quart Journ Roy [Text] / G. E. Willis, J. W. Deardorf // Meteor Soc. – 1976. – 102. – P. 427.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

Программа для ЭВМ «АстониД»

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



**СВИДЕТЕЛЬСТВО**  
о государственной регистрации программы для ЭВМ  
**№ 2013660225**  
**«АстониД»**

Правообладатель: *федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова» (RU)*

Автор: *Клименко Максим Юрьевич (RU)*

Заявка № **2013615374**  
Дата поступления **27 июня 2013 г.**  
Дата государственной регистрации  
в Реестре программ для ЭВМ **28 октября 2013 г.**



Руководитель Федеральной службы  
по интеллектуальной собственности



Б.П. Симонов

Рисунок А1 Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ  
«АстониД»

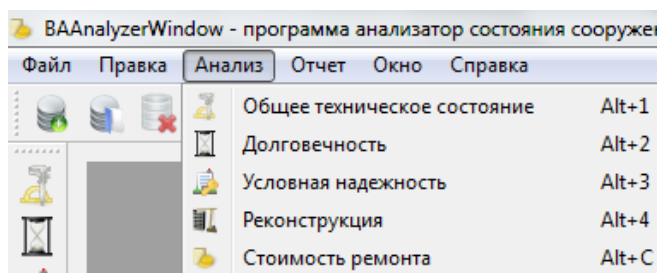


Рисунок А2 – Общий вид меню программы «АстониД»

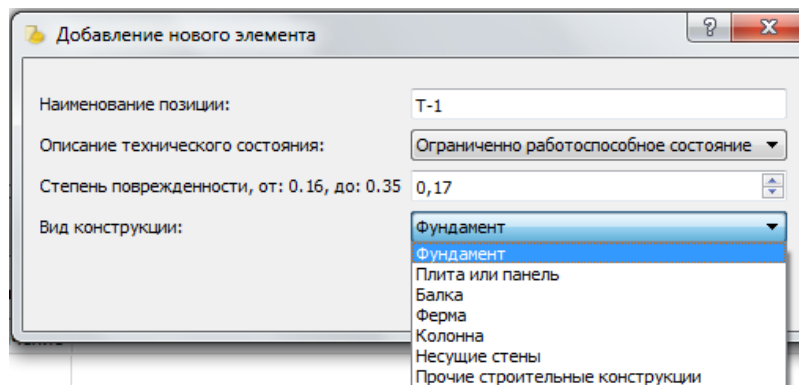


Рисунок А3 – Ввод данных технического состояние строительных конструкций в программу «АстониД»

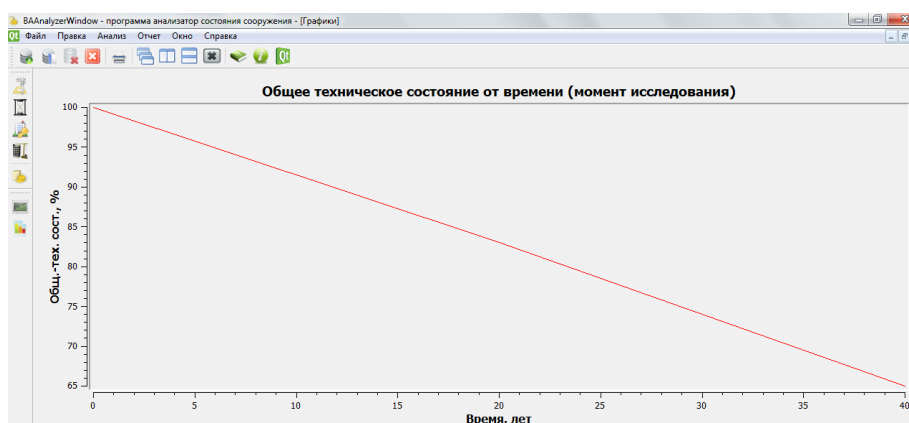


Рисунок А4 – График зависимости поврежденности ( $E$ ) от времени ( $t$ )

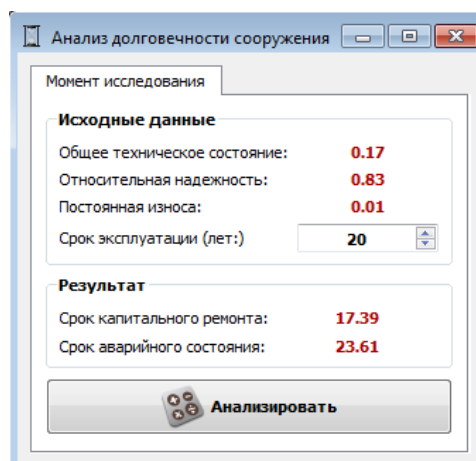


Рисунок А5 – Вывод данных долговечности здания

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

### Акты и справки о внедрении результатов диссертационной работы

«СОГЛАСОВАНО»

профессор по НРиИД ЮРГПУ (НПИ)

имени М.И. Платова

Кравченко О.А.

(подпись, м.п.)

2017 г.

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор

Департамента ЖКХ

Бушуев В.П.

(подпись, м.п.)

2017 г.

### АКТ ВНЕДРЕНИЯ

Результатов диссертационной работы соискателя кафедры «Промышленное, гражданское строительство, геотехника и фундаментостроение» Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) имени М.И. Платова Клименко М.Ю.

«Методика обеспечения экологической безопасности системы восстановления технического состояния зданий»

Настоящим актом подтверждается, что результаты диссертационной работы соискателя кафедры «Промышленное, гражданское строительство, геотехника и фундаментостроение» Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) имени М.И. Платова Клименко М.Ю. «Методика обеспечения экологической безопасности системы восстановления технического состояния зданий»

выполненные в сроки: с «13» января 2014 г. по «3» апреля 2017 г.

внедрены: в муниципальную программу «Обеспечение качественными жилищно-коммунальными услугами населения и основные направления благоустройства в городе Новочеркасске».

1. Вид внедренных результатов: методика обеспечения экологической безопасности при капитальном ремонте зданий.

2. Характеристика масштаба внедрения: единичное.

3. Форма внедрения: применение методики и алгоритма её реализации с целью снижения загрязнения окружающей среды г. Новочеркасска.

4. Новизна результатов научно-исследовательских работ: впервые разработанная и примененная методика основана на адаптации теоретических основ формирования высокоэффективных и экономичных инженерных систем к условиям уменьшения поступления строительных отходов в окружающую среду за счёт их использования при ремонтно-восстановительных работах.

5. Социальный, экологический и научно-технический эффект: применение разработанной методики позволяет провести расчетное обоснование мероприятий по снижению негативного воздействия текущего и капитального ремонта, реконструкции на окружающую среду, а также сократить потребность в строительных материалах, оптимизировать решения по вторичному использованию строительных отходов при ремонтно-восстановительных, обеспечить снижение загрязнения окружающей среды, повысить качество среды жизни в г. Новочеркасска.

От ВУЗа:

Начальник УНРиИД  Сухенко Н.А.

Зав. кафедрой «ПГСГиФ»

профессор, д.т.н.

Соиск. каф. «ПГСГиФ»

Скибин Г.М.

Клименко М.Ю.

От Департамента ЖКХ:

Заместитель директора

Департамента ЖКХ

 Савинков Е.Б.

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по образовательной  
деятельности

ФГБОУ ВО «Южно-Российский

государственный политехнический  
университет (НПИ) имени М.И. Платова»

доктор технических наук, профессор

Дьяконов Евгений Михайлович



«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2017 г.

**АКТ**

**о внедрении результатов диссертационной работы  
в учебный процесс высшего учебного заведения**

Настоящей справкой подтверждается, что результаты диссертационной работы соискателя кафедры «Промышленное, гражданское строительство, геотехника и фундаментостроение» ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова» Клименко М.Ю. на тему «Методика обеспечения экологической безопасности при восстановлении конструкций зданий» внедрены в учебный процесс ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова» при чтении лекций и проведении практических занятий по дисциплинам «Экологическая безопасность строительства и городского хозяйства», «Обследование зданий и сооружений», «Экспертиза инвестиционно-строительных проектов и объектов недвижимости», «Инженерные изыскания и инвентаризация при реконструкции зданий» для бакалавров и магистров, обучающихся по направлению «Строительство» (08.03.01, 08.04.01), профиль «Промышленной и гражданское строительство», «Городское строительство и хозяйство», «Экспертиза и управление недвижимостью», «Теория и проектирование зданий и сооружений», «Строительство и реконструкция зданий».

Зав. кафедрой «ПГСГиФ»,

профессор, д.т.н.

Скибин Г.М.





Россия  
Общество с ограниченной ответственностью

«ПРОЕКТДОНСТРОЙ»  
344029 г. Ростов-на-Дону  
ул. Плужная, д. 3 оф. 7а

тел./факс 209-8989 E-mail: [proektdonstroy@gmail.com](mailto:proektdonstroy@gmail.com)

№ 457-1 от 01.09.2017 г.

Клименко Максиму Юрьевичу

### СПРАВКА

Выдана Клименко Максиму Юрьевичу, в том, что методика снижения загрязнения окружающей среды системы восстановления технического состояния зданий городской застройки, оценочные критерии ресурсосбережения и энергоэффективности, позволяющие создать технологию использования строительных отходов, представленные в диссертационной работе Клименко М.Ю. на тему «Методика снижения загрязнения окружающей среды системы восстановления технического состояния зданий городской застройки» на соискание ученой степени кандидата технических наук использованы при разработке проектной документации для МБУ «ЦСОН Ворошиловского района города Ростова-на-Дону» (при проектировании капитального ремонта), а рекомендации по уменьшению поступления строительных отходов в окружающую среду заложены в проекте в разделе 3 «Архитектурные решения», разделе 4 «Конструктивные и объемно-планировочные решения» и разделе 8 «Перечень мероприятий по охране окружающей среды», что позволило уменьшить поступление строительных отходов в окружающую среду на 50-60 %.

Директор  
ООО «ПРОЕКТДОНСТРОЙ»



Копылов В.Ф.

ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ  
«Строительно-производственное управление»

346421, Россия, Ростовская область, г. Новочеркасск, ул. Крупской, 76  
ИНН 6150032997 КПП 615001001 ОГРН 1026102234509 ОКПО 55508464  
р/с 40702810752450100701 в Юго-Западном Банке ПАО «Сбербанк России» г. Ростов-на-Дону  
К/с 30101810600000000602 БИК 046015602 ОКОНХ 6111061124 ОКПО 55508464  
тел/факс. (8635) 255-417, тел. (8635) 255-418, email: spu\_pr@mail.ru

№ 170925-1С от 25.09.2017 г.

Клименко Максиму Юрьевичу

СПРАВКА

Выдана Клименко Максиму Юрьевичу, в том, что в ООО «Строительно-производственное управление» на стадии предпроектных и проектных работ использовались предложенные им рекомендации по повышению уровня защищенности окружающей среды, обеспеченные программой для ЭВМ «Астонид» для проекта по капитальному ремонту пятиэтажного многоквартирного здания в г. Новочеркасск Ростовской области.

С уважением, директор  
ООО «Строительно-производственное  
управление»



Субботин А.И.

## ПРИЛОЖЕНИЕ В

### Тематическая карточка, приказ и календарный план о выполнении инициативной научно-исследовательской работы по теме «Экологическая безопасность строительства и городского хозяйства»

Министерство образования и науки РФ  
Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)  
имени М.И. Платова

УТВЕРЖДАЮ:  
Декан факультета

\_\_\_\_\_ / Скибин Г.М. /

Протокол Ученого совета факультета  
№ 11 от «30» августа 2014 г.

Шифр темы  
ПЗ-895

УТВЕРЖДАЮ:  
Проректор по НИИД

\_\_\_\_\_ / Кравченко



### ТЕМАТИЧЕСКАЯ КАРТОЧКА на научно-исследовательскую работу

1. Тема: «Экологическая безопасность строительства и городского хозяйства».
2. Актуальность работы: выполняется по проблеме «Разработка, применение и совершенствование методов оценки экологической безопасности урбанизированных территорий, а также их обеспечение»
3. Фамилия, имя отчество, ученая степень и звание руководителя темы: Кашарина Татьяна Петровна, доктор технических наук, профессор.
4. Сроки выполнения работы: 11.09.2014-01.09.2018 г.
5. Конкретная цель работы: **Разработка и совершенствование теоретических основ, методов и средств обеспечения экологической безопасности городского строительства и хозяйства.**

#### А н н о т а ц и я

Работа направлена на разработку и совершенствование методов формирования безопасной экосистемы. Предполагается создание информационных управляющих систем и технических комплексов устойчивого развития городской застройки, которые обеспечивают возможность поддержания окружающей среды на уровне ее адапционных возможностей, что в итоге осуществляет безопасность и качество среды жизни населения с помощью новых методов и моделей оценки воздействия строительства на окружающую среду.

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Руководитель темы \_\_\_\_\_



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования

«Южно-Российский государственный  
политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова»

## ПРИКАЗ

«10» 11 20 14 г.

№ 2-53

г. Новочеркасск

*О выполнении инициативной научно-исследовательской работы  
по теме «Экологическая безопасность строительства и городского хозяйства»*

В целях реализации решения Ученого совета факультета о выполнении инициативной научно-исследовательской работы по теме №ПЗ-895 «Экологическая безопасность строительства и городского хозяйства» (протокол № 11 от «30» августа 2014 г.)

### ПРИКАЗЫВАЮ:

1. Руководителем темы назначить Кашарину Татьяну Петровну, профессора кафедры «ПГСГиФ», доктора технических наук.
2. Руководителю НИР сформировать рабочую группу согласно Приложению 1.
3. Руководителю темы обеспечить выполнение НИР в соответствии с требованиями тематической карточки и календарного плана.
4. Контроль за исполнением настоящего приказа возложить на проректора по научной работе и инновационной деятельности О.А. Кравченко.

Ректор

В.Г. Передерий

Проект вносит

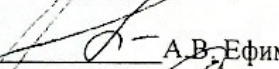
Проректор по научной работе  
и инновационной деятельности

Главный  
бухгалтер

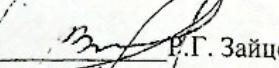
И.В. Гринцевич

 О.А. Кравченко

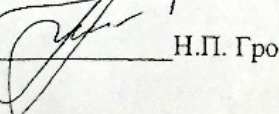
Директор ДЭиФ

 А.В. Ефимов

Директор ДКП

 Р.Г. Зайцев

Начальник ЮУ

 Н.П. Громовенко



Приложение 1 к приказу  
№ \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 2014 г.

Состав рабочей группы по выполнению НИР № \_\_\_\_\_

№ п/п	ФИО	Должность	Подпись
	Субботин А.И.	Зав. Каф. ТСПиСМ	
	Кашарина Т.П.	профессор	
	Кашарин Д.В.	профессор	
	Клименко М.Ю.	ассистент	
	Приходько А.П.	ассистент	
	Поляков А.С.	аспирант	
	Герман Е.А.	аспирант	
	Сиденко Е.А.	аспирант	
	Хихловская А.С.	аспирант	
	Кундупян К.С.	аспирант	
	Годин М.А.	научный сотрудник	
	Ткаченко А.И.	студентка СФ 4-4	
	Валуйский К.С.	студент СФ 4-1	
	Калмыков С.А.	студент СФ 2-1а	
	Вареница А.П.	студент СФ 2-1а	
	Ларсанов И.С.	студент СФ 2-1а	
	Клименко М.Ю.	студентка СФ 2-1	
	Каневская М.В.	студентка СФ 4-4	
	Субботин И.А.	студент 3-1	
	Субботин В.А.	студент 4-1	

Руководитель НИР

/ Т.П. Кашарина /

Министерство образования и науки РФ  
Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)  
имени М.И. Платова

Шифр темы  
ПЗ-895

### КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

по работе: «Экологическая безопасность строительства и городского хозяйства»

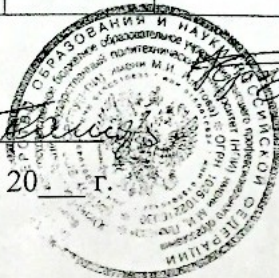
№ п/п	Содержание этапов работы и исполнители	Сроки выполнения работ	Научный результат (в сравнении с известными)	Перечень разрабатываемых документов	Сведения о выполнении работ (заключение руководителя)
1	Анализ основных аналитических зависимостей и показателей экологической безопасности, а также средств ее достижения	11.09.14-28.03.15	Системное представление о проблематике экологической безопасности строительства и городского хозяйства	Статьи, доклады на конференциях	
2	Разработка системной и методологической концепции проблем определения экологической и технической безопасности урбанизированных территорий	01.03.15-31.12.15	Концепция проблем определения экологической и технической безопасности урбанизированных территорий	Статьи, доклады на конференциях, свидетельства ЭВМ	
3	Теоретические и практические исследования размера ущерба окружающей среде города	01.01.16-31.12.16	Зависимости эффективности информационных и управляющих систем от используемых методик их построения	Статьи, доклады на конференциях, зарубежные публикации	
4	Разработка методологий определения критериев экологической безопасности зданий и сооружений	01.01.17-31.12.17	Методика создания системы управления экологической безопасности строительства и городского хозяйства	Статьи, доклады на конференциях, свидетельства ЭВМ, патенты, кандидатская диссертация	
5	Разработка рекомендаций по увеличению критериев экологической безопасности урбанизированных территорий	01.01.18-31.12.18	Методы, алгоритмы, рекомендации, программы на ЭВМ, дорожные карты.	Статьи, доклады на конференциях, патенты, кандидатская диссертация, отчет по НИР	

Проректор по НРИД

Руководитель темы

« \_\_\_ »

20 \_\_\_ г.



О.А. Кравченко

Т.П. Кашарина

## ПРИЛОЖЕНИЕ Г

### Оценка технического состояния строительных конструкций зданий

Таблица Г1 – Категории технического состояния

Категория технического состояния	Описание технического состояния	$y$	$E=1-y$	$C, \%$
1	Исправное состояние. Отсутствуют видимые повреждения, свидетельствующие о снижении несущей способности. Необходимости в ремонтных работах нет	1	0	0
2	Работоспособное состояние. Незначительное снижение несущей способности и долговечности конструкций. Требуется устройство антикоррозионного покрытия, затирка трещин и т.п.	0,95	0,05	0 - 11
3	Ограниченно-работоспособное состояние. Существующие повреждения свидетельствуют о снижении несущей способности конструкции. Требуется текущий ремонт.	0,85	0,15	12 - 36
4	Недопустимое состояние. Существующие повреждения свидетельствуют о непригодности к эксплуатации конструкции. Требуется капитальный ремонт с усилением конструкций. До проведения усиления необходимо ограничение нагрузок.	0,75	0,25	37 - 90
5	Аварийное состояние. Требуется немедленная разгрузка конструкции и устройство временных креплений, замена аварийных конструкций.	0,65	0,35	91 - 130

Таблица Г2 – Оценка технического состояния стальных конструкций по внешним признакам

Категория состояния конструкции	Признаки силовых воздействий на конструкцию	Признаки воздействия внешней среды на конструкцию
1	Нет	Нет
2	Нет	Местами разрушено антикоррозионное покрытие. На отдельных участках коррозия отдельными пятнами с поражением до 5 % сечения. Местные погнутости от ударов транспортных средств и другие повреждения, приводящие к ослаблению сечения до 5 %.
3	Прогибы изгибаемых элементов превышают 1/150 пролета.	Пластинчатая ржавчина с уменьшением площади сечения несущих элементов до 15 %. Местные погнутости от ударов транспортных средств и другие механические повреждения, приводящие к ослаблению сечения до 15 %. Погнутость узловых фасонок ферм.
4	Прогибы изгибаемых элементов более 1/75 пролета. Потеря местной устойчивости конструкций (выпучивание стенок и поясов балок и колонн). Срез отдельных болтов или заклепок в многоболтовых соединениях. Наличие трещин во второстепенных элементах.	Коррозия с уменьшением расчетного сечения несущих элементов до 25 %. Трещины в сварных швах или околошовной зоне. Механические повреждения, приводящие к ослаблению сечения до 25 %. Отклонения ферм от вертикальной плоскости более 15 мм. Расстройство узловых соединений от проворачивания болтов или заклепок.
5	Прогибы изгибаемых элементов более 1/50 пролета. Потеря общей устойчивости балок или сжатых элементов. Разрыв растянутых элементов ферм. Наличие трещин в основном материале элементов.	Коррозия с уменьшением расчетного сечения несущих элементов более 25 %. Расстройство стыков со взаимным смещением опор.



Таблица Г3 – Оценка технического состояния железобетонных конструкций по внешним признакам

Категория состояния конструкции	Признаки силовых воздействий на конструкцию	Признаки воздействия внешней среды на конструкцию
1	Волосяные трещины (до 0,1 мм).	Имеются отдельные раковины, выбоины.
2	Трещины в растянутой зоне бетона не превышают 0,3 мм.	На отдельных участках с малой величиной защитного слоя проступают следы коррозии распределительной арматуры или хомутов. Шелушение ребер конструкций. На поверхности бетона мокрые или масляные пятна, изменение цвета бетона.
3	Трещины в растянутой зоне бетона до 0,5 мм.	Продольные трещины в бетоне вдоль арматурных стержней от коррозии арматуры. Коррозия арматуры до 10 % площади стержней. Бетон в растянутой зоне на глубине защитного слоя между стержнями арматуры легко крошится. Снижение прочности бетона до 20 %.
4	Ширина раскрытия нормальных трещин в балках не более 1 мм и протяженность трещин более 3/4 высоты балки. Сквозные нормальные трещины в колоннах не более 0,5 мм. Прогибы изгибаемых элементов более 1/75 пролета.	Отслоение защитного слоя бетона и оголение арматуры. Коррозия арматуры до 15 %. Снижение прочности бетона до 30 %.
5	Ширина раскрытия нормальных трещин в балках более 1 мм при протяженности трещин более 3/4 их высоты. Косые трещины, пересекающие опорную зону и зону анкеровки растянутой арматуры балок. Сквозные наклонные трещины в сжатых элементах. Хлопающие трещины в конструкциях, испытывающих знакопеременные воздействия. Выпучивание арматуры в сжатой зоне колонн. Разрыв отдельных стержней рабочей арматуры в растянутой зоне, разрыв хомутов в зоне наклонной трещины. Раздробление бетона в сжатой зоне. Прогибы изгибаемых элементов более 1/50 пролета при наличии трещин в растянутой зоне более 0,5 мм.	Оголение всего диаметра арматуры стержня. Коррозия арматуры более 15 % сечения. Снижение прочности бетона более 30 %. Расстройство стыков.

Таблица Г4 – Оценка технического состояния каменных конструкций по внешним признакам

Категория состояния конструкции	Признаки силовых воздействий на конструкцию	Признаки воздействия внешней среды на конструкцию
1	Трещины в отдельных кирпичах, не пересекающие растворные швы.	Нет
2	Волосные трещины, пересекающие не более двух рядов кладки (длиной 15 - 18 см).	Выветривание раствора швов до 1 см.
3	Трещины, при пересечении не более четырех рядов кладки.	Размораживание и выветривание кладки, отслоение облицовки на глубину до 15 % толщины.
4	Вертикальные и косые трещины в несущих стенах на высоту более четырех рядов кладки. Образование вертикальных трещин между продольными и поперечными стенами, разрывы или выдергивание отдельных стальных связей и анкеров крепления стен к колоннам и перекрытиям. Местное (краевое) повреждение кладки на глубину до 2 см под опорами ферм, балок и перемычек в виде трещин и лещадок; вертикальные трещины по концам опор, пересекающие не более трех рядов кладки	Размораживание и выветривание кладки, отслоение облицовки на глубину до 25 % толщины. Наклоны и выпучивание стен и фундаментов в пределах этажа не более чем на 1/6 их толщины. Смещение плит перекрытий на опорах не более 1/5 глубины заделки, но не более 2 см.
5	Вертикальные и косые трещины в несущих стенах и столбах на высоту всей стены. Отрыв продольных стен от поперечных в местах их пересечения, разрывы или выдергивание стальных связей и анкеров, крепящих стены к колоннам и перекрытиям. Повреждение кладки под опорами ферм, балок и перемычек в виде трещин, раздробления камня, образование вертикальных или косых трещин, пересекающих более трех рядов кладки, в месте примыкания пилястры к стене	Размораживание и выветривание кладки на глубину до 40 % толщины. Наклоны и выпучивание стен в пределах этажа на 1/3 их толщины и более, смещение (сдвиг) стен, столбов и фундаментов по горизонтальным швам. Смещение плит перекрытий на опорах более 1/5 глубины заделки в стене. Полная потеря прочности раствора (раствор легко разбирается руками).

Таблица Г5 – Оценка технического состояния деревянных конструкций по внешним признакам

Категория состояния конструкции	Признаки силовых воздействий на конструкцию	Признаки воздействия внешней среды на конструкцию
1	Нет	Волосные усадочные трещины в конструкциях
2	Ослабление креплений отдельных болтов, хомутов, скоб	Большие щели между досками наката и балками перекрытия
3	Продольные трещины в конструкциях. Сдвиги и отслоения в швах и в узлах конструкций заметные на глаз. Прогибы изгибаемых элементов превышают предельные значения СНиП II-26-80	Следы протечек, мокрые пятна в конструкциях. Гниль в мауэрлате и в концах стропильных ног, снижающая прочность до 15 %
4	Глубокие трещины в элементах. Трещины, в работающих на скалывание торцах по ширине более 25 % от толщины элемента. Сильное обмятие и зазоры более 3 мм в рабочих поверхностях врубок. Смятие древесины вдоль волокон по линии болтов и нагелей на 1/2 их диаметра. Потеря местной устойчивости элементов конструкций. Прогибы изгибаемых элементов более 1/75 пролета	Гниль в местах заделки балок в наружные стены. Гниль в мауэрлате, стропилах, обрешетке, накате, снижающая прочность до 25 %
5	Прогибы изгибаемых элементов более 1/50 пролета. Быстроразвивающиеся деформации. Сквозные трещины в накладках стыков по линии болтов ферм. Трещины в растянутых элементах, выходящие на кромки. Надломы и разрушения отдельных конструкций. Скалывание врубок. Потеря устойчивости конструкций (поясов ферм, арок, колонн)	Поражение гнилью и жучком строительных конструкций, приводящее к снижению их прочности более 25 %

Таблица Г6 – Оценка технического состояния жилых и общественных зданий по внешним признакам

Категория технического состояния здания	Признаки силовых воздействий	Признаки воздействия внешней среды
1	2	3
1	<p><u>Каменные конструкции</u> В кирпичной кладке в отдельных кирпичах имеются выбоины, трещины, не пересекающие растворные швы</p> <p><u>Железобетонные конструкции</u> В железобетонных конструкциях имеются отдельные волосные трещины с шириной раскрытия не более 0,1 мм</p>	Нет
2	<p><u>Каменные конструкции</u> В кирпичной кладке трещины, пересекающие не более двух рядов кладки. Трещины в перегородках в местах сопряжения с потолками шириной до 2 мм</p> <p><u>Железобетонные конструкции</u> Образование трещин в растянутой зоне изгибаемых элементов с раскрытием до 0,3 мм. Трещины в швах между сборными плитами перекрытий шириной до 2 мм</p> <p><u>Стальные конструкции</u> Видимых повреждений нет</p>	<p><u>Каменные конструкции</u> Выветривание раствора швов кладки до 1 см Сетчатые трещины 0,1 ... 0,2 мм на поверхностях панелей и блоков, шелушение и растрескивание поверхности, местное отслоение облицовки и фактурного слоя панелей стен, отпадение местами штукатурки</p> <p><u>Железобетонные конструкции</u> Следы коррозии распределительной арматуры</p> <p><u>Стальные конструкции</u> Местное разрушение антикоррозионного покрытия. На отдельных участках коррозия пятнами с поражением до 5 % сечения</p>
3	<p><u>Каменные конструкции</u> В кирпичной кладке стен трещины, пересекающие не более 4-х рядов кладки. Вертикальные трещины раскрытием до 2 мм в кладке, блоках и перемычных панелях продольных стен. Трещины в перегородках в местах сопряжения с потолком шириной до 10 мм.</p>	<p><u>Каменные конструкции</u> Разрушение кладки или отслоение облицовки на глубину до 15 % толщины стены.</p>

4	<p align="center"><u>Железобетонные конструкции</u></p> <p>Образование трещин в растянутой зоне изгибаемых элементов до 0,5 мм. Смещение сборных железобетонных плит перекрытий относительно друг друга по высоте до 3 см.</p> <p align="center"><u>Стальные конструкции</u></p> <p>Относительные прогибы изгибаемых элементов до 1/150 пролета.</p> <p align="center"><u>Деревянные конструкции</u></p> <p>Прогибы изгибаемых элементов заметны на глаз и превышают значения СНиП.</p> <p align="center"><u>Каменные конструкции</u></p> <p>В кирпичной кладке стен и столбов трещины, пересекающие более четырех рядов кладки.</p> <p>Образование вертикальных трещин между продольными и поперечными стенами.</p> <p>Образование вертикальных трещин в местах опирания балок или ферм длиной до 20 см.</p> <p>Вертикальные и наклонные трещины сдвига в верхних этажах с раскрытием до 10 мм в местах сопряжения разнонагруженных стен.</p> <p>Вертикальные сквозные трещины в продольных и поперечных стенах по высоте здания по сплошным или ослабленным проемам или стыкам панелей с раскрытием до 10 мм.</p> <p>Трещины в перегородках более 10 мм. Диагональные трещины по углам простенков до 3 мм, вертикальные трещины по перемычкам до 3 мм, в местах установки балконных плит</p> <p align="center"><u>Железобетонные конструкции</u></p> <p>Ширина раскрытия нормальных трещин изгибаемых элементов в растянутой зоне до 1 мм. Прогибы элементов до 1/80 пролета.</p> <p align="center"><u>Стальные конструкции</u></p> <p>Прогибы изгибаемых элементов до 1/80 пролета.</p> <p align="center"><u>Деревянные конструкции</u></p> <p>Прогибы изгибаемых элементов до 1/80 пролета.</p> <p>Трещины в элементах, работающих на скалывание.</p>	<p align="center"><u>Железобетонные конструкции</u></p> <p>Образование продольных трещин вдоль рабочей арматуры из-за ее коррозии.</p> <p align="center"><u>Стальные конструкции</u></p> <p>Пластинчатая ржавчина с уменьшением сечения элементов до 10 % сечения из-за коррозии.</p> <p align="center"><u>Деревянные конструкции</u></p> <p>Следы протечек. Гниль мауэрлата и конца стропильных ног, снижающая прочность до 15 %.</p> <p align="center"><u>Каменные конструкции</u></p> <p>Разрушение кладки или отслоение облицовки до 25 % толщины стены. Наклоны и выпучивания стен и фундаментов в пределах этажа не более чем на 1/6 их толщины. Заметное выпучивание перегородок.</p> <p>Высокая водо- и воздухопроницаемость стыков стеновых панелей.</p> <p>Отклонение кирпичных колонн и столбов от вертикали более 3 см.</p> <p align="center"><u>Железобетонные конструкции</u></p> <p>Отслоение защитного слоя железобетонных конструкций с уменьшением сечения арматуры до 15 % из-за коррозии. Снижение прочности бетона до 30 %.</p> <p align="center"><u>Стальные конструкции</u></p> <p>Коррозия элементов до 25 % сечения. Отклонение ферм от вертикальной плоскости более 15 мм.</p> <p align="center"><u>Деревянные конструкции</u></p> <p>Гниль в местах заделки балок в наружные стены, мауэрлатов, стропил и наката, снижающая прочность до 25 %.</p>
5	<p align="center"><u>Каменные конструкции</u></p> <p>Отрыв продольных стен от поперечных.</p> <p>Вертикальные и косые трещины в местах опирания балок или ферм длиной более 20 см.</p> <p>Выпучивание или смещение панелей стен, разрушение узлов крепления панелей.</p> <p>Вертикальные сквозные трещины в продольных и поперечных стенах по высоте здания с раскрытием более 10 мм.</p> <p>Обрушение отдельных конструкций.</p>	<p align="center"><u>Каменные конструкции</u></p> <p>Разрушение кладки на глубину до 40 % толщины стены.</p> <p>Полная потеря прочности раствора (раствор легко разбирается руками).</p> <p>Наклоны и выпучивание стен в пределах этажа более 1/3 их толщины.</p> <p>Сдвиг стен и фундаментов по горизонтальным швам.</p>

	<p align="center"><u>Железобетонные конструкции</u></p> <p>Ширина раскрытия трещин изгибаемых элементов в растянутой зоне более 1 мм. Раздробление бетона сжатой зоны. Разрыв арматуры в балках. Выпучивание продольной арматуры в колоннах. Прогибы более 1/80 пролета.</p>	<p align="center"><u>Железобетонные конструкции</u></p> <p>Уменьшение сечения арматуры из-за коррозии более 15 %. Снижение прочности бетона более 30 %. Расстройство стыков. Заниженная площадь опирания плит (менее 5 см).</p>
	<p align="center"><u>Стальные конструкции</u></p> <p>Потеря устойчивости балок и сжатых элементов колонн и ферм. Разрыв растянутых элементов. Прогибы более 1/80 пролета.</p> <p align="center"><u>Деревянные конструкции</u></p> <p>Прогибы изгибаемых элементов более 1/80 пролета. Быстронарастающая деформация. Сквозные трещины в накладках стыков по линии болтов ферм. Трещины в нижних поясах ферм по сучку. Надломы и разрушения отдельных конструкций. Скалывание врубок. Потеря устойчивости сжатых элементов.</p>	<p align="center"><u>Стальные конструкции</u></p> <p>Коррозия с уменьшением расчетного сечения несущих элементов более 25 %. Расстройство стыков элементов со взаимным смещением опор.</p> <p align="center"><u>Деревянные конструкции</u></p> <p>Поражение гнилью строительных конструкций более 25 % сечения.</p>