

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

Институт инженерной и экологической безопасности

(наименование института полностью)

20.04.01 Техносферная безопасность

(код и наименование направления подготовки)

Системы управления производственной, промышленной и экологической
безопасностью

(направленность (профиль))

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)**

на тему Разработка путей сокращения выбросов парниковых газов
предприятия

Обучающийся

О.А. Седова

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Научный
руководитель

к.т.н., доцент, Е.А. Татаринцева

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Консультант

к.э.н., доцент, Т.Ю. Фрезе

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти 2025

Содержание

Введение.....	4
Термины и определения	8
Перечень сокращений и обозначений.....	10
1 Анализ отечественных и зарубежных исследований в области оценки выбросов парниковых газов на предприятии и мероприятий по их сокращению	11
1.1 Аналитический обзор отечественных, зарубежных и международных методик оценки объемов (инвентаризации) выбросов парниковых газов предприятий.....	11
1.2 Анализ мероприятий, направленных на снижение выбросов парниковых газов предприятия	18
2 Теоретическое обоснование методов оценки выбросов парниковых газов предприятия	27
2.1 Методы оценки выбросов парниковых газов от передвижных источников выбросов и объектов предприятия	27
2.2 Методы интеллектуального анализа данных при оценке выбросов парниковых газов от стационарных установок предприятия.....	45
3 Реализация пилотных проектов по сокращению выбросов парниковых газов	53
3.1 Определение границ анализа и разработка сценариев развития.....	53
3.2 Анализ и оценка эффективности предлагаемых мер по снижению экологических рисков	56
Заключение	68
Список используемых источников.....	72
Приложение А А-матрица потери, функциональные области.....	77
Приложение Б В-матрица причинных потерь и их позиций.....	78
Приложение В С-матрица результирующих потерь.....	79
Приложение Г D-матрица исследования.....	80

Приложение Д E-матрица исследования.....	82
Приложение Е F-матрица исследования.....	83
Приложение Ж G-матрица исследования.....	85

Введение

Актуальность темы исследования обусловлена тем, что в настоящее время, в современном мире, в условиях значительного прогресса промышленного производства, большое внимание уделяется снижению вредного воздействия на окружающую среду. В частности, снижению накопления парниковых газов в атмосфере.

Изменение климата, вызванное антропогенной деятельностью, считается одной из самых серьезных проблем, с которыми сталкивается человечество и бизнес в настоящее время и будет сталкиваться в будущие десятилетия. Изменение климата оказывает существенное влияние, также и на природные системы, наличие ресурсов, экономическую деятельность.

Основной причиной изменения климата является выброс парниковых газов (далее – ПГ).

Объектом исследования являются выбросы предприятия ООО «ИНРоЛ-СТС» в атмосферу.

Предмет исследования: возможные методы и способы сокращения выбросов парниковых газов предприятия.

Целью исследования является сокращение выбросов парниковых газов предприятия за счёт внедрения методов интеллектуального анализа данных при оценке выбросов парниковых газов от стационарных установок предприятия.

Гипотеза исследования: формирование методов оценки выбросов от передвижных источников объектов предприятия, методов интеллектуального анализа данных при оценке выбросов от стационарных источников и реализация пилотных проектов по сокращению выбросов парниковых газов с оценкой эффективности предлагаемых мер.

Для достижения цели поставлены следующие задачи:

- провести аналитический обзор отечественных, зарубежных и международных методик оценки объемов (инвентаризации)

выбросов парниковых газов предприятий;

- теоретически обосновать возможность использования и оценки методик выбросов парниковых газов предприятия от передвижных и стационарных источников;
- выполнить анализ мероприятий и возможность реализации пилотных проектов, направленных на снижение выбросов парниковых газов предприятия;
- провести анализ и оценку эффективности предлагаемых мероприятий по уменьшению выбросов в организации.

Для решения поставленных задач используется комплексный метод исследования, включающий анализ теоретических и практических данных в области снижения выбросов парниковых газов.

Теоретико-методологическую основу исследования составили труды ученых, а также научные статьи по анализу существующих экологических рисков и снижению выбросов парниковых газов от стационарных установок предприятий Российской Федерации.

Базовыми для настоящего исследования явились также статистические данные по выбросам парниковых газов от стационарных установок предприятий Российской Федерации.

Методы исследования: анализ статистических данных, системный анализ, методы оценки последствий возможных экологических рисков, обработки экспериментальных данных.

Опытно-экспериментальная база исследования: действующее металлорежущее производственное предприятие ООО «ИНРОЛ-СТС».

Научная новизна данной работы: предложена методика оценки экологических рисков, которая позволяет снизить выбросы парниковых газов и отличается от известных методик тем, что применены наиболее эффективные подходы по качественному и количественному методу снижения выбросов парниковых газов от стационарных установок

производственных предприятий.

Теоретическую значимость будут иметь следующие результаты диссертационной работы:

- разработана система оценки экологических рисков и принятия эффективных мер по снижению выбросов парниковых газов;
- выполнена оценка эффективности предлагаемых мер по снижению выбросов парниковых газов для конкретного предприятия и отрасли в целом, повышение энергоэффективности предприятий данного типа.

Практическая значимость заключается в применении теоретической значимости результатов исследований на производственных предприятиях.

Достоверность и обоснованность результатов обеспечивались корректным применением методов исследований и результатами проведенной оценки эффективности предлагаемых мер по снижению выбросов парниковых газов.

Личное участие автора в организации и проведении исследования состоит в:

- проведении анализа отечественных, зарубежных и международных методик оценки объемов (инвентаризации) выбросов парниковых газов предприятий;
- проведении анализа мероприятий, направленных на снижение выбросов парниковых газов предприятия;
- создании матриц по методам оценки выбросов парниковых газов, проанализировать применимость по конкретному предприятию, сделать выводы по текущей экологической нагрузке на окружающую среду;
- проведении оценки методики инвентаризации объема выбросов парниковых газов, выявление закономерностей (свободный поиск);
- определении границы анализа и разработка сценариев развития;
- проведении анализа эффективности предлагаемых мероприятий по

обеспечению техносферной безопасности.

Апробация и внедрение результатов работы велись в течение всего исследования. Результаты отражены в статье: Седова О.А. Анализ мероприятий, направленных на снижение выбросов парниковых газов предприятия // Студенческий: электрон. научн. журн. 2024. № 29 (283). URL: <https://sibac.info/journal/student/283/341671> (дата обращения: 20.02.2025).

На защиту выносятся:

- анализ показателей использования оборудования, являющегося основным источником выбросов ПГ металлодеревообрабатывающего предприятия;
- обоснование возможности применения методов оценки выбросов ПГ от передвижных источников и интеллектуального анализа данных при оценке выбросов от стационарных источников установок предприятия;
- исследованные мероприятия, направленные на снижение выбросов парниковых газов предприятия;
- разработанные матрицы по методам оценки выбросов парниковых газов и анализ их применимости по исследуемому предприятию;
- разработанные сценарии снижения выбросов парниковых газов предприятия;
- оценка эффективности мероприятий направленных на сокращение выбросов ПГ, включая оценку новых, ранее неизученных мероприятий, с применением методов интеллектуального анализа данных.

Структура магистерской диссертации работа обусловлена целью и задачами исследования, состоит из трёх разделов и содержит 2 рисунка, 10 таблиц, 7 приложений, список используемых источников (36 источников). Основной текст работы изложен на 88 страницах.

Термины и определения

Загрязнение атмосферного воздуха – поступление в атмосферный воздух или образование в нем вредных (загрязняющих) веществ в концентрациях, превышающих установленные государством гигиенические и экологические нормативы качества атмосферного воздуха.

Загрязнение водных объектов – сброс или поступление иным способом в водные объекты, а также образование в них вредных веществ, которые ухудшают качество поверхностных и подземных вод, ограничивают использование либо негативно влияют на состояние дна и берегов водных объектов.

Загрязнение окружающей среды – поступление в окружающую среду вещества и (или) энергии, свойства, местоположение или количество которых оказывают негативное воздействие на окружающую среду.

Загрязнение почв – содержание в почвах химических соединений, радиоактивных элементов, патогенных организмов в количествах, оказывающих вредное воздействие на здоровье человека, окружающую природную среду, плодородие почв сельскохозяйственного назначения.

Загрязняющее вещество – вещество или смесь веществ, количество и (или) концентрация которых превышают установленные для химических веществ, в том числе радиоактивных, иных веществ и микроорганизмов нормативы и оказывают негативное воздействие на окружающую среду.

Значимость уровня риска – качественная характеристика уровня риска по степени его влияния на достижение поставленных целей и решение задач.

Мониторинг атмосферного воздуха – система наблюдений за состоянием атмосферного воздуха, его загрязнением и за происходящими в нем природными явлениями, а также оценка и прогноз состояния атмосферного воздуха, его загрязнения.

Мониторинг окружающей среды (экологический мониторинг) – комплексная система наблюдений за состоянием окружающей среды, оценки

и прогноза изменений состояния окружающей среды под воздействием природных и антропогенных факторов.

Негативное воздействие на окружающую среду – воздействие хозяйственной и иной деятельности, последствия которой приводят к негативным изменениям качества окружающей среды.

Нормативы допустимых выбросов и сбросов – нормативы, которые установлены для субъектов хозяйственной и иной деятельности в соответствии с показателями массы химических веществ, в том числе радиоактивных, иных веществ и микроорганизмов, допустимых для поступления в окружающую среду от стационарных, передвижных и иных источников в установленном режиме и с учетом технологических нормативов, и при соблюдении которых обеспечиваются нормативы качества окружающей среды.

Окружающая среда – совокупность компонентов природной среды, природных и природно-антропогенных объектов, а также антропогенных объектов.

Охрана окружающей среды – деятельность органов государственной власти Российской Федерации, органов государственной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления, общественных и иных некоммерческих объединений, юридических и физических лиц, направленная на сохранение и восстановление природной среды, рациональное использование и воспроизводство природных ресурсов, предотвращение негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду и ликвидацию ее последствий (далее также – природоохранная деятельность).

Ранжирование рисков – определение относительного ранга рисков с целью определения приоритетных к управлению рисков.

Перечень сокращений и обозначений

CCUS – улавливание, использование и хранение углерода.

ECD (Energy Cost Deployment) – распределение затрат на электроэнергию.

ESG – отчетности устойчивого развития.

GED (Greenhouse gas Emissions Deployment) – распределение выбросов парниковых газов.

GRI – глобальная инициатива по отчетности.

MCD – метод анализа.

OEE – общая эффективности оборудования.

OEEE – общая эффективность экологического оборудования.

Score 1 – прямые выбросы парниковых газов.

Score 2 – косвенные выбросы парниковых газов.

Score 3 – категория выбросов, определенных протоколом.

VSM – картирование потока создания ценности.

WHRU – установка для рекуперации отработанного тепла.

BPM – выручка от реализации мероприятия.

ZPM – затраты на реализацию мероприятия.

ПГ – парниковые газы.

ПДК – предельно-допустимая концентрация.

СЗЗ – санитарно-защитная зона.

ТС – транспортное средство.

1 Анализ отечественных и зарубежных исследований в области оценки выбросов парниковых газов на предприятии и мероприятий по их сокращению

1.1 Аналитический обзор отечественных, зарубежных и международных методик оценки объемов (инвентаризации) выбросов парниковых газов предприятий

Парниковые газы атмосферы несут важную функцию – сохраняют солнечное тепло на поверхности Земли. В его отсутствии невозможно представить жизнь на нашей планете, на которой было бы слишком холодно и не было бы условий для развития и жизни человечества. Нарушение баланса выбросов таких газов в атмосферу, а точнее, их значительное превышение, приводит к существенному повышению температуры ее нижних слоев, иными словами – вызывает парниковый эффект.

Основными парниковыми газами в атмосфере Земли признаны водяной пар, углекислый газ (диоксид углерода), двуокись углерода, закись и оксид азота, озон, метан и синтетические химические вещества. Среди основных причин нарушения баланса атмосферы можно назвать стремительный рост индустриализации как в мире, так и в России целом. Значимая доля выбросов приходится на деятельность промышленных предприятий, которые используют при производстве уголь, «нефть и природный газ. Кроме того, при сжигании и захоронении твердых отходов выделяется большое количество метана. В результате сельскохозяйственной деятельности в атмосферу также, выбрасываются значительные объемы парниковых газов» [21].

За прошедшие три года Президентом и Правительством Российской Федерации проведена значимая работа по разработке и актуализации нормативно-правовой базы в сфере регулирования и нормирования качества атмосферного воздуха. Введена обязательная отчетность, которая

предусматривает предоставление с 1 января 2023 года регулируемые организациями отчета об объеме выбросов парниковых газов за предыдущий отчетный период (календарный год).

«В настоящее время, в России ведется активная работа в этом направлении, в том числе, на уровне законодательства и государственных инициатив. Так, в 2022 году вступил в силу закон № 296-ФЗ «Об ограничении выбросов парниковых газов». Компании, выбрасывающие более 150 тыс. т/год CO₂-экв обязаны ежегодно предоставлять в Минэкономразвития РФ расчеты парниковых газов» [20]. «С 2025 года такой документ будет обязательным» [20] при значениях 50 тыс. т/год CO₂-экв. Остальные организации пока что предоставляют отчеты в добровольном порядке. CO₂ – это как раз диоксид углерода, один из парниковых газов [12].

«Правительство Российской Федерации распоряжением от 29.10.2021 № 3052-р [2] утвердило Стратегию социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 г. Целевой сценарий, описанный в стратегии, предполагает рост экономики при уменьшении выбросов парниковых газов» [20].

«В России действует система государственного учёта выбросов парниковых газов. Распоряжение от 22 октября 2021 года №2979-р [17], необходимое для её запуска, подписал Председатель Правительства Михаил Мишустин» [20]. «Документ определяет перечень веществ, подлежащих учёту. Это диоксид углерода, метан, закись азота, гексафторид серы, гидрофторуглероды и перфторуглероды, а также три фторид азота. Список сформирован на основе Киотского протокола к Рамочной конвенции ООН об изменении климата, а также Концепции формирования системы мониторинга выбросов парниковых газов, утверждённой Правительством в 2015 году.

Распоряжение необходимо для реализации положений закона об ограничении выбросов парниковых газов» [20].

«Кроме того, согласно закона № 34-ФЗ от 06.03.2022 «О проведении эксперимента по ограничению выбросов парниковых газов в отдельных

субъектах Российской Федерации» [10], увеличилось количество городов-участников в эксперименте по квотированию выбросов вредных веществ в атмосферу – их стало 41. Основной целью является сокращение в два раза к 2030 году в сравнении с 2020 количества опасных выбросов в регионах, включенных в программу. А Сахалинская область поставила перед собой еще более амбициозную цель – к 2026 стать углеродно-нейтральной» [20]. Соответствующее Постановление Правительства РФ подписано 16.04.2022 № 678 «Об установлении периода, за который осуществляется инвентаризация выбросов парниковых газов и поглощений парниковых газов в целях определения баланса выбросов парниковых газов и поглощений парниковых газов на территории Сахалинской области» [13]. Предполагается, что опыт Сахалинского эксперимента будет масштабирован на другие регионы в рамках Стратегии низко углеродного развития РФ до 2050 года. Достижение углеродной нейтральности при устойчивом росте экономики – главная задача на предстоящий период.

С 1 сентября 2022 г. Постановлением Правительства РФ от 20.04.2022 № 707 «Об утверждении Правил представления и проверки отчетов о выбросах парниковых газов, формы отчета о выбросах парниковых газов, Правил создания и ведения реестра выбросов парниковых газов и о внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации» установлен порядок представления и проверки отчетов о выбросах парниковых газов, а также форма отчета. Отчеты представляются юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями в соответствии с Федеральным законом «Об ограничении выбросов парниковых газов» «в электронном виде в сети Интернет посредством заполнения формы отчета в реестре выбросов парниковых газов, подписываются электронной подписью и представляются в Министерство экономического развития России с использованием программно-аппаратных средств реестра» [19]. Определена периодичность представления отчета.

«Кроме того, утверждены Правила создания и ведения реестра выбросов парниковых газов. Порядок и форма отчета действуют 6 лет» [15].

«В 2022 году допустимый объем потребления в Российской Федерации веществ, включенных в список F перечня веществ, разрушающих озоновый слой, обращение которых подлежит госрегулированию, в чистом виде и смесях, составило 46292794 тонны эквивалента CO₂. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 19.04.2022 № 930-р «О допустимом объеме потребления в Российской Федерации веществ, включенных в список F перечня веществ, разрушающих озоновый слой, обращение которых подлежит государственному регулированию» [5]. Утверждены на 2022 год объем таких веществ, планируемый к ввозу в Россию юридическими лицами, обеспечивающими поставку указанных веществ для нужд производства фармацевтической продукции, для иных нужд, а также объем производства таких веществ в Российской Федерации предприятиями – производителями [9].

«Рассмотрен вопрос о предоставлении отчетности о произведенных, использованных, находящихся на хранении, рекуперированных, восстановленных, рециркулированных и уничтоженных озон разрушающих веществах. Письмо Минприроды России от 29.03.2022 № 20-47/10445 «О рассмотрении обращения». Сообщается, что указанную отчетность за 2021 год необходимо представлять в соответствии с Приложением 1 к Постановлению Правительства РФ от 24.03.2014 № 228 «О мерах государственного регулирования потребления и обращения веществ, разрушающих озоновый слой». Отчетность за 2022 год нужно было представлять в соответствии с Приложением № 1 к Постановлению Правительства РФ от 18.02.2022 № 206 «О мерах государственного регулирования потребления и обращения веществ, разрушающих озоновый слой», то есть без информации об использовании озон разрушающих веществ в действующем оборудовании» [11].

«1 сентября 2023 года вступило в силу постановление Правительства Российской Федерации от 08.02.2023 № 174 «О внесении изменений в Положение о предельно допустимых выбросах, временно разрешенных выбросах, предельно допустимых нормативах вредных физических воздействий на атмосферный воздух и разрешениях на выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух» [7]. Одним из основных изменений положений о выбросах является изменение порядка приема документов. В соответствии с «постановлением с 1 сентября 2023 года прием документов на получение разрешения на выбросы представляются в виде электронных документов посредством использования единого портала государственных услуг» [20].

С 24 июня 2023 года вступили в силу изменения в законодательстве, регулирующем охрану атмосферного воздуха. В соответствии с Федеральным законом от 13.06.2023 № 255-ФЗ «О внесении изменений в федеральный закон «Об охране атмосферного воздуха». Уточнены многие термины, добавлены новые требования и нормы производственного экологического контроля в области охраны атмосферного воздуха. В новой редакции изменены документы, «необходимые для разных категорий объектов негативного воздействия на окружающую среду, такие как разрешение на временные выбросы, комплексное экологическое разрешение и декларация о воздействии на окружающую среду в области охраны атмосферного воздуха. Утверждена методика количественного определения объемов выбросов парниковых газов и поглощений парниковых газов» [14]. Установлены требования и руководство по количественной оценке, мониторингу и составлению отчетной документации на проекты сокращения выбросов парниковых газов или увеличения их удаления на уровне проекта [2]. Выделены «гигиенические нормативы качества атмосферного воздуха и нормативы качества окружающей среды для атмосферного воздуха» [20].

«Отчет о выбросах теперь включает информацию о фактическом объеме или массе выбросов на объектах разных категорий объектов» [19].

Требования охраны атмосферного воздуха при градостроительной деятельности также обновлены [8].

Известными мировыми методиками по оценке выбросов парниковых газов являются Руководящие принципы МГЭИК 2006 г. А также Руководство ЕМЕП/CORINAIR по кадастрам выбросов. Руководящие принципы МГЭИК основываются главным образом на количественной оценке объемов выбросов парниковых газов Scope 1, таких как CO₂, CH₄, N₂O и др. Руководство ЕМЕП/CORINAIR, в свою очередь, на количественной оценке объемов выбросов парниковых газов Scope 2, а именно – CO, NO, SO₂ [33].

В зарубежной практике существует два ключевых подхода к учету выбросов парниковых газов: по производству и по потреблению [34, 36]. «Первый охватывает выбросы, осуществленные на территории определенного государства» [6]. «Этот подход напрямую связывает выбросы с производством товаров и услуг. Он не учитывает, потребляются ли блага (для производства которых осуществляются выбросы) внутри страны или экспортируются за ее пределы» [6]. «Второй подход основан на учете выбросов по потреблению» [6]. «В его рамках выбросы учитываются независимо от места производства товара и приписываются той стране, где этот товар потребляется» [6]. Таким образом, принимается во внимание возможность несовпадения географии производства и потребления товара и обеспечивается учет выбросов с поправкой на международную торговлю» [35].

«Исходя из определения этих двух подходов можно заключить, что они различаются тем, как учитываются выбросы в составе торгуемой продукции» [6]. «Выбросы по производству учитывают экспорт выбросов в составе готовой продукции (EEE), но не принимают во внимание импорт выбросов в составе готовой продукции (EEI). Выбросы по потреблению, в свою очередь, не учитывают EEE, однако включают в расчет EEI» [6]. «Таким образом, разница между выбросами по производству и потреблению равна чистому экспорту выбросов (NEET = EEE – EEI)» [6]. «Из этого следует, что

совокупные (глобальные) выбросы по производству равны совокупным выбросам по потреблению, однако распределение этих выбросов между странами различается» [6]. «И если одни страны имеют положительное сальдо экспорта выбросов, то другие – отрицательное» [6, 37].

«Поскольку основным фактором, отличающим два подхода к учету выбросов, является международная торговля, то изучение глобальных цепочек поставок и выбросов, осуществляемых на каждом этапе создания стоимости, имеет ключевое значение для их разграничения» [6]. В этих целях в научной литературе, а также работе международных организаций, таких как ОЭСР, уже давно используется анализ «затраты – выпуск» с ассоциированными экологическими счетами (environmentally extended input – output analysis, EE – IOA). Растущий интерес к этой теме со временем привел к появлению новых моделей на основе EE – IOA, таких как модели «затраты – выпуск» для одного региона (SRIO) и мультирегиональные модели «затраты – выпуск» (MRIO), а также баз данных, таких как Global Trade Analysis Project (GTAP), EXIOBASE, Eora или World Input – Output Database (WIOD), используемых для расчета выбросов, связанных с торговлей. Эти базы данных предоставляют информацию для оценки выбросов по производству и потреблению, экспорта и импорта выбросов в составе готовой продукции для зарубежных стран мира [6].

«Разница между учетом выбросов по производству и по потреблению привлекает внимание к проблеме утечки углерода и показывает роль международной торговли в перетоке выбросов между странами» [6]. «Например, как было отмечено выше, высокие выбросы по потреблению и относительно низкие выбросы по производству свидетельствуют о том, что страна импортирует товары и услуги с высоким углеродным следом» [6]. «Иными словами, выбросы, связанные с удовлетворением ее потребительского спроса, переносятся за рубеж» [6]. «Основываясь на чистом перетоке выбросов через международную торговлю, особенно из развивающихся стран в развитые, некоторые исследования утверждают, что

стабилизация уровня выбросов в развитых странах может быть частично обусловлена ростом их импорта из развивающихся» [6, 37].

1.2 Анализ мероприятий, направленных на снижение выбросов парниковых газов предприятия

Как указывалось выше, огромная доля выбросов приходится на деятельность промышленных предприятий, которые используют при производстве уголь, нефть и природный газ. Для их сокращения часть производителей переходит на возобновляемые энергетические ресурсы, такие, как солнечная, ветряная энергия, гидроэнергия [3].

При захоронении твердых отходов выделяется большое количество метана. Сокращения выбросов применяются различные методы, такие как улавливание и сжигание свалочного газа при помощи специальных установок, строительство новых высокотехнологичных полигонов, технологии переработки вторсырья.

Как «следует из данных Международного энергетического агентства (IEA), в черной металлургии два основных процесса производства. Около 70% стали выпускают по классической технологии. Сначала – получение агломерата из железорудного концентрата, производство кокса из каменного угля, потом – выплавка чугуна в доменных печах, а затем – получение стали в кислородно-конвертерном производстве. Еще примерно 22% стали производят в дуговых сталеплавильных печах, в основном из железного лома. «Это наилучшая доступная технология с точки зрения выбросов CO₂, – говорит директор по развитию активов, инвестициям и стратегии Объединенной металлургической компании (ОМК) Дмитрий Чернышев – «Для металлургов, использующих электродуговые печи, перспективы снижения выбросов парниковых газов – в росте энергоэффективности

приобретаемого электричества и (или) развитию собственной зеленой генерации» [3].

«Для сталелитейных компаний, использующих доменно-конвертерный способ, вызовы куда масштабнее: технологии сами по себе дают больше углеродного следа. Наилучшую результативность могло бы показать внедрение низко углеродных технологий, в том числе без коксовой металлургии. Но создание таких производств, а тем более замещение ими классических – это глобальные инвестиции в горизонте 10-15 лет» [18].

«Все крупные компании черной металлургии имеют свои программы по снижению углеродного следа и реализуют их», – говорит Чернышев. Сами по себе инвестиции металлургической отрасли в модернизацию и запуск современных мощностей, с начала XXI в. составившие около 3 трлн. руб., несут существенную экологическую составляющую. Примерно 12% инвестиций отрасли – вклад ОМК, это более 350 млрд. руб. Значительную часть производств мы создавали с нуля, поэтому воспользовались возможностью сразу внедрить технологии с минимальным влиянием на климат» [3].

«Главное направление снижения выбросов CO₂ в черной металлургии – переход с доменно-конвертерного на электросталеплавильный процесс с использованием прямо восстановленного железа, говорится и в докладе «Климатическая повестка России», подготовленном Центром стратегических разработок совместно с Аналитическим центром ТЭК Российского энергетического агентства Минэнерго и Ситуационным центром. Следующий этап – переход на водородную металлургию, в которой водород будет основным восстановителем железа из оксидного железорудного сырья» [18].

«Пока в промышленности нет широко освоенных технологий, которые позволили бы использовать водород в производстве стали. Но у европейских и восточноазиатских металлургических производителей самые амбициозные цели по сокращению выбросов, отмечают эксперты некоммерческой

организации CDP, которая оценивает деятельность компаний в области воздействия на окружающую среду. Например, сталелитейный концерн Arcelor Mittal объявил в 2021 г. о строительстве в Испании завода по производству железа прямого восстановления с нулевым содержанием углерода во всем производственном процессе. Для восстановления железной руды будет использоваться зеленый водород (зеленый – значит получаемый в результате электролиза воды с помощью электроэнергии, вырабатываемой низкоуглеродными источниками энергии)» [22].

В статье Брылкиной А.В. о «регулировании развития низкоуглеродной экономики в строительстве и в жилищно-коммунальном хозяйстве рассматриваются вопросы развития низкоуглеродной экономики в строительстве и жилищно-коммунальном хозяйстве. Актуальность темы связана с реализацией основных положений Стратегии социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года. Цель исследования – развитие методов низкоуглеродной экономики путем стимулирования экономии энергии при строительстве и эксплуатации зданий, применения инновационных конструкций и материалов за счет торговли квотами на выбросы парниковых газов, введения климатического налогообложения, создания климатических фондов и поддержки энергосберегающих проектов. Автором предложен проект низкоуглеродного развития экономики на основе повышения энергоэффективности эксплуатации зданий и сооружений. В качестве критерия реализации таких проектов рассматривается экологически скорректированный чистый дисконтированный доход с учетом экономии топливно-энергетических ресурсов и снижения выбросов парниковых газов. Разработан норматив пересчета сэкономленной энергии за счет применения энергоэффективных строительных материалов при использовании зданий и снижения выбросов CO₂. Выполнен расчет энергоэффективности жилья на примере территорий промышленных зон города Москвы, который показал снижение порядка 2,6 тонн CO₂ на 1000 м² жилья» [1]. «Предложены

экономические инструменты регулирования климатических проектов, включая льготное налогообложение энергоэффективных зданий, субсидирование процентных ставок при кредитовании мероприятий в сфере энерго- и ресурсосбережения» [1].

В статье Филимоновой А.А. представлен обзор зарубежных и отечественных технологий декарбонизации тепловой и электрической энергии. За рубежом данные технологии развиваются более прогрессивно. Технологическим лидером по сокращению выбросов углекислого газа являются США.

Наиболее перспективное решение в данном направлении – использование кислородно-топливных энергетических установок нового поколения, среди которых реализуется Allam Cycle, а также циклы SCOC-CC, E-MATIANT, NET Powercycle, Grazcycles, CES cycle. «Существуют технологии CCUS, которые включают методики по улавливанию углекислого газа, его транспортировке на судне или по трубопроводу, использованию в качестве ресурса для создания ценных продуктов, а также захоронению глубоко под землей в геологических формациях» [31].

Из 27 реализуемых в мире проектов CCUS 78 % связаны с методами увеличения нефтеотдачи, а 67 % – проекты с прямым государственным участием или стимулированием. «Перспективным направлением по снижению выбросов углекислого газа является использование топливных элементов. Компания Fuel Cell Energy (США) выступает практически монополистом по крупносерийному производству расплав-карбонатных топливных элементов. Их активные разработки идут в Японии, Южной Корее, США» [32].

«На территории Российской Федерации технологии декарбонизации с полным выводом углекислого газа, к сожалению, не реализованы. Политика декарбонизации осуществляется лишь с помощью внедрения процессов улавливания углекислого газа различными материалами» [20].

«Следующая интересная статья Филимоновой А.А. представлена на

тему интеграции высокотемпературного топливного элемента с системой улавливания углекислого газа в энергетический цикл тепловой электрической станции» [20].

«Топливный элемент на расплавленных карбонатах позволяет улавливать, сепарировать и концентрировать углекислый газ во время перехода его через расплав карбонатов от катодной стороны к анодной, одновременно генерируя электричество и теплоту. В статье представлены технология и технологическая схема системы улавливания CO_2 из дымовых газов тепловой электрической станции в высокотемпературном топливном элементе на расплавленных карбонатах с последующей конверсией и утилизацией газообразных горючих продуктов в энергетическом цикле тепловой электрической станции» [19].

«Топливный элемент работает на природном газе с внутренним риформингом. После топливного элемента выходящий с анода газ направляется в блок конверсии, где в реакции с углеродом при высоких температурах образуются горючие газы, пригодные для повторного сжигания в турбине. Для энергетических установок, системы улавливания и конверсии углекислого газа проводились термодинамические, технико-экономические расчеты. Коэффициент полезного действия высокотемпературного топливного элемента 42 %. В базовом сценарии, чистая энергоэффективность станции 61 % при степени улавливания CO_2 80-85 %» [19].

«Возврат топливных газов после конверсии CO_2 с учетом их теплотворной способности, позволяет дополнительно увеличить электрическую мощность тепловой электрической станции до 20 %. При удельной стоимости топливного элемента 1300 евро/кВт и цене на природный газ 0,04 евро/кВт полная стоимость электроэнергии установки составляет 0,074 евро/кВт. Результаты показывают, что предложенная система привлекательна для производства электроэнергии на природном газе с улавливанием углекислого газа» [19].

Статья Корминой Л.А. посвящена научному исследованию на тему

абсорбционной очистка газов производственных котельных для снижения антропогенной нагрузки на атмосферу [5].

«Снижение воздействия выбросов загрязняющих веществ, в т.ч. диоксида углерода, образующегося при сжигании ископаемого топлива, может быть осуществлено при применении технологий улавливания, утилизации и захоронения. Поглощение CO_2 после сжигания используется в основном на действующих котлоагрегатах – источниках выбросов, где для хемосорбции углекислого газа применяются различные растворители-абсорбенты» [5].

«Показана актуальность решения вопроса улавливания диоксида углерода из продуктов сгорания природного газа производственных котельных. Предложен метод улавливания диоксида углерода химической абсорбцией с использованием растворов метилдиэтанолamina (МДЭА) на примере производственной котельной АО «Алтайвагон» [5].

«Дымовые» газы, содержащие CO_2 , поступают на очистку в углекислотный цех предприятия с последующей утилизацией углекислого газа, который используется на АО «Алтайвагон» для производства сварочных работ» [5]. «Предложенный хемо сорбент МДЭА отечественного производства по сравнению с используемым в настоящее время на предприятии импортным аналогом обладает определенными преимуществами, что позволит снизить циркуляцию раствора абсорбента, более полно использовать хемо сорбент, уменьшить энергозатраты, ввиду низкой коррозионной активности используемого абсорбента и отсутствия смолообразования снизятся затраты на обслуживание и ремонт оборудования» [5]. «За счет применения отечественного МДЭА взамен импортных аналогов, а также за счет более длительного срока работы абсорбента без снижения его характеристик и добавления свежего абсорбента в процессе эксплуатации произойдет значительная экономия средств на закупку абсорбента» [5]. «Улавливание выбросов загрязняющих веществ из дымовых газов позволит решить вопросы как ресурсосбережения,

так и уменьшения антропогенной нагрузки на окружающую среду. Кроме того, улавливание диоксида углерода будет способствовать достижению углеродной нейтральности предприятия» [5].

Далее, приведу краткий обзор статьи на тему – Очистка газовых выбросов от CO_2 в среде трифторуксусной кислоты при добыче нефти и газа.

«Актуальность проблемы выбросов в атмосферу диоксида углерода в настоящее время не подвергается сомнению. Крупными источниками выбросов в атмосферу диоксида углерода являются объекты горной и нефтегазовой промышленности. Одной из особенностей диоксида углерода является его химически устойчивая молекула, которая может сохраняться в неизменном виде в атмосфере длительное время. Наиболее рациональным решением утилизации диоксида углерода из продуктов горения углеводородов является его поглощение с получением новых продуктов, которые могут найти применение в химической промышленности» [4].

«Основными недостатками существующих на сегодняшний день способов удаления диоксида углерода являются невысокая конверсия очищаемых газов, высокая стоимость проведения процесса, а также реализуемость процесса при больших количествах очищаемых газов в отходящих» [4].

«Цель: определение оптимальных параметров каталитического улавливания CO_2 из отходящих газов горной и нефтегазовой промышленности в растворах. Объекты: диоксид углерода, растворы трифторуксусной кислоты различной концентраций, концентрированная трифторуксусная кислота» [4].

«Методы. Очистка продуктов горения углеводородов от CO_2 проводилась путем пропускания его через раствор трифторуксусной кислоты, отработанная кислота регенерировалась кислородом воздуха. Исследовались абсорбционные способности растворов трифторуксусной кислоты в зависимости от концентраций растворов и значения pH. Абсорбцию CO_2 в растворах трифторуксусной кислоты определяли при

стандартных условиях. Не поглотившийся CO_2 абсорбировали раствором щелочи, кислотность которого постоянно фиксировали потенциометром. Количество абсорбированного диоксида углерода определяли потенциометрическим титрованием содержимого ловушки. Результаты. Показано, что каталитическая очистка дымовых газов от CO_2 при использовании растворов трифторуксусной кислоты протекает при стандартных условиях с полным улавливанием диоксида углерода» [4]. В данной статье «рассматриваются современные сведения об инвентаризации парниковых газов и путях их снижения на крупнейших предприятиях Архангельской области. Проводимая работа по учету объемов выбросов парниковых газов в секторе «энергетика» позволила определить основные возможности сокращения выбросов, которые связаны, главным образом, с использованием биомассы и других возобновляемых источников энергии; применением природного газа вместо угля и мазута; повышением эффективности производства, передачи и потребления энергии, развитием распределенной энергетики» [4].

«Региональная инвентаризация антропогенных выбросов парниковых газов на территории Архангельской области проводится с максимально доступной детализацией по категориям источников в соответствии с общим форматом данных, на основе методик, разработанных Международной группой экспертов по изменению климата, а также Минприроды России. Энергетика является ключевым поставщиком парниковых газов в атмосферу» [4].

«Основные суммарные выбросы в этом секторе по Архангельской области составляют 87,3% общих выбросов парниковых газов в целом по области, при этом 81,2% приходится на CO_2 от сжигания ископаемого топлива (включая стационарные объекты и транспортные средства), а 4,7% на фугитивные утечки метана при транспортировке и распределении природного газа» [23].

«Вторым по важности является сектор «Отходы», который дает 9,9%

парниковых выбросов в Архангельской области. В основном, это выбросы метана с мест захоронения отходов. Все предприятия планируют сокращение выбросов парниковых газов к 2028 году за счет реконструкции котельных, перевода их на газовое топливо и др. Из расчетов ожидаемое общее сокращение объемов выбросов парниковых газов в 2028 году (на примере АО «ЦС» Звездочка») составит 40412 т CO₂-эквивалента» [23].

Вывод по разделу.

В разделе определено, что, огромная доля выбросов приходится на деятельность промышленных предприятий, которые используют при производстве уголь, нефть и природный газ. Для их сокращения часть производителей переходит на возобновляемые энергетические ресурсы, такие, как солнечная, ветряная энергия, гидроэнергия.

При захоронении твердых отходов выделяется большое количество метана. Сокращения выбросов применяются различные методы, такие как улавливание и сжигание свалочного газа при помощи специальных установок, строительство новых высокотехнологичных полигонов, технологии переработки вторсырья.

В анализируемой статье Филимоновой А.А. рассмотрен обзор зарубежных и отечественных технологий декарбонизации тепловой и электрической энергии. За рубежом данные технологии развиваются более прогрессивно. Технологическим лидером по сокращению выбросов углекислого газа являются США.

Наиболее перспективное решение в данном направлении – использование кислородно-топливных энергетических установок нового поколения, среди которых реализуется Allam Cycle, а также циклы SCOC-CC, E-MATIANT, NET Powercycle, Grazcycles, CES cycle.

Из 27 реализуемых в мире проектов CCUS 78 % связаны с методами увеличения нефтеотдачи, а 67 % – проекты с прямым государственным участием или стимулированием.

2 Теоретическое обоснование методов оценки выбросов парниковых газов предприятия

2.1 Методы оценки выбросов парниковых газов от передвижных источников выбросов и объектов предприятия

Учитывая, что выбросы тесно связаны с потреблением энергии, использованием сырья и утилизацией отходов, сосредоточение внимания на управлении углеродом и его сокращении дает существенные возможности. Такой подход не только помогает сократить выбросы, но и одновременно сокращает эксплуатационные расходы.

В этом контексте многочисленные исследования подчеркивают значимость бережливого производства как ключевого компонента повышения экологической эффективности (Castellano D. в 2018 году; Axelson в 2021 году [23]). Бережливое производство – это широко признанный подход, используемый производственными предприятиями для достижения оптимальной производительности и качества. Он охватывает ряд стандартизированных инструментов и методов, которые последовательно применяются для выявления выбросов и отходов. В последние годы растет число исследований, сосредоточенных на количественных подходах в отношении как бережливого производства, так и устойчивости. Например, диаграмма «ценность-нагрузка» была предложена Танки и Таккаром в 2016 году для оценки технологических операций и воздействия на окружающую среду производственных систем. Феркок в 2016 году провел количественный анализ внедрения принципов бережливости и экологичности с особым акцентом на внедрение методов сокращения отходов в производственных операциях. Кроме того, Лим в 2022 году представил инновационную методологию для внедрения практик экологичности в принципы экономики. Последнее исследование подчеркивает эффективность интеграции стратегий экономики в оптимизацию производственных операций [25].

В этой работе рассмотрим новый метод Lean, названный Greenhouse gas Emissions Deployment (GED) в переводе звучит как «Распределение выбросов парниковых газов».

Метод GED следует пятишаговой процедуре, и каждый шаг может сопровождаться специальной матрицей:

- определение выбросов парниковых газов за счет потерь;
- классификация на причинные и косвенные потери;
- количественная оценка выбросов, связанных с Потерями;
- определение и оценка действий по улучшению;
- выбор лучших проектов по улучшению благодаря анализу затрат и выгод [26].

Рассмотрев большое количество исследований, Левандовски и Ульрих в 2023 году классифицировали меры в соответствии с частотой их внедрения и эффективным смягчением последствий. В своем обзоре они пришли к выводам, что энергоэффективность и эффективность процессов были наиболее часто применяемой мерой. Однако они не предоставляют конкретных инструментов для достижения этой цели. В поисках стратегий для сталелитейного сектора Аксельсон в 2021 году проанализировал исследования по промышленной декарбонизации. Он обнаружили, что повышение эффективности процессов и снижение требований к первичным материалам (заготовкам, сырью) играют значительную роль в сокращении выбросов углерода. Кроме того, по результатам исследования Вэя в 2022 году, определено, что повышение эффективности процессов играет решающую роль в снижении выбросов углерода. Он подчеркнул необходимость стандартизированного планирования, организации, прогресса и технического управления вместе с инструментами управления рисками для сокращения выбросов парниковых газов. Корчак в 2022 году исследовал, какие меры декарбонизации были применены в секторе металлических полезных ископаемых. Он обнаружил, что улавливание, использование и хранение углерода (CCUS) считаются наиболее перспективными мерами

декарбонизации для промышленности. К сожалению, он указал, что для полномасштабной реализации необходимы дополнительные исследования [27].

Управление углеродом – это один из подходов, который решает проблему выбросов парниковых газов промышленными компаниями. Он охватывает разнообразный набор тактик, которые позволяют компаниям сократить свои задокументированные выбросы CO₂.

Бережливое производство предлагает набор инструментов, направленных на смягчение воздействия промышленных операций на окружающую среду. Введена метрика бережливого производства, специально разработанная для оценки влияния внедрения бережливого производства – на выбросы углерода. Эта метрика направлена на установление четкой связи между производственной деятельностью и связанным с ней углеродным следом. Придерживаясь принципов бережливого производства, авторы исследований разделили виды деятельности на две отдельные группы в зависимости от их вклада в выбросы углерода конечного продукта. Виды деятельности, добавляющие ценность, такие как физическая трансформация, были связаны с углеродом с добавленной стоимостью, тогда как те, которые не добавляли ценности, такие как транспортировка, были связаны с углеродом без добавленной стоимости. Цель состоит в том, чтобы продемонстрировать положительные экологические результаты, полученные в результате внедрения бережливых методов производства [28].

Хотя метрика Carbon-Value Efficiency является надежным инструментом для интеграции бережливых и экологических инициатив, она не в состоянии точно определить и устранить промышленную неэффективность, «приводящую к выбросам парниковых газов. Более того, ее опора на традиционную классификацию потерь может быть не эффективной» [29].

«Фолкнер и Бадурдин в 2014 году новаторски применили картирование потока создания ценности (VSM) для оценки воздействия на окружающую

среду» [29] и общество в промышленных условиях. Они представили методологию под названием Sustainable VSM, которая интегрирует экологические и социальные показатели в традиционную структуру анализа. Однако, учитывая его основу в VSM, этот подход имеет неотъемлемые ограничения, такие как сложность точного представления сложных процессов и невозможность всесторонне охватить взаимодействия между несколькими потоками создания ценности. Кроме того, Sustainable VSM не обеспечивает специализированную систему классификации потерь, направленную на эффективное сокращение выбросов парниковых газов, что имеет решающее значение для достижения целей устойчивого развития [29].

Доминго и Агуадо в 2015 году представили инновационную метрику бережливого производства, известную как Общая эффективность экологического оборудования (ОЕЕЕ), которая объединяет принципы общей эффективности оборудования (ОЕЕ) с соображениями устойчивости. Дополняя традиционные параметры использования оборудования (доступность, качество и производительность) фактором устойчивости, они стремились оценить воздействие на окружающую среду, связанное с промышленными продуктами. Эта метрика служит ценным инструментом для оценки производительности, а также принимает во внимание экологические факторы. Однако она придерживается традиционной структуры потерь ОЕЕ, потенциально упуская из виду конкретные возможности для улучшения, адаптированные к целям экологической устойчивости [32].

MCD является одним из основополагающих принципов производства мирового класса. Его применение в условиях серийного производства может дать ряд преимуществ, включая немедленную визуализацию неэффективности там, где она возникает, и выбор наиболее подходящих решений с экономической и количественной точки зрения.

Благодаря вышеупомянутым преимуществам данный подход нашел применение и в других производственных условиях, помимо автомобильной

промышленности, где он изначально был разработан. Бертолини в 2022 году представил метод распределения времени проекта для выявления критических потерь в проекте «Инжиниринг на заказ» (ЕТО). Брэйглиа в 2019 году исследовал специализированный инструмент, созданный на основе подхода MCD, для устранения неэффективности задач ручной сборки в проектах ЕТО. Брэйглиа [30] в 2020 году создал Energy Cost Deployment (ECD), модифицировав MCD с помощью подхода «энергетической диагностики» для обнаружения потерь энергии в производственном процессе. Однако ECD может только оценивать потери энергии и не «учитывает выбросы парниковых газов, связанные с энергией. Другая интересная адаптация MCD касается материальных потерь в производственном процессе Браглиа в 2021 году» [31].

«Как и в случае с ECD, это касается только потребления материалов и не обеспечивает выбросы парниковых газов, связанные» [31] с материалами. Хотя комбинированное применение этих двух методов может привести к сокращению выбросов, важно отметить, что остается несколько проблем. Во-первых, необходимо новое и конкретное разложение промышленных потерь, чтобы правильно определить, какие и где происходят потери. Фактически, реализация мер по сокращению потребления материалов может привести к увеличению потребления энергии и наоборот. Наконец, существует нехватка способов количественной оценки экономических потерь из-за выбросов парниковых газов. В свете этих соображений мы приходим к выводу, что новая адаптация MCD с точки зрения парниковых газов представляет собой важную возможность одновременно сократить выбросы и сэкономить затраты.

В то время как методологии бережливого производства широко использовались для улучшения экологических показателей промышленных процессов, остается заметный пробел в исследованиях в разработке индивидуального подхода к бережливому производству, специально

направленного на выявление и устранение промышленных потерь, ответственных за выбросы парниковых газов.

«Существующие методы бережливого производства в первую очередь сосредоточены на повышении общей операционной эффективности и сокращении отходов, но в настоящее время отсутствует специальная структура, предназначенная для выявления и смягчения потерь, связанных с выбросами парниковых газов. MCD был широко разработан в различных контекстах для решения различных задач, демонстрируя свою работоспособность и эффективность. Насколько нам известно, никаких корректировок и изменений в принципах метода MCD в отношении оценки выбросов парниковых газов» [29] от промышленных потерь и их смягчения не вносилось.

На основе этих соображений мы рассматриваем новый метод бережливого производства под названием GED, который специально разработан для решения экологических проблем и проблемы изменения климата накладывает на производственные системы. GED позволяет предприятиям систематически определять промышленные потери, которые «вызывают выбросы парниковых газов, и устранять их наиболее эффективным и экологически устойчивым способом. Наиболее яркой особенностью, которая отличает этот метод, является его способность экономически оценивать все выбросы, относимые прямо и косвенно к предприятию, также учитывая выбросы Scope 3 (косвенные выбросы парниковых газов, которые образуются в цепочке создания продукта). Оценка выбросов Scope 3 позволяет предприятиям выделить наиболее существенные перспективы сокращения выбросов парниковых газов» [29]. В результате это дает им возможность принимать более экологически сознательные решения относительно своей деятельности и закупок, производства и продажи продукции.

GED – это новый метод бережливого производства, основанный на структуре MCD, но специально ориентированный на снижение выбросов

парниковых газов. В более общем плане, как и другие инструменты бережливого производства и традиционные методы, он выявляет и устраняет действия, не добавляющие ценности, которые в соответствии с принципами бережливого производства называются Muda. Это относится к любой деятельности, которая потребляет ресурсы, но не добавляет ценности для клиента. Традиционно выделяют семь типов Muda:

- перепроизводство;
- хранение;
- транспортировка;
- избыточная обработка;
- инвентаризация;
- ненужные перемещения и дефекты.

Конечной целью бережливого производства является устранение таких действий, которые напрямую не способствуют тому, что потребитель считает ценным в конечном продукте. Поступая так, предприятие может достичь большей эффективности, сократить затраты и улучшить общий поток производства.

Примерами инструментов бережливого производства, которые обычно внедряются первыми, являются OEE и VSM. OEE – это ключевая метрика бережливого производства, используемая для понимания, измерения и улучшения текущей производительности.

Первоначально она была разработана для оценки использования машин с точки зрения технического обслуживания. Позднее ее логическая структура была расширена для измерения эффективности труда, материалов, энергии и использование пространства. VSM – это комплексный инструмент анализа и визуализации, используемый для иллюстрации основных процессов и их операций, а также времени выполнения заказов, буферов и информационных потоков. VSM обеспечивает четкое различие между деятельностью, добавляющей и не добавляющей ценность, в единицах времени. Как и в

случае с OEE, VSM был расширен для оценки воздействия на окружающую среду и социального благополучия и аспектов энергоэффективности.

Сила GED заключается в двух ее ключевых особенностях: структурированном, пошаговом подходе и новой системе классификации промышленных потерь. Эта комбинация идеально соответствует основному принципу «Бережливое производство» по устранению отходов, обеспечивая целенаправленное устранение потерь, которые напрямую генерируют выбросы парниковых газов.

Выбросы категории 1 возникают непосредственно в результате деятельности и активов, находящихся в собственности и под контролем компании. Проще говоря, эти выбросы возникают в результате деятельности внутри фирмы и выбрасываются непосредственно в атмосферу. Выбросы категории 1 можно разделить на четыре основные группы:

- стационарное сжигание: эта категория охватывает все «выбросы парниковых газов, образующиеся при сжигании ископаемого топлива. Топливо, рассматриваемое в этой категории, включает нефть, бензин, природный газ, сжиженный нефтяной газ и пропан» [29]. Эти выбросы часто связаны с источниками отопления и стационарным оборудованием;
- мобильное сжигание: мобильное сжигание относится к выбросам парниковых газов, образующимся при сжигании небиотопливных видов топлива в транспортных средствах, принадлежащих организации или взятых ею в аренду. Сюда входят выбросы от бензиновых и дизельных автомобилей, грузовиков и фургонов. Полностью электрические транспортные средства и подключаемые гибриды относятся к категории выбросов Score 2, которые считаются косвенными выбросами;
- неконтролируемые выбросы: неконтролируемые выбросы относятся к непреднамеренным утечкам парниковых газов, часто связанным с таким оборудованием, как холодильные установки и кондиционеры.

Эти выбросы возникают в результате утечки парниковых газов во время их хранения или использования;

- технологические выбросы: технологические выбросы происходят во время промышленных – процессов и производственной деятельности на месте. Примерами являются выбросы CO₂ при металлообработке, выбросы от технологических операций и выбросы химических веществ в ходе различных промышленных процессов.

«Понимание и управление выбросами категории 1 имеет важное значение для компаний, стремящихся измерять и смягчать свое воздействие на окружающую среду, а также содействовать устойчивому развитию» [29].

«Выбросы категории 2 косвенно возникают в результате производства энергии, купленной у внешнего поставщика. Проще говоря, эти выбросы охватывают все выбросы парниковых газов» [28], выбрасываемые в атмосферу в результате использования приобретенных источников электроэнергии, пара, тепла и охлаждения. Для большинства организаций потребление электроэнергии является основным и часто единственным источником выбросов категории 2.

Выбросы категории 3 охватывают все остальные – прямые выбросы, за исключением тех, которые включены в категорию 2, которые связаны с деятельностью по всей цепочке создания стоимости отчитывающейся компании. Это включает выбросы как на начальном, так и на нисходящем этапе процесса производства и потребления. По сути, выбросы категории 3 связаны с деятельностью, осуществляемой компанией, но происходят за пределами ее непосредственного контроля или владения. В частности, выбросы категории 3 включают энергию, потребляемую коммунальными службами во время передачи и распределения – электроэнергии, и распространяются на различные другие косвенные выбросы, связанные с деловой деятельностью компании. Эти выбросы могут быть вызваны

широким спектром источников, включая поставщиков, транспортировку, управление отходами и другие компоненты цепочки поставок.

Важно отметить, что некоторые виды потерь могут генерировать выбросы, которые могут соответствовать нескольким сферам в зависимости от конкретного анализируемого случая, например, передача с низкой номинальной производительностью и ошибки в планировании производства

Передачи с низкой номинальной производительностью могут работать за счет прямого потребления ископаемого топлива (область 1) или покупной электроэнергии (область 2).

В качестве альтернативы ошибки в планировании производства могут включать потребление энергии (область 1 или 2) и/или потребление материалов (область 3).

Для оценки производительности промышленного предприятия с точки зрения экологии необходимо определить четко определенную пространственную и временную область. Определение пространственной области имеет основополагающее значение для классификации выбросов. Например, установление пространственной области, совпадающей с физическими границами предприятия, означает подсчет всех выбросов, связанных с ресурсами компании, которые являются внешними по отношению к заводу, но внутренними по отношению к предприятию, как косвенных, в то время как физическая область, совпадающая с территорией предприятия, означает рассмотрение их как прямых.

GED – это операционный метод, который фокусируется на выявлении и оценке потерь, связанных с выбросами ПГ, и поддержке принятия решений для внедрения мер по снижению выбросов ПГ в пределах границ предприятия.

GED также проясняет функциональные области, отклонения и потери, которые проиллюстрированы в А-матрице (представлена в Приложении А).

Функциональная область может привести к другим потерям в той же области или в другом месте. Например, неправильная настройка параметра

процесса (причинная Потеря) может генерировать выбросы в одном месте, а затем влиять на другой процесс, который в результате производит детали, которые необходимо перерабатывать (результатирующая Потеря), добавляя дополнительные выбросы. В этом случае Потеря определяется как результирующая, если она вызвана одной или несколькими Потерями, в противном случае она является причинной. В-матрица представлена в Приложении Б.

Для эффективного плана по сокращению выбросов компании не должны упускать из виду причинно-следственную связь. Фактически, чтобы быть эффективными в соответствии с бережливым мышлением, программа сокращения потерь должна решать проблемы причинных потерь. Действия по результирующим Потерям также являются вариантом, но это будет временное решение, которое смягчит выбросы локально и на ограниченный период. Единственный способ навсегда устранить результирующие потери – это напрямую решать основные причинные потери.

Важно подчеркнуть, что результирующая Потеря, вытекающая из причинной потери в определенной функциональной области, может спровоцировать другую потерю либо в той же области, либо в других областях. Например, утечка пара из-за плохо закрепленного фланца может привести к намоканию теплоизоляции на соседнем трубопроводе, что приведет к снижению температуры технологической жидкости. Следовательно, это может привести к производству нестандартной продукции. Эта цепочка потерь, в свою очередь, способствует выбросам из-за повышенного потребления энергии для производства пара, замены изоляции и производства несоответствующей продукции (включая все три области). Анализ таких цепочек потерь требует расследования первопричины и учета всех связанных выбросов, как и в более простых случаях.

После того, как А-Матрица определила потери и соответствующие им функциональные области на заводе, В-Матрица назначает причинные потери и их позиции в строках. Столбцы, с другой стороны, показывают

результатирующие потери и их соответствующие местоположения. Важно подчеркнуть причинно-следственную связь, поскольку, определяя потери, компания затем может эффективно управлять теми, чьи эффекты существуют в нескольких функциональных областях. Непустая ячейка указывает, какая результирующая Потеря происходит от какой причинной потери и конкретные функциональные области, в которых они происходят. Необходимо обратить внимание, что одна причинная потеря может быть связана с несколькими результирующими потерями, и что результирующая Потеря в данном месте может быть причинной потерей в другом месте, и, следовательно, эта потеря может появляться как в строках, так и в столбцах.

Используя матрицы А и В, можно визуализировать, какие именно потери и где они происходят, тем самым подчеркивая причинно-следственную связь.

Следующий шаг состоит в количественной оценке выбросов всей цепочки результирующих причинных потерь. С-матрица преобразует потери в соответствующее количество выбросов парниковых газов (представлена в Приложении В).

Каждая категория источников выбросов парниковых газов включает сходные производственно-технологические процессы, приводящие к возникновению выбросов парниковых газов в атмосферу, осуществляемые в границах количественного определения.

Чтобы продемонстрировать его функциональность и эффективность, мы применили метод GED к компании, занимающейся производством фанеры. За последние 20 лет компания развила свою конкурентоспособность, сосредоточившись именно на производстве и качестве продукции и экологической осведомленности, получив сертификаты, которые гарантируют, что леса управляются правильно и ответственно в соответствии со строгими экологическими, социальными и экономическими стандартами, и что выбросы ее продукции все больше контролируются и сокращаются. Осознавая, что законодательство о выбросах парниковых газов становится

все более строгим и что большие выгоды можно получить от улучшения управления энергией, материалами и отходами, компания решила повысить свои экологические обязательства, внедрив программу сокращения выбросов. Компания собирала и классифицировала потери выбросов на производственном предприятии в течение примерно одного года, следуя схеме, представленной в данном исследовании.

Объектом исследования магистерской диссертации является металлодеревообрабатывающее предприятие ООО «ИНРоЛ-СТС».

Расчет выбросов парниковых газов:

- метод расчета на основе данных о деятельности и коэффициентов выбросов;
- метод расчета на основе материально-сырьевого баланса;
- метод расчета на основе периодических измерений выбросов парниковых газов;
- метод непрерывного мониторинга выбросов парниковых газов.

В качестве источников данных для количественной оценки выбросов парниковых газов в части данных о деятельности и физико-химических свойств материальных потоков используется документированная информация, сбор и консолидация которой осуществляется в рамках системы производственного контроля. Такими источниками являются:

- журналы производственного контроля;
- производственно-технические отчеты;
- договора и акты поставки топлива, сырья и материалов;
- сертификаты топлива;
- результаты регулярных лабораторных тестов;
- формы статистической отчетности;
- технологические регламенты.

Зона химического загрязнения атмосферного воздуха определяется с использованием критериев, а именно:

- 1,0 ПДК для территорий, прилегающих к земельным участкам,

используемым для жилой застройки;

- 0,8 ПДК для территорий с повышенными требованиями к качеству атмосферного воздуха.

Зона влияния выбросов определяется для каждого конкретного загрязняющего вещества как территория, ограниченная замкнутой линией, вне которой величина приземной концентрации составляет менее 0,05 ПДК.

При оценке загрязнения атмосферы группами суммации веществ с однонаправленным вредным воздействием не рассматриваются группы, в состав которых входит как минимум одно вещество, не создающее за границей промплощадки приземных концентраций выше 0,1 ПДК.

Источниками загрязнения атмосферы в период проведения работ являются технологические процессы, связанные с работой двигателей техники, перемещением материалов, работа электросварки.

Контроль за промышленными выбросами в атмосферу осуществляется испытательная лаборатория предприятия по графикам аналитического контроля.

Результаты контроля состояния атмосферного воздуха подлежат сравнению с критериями.

Контроль качества атмосферного воздуха проводится в период максимальной загруженности площадки строительства 1 раз в период реконструкции на границе СЗЗ.

Загрязняющие вещества образуются при сжигании топлива двигателями внутреннего сгорания транспорта.

Расчет выбросов загрязняющих веществ, выделяющихся при работе ДВС, выполнен в соответствии с «Методикой проведения инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферу для автотранспортных предприятий (расчетным методом)» М., 1998 г.

Загрязняющими веществами, выбрасываемыми в атмосферу в результате работы двигателей внутреннего сгорания автомобилей, являются:

- азота диоксид (Двуокись азота; пероксид азота);

- азот (II) оксид (Азот монооксид);
- углерод (Пигмент черный);
- сера диоксид;
- углерода оксид (углерод диоксид; угарный газ);
- керосин (керосин прямой перегонки; керосин дезодорированный).

Источник В-03 ДВС легковых ТС на открытой стоянке.

Стоянка легковых ТС осуществляется на открытой площадке.

Ежедневно на площадке размещается: Mitsubishi L-200 (д); Hyundai H-1 (д).

ИЗАВ №6007 Внутренний проезд 1.

Источником выделения загрязняющих веществ являются двигатели легковых ТС в период движения по внутриплощадочной дороге. Ежедневно проезд осуществляет Mitsubishi L-200 и Hyundai H-1.

Протяженность внутреннего проезда составляет – 0,055 км каждый. Среднее время выезда – 10 мин.

Загрязняющие вещества образуются в процессе работы двигателей внутреннего сгорания автотранспорта и поступают в атмосферный воздух с открытой площадки.

Расчет выделения загрязняющих веществ в атмосферный воздух выполнен в соответствии с «Методикой проведения инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферу автотранспортных предприятий (расчётным методом)», Москва, 1998.

Загрязняющими веществами, выбрасываемыми в атмосферу в результате работы двигателей внутреннего сгорания автомобилей, являются: Азота диоксид (Азот (IV) оксид), Азот (II) оксид (Азота оксид), Углерод (Сажа), Сера диоксид (Ангидрид сернистый), Углерод оксид, Керосин.

ИЗАВ №6008 Внутренний проезд 2.

Источником выделения загрязняющих веществ являются двигатели спец. техники в период движения по внутриплощадочной дороге. Ежедневно проезд осуществляет:

- Камаз 65117 бортовой;
- Урал 661842 АТЗ;
- Камаз УЗСТ 483В-05;
- КДМ Камаз 6515;
- ТКХ 14 Урал;
- Mercedes-Benz Actros;
- Коматсу HD;
- Уаз санитарный.

Протяженность внутреннего проезда составляет – 5,6 км каждый.
Среднее время выезда – 20 мин.

Загрязняющие вещества образуются в процессе работы двигателей внутреннего сгорания автотранспорта и поступают в атмосферный воздух с открытой площадки.

Загрязняющими веществами, выбрасываемыми в атмосферу в результате работы двигателей внутреннего сгорания автомобилей, являются: Азота диоксид (Азот (IV) оксид), Азот (II) оксид (Азота оксид), Углерод (Сажа), Сера диоксид (Ангидрид сернистый), Углерод оксид, Керосин.

На сварочном участке осуществляется: сварка электродами МР-3. Количество постов – 8. Ручная дуговая сварка сталей штучными электродами Марка материала: МР-3, масса расходуемых электродов за час, кг: 2.5. Фактическая продолжительность сварочных работ в течение года составляет 730 ч. Работы осуществляются в закрытом помещении. Загрязняющие вещества образуются при механической обработке материалов.

Сварка электродами УОНИ 13/55. Ручная дуговая сварка сталей штучными электродами Марка материала: УОНИ-13/45, масса расходуемых электродов за час, кг: 2.8. Фактическая продолжительность сварочных работ в течение года составляет 730 ч.

Инверторный сварочный аппарат РЕСАНТА САИ-250. Количество постов – 1.

Ручная дуговая сварка сталей штучными электродами Марка материала: МР-3, масса расходуемых электродов за час, кг: 2.5. Фактическая продолжительность сварочных работ в течение года составляет 730 ч.

Газовая сварка. Количество постов – 1.

Газовая сварка сталей с использованием пропанобутановой смеси, масса расходуемых электродов за час, кг: 2.5. Фактическая продолжительность сварочных работ в течение года составляет 730 ч.

Загрязняющие вещества образуются при осуществлении сварочных работ и поступают в атмосферный воздух посредством неорганизованного выброса через ворота.

Загрязняющими веществами, выбрасываемыми при проведении сварочных работ, являются: оксид Железа (III); Марганец и его соединения (в пересчете на марганец (IV) оксид); Азота диоксид (Двуокись азота; пероксид азота); Азот (II) оксид (Азота оксид); Углерода оксид (Углерод окись; углерод моноокись; угарный газ); Фтористые газообразные соединения (в пересчете на фтор): - Гидрофторид (Водород фторид; фтороводород).

В таблице 1 приведены виды ПГ от категории источников выбросов.

Таблица 1 – Виды ПГ от категории источников выбросов

Выбросы ПГ	Категории источников	Подкатегории	Виды ПГ
Прямые выбросы	Сжигание топлива на стационарных источниках	Выработка тепловой и электрической энергии	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O
		Технологические нужды	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O
	Сжигание топлива на передвижных источниках	Автотранспорт	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O
		Прочие передвижные установки	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O

Распределение выбросов по вкладу выглядит следующим образом (рисунок 1).

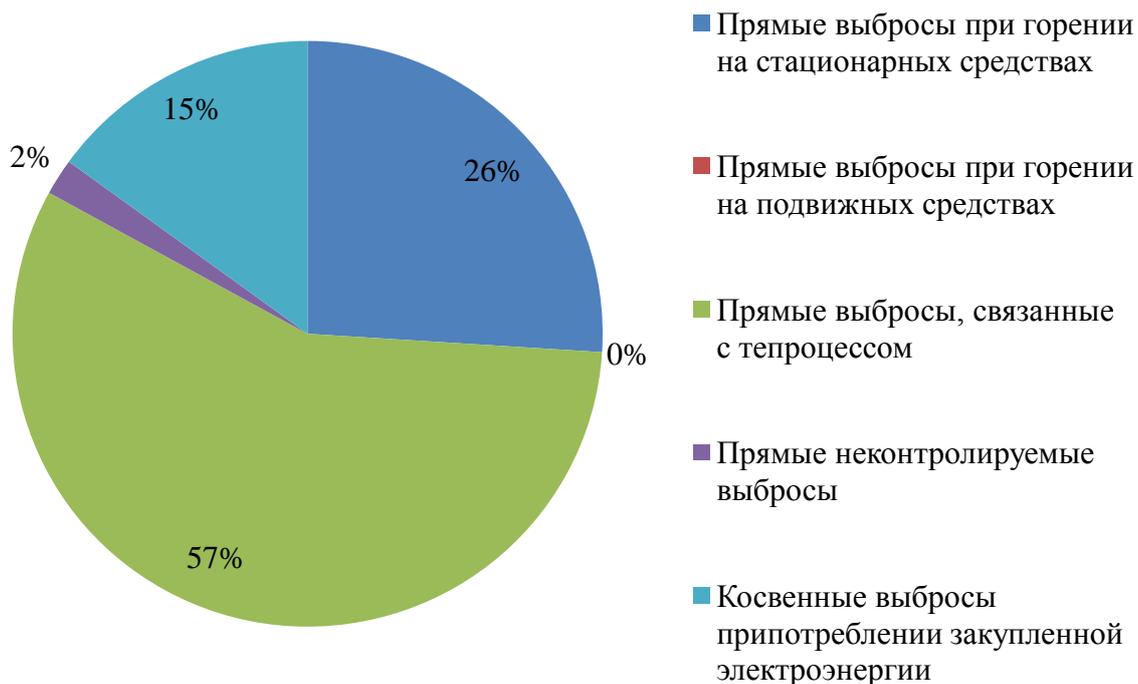


Рисунок 1 – Ранжирование источников выбросов по вкладу

Матрицы, полученные в результате применения GED, представлены и описаны ниже. В ходе работы будут определены и классифицированы потери, которые привели к выбросам парниковых газов, в соответствии с тремя различными уровнями критичности. Матрица D показывает очень важные потери в красных ячейках, важные потери в желтых ячейках и минимальные потери в зеленых ячейках (представлена в Приложении Г). В дальнейшем рассмотрим потери на каждом этапе производства. Затраты электроэнергии из электросетей сети не была отслежена до определенной функциональной области, поскольку потребление электроэнергии касается всех областей. Для облегчения понимания матрицы A был добавлен столбец с более подробным описанием потерь.

Поскольку общее количество обнаруженных потерь было умеренным, мы вместе с администрацией предприятия решили перенести все потери на следующие этапы анализа.

2.2 Методы интеллектуального анализа данных при оценке выбросов парниковых газов от стационарных установок предприятия

В качестве нормативов НДС предлагается принять валовые выбросы от всех стационарных источников выбросов, которые действуют в период производства работ на территории объекта.

«Максимальный разовый выброс рассчитан для одновременно выполняемых на площадке работ с максимальными выбросами. Величины, предлагаемые в качестве нормативов НДС на период проведения работ» [20].

ИЗАВ № 0001 ДЭС аварийная 1.

На площадке расположена дизельная электростанция, предназначенная для выработки электроэнергии в аварийных ситуациях. В случаях, если аварийные ситуации не возникают в течении года, то ДЭС регулярно подлежит проверке работоспособности. Марка: Percins. Удельный расход топлива на эксплуатационном (или номинальном) режиме работы двигателя 250 г/(кВт^ч). Капитальный ремонт установки не произведён. Дымовые газы выбрасываются в атмосферу через дымовую трубу диаметром 0,35 м, высотой 4 м.

ИЗАВ № 0002 Дымовая труба котельной ЗКВ. Котельная расположена на территории производственной площадки. Котельная представлена двумя водогрейными котлоагрегатами КВм-2,5. Режим работы котлоагрегатов поочередный. Время работы каждого котла в течении года – 5832 часа, 24 часа в сутки. Тип топки котлоагрегатов: Механическая ТМУ-2,5. Площадь зеркала горения 2,98 м². Каждый котлоагрегат оснащён пылегазоочистной системой, а именно циклоном ЦН-15-400х2УП. Данная пылегазоочистная система оборудована на каждом котле отдельно. Дымовые газы выбрасываются в атмосферу через одну дымовую трубу (источник №0002) диаметром 0,7 м, высотой 25 м. Топливом для котельной служит каменный

уголь ДКОМ/Восточно-Бейский разрез. Годовой расход топлива на 1 котёл составляет 2906 т/год.

ИЗАВ № 0008 Вытяжная система от бункеров загрузки угля в печь реактивации. Уголь после десорбции транспортируют с помощью насоса на термическую реактивацию, где его предварительно отделяют от транспортной воды на виброгрохоте. Транспортная вода используется в обороте, так как содержит богатые по золоту шламы.

Реактивация угля проводится в печи термической реактивации активного угля. Режим работы печи непрерывный, температура нагрева угля 650 °С. Из печи уголь высыпается в накопительный бункер, заполненный водой, откуда его периодически откачивают с помощью насоса на виброгрохот для отделения воды и угольной мелочи. Обратный регенерированный уголь накапливают в контейнере и по мере надобности направляют в цикл сорбционного выщелачивания.

ИЗАВ № 0012 ДЭС аварийная 2. На площадке расположена дизельная электростанция, предназначенная для выработки электроэнергии в аварийных ситуациях. В случаях, если аварийные ситуации не возникают в течении года, то ДЭС регулярно подлежит проверке работоспособности. Марка: Perkins. Удельный расход топлива на эксплуатационном (или номинальном) режиме работы двигателя 250 г/(кВт/ч). Капитальный ремонт установки не произведён. Дымовые газы выбрасываются в атмосферу через дымовую трубу диаметром 0,35 м, высотой 4 м.

Загрязняющими веществами, выбрасываемыми в атмосферу, являются: Азота диоксид (Двуокись азота; пероксид азота), Азот (II) оксид (Азот монооксид), Углерод (Пигмент черный), Сера диоксид, Углерода оксид (Углерод окись; углерод моноокись; угарный газ).

ИЗАВ № 0021 Вытяжная система от печи реактивации угля. Уголь после десорбции транспортируют с помощью насоса на термическую реактивацию, где его предварительно отделяют от транспортной воды на виброгрохоте. Транспортная вода используется в обороте, т.к. содержит

богатые по золоту шламы. Реактивация угля проводится в печи термической реактивации активного угля. Из печи уголь высыпается в накопительный бункер, заполненный водой, откуда его периодически откачивают с помощью насоса на виброгрохот для отделения воды и угольной мелочи. Обратный регенерированный уголь накапливают в контейнере и по мере надобности направляют в цикл сорбционного выщелачивания. Максимально-разовые значения выбросов приняты согласно результатам инструментального определения характеристик выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, а именно, значения выбросов загрязняющих веществ (г/с) приняты на основании протоколов исследования промышленных выбросов в атмосферу. Валовые значения определены исходя из годовой производительности технологического оборудования – 5040 час/год.

ИВ-01 Ремонтный цех. В ремонтном цеху осуществляются сварочные работы и работы по обработке металла, а также осуществляется газовая резка металла. Для мойки деталей на участке предусмотрена моечная ванна. Для вспомогательных операций дополнительно используется бензиновый DENZEL GE.

Металлообработка. Работы осуществляются в закрытом помещении. Загрязняющие вещества образуются при механической обработке материалов. Оборудование, которое используется в технологических процессах:

Наждачный станок 1. Время работы в год – 365 час.
Продолжительность производственного цикла – 20 мин.

Пресс. Время работы в год – 365 час. Продолжительность производственного цикла – 20 мин.

Сверлильный станок. Время работы в год – 365 час.
Продолжительность производственного цикла – 20 мин.

Ручной слесарный инструмент (болгарка). Время работы в год – 365 час. Продолжительность производственного цикла - 20 мин.

ИВ-02 Токарный цех. В токарном цеху осуществляются работы по обработке металла. Для мойки деталей на участке предусмотрена моечная ванна. Металлообработка. Работы осуществляются в закрытом помещении. Загрязняющие вещества образуются при механической обработке материалов. Оборудование, которое используется в производственного цикла – 10 мин.

Ручной слесарный инструмент (болгарка). Время работы в год - 365 час.

Наждачный станок 1. Время работы в год – производственного цикла – 10 мин.

Наждачный станок 2. Время работы в год – 365 час.

Отрезной станок 1. Время работы в год – 365 час. Продолжительность производственного цикла – 10 мин.

Отрезной станок 2. Время работы в год – 365 час. Продолжительность производственного цикла – 10 мин.

Отрезной станок 3. Время работы в год – 365 час. Продолжительность производственного цикла - – 10 мин.

Станок токарно-винторезный 1М63ДФ101. Время работы в год – 1460 час. Продолжительность производственного цикла – 10 мин.

Труборезный станок 1А983. Время работы в год – 730 час. Продолжительность производственного цикла – 10 мин.

Трубонарезной станок 1Н983. Время работы в год – 730 час. Продолжительность производственного цикла – 10 мин.

Загрязняющие вещества образуются при работе металлообрабатывающих станков и поступают в атмосферный воздух посредством неорганизованного выброса через ворота.

Расчет выбросов загрязняющих веществ, выделяющихся при работе металлообрабатывающих станков выполнен в соответствии с «Методикой расчета выделений (выбросов) загрязняющих веществ в атмосферу при

механической обработке металлов (на основе удельных показателей) (утверждена приказом Госкомэкологии от 14.04.1997 № 158).

ИВ-03 Электроцех. В помещении электроцеха осуществляются сварочные работы и работы по обработке металла. Для мойки деталей на участке предусмотрена моечная ванна.

Металлообработка. Работы осуществляются в закрытом помещении, не оборудованном системой вытяжной вентиляции. Загрязняющие вещества образуются при механической обработке материалов.

Оборудование, которое используется в технологических процессах: Ручной слесарный инструмент (болгарка). Время работы в год – 730 час. Продолжительность производственного цикла – 20 мин.

Ручной слесарный инструмент (болгарка). Время работы в год – 730 час. Продолжительность производственного цикла – 20 мин.

Загрязняющие вещества образуются при работе металлообрабатывающих станков и поступают в атмосферный воздух посредством неорганизованного выброса через ворота.

В-матрица подчеркивает причинно-следственную связь между Потерями от выбросов (Приложение Б). Дополнительная информация содержит подробное описание причинно-следственных связей, упорядоченных в В- матрице, и их взаимосвязь с результирующими Потерями, оценку выбросов.

Для проанализированного здесь примера только две потери выбросов рассматривались как результирующие. Первая была связана с многочисленными отказами электродвигателей производственной линии из-за чрезмерной скорости перемещения и подачи заготовок на обработку. Вторая была связана с чрезмерно высокой температурой горячего пресса, которая повредила изготавливаемые детали, которые затем пришлось переделывать с помощью эпоксидной штукатурки. Вместе с операторами команда подтвердила, что при исправлении этих параметров процесса

качество продукции будет по-прежнему соответствовать требуемым высоким стандартам, в то время как отказы двигателей и переделки резко сократятся.

Стоит отметить, что потери включали выбросы из-за расхода материалов, классифицированные как выбросы Score 3, которые сложнее всего обнаружить и оценить.

Применение GED дает ряд преимуществ лицам, принимающим решения. Его пошаговый подход, часто использующий матрицы, способствует прямому и немедленному внедрению. Это позволяет проводить систематический выбор приоритетных улучшений для решения проблем воздействия на окружающую среду. Кроме того, GED превосходит традиционные методы, охватывая все три области выбросов (область 1, 2 и 3) в своем анализе, что позволяет выявлять потери по всей производственной цепочке. Эта важная функция предоставляет компаниям больше способов повышения устойчивости в своих операциях и решениях о закупках.

Однако внедрение GED также представляет трудности. Метод был применен к одному конкретному случаю, однако выбранная компания представляет собой показательный пример того, как типичная производственная компания осуществляет свою деятельность, что позволило нам выявить и измерить различные типы потерь. Более того, обширный сбор данных, требуемый от всех производственных подразделений, является существенным препятствием. Это может быть особенно сложно для малых и средних предприятий (МСП), у которых может не быть финансовых ресурсов для сенсоризации или технических знаний для управления данными. Кроме того, проведение тщательного анализа первопричин для выявления источников потерь и связанных цепочек может быть трудоемким и отнимающим много времени.

В конечном счете, эффективность GED зависит от трех ключевых факторов: выбранного уровня детализации для количественной оценки потерь, набора навыков аналитической группы и эффективности внедренных улучшений. Хотя преодоление этих проблем требует усилий, GED стал

мощным и практичным инструментом. Он может дать возможность руководителям проектов и аналитическим группам принимать обоснованные решения относительно экологических улучшений, не прибегая к сложным моделям.

Вывод по разделу.

В этом разделе представлен анализ нового метода решения экологических проблем, с которыми сталкивается промышленный сектор из-за изменения климата. GED имеет структуру, похожую на MCD, но отличается по своему объему и конечной цели. С помощью построения и составления пяти матриц GED стремится определить промышленные потери, которые вызывают выбросы. Во-первых, метод определяет потери и проясняет причинно-следственные связи между ними. Кроме того, он количественно оценивает выбросы и преобразует их в затраты. Наконец, он поддерживает принятие решений, классифицируя улучшения, специально разработанные для устранения причинных потерь, и выполняет анализ затрат и выгод для выбора улучшений, которые следует внедрить в первую очередь.

По сравнению с традиционной системой ограничения и торговли выбросами, GED стремится, когда это возможно, экономически оценить все выбросы, напрямую и косвенно относящиеся к предприятию, и, таким образом, также учитываются выбросы категории 3. Оценивая выбросы категории 3, компании могут выявить значительные возможности для сокращения выбросов ПГ и, как следствие, стать более экологически сознательными в своей деятельности.

GED был применен к предприятию ООО «ИНРоЛ-СТС» по производству инструмента и оборудования для ремонтно-восстановительных работ, а также для ликвидации осложнений при бурении, и его эффективность была доказана научными исследованиями.

Следуя пошаговой процедуре, ООО «ИНРоЛ-СТС» сможет определить факторы, вызывающие наибольшие потери энергии и материалов, и сможет добиться экономии затрат за счет их устранения.

По словам руководства предприятия, самой важной особенностью метода является его работоспособность. Фактически, его хорошо продуманное использование матриц обеспечивает простую и немедленную реализацию. С точки зрения его практического применения, единственным предложенным улучшением является возможное расширение других возможных экологических критериев, которые могут быть включены в метод.

Таким образом, будущие оценки могут включать интеграцию других экологических аспектов, таких как водопользование и потребление и производство загрязняющих веществ с комплексным подходом, учитывающим воздействие на почву, воздух и воду с точки зрения всей деятельности предприятия.

Фактически, экологическая устойчивость включает различные аспекты, такие использование воды, истощение озонового слоя, и промышленный сектор нуждается в данных инструментах управления для разработки более устойчивой производственной системы. Кроме того, этот метод можно распространить на всю цепочку поставок, разработав метод, который позволит координировать всех поставщиков на всех этапах цепочки поставок с точки зрения охраны окружающей среды.

3 Реализация пилотных проектов по сокращению выбросов парниковых газов

3.1 Определение границ анализа и разработка сценариев развития

Объектом исследования магистерской диссертации являются выбросы металлодеревообрабатывающего предприятия ООО «ИНРОЛ-СТС».

Зона влияния выбросов определяется для каждого конкретного загрязняющего вещества как территория, ограниченная замкнутой линией, вне которой величина приземной концентрации составляет менее 0,05 ПДК.

Матрицы, полученные в результате применения GED, представлены и описаны ниже. Группа определила и классифицировала потери, которые привели к выбросам парниковых газов, в соответствии с тремя различными уровнями критичности.

Матрица D (Приложение Г) показывает очень важные потери в красных ячейках, важные потери в желтых ячейках и минимальные потери в зеленых ячейках. Группа анализа обнаружила потери на каждом этапе производства. Закупка электроэнергии из национальной сети не была отслежена до определенной функциональной области, поскольку потребление электроэнергии касается всех областей.

Для облегчения понимания матрицы D был добавлен столбец с более подробным описанием потерь.

Поскольку общее количество обнаруженных потерь было умеренным, команда вместе с менеджером компании решила перенести все потери на следующие этапы анализа. Это было связано с тем, что доступный бюджет был достаточен для управления всеми выявленными потерями.

Е-матрица подчеркивает причинно-следственную связь между потерями от выбросов (представлена в Приложении Д). Дополнительная информация содержит подробное описание причинно-следственных связей, упорядоченных в Е-матрице, и их взаимосвязь с результирующими потерями, оценку выбросов, представленную в F-матрице (представлена в Приложении

Е), действия по улучшению, представленные в G-матрице (представлена в Приложении Ж), и расчетные затраты, используемые в анализе затрат и выгод E-матрицы.

Для проанализированного здесь примера только две потери выбросов рассматривались как результирующие.

Первая была связана с многочисленными отказами электродвигателей сглаживателя из-за чрезмерной скорости сглаживания фанеры.

Вторая была связана с чрезмерно высокой температурой горячего пресса, которая повредила внешние шпоны, которые затем пришлось переделывать с помощью эпоксидной штукатурки.

Вместе с операторами команда подтвердила, что при исправлении этих параметров процесса качество продукции будет по-прежнему соответствовать требуемым высоким стандартам, в то время как отказы двигателей и переделки резко сократятся. Стоит отметить, что потери включали выбросы из-за расхода материалов, классифицированные как выбросы Score 3, которые сложнее всего обнаружить и оценить.

S-Matrix количественно оценивает выбросы ПГ и преобразует их в затраты. Выбросы ПГ оценивались с использованием базы данных ECOINVENT 3.7 через программное обеспечение OPENLCA. Производственный процесс был параметризован, а выбросы количественно оценивались путем сравнения состояния «как есть» с состоянием, в котором потери были полностью устранены.

Мы определили ряд методов улучшения, как показано в G-матрице. На этом этапе методы улучшения были введены без углубления в технические подробности или проведения каких-либо конкретных расчетов выгод. Оценили качество этих методов улучшения используя три критерия ранжирования.

Когда для устранения конкретной потери было доступно несколько решений, выбиралось решение с самым высоким значением GPN. Целью было провести первоначальный скрининг, чтобы предотвратить

использование наименее эффективных корректирующих действий, тем самым минимизировав общую рабочую нагрузку, связанную с задачей.

Необходимо определить конкретные корректирующие действия для смягчения и возможного устранения последствий. Затраты, по данным финансового отдела и отдела снабжения ООО «ИНРоЛ-СТС» включали как материалы, так и установку методов улучшения, в то время как денежный поток из-за снижения выбросов был получен путем умножения общего объема выбросов цепочки потерь на коэффициент привлекательности. Каждый коэффициент оценивался путем опроса различных участников на заводе, таких как операторы, инженеры и сотрудники других отделов. Поскольку многие из корректирующих действий не требовали капитальных затрат или, по крайней мере, требовали минимальных первоначальных затрат, команда решила использовать только NPV в качестве решающего фактора для определения приоритетов.

Анализ показал, что большинство корректирующих действий показали положительные NPV, что указывает на прибыльность в течение выбранного срока службы и при указанной процентной ставке. Для всестороннего понимания области, связанной с каждой потерей и ее каскадными эффектами, необходимо обратиться к А-матрице и В-матрице, представленным ранее во втором разделе. В конце концов, высшее руководство ООО «ИНРоЛ-СТС» решило привести к сокращению более 13600 т CO₂-экв., или примерно 48,5 % от общего объема выбросов парниковых газов компании. Из них 41% приходится на закупку электроэнергии (область 2), в то время как оставшиеся 7,5 % делятся между 6,5 % из-за сокращения потребления материалов (область 3), таких как клей, эпоксидная штукатурка и электродвигатели, и 1 % из-за внутреннего производства энергии (область 1). Этот анализ подчеркивает, что потери, генерирующие выбросы области 3, оказывают значительное влияние, составляя 6,5 % от общего объема сокращенных выбросов, что далеко не пренебрежимо мало.

3.2 Анализ и оценка эффективности предлагаемых мер по снижению экологических рисков

Рассмотрим эффективность внедренных методов декарбонизации.

Для расчета NPV (чистой приведенной стоимости) вместе с руководителем финансового отдела предприятия мы приняли решение о сроке действия улучшения 5 и 10 лет.

Расчет NPV можно проводить по формуле 1.

$$NPV = \sum_1^n \frac{Pk}{(1+i)^n} - IC \quad (1)$$

где n – период расчета;

Pk – денежные потоки за выбранный период времени;

i – ставка дисконтирования;

IC – размер первоначальных вложений.

Ставка дисконтирования состоит из безрисковой ставки, риска проекта и процент инфляции.

Эта область относится к основной причине выбросов (то есть причинным потерям), а не обязательно ко всей цепочке выбросов (то есть результирующим потерям).

Безрисковая ставка по данным сайта Банка России составляет 16,2%, риск проекта составляет 15%, процент инфляция по данным Минэкономразвития 7%. Таким образом ставка дисконтирования составит 38,2%.

Для дальнейшего разъяснения влияния каждого действия по улучшению мы включили область выбросов в скобках в столбце «Тип убытка» в таблице 2.

Выдержки из информации, представленной финансовым отделом по расчетам NPV с учетом ставки дисконтирования 32,8%, приведены в таблицах 3-8.

Таблица 2 – Электронная матрица исследования случая

Тип убытка	Подробности	Операция	Методика улучшения	Коэффициент привлекательности	Чистая приведенная стоимость, тыс. руб.	Капитальные затраты, тыс. руб.
Ошибочный процесс Параметр (Score1)	Чрезмерная температура сушильных валиков	Сушка	Изменение уставок системы управления в соответствии с оптимальной рабочей точкой	1	68,454	0
Ошибочный процесс, параметр (Score1)	Чрезмерная температура прессов	Нажатие	Изменение уставок системы управления в соответствии с оптимальной рабочей точкой	1	508,014	0
Ошибочный процесс, Параметр (Область 2)	Чрезмерная скорость сглаживания	Сглаживание	Уменьшение скорости сглаживания	1	29,292	0
Ошибочный процесс параметр (Область 3)	Неоптимальная толщина клея	Склеивание	Уменьшение толщины клея	1,05	1635,381	0
Ухудшение теплоизоляции (Область 1)	Деградация теплоизоляции трубопроводов	Сушка	Замена изношенной изоляции и периодическая проверка состояния оборудования	1	-5,083	2,821
Неэффективный материал (Область 2)	Неоптимальный размер грузовой единицы	Складирование	Объединение большего количества слоев фанеры	1	136,013	0
Толщина изоляции (Область 1)	Смежные трубопроводы без теплоизоляции	Нажатие	Монтаж теплоизоляции	1	-923	1,693
Потребление ископаемого топлива (Область 1)	Расход дизельного топлива для техники	Очистка	Переход на сертифицированное экологически чистое дизельное топливо	1,15	258630	0
Использование не возобновляемой энергии (Область 2)	Потребление электроэнергии от электростанций	Целое растение	Покупка сертифицированной возобновляемой энергии	1,15	1412,313	0
Неустойчивый упаковка (Область применения3)	Потребление полиэтиленовой упаковки	Упаковка	Перейти на целлофановую упаковку	1,1	-34,734	0

Таблица 3 – NPV изменения уставок системы управления в соответствии с оптимальной рабочей точкой (сушильные валики) за 5 лет

Показатели для расчета	Данные, тысяч рублей
Первоначальные инвестиции	1500
ВРМ за первый год.	800
ЗРМ на первый год	150
ВРМ за второй год	1100
ЗРМ на второй год	205
ВРМ за третий год	1400
ЗРМ на третий год	150
ВРМ за четвертый год	1500
ЗРМ на четвертый год	165
ВРМ за пятый год	2000
ЗРМ на пятый год	150,5
NPV за 5 лет	68 454

Таблица 4 – NPV изменения уставок системы управления в соответствии с оптимальной рабочей точкой (сушильные валики) за 10 лет

Показатели для расчета	Данные, тысяч рублей
Первоначальные инвестиции	1500
ВРМ за первый год.	800
ЗРМ на первый год	70
ВРМ за второй год	900
ЗРМ на второй год	100
ВРМ за третий год	1100
ЗРМ на третий год	100
ВРМ за четвертый год	1100
ЗРМ на четвертый год	110
ВРМ за пятый год	2000
ЗРМ на пятый год	110
ВРМ за шестой год	2000
ЗРМ на шестой год	105
ВРМ за седьмой год	2000
ЗРМ на седьмой год	100,5
ВРМ за восьмой год	2000
ЗРМ на восьмой год	100,5
ВРМ за девятый год	2000
ЗРМ на девятый год	100,05
ВРМ за десятый год	2000
ЗРМ на десятый год	0
NPV за 10 лет	136 682

Таблица 5 – NPV уменьшение толщины клея за 5 лет

Показатели для расчета	Данные, тысяч рублей
Первоначальные инвестиции	2500
ВРМ за первый год.	2600
ЗРМ на первый год	500
ВРМ за второй год	2800
ЗРМ на второй год	500
ВРМ за третий год	3100
ЗРМ на третий год	200
ВРМ за четвертый год	3300
ЗРМ на четвертый год	100
ВРМ за пятый год	3500
ЗРМ на пятый год	50
NPV за 5 лет	1 635,381

Таблица 6 – NPV уменьшение толщины клея за 10 лет

Показатели для расчета	Данные, тысяч рублей
Первоначальные инвестиции	1700
ВРМ за первый год.	2400
ЗРМ на первый год	100
ВРМ за второй год	2100
ЗРМ на второй год	100
ВРМ за третий год	2800
ЗРМ на третий год	100
ВРМ за четвертый год	3300
ЗРМ на четвертый год	100
ВРМ за пятый год	3500
ЗРМ на пятый год	50000
ВРМ за шестой год	3600
ЗРМ на шестой год	200
ВРМ за седьмой год	3700
ЗРМ на седьмой год	200
ВРМ за восьмой год	3900
ЗРМ на восьмой год	100
ВРМ за девятый год	3900
ЗРМ на девятый год	25
ВРМ за десятый год	4200
ЗРМ на десятый год	0
NPV за 10 лет	2 632,672

Таблица 7 – NPV замены изношенной изоляции и периодическая проверка состояния оборудования за 5 лет

Показатели для расчета	Данные, тысяч рублей
Первоначальные инвестиции	1500
ВРМ за первый год.	850
ЗРМ на первый год	300
ВРМ за второй год	1250
ЗРМ на второй год	300
ВРМ за третий год	1300
ЗРМ на третий год	200
ВРМ за четвертый год	1500
ЗРМ на четвертый год	100
ВРМ за пятый год	1500
ЗРМ на пятый год	50
NPV за 5 лет	-5 083

Таблица 8 – NPV замены изношенной изоляции и периодическая проверка состояния оборудования за 10 лет

Показатели для расчета	Данные, тысяч рублей
Первоначальные инвестиции	1000
ВРМ за первый год.	600
ЗРМ на первый год	100
ВРМ за второй год	600
ЗРМ на второй год	100
ВРМ за третий год	750
ЗРМ на третий год	120
ВРМ за четвертый год	750
ЗРМ на четвертый год	125
ВРМ за пятый год	780
ЗРМ на пятый год	112
ВРМ за шестой год	900
ЗРМ на шестой год	250
ВРМ за седьмой год	910
ЗРМ на седьмой год	200
ВРМ за восьмой год	1000
ЗРМ на восьмой год	100
ВРМ за девятый год	1000
ЗРМ на девятый год	25
ВРМ за десятый год	1000
ЗРМ на десятый год	0
NPV за 10 лет	-0,961

По данным чистой приведенной стоимости от финансового отдела ООО «ИНРОЛ-СТС» составлены рейтинги NPV различных сценариев, которые представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Рейтинги NPV различных вариантов

Улучшение	Первый сценарий (5 лет)		Второй сценарий (10 лет)	
	Чистая приведенная стоимость, тыс. руб.	Рейтинг	Чистая приведенная стоимость, тыс. руб.	Рейтинг
Изменение уставок системы управления в соответствии с оптимальной рабочей точкой (сушильные валики)	68,454	6	136,908	6
Изменение уставок системы управления в соответствии с оптимальной рабочей точкой (пресс)	508,014	3	518,485	4
Уменьшение скорости сглаживания	29,292	7	37,461	7
Уменьшение толщины клея	1635,381	1	2760,766	2
Замена изношенной изоляции и периодическая проверка состояния оборудования	-5,083	9	-961	10
Изменение конструкции грузового блока путем объединения большего количества слоев фанеры	136,013	5	179,068	5
Монтаж теплоизоляции	-923	8	-153	9
Переход на экологически чистое дизельное топливо	258,630	4	677,562	3
Использование возобновляемой энергии	1412,313	2	14456,992	1
Перейти на полиэтиленовую упаковку	-34,734	10	7,658	8

В таблице 9 каждая строка описывает конкретное действие по улучшению, в то время как столбцы отображают NPV и рейтинг для каждого сценария (5 и 10 лет). По рейтингу NPV приняли решение, что наиболее благоприятным сценарием является инвестирование на срок 10 лет, так как это является типичным значением для этой промышленной среды. Рейтинг основывается по наибольшей чистой приведенной стоимости. В первом

сценарии уменьшение толщины клея является лучшим действием по улучшению, за которым следует покупка сертифицированной возобновляемой энергии. Однако несколько действий показали отрицательные NPV, что указывает на их экономическую нецелесообразность в текущем сценарии. В этих случаях прогнозируемые операционные денежные потоки были недостаточными для компенсации первоначальных инвестиционных затрат. Например, установка новой или замена изношенной изоляции и периодическая проверка состояния оборудования, монтаж существующей теплоизоляции, не генерирует достаточного положительного денежного потока, чтобы оправдать требуемые первоначальные инвестиции.

Во втором сценарии рейтинг меняется, и использование возобновляемой энергии – улучшается больше всего. В то же время, уменьшение толщины клея выходит на вторую позицию, изменение температуры сушильных роликов также повышается в рейтинге, как и переход на экологически чистое дизельное топливо, которое становится третьим лучшим корректирующим действием.

В нижней части рейтинга NPV перехода на полиэтилен не только становится положительным, но и повышается на две позиции. Учитывая тенденцию к ужесточению экологических норм и росту затрат на чистое производство, этот вариант отражает вероятную будущую реальность.

Применение GED дает ряд преимуществ лицам, принимающим решения. Его пошаговый подход, часто использующий матрицы, способствует прямому и немедленному внедрению. Это позволяет проводить систематический выбор приоритетных улучшений для решения проблем воздействия на окружающую среду. Кроме того, GED превосходит традиционные методы, охватывая все три области выбросов (область 1, 2 и 3) в своем анализе, что позволяет выявлять потери по всей производственной цепочке. Эта важная функция предоставляет компаниям больше способов повышения устойчивости в своих операциях и решениях о закупках.

Однако внедрение GED также представляет трудности. Метод был применен к одному конкретному случаю, однако выбранная компания представляет собой показательный пример того, как типичная производственная компания осуществляет свою деятельность, что позволило нам выявить и измерить различные типы потерь. Более того, обширный сбор данных, требуемый от всех производственных подразделений, является существенным препятствием. Это может быть особенно сложно для малых и средних предприятий (МСП), у которых может не быть финансовых ресурсов для сенсоризации или технических знаний для управления данными. Кроме того, проведение тщательного анализа первопричин для выявления источников потерь и связанных цепочек может быть трудоемким и отнимающим много времени.

В конечном счете, эффективность GED зависит от трех ключевых факторов: выбранного уровня детализации для количественной оценки потерь, набора навыков аналитической группы и эффективности внедренных улучшений. Хотя преодоление этих проблем требует усилий, GED стал мощным и практичным инструментом. Он может дать возможность руководителям проектов и аналитическим группам принимать обоснованные решения относительно экологических улучшений, не прибегая к сложным моделям. Оценка с целостным взглядом. Она может быть ориентирована на продукт, процесс или услугу, однако метод остается рабочим и эффективным, предоставляя ценный ресурс для планирования и управления стратегиями устойчивого развития. Наконец, его пошаговые функции, основанные на связанных матрицах, позволяют легко интегрировать его в программное обеспечение для управления компанией.

Такая интеграция позволит создать цифровой инструмент для мониторинга промышленных выбросов и повышения уровня ответственности компаний за охрану окружающей среды. При сокращении расхода топливного газа экономическая эффективность мероприятия

напрямую зависит от стоимости 1 м³ газа, подготовленного на исследуемом объекте, и определяется по формуле 2.

$$\mathcal{E}_1 = V_{\text{сокp.газа}} \cdot C_{\text{газа}} \quad (2)$$

где $V_{\text{сокp.газа}}$ – объём сокращенного расхода топливного газа, м³;

$C_{\text{газа}}$ – стоимость газа, руб.

Условно, если 1000 м³ газа стоит, например 100 рублей, то экономический эффект от мероприятия за год может составить:

$$\mathcal{E}_1 = 14066000 \cdot 100 = 1406600 \text{ руб.}$$

По результатам анализа и оценки эффективности предлагаемых мер по изменению алгоритма производства определено, что внедрение мероприятия экономически выгодно для предприятия, так как экономический эффект составит 1406600 руб. Рассчитаем экономический эффект от снижения потребления электроэнергии. При заданном режиме работы исследуемого объекта, внедрение предложенных мероприятий позволит повысить энергоэффективность производства за счет оптимизации процесса и позволит сократить потребление электроэнергии из внешней сети на 276 тыс. МВт·ч. Таким образом, мероприятие позволит сократить до 125 тыс. тонн CO₂ за 10 лет (рисунок 2).

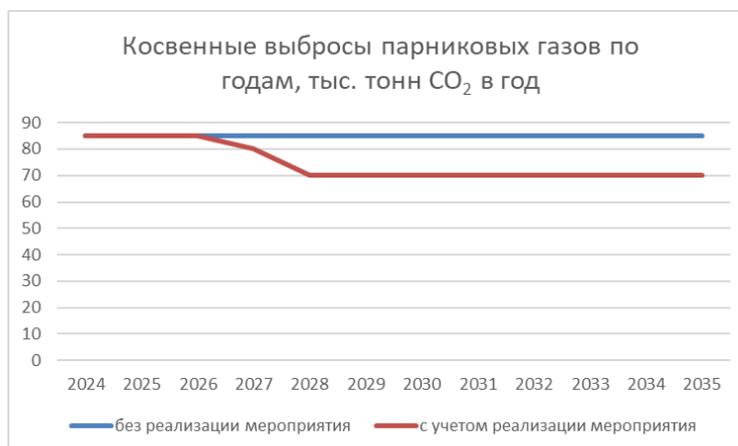


Рисунок 2 – Косвенные выбросы парниковых газов

Ориентировочная стоимость работ по данному мероприятию может составить следующую стоимость (таблица 10).

Таблица 10 – Стоимость предложенных мероприятий

Ориентировочная стоимость работ	Стоимость, млн. руб.
Проектирование	19,40
Оборудование	353,45
Монтажные и пуско-наладочные работы	163,79
Непредвиденные расходы (15%)	80,5
Всего:	617,13

Учитывая стоимость электроэнергии на сегодняшний день для юридических лиц, которая составляет 6,21 рубль за 1 кВт·ч., экономия средств за счет снижения потребления электроэнергии из внешней сети составит (формула 3).

$$\mathcal{E}_2 = V_{\text{сокр.эл.}} \cdot C_{\text{эл}} \quad (3)$$

где $V_{\text{сокр.эл.}}$ – снижение потребления электричества, кВт·ч;

$C_{\text{эл.}}$ – стоимость электрической энергии, руб.

$$\mathcal{E}_2 = 276000000 \cdot 6,21 = 1713960000 \text{ руб.}$$

Теперь рассчитаем экономическую эффективность с учетом затрат на проектирование и покупку оборудования (формула 4):

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_2 - Z \quad (4)$$

где Z – затраты на реализацию мероприятий, руб.

$$\mathcal{E} = 1713960000 - 617130000 = 1096830000 \text{ руб.}$$

При этом, в формирование эффективности не включены изменения по

росту тарифа на электроэнергию и изменения в законодательстве РФ в части оплаты выбросов парниковых газов.

По результатам анализа и оценки эффективности предлагаемых мер по снижению экологических рисков определено, что внедрения турбогенераторных установок экономически выгодна для предприятия. Экономический эффект, включающий в себя объем сокращенного расхода топливного газа, снижение затрат на электроэнергию, сокращение экологических штрафов, составит 1 096 830 000 руб.

Вывод по разделу.

В разделе представлен бережливый метод решения экологических проблем, с которыми сталкивается промышленный сектор из-за изменения климата. GED имеет структуру, похожую на MCD, но отличается по своему объему и конечной цели. С помощью построения и составления пяти матриц GED стремится определить промышленные потери, которые вызывают выбросы. Во-первых, метод определяет потери и проясняет причинно-следственные связи между ними. Кроме того, он количественно оценивает выбросы и преобразует их в затраты. Наконец, он поддерживает принятие решений, классифицируя улучшения, специально разработанные для устранения причинных потерь, и выполняет анализ затрат и выгод для выбора улучшений, которые следует внедрить в первую очередь.

По сравнению с традиционной системой идентификации и сокращения выбросов, GED стремится, когда это возможно, экономически оценить все выбросы, напрямую и косвенно относящиеся к предприятию.

Оценивая выбросы, компании могут выявить значительные возможности для сокращения выбросов ПГ и, как следствие, стать более экологически сознательными в своей деятельности и продуктах, которые они производят или покупают.

GED был применен к цеху по производству фанеры ООО «ИНРоЛ-СТС», и его эффективность была доказана. Следуя пошаговой процедуре, компания смогла определить факторы, вызывающие наибольшие потери

энергии и материалов, и смогла добиться экономии затрат до одного миллиона евро в год за счет их устранения. Самой важной особенностью метода является его работоспособность. Фактически, его хорошо продуманное использование матриц обеспечивает простую и немедленную реализацию. С точки зрения его практического применения, единственным улучшением, предложенным группой, является возможное расширение других возможных экологических критериев, которые могут быть включены в метод. Таким образом, будущие исследования могут включать интеграцию других экологических аспектов, таких как водопользование и потребление, производство загрязняющих веществ с комплексным подходом, учитывающим воздействие на почву, воздух и воду с точки зрения всей жизни. Фактически, экологическая устойчивость включает различные аспекты, такие как использование пресной воды, истощение озонового слоя. Промышленный сектор нуждается в инструментах управления для разработки более устойчивой производственной системы. Кроме того, этот метод можно распространить на всю цепочку поставок, разработав метод, который позволит координировать всех поставщиков на всех этапах цепочки поставок с точки зрения охраны окружающей среды.

По результатам анализа и оценки эффективности предлагаемых мер по снижению экологических рисков определено, что внедрение вышеуказанных мероприятий экономически выгодно для предприятия, так как экономический эффект в целом составит не менее 1 096 830 млн. руб.

Заключение

В первом разделе определено, что, огромная доля выбросов приходится на деятельность промышленных предприятий, которые используют при производстве уголь, нефть и природный газ. Для их сокращения часть производителей переходит на возобновляемые энергетические ресурсы, такие, как солнечная, ветряная энергия, гидроэнергия.

При захоронении твердых отходов выделяется большое количество метана. Сокращения выбросов применяются различные методы, такие как улавливание и сжигание свалочного газа при помощи специальных установок, строительство новых высокотехнологичных полигонов, технологии переработки вторсырья.

В анализируемой статье Филимоновой А.А. рассмотрен обзор зарубежных и отечественных технологий декарбонизации тепловой и электрической энергии. За рубежом данные технологии развиваются более прогрессивно. Технологическим лидером по сокращению выбросов углекислого газа являются США.

Наиболее перспективное решение в данном направлении – использование кислородно-топливных энергетических установок нового поколения, среди которых реализуется Allam Cycle, а также циклы SCOC-CC, E-MATIANT, NET Powercycle, Grazcycles, CES cycle.

Из 27 реализуемых в мире проектов CCUS 78 % связаны с методами увеличения нефтеотдачи, а 67 % – проекты с прямым государственным участием или стимулированием.

Во втором разделе представлен анализ нового метода решения экологических проблем, с которыми сталкивается промышленный сектор из-за изменения климата. GED имеет структуру, похожую на MCD, но отличается по своему объему и конечной цели. С помощью построения и составления пяти матриц GED стремится определить промышленные потери, которые вызывают выбросы. Во-первых, метод определяет потери и

проясняет причинно-следственные связи между ними. Кроме того, он количественно оценивает выбросы и преобразует их в затраты. Наконец, он поддерживает принятие решений, классифицируя улучшения, специально разработанные для устранения причинных потерь, и выполняет анализ затрат и выгод для выбора улучшений, которые следует внедрить в первую очередь.

По сравнению с традиционной системой ограничения и торговли выбросами, GED стремится, когда это возможно, экономически оценить все выбросы, напрямую и косвенно относящиеся к предприятию, и, таким образом, также учитываются выбросы категории 3. Оценивая выбросы категории 3, компании могут выявить значительные возможности для сокращения выбросов ПГ и, как следствие, стать более экологически сознательными в своей деятельности.

GED был применен к предприятию ООО «ИНРоЛ-СТС» по производству инструмента и оборудования для ремонтно-восстановительных работ и его эффективность была доказана научными исследованиями. Следуя пошаговой процедуре, ООО «ИНРоЛ-СТС» сможет определить факторы, вызывающие наибольшие потери энергии и материалов, и сможет добиться экономии затрат за счет их устранения. По словам руководства предприятия, самой важной особенностью метода является его работоспособность. Фактически, его хорошо продуманное использование матриц обеспечивает простую и немедленную реализацию. С точки зрения его практического применения, единственным предложенным улучшением является возможное расширение других возможных экологических критериев, которые могут быть включены в метод. Таким образом, будущие оценки могут включать интеграцию других экологических аспектов, таких как водопользование и потребление и производство загрязняющих веществ с комплексным подходом, учитывающим воздействие на почву, воздух и воду с точки зрения всей деятельности предприятия.

Фактически, экологическая устойчивость включает в себя различные аспекты, такие как использование воды и истощение озонового слоя. Таким

образом промышленный сектор нуждается в данных инструментах управления для разработки более устойчивой производственной системы. Кроме того, этот метод можно распространить на всю цепочку поставок, разработав метод, который позволит координировать всех поставщиков на всех этапах цепочки поставок с точки зрения охраны окружающей среды.

В третьем разделе представлен бережливый метод решения экологических проблем, с которыми сталкивается промышленный сектор из-за изменения климата. GED имеет структуру, похожую на MCD, но отличается по своему объему и конечной цели. С помощью построения и составления пяти матриц GED стремится определить промышленные потери, которые вызывают выбросы. Во-первых, метод определяет потери и проясняет причинно-следственные связи между ними. Кроме того, он количественно оценивает выбросы и преобразует их в затраты. Наконец, он поддерживает принятие решений, классифицируя улучшения, специально разработанные для устранения причинных потерь, и выполняет анализ затрат и выгод для выбора улучшений, которые следует внедрить в первую очередь.

По сравнению с традиционной системой идентификации и сокращения выбросов, GED стремится, когда это возможно, экономически оценить все выбросы, напрямую и косвенно относящиеся к предприятию.

Возможности для сокращения выбросов ПГ и, как следствие, стать более экологически сознательными в своей деятельности и продуктах, которые они производят или покупают.

GED был применен к цеху по производству фанеры ООО «ИНРоЛ-СТС», и его эффективность была доказана. Следуя пошаговой процедуре, компания смогла определить факторы, вызывающие наибольшие потери энергии и материалов, и смогла добиться экономии затрат до одного миллиона евро в год за счет их устранения. Самой важной особенностью метода является его работоспособность. Фактически, его хорошо продуманное использование матриц обеспечивает простую и немедленную реализацию. С точки зрения его практического применения, единственным

улучшением, предложенным группой, является возможное расширение других возможных экологических критериев, которые могут быть включены в метод. Таким образом, будущие исследования могут включать интеграцию других экологических аспектов, таких как водопользование и потребление и производство загрязняющих веществ с комплексным подходом, учитывающим воздействие на почву, воздух и воду с точки зрения всей жизни.

Фактически, экологическая устойчивость включает различные аспекты, такие как использование пресной воды, истощение озонового слоя. Промышленный сектор нуждается в инструментах управления для разработки более устойчивой производственной системы. Кроме того, этот метод можно распространить на всю цепочку поставок, разработав метод, который позволит координировать всех поставщиков на всех этапах цепочки поставок с точки зрения охраны окружающей среды.

По результатам анализа и оценки эффективности предлагаемых мер по снижению экологических рисков определено, что внедрение вышеуказанных мероприятий экономически выгодно для предприятия, так как экономический эффект в целом составит не менее 1 096 830 тыс. руб.

Список используемых источников

1. Брылкина А.В. Регулирование развития низкоуглеродной экономики в строительстве и в жилищно-коммунальном хозяйстве// Вестник Российского экономического университета имени Г. В. Плеханова. 2022. С.16-28. URL: <https://doi.org/10.21686> (дата обращения 01.12.2023).
2. ГОСТ Р ИСО 14064-2-2021. Газы парниковые. Часть 2. Требования и руководство по количественной оценке, мониторингу и составлению отчетной документации на проекты сокращения выбросов парниковых газов или увеличения их удаления на уровне проекта: утвержден и введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии 30.09.2021 № 1030-ст: дата введения 01.01.2022 URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_407273/ (дата обращения 02.03.2024).
3. Доклад об экологической ситуации в Самарской области за 2022 год. Правительство Самарской области. 2023. 175с.
4. Иванова М.С., Вишнецкая М.В., Томский К.О. Очистка газовых выбросов от CO₂ в среде трифторуксусной кислоты при добыче нефти и газа//Известия Томского политехнического университета. 2020. № 5. 160 с.
5. Кормина Л.А. Зайцева Д.С. Абсорбционная очистка газов производственных котельных для снижения антропогенной нагрузки на атмосферу / Л.А. Кормина, Д.С. Зайцева //Ползуновский вестник. 2022. №2. 152 с.
6. Макаров, И. А. Выбросы парниковых газов по потреблению: от расчетов к политическим решениям / И. А. Макаров, С. Алаташ // Вестник международных организаций: образование, наука, новая экономика. – 2024. – Т. 19, № 1. – С. 85-105.
7. О внесении изменений в Положение о предельно допустимых выбросах, временно разрешенных выбросах, предельно допустимых нормативах вредных физических воздействий на атмосферный воздух и

разрешениях на выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух: Постановление Правительства РФ подписано 08.02.2023 № 174. URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=442070> (дата обращения 02.12.2023).

8. О внесении изменений в федеральный закон Об охране атмосферного воздуха: Федеральный закон от 13.06.2023 № 255 URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_449482/ (дата обращения 02.03.2024).

9. О допустимом объеме потребления в Российской Федерации веществ, включенных в список F перечня веществ, разрушающих озоновый слой, обращение которых подлежит государственному регулированию: Распоряжение Правительства Российской Федерации от 19.04.2022 № 930-р. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_415417/ (дата обращения 01.12.2023).

10. О проведении эксперимента по ограничению выбросов парниковых газов в отдельных субъектах Российской Федерации: Федеральный закон от 06.03.2022 № 34. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_411051/ (дата обращения 25.11.2023).

11. О рассмотрении обращения: Письмо Минприроды России от 29.03.2022 № 20-47/10445. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_415665/ (дата обращения 02.12.2023).

12. Об ограничении выбросов парниковых газов: Федеральный закон от 02.07.2021 № 296 // Консультант плюс: справочно-правовая система.

13. Об установлении периода, за который осуществляется инвентаризация выбросов парниковых газов и поглощений парниковых газов в целях определения баланса выбросов парниковых газов и поглощений парниковых газов на территории Сахалинской области: Постановление Правительства РФ подписано 16.04.2022 № 678. URL:

https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_415055/ (дата обращения 25.11.2023).

14. Об утверждении методик количественного определения объемов выбросов парниковых газов и поглощений парниковых газов: Приказ Минприроды России от 27.05.2022 № 371 URL: <https://base.garant.ru/405077467/> (дата обращения 02.03.2024).

15. Об утверждении Правил представления и проверки отчетов о выбросах парниковых газов, формы отчета о выбросах парниковых газов, Правил создания и ведения реестра выбросов парниковых газов и о внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации: Постановление Правительства РФ подписано 20.04.2022 № 707. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_415427/ (дата обращения 01.07.2023).

16. Об утверждении стратегии социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года: Распоряжение Правительства Российской Федерации от 29.10.2021 № 3052-р. URL: <https://docs.cntd.ru/document/726571956> (дата обращения 25.11.2023).

17. Об утверждении перечня парниковых газов, в отношении которых осуществляется государственный учет выбросов парниковых газов и ведение кадастра парниковых газов: Распоряжение Правительства Российской Федерации от 22.10.2021 № 2979-р. URL: <https://docs.cntd.ru/document/726571956/> (дата обращения 24.11.2023).

18. Плотникова И.Н., Володин С.А., Кочнева Ю.Ю., Салыхова А.Р. Актуальные вопросы декарбонизации. Часть 1/Под научной редакцией М.Х. Салахова и М.С. Тагирова; Казань: Изд-во «ФЭН» Академии наук РТ, 2021. 56 с.

19. Филимонова А.А. Интеграция высокотемпературного топливного элемента с системой улавливания углекислого газа в энергетический цикл тепловой электрической станции// Техника и технологии. 2023. № 16. 152 с.

20. Филимонова А.А., Власова А.Ю., Чичирова Н.Д., Камалиева Р.Р. Обзор технологий декарбонизации производства тепловой и электрической энергии//Техника и технологии. 2023. № 6. С. 149-174.
21. Хитрик Ю.И., Щепетьева Т.В., Проблема загрязнения атмосферного воздуха в городах России тенденции и пути решения// Сборник трудов конференции, 2017. С. 136-137.
22. Чемоданова К.А. Журнал Ведомости № 11, 2023.URL: <https://www.vedomosti.ru/partner/articles/2022> (дата обращения 30.11.2023).
23. Щеголев В.Е., Никитина М.В. Мероприятия по сокращению выбросов парниковых газов от крупных промышленных предприятий Архангельской области//Науки о земле. 2021 № 2. 160 с.
24. Axelson M., Oberthur S., Nilsson L.J. Emission reduction strategies in the EU steel industry: implications for business model innovation. // Ind. Ecol. 2021. V. 25. P. 390-402.
25. Bai C., Satir A., Sarkis J. Investing in lean manufacturing practices: an environmental and operational perspective // Int. J. Prod. Res. 2019. V. 57. P. 1037-1051.
26. Bertolini M., Braglia M., Marrazzini L., Neroni M., 2022. Project time deployment: a new lean tool for losses analysis in engineer-to-order production environments. Int. J. Prod. Res. V. 60. P. 3129-3146.
27. Braglia M., Castellano D., Frosolini M., Gallo M. Overall material usage effectiveness (OME): a structured indicator to measure the effective material usage within manufacturing processes // Prod. Plan. Control. 2018. V. 29. P. 143-157.
28. Braglia M., Castellano D., Frosolini M., Gallo M., Marrazzini L. Revised overall labour effectiveness // Int. J. Product. Perform. Manag. 2020. V. 70. P. 1317-1335.
29. Braglia M., Castellano D., Gabbrielli R., Marrazzini L. Energy cost deployment (ECD): a novel lean approach to tackling energy losses. // Clean. Prod. 2020. V. 246. P. 119-156.

30. Braglia M., Frosolini M., Gallo M., Marrazzini L. Lean manufacturing tool in engineer-to-order environment: project cost deployment // *Int. J. Prod. Res.* 2019. V. 57. P. 1825-1839.

31. Braglia M., Gallo M., Marrazzini L. A lean approach to address material losses: materials cost deployment (MaCD) // *Int. J. Adv. Manuf. Technol.* 2021. V. 113. 565-584.

32. Braglia M., Gallo M., Marrazzini L., Santillo L.C. Operational space efficiency (OpSE): a structured metric to evaluate the efficient use of space in industrial workstations // *IJPPM 2024*. V. 73. P. 1027-1049.

33. Carbone J. C., Rivers N. (2017) The Impacts of Unilateral Climate Policy on Competitiveness: Evidence From Computable General Equilibrium Models. *Review of Environmental Economics and Policy*, vol. 11, no 1, pp. 24–42. Available at: <https://doi.org/10.1093/reep/rew0>.

34. Ghosh M., Agarwal M. (2014) Production-Based Versus Consumption-Based Emission Targets: Implications for Developing and Developed Economies. *Environment and Development Economics*, vol. 19, issue 5, pp. 585–606. Available at: <https://doi.org/10.1017/S1355770X13000582>.

35. Karstensen J., Peters G. P., Andrew R. M. (2018) Trends of the EU's Territorial and Consumption-Based Emissions From 1990 to 2016. *Climatic Change*, vol. 151, issue 2, pp. 131–42. Available at: <http://doi.org/10.1007/s10584-018-2296-x>.

36. Peters G., Wiedmann T., Scott K., Lenzen M., Roelich K., Le Quéré C. (2013) Consumption Based GHG Emission Accounting: A UK Case Study. *Climate Policy*, vol. 13, issue 4, pp. 451–70. Available at: <https://doi.org/10.1080/14693062.2013.788858>.

37. Steininger K., Lininger C., Droege S., Roser D., Tomlinson L., Meyer L. (2014) Justice and Cost Effectiveness of Consumption-Based Versus Production-Based Approaches in the Case of Unilateral Climate Policies. *Global Environmental Change*, vol. 24, pp. 75–87. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2013.10.00>.

Приложение А

А-матрица потери, функциональные области

Таблица А.1 – А-матрица потери, функциональные области

Категория потерь	Объём	Тип потерь	Функциональная область 1	Функциональная область 2	Функциональная область 3
Стандартное отклонение	Область применения 1	Потеря i	—	—	—
		Потеря i+1	—	—	—
		...	—	—	—
		Потеря 1	—	—	—
	Область применения 2	Потеря j	—	—	—
		Потеря j+1	—	—	—
		...	—	—	—
		Потеря J	—	—	—
	Область применения 3	Потеря k	—	—	—
		Потеря k+1	—	—	—
		...	—	—	—
		Потеря K	—	—	—
Потери от неэффективного использования	Область применения 1	Потеря 1	—	—	—
		Потеря 1+1	—	—	—
		...	—	—	—
		Потеря L	—	—	—
	Область применения 2	Потеря m	—	—	—
		Потеря m+1	—	—	—
		...	—	—	—
		Потеря M	—	—	—
	Область применения 3	Потеря n	—	—	—
		Потеря n+1	—	—	—
		...	—	—	—
		Потеря N	—	—	—
Потери во внешнем виде	Область применения 1	Потеря п	—	—	—
		Потеря п+1	—	—	—
		...	—	—	—
		Потеря П	—	—	—
	Область применения 2	Потеря q	—	—	—
		Потеря q+1	—	—	—
		...	—	—	—
		Потеря Q	—	—	—
	Область применения 3	Потеря r	—	—	—
		Потеря r+1	—	—	—
		...	—	—	—
		Потеря P	—	—	—

Приложение Б

В-матрица причинных потерь и их позиций

Таблица Б.1 – В-матрица причинных потерь и их позиции

В-матрица		Результирующие потери						
		Потеря r_1 ,			Потеря r_2 ,			
		Функциональная область 1	Функциональная область 2	Функциональная область 3	Функциональная область 1	Функциональная область 2	Функциональная область 3	
где								
Причинные потери	Потеря C_1	Функциональная область 1	×	–	–	×	–	–
		...	–	–	–	–	–	–
		Функциональная область S	–	–	–	–	–	–
		...	–	–	–	–	–	–
		Функциональная область S	–	–	–	–	–	–
	–	–	–	–	–	–	
	Потеря C_2	Функциональная область 1	–	–	×	–	–	–
		...	–	–	–	–	–	–
		Функциональная область S	×	–	–	–	–	×
		...	–	–	–	–	–	–
Функциональная область S		–	–	–	–	–	–	
....	–	–	–	–	–	–		

Приложение В

С-матрица результирующие потери

Таблица В.1 – С-матрица результирующие потери

С-матрица	Результирующие потери										-	-	-	-
	где	Потеря g_1 ,			Потеря g_2 ,			-	-	-	-			
		Функциональная область 1	Функциональная область 2	Функциональная область 3	Функциональная область 1	Функциональная область 2	Функциональная область 3	Прямые выбросы (DE)	Косвенные выбросы (КЭ)	Общие выбросы (E)	Общая стоимость выбросов (ТЕС)			
	(CO ₂ -e)	(CO ₂ -e)	(CO ₂ -e)	(CO ₂ -e)	(CO ₂ -e)	(CO ₂ -e)	(CO ₂ -e)	(CO ₂ -e)	(CO ₂ -e)	(CO ₂ -e)				
Причинные потери	Потеря С ₁	Функциональная область 1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		...	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Функциональная область S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		...	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Функциональная область S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Потеря С ₂	Функциональная область 1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		...	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Функциональная область S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		...	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	...	Функциональная область S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	...	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Приложение Г

D-матрица исследования

Таблица Г.1 – D-матрица исследования

Показатели				Этапы производства							
Категория убытков	Объем	Тип убытка	Подробности	Окорка	Очистка	Сушка	Склеивание	Нажатие	Сглаживание	Упаковка	Складирование
Стандартное отклонение потерь	1	Ошибочный параметр процесса	Чрезмерная температура сушильных валиков	–	–	–	–	–	–	–	–
	1	Ошибочный параметр процесса	Чрезмерная температура прессов	–	–	–	–	–	–	–	–
	2	Ошибочный параметр процесса	Чрезмерная скорость сглаживания	–	–	–	–	–	–	–	–
	3	Ошибочный параметр процесса	Неоптимальная толщина рабочего клея	–	–	–	–	–	–	–	–
Потери от неэффективного использования	1	Ухудшение теплоизоляции	Деградация теплоизоляции трубопровода	–	–	–	–	–	–	–	–
	2	Неэффективная обработка материалов	Неоптимальный размер грузовой единицы	–	–	–	–	–	–	–	–
	3	Отказ	Множественные отказы электродвигател	–	–	–	–	–	–	–	–

Продолжение Приложения Г

Продолжение таблицы Г.1

Показатели				Этапы производства							
Категория убытков	Объем	Тип убытка	Подробности	Окорка	Очистка	Сушка	Склеивание	Нажатие	Сглаживание	Упаковка	Складирование
Дизайн Потери	1	Толщина изоляции	Смежные трубопроводы без теплоизоляции	–	–	–	–	–	–	–	–
	1	Потребление ископаемого топлива	Расход дизельного топлива для лесозаготовител ьной техники	–	–	–	–	–	–	–	–
	2	Использование невозобновляе мой энергии	Потребление электроэнергии из национальной сети	–	–	–	–	–	–	–	–
	3	Неустойчивая упаковка	Потребление полиэтиленовой упаковки	–	–	–	–	–	–	–	–

Приложение Д
Е-матрица исследования

Таблица Д.1 – Е-матрица исследования

В-матрица			Результирующие потери		
			Отказ	Переделка	
Причинно-следственные потери	Подробности		Операция	Множественные отказы электродвигателей	Шпаклевка неправильно спрессованного шпона
				Сглаживание	Сглаживание
	Ошибочный параметр процесса	Чрезмерная температура сушильных валиков	Сушка	–	–
	Ошибочный параметр процесса	Чрезмерная температура прессов	Нажатие	–	×
	Ошибочный параметр процесса	Чрезмерная скорость сглаживания	Сглаживание	×	–
	Ошибочный параметр процесса	Неоптимальная толщина рабочего клея	Склеивание	–	–
	Ухудшение теплоизоляции	Деградация теплоизоляции трубопроводов	Сушка	–	–
	Неэффективная обработка материалов	Неоптимальный размер грузовой единицы	Складирование	–	–
	Толщина изоляции	Смежные трубопроводы без теплоизоляции	Нажатие	–	–
	Использование невозобновляемой энергии	Потребление электроэнергии из национальной сети	Целое растение	–	–
Неустойчивая упаковка	Потребление полиэтиленовой упаковки	Упаковка	–	–	

Приложение Е

Е- матрица исследования

Таблица Е.1 – Е- матрица исследования

С-матрица				Результирующие потери		Косвенные выбросы	Прямые выбросы	Общие выбросы	Общая стоимость выбросов
Потери	Подробности	Операция	Отказ	Переделка					
			Множественные отказы электродвигателей	Шпаклевка неправильно спрессованного шпона					
			Сглаживание [кгСО ₂ -э]	Сглаживание [кгСО ₂ -э]					
Причинно-следственные	Ошибочный параметр процесса	Чрезмерная температура сушильной камеры	Сушка	–	–	–	$9.33 \cdot 10^4$	$9.33 \cdot 10^4$	93,560
	Ошибочный параметр процесса	Чрезмерная температура прессов	Нажатие	–	$2.23 \cdot 10^3$	$2.23 \cdot 10^3$	$1.21 \cdot 10^4$	$1.42 \cdot 10^4$	1,423
	Ошибочный параметр процесса	Чрезмерная скорость сглаживания	Сглаживание	$1.25 \cdot 10^2$	–	$1.25 \cdot 10^2$	$1.10 \cdot 10^4$	$1.10 \cdot 10^4$	1,100
	Ошибочный параметр процесса	Неоптимальная толщина рабочего клея	Склеивание	–	–	–	$1.07 \cdot 10^6$	$1.07 \cdot 10^6$	106,650
	Ухудшение теплоизоляции	Деградация теплоизоляции трубопроводов	Сушка	–	–	–	$1.29 \cdot 10^3$	$1.29 \cdot 10^3$	129
	Неэффективная обработка материалов	Неоптимальный размер грузовой единицы	Складирование	–	–	–	$5.85 \cdot 10^4$	$5.85 \cdot 10^4$	5,850

Продолжение Приложения Е

Продолжение таблицы Е.1

С-матрица				Результирующие потери		Косвенный выбросы	Прямые выбросы	Общие выбросы	Общая стоимость выбросов
				Отказ	Переделка				
Потери	Подробности	Операция	Множественные отказы электродвигателей	Шпаклевка неправильно спрессованного шпона	[кгCO ₂ -э]	[кгCO ₂ -э]	[кгCO ₂ -э]	[кгCO ₂ -э]	тыс. руб.
			Сглаживание	Сглаживание					
			[кгCO ₂ -э]	[кгCO ₂ -э]					
	Толщина изоляции	Смежные трубопроводы без теплоизоляции	Нажатие	–	–	–	$1,05 \cdot 10^3$	$1,05 \cdot 10^3$	105
Потери в процессе производства	Потребление ископаемого топлива	Расход дизельного топлива	Окорка	–	–	–	$4,95 \cdot 10^c$	$4,95 \cdot 10^c$	49,495
	Использование невозобновляемой энергии	Потребление электроэнергии из национальной сети	Целое растение	–	–	–	$1,19 \cdot 10^7$	$1,19 \cdot 10^7$	1,186,739
	Неустойчивая упаковка	Потребление полиэтиленовой упаковки	Упаковка	–	–	–	$5,24 \cdot 10^4$	$5,24 \cdot 10^4$	5,236

Приложение Ж
G-матрица исследования

Таблица Ж.1 – G-матрица исследования

Методы улучшения																	
Инженерные технологии						Методы управления											
Убытки			Восстановление оптимального рабочего состояния			Конструктивная модификация оборудования			Переход на более экологичный материал			ТРМ			Изменение управления производственным предприятием		
Тип убытка	Подробности	Операция	Эффективность	Простота	Расходы	Эффективность	Простота	Расходы	Эффективность	ТУ	Расходы	Эффективность	Простота	Расходы	Эффективность	Простота	Расходы
Ошибочный параметр процесса	Чрезмерная температура сушильных валиков	Сушка	4	5	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			100			-			-			-			-		
			Изменение уставки системы управления в соответствии с оптимальной рабочей точкой			-			-			-			-		
Ошибочный параметр процесса	Чрезмерная температура прессов	Нажатие	5	5	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			125			-			-			-			-		
			Изменение уставки системы управления в соответствии с оптимальной рабочей точкой			-			-			-			-		
Ошибочный параметр процесса	Чрезмерная скорость сглаживания	Сглаживание	4	5	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			100			-			-			-			-		
			Уменьшение скорости			-			-			-			-		

Продолжение Приложения Ж

Продолжение таблицы Ж.1

Методы улучшения																	
Инженерные технологии									Методы управления								
Убытки			Восстановление оптимального рабочего состояния			Конструктивная модификация оборудования			Переход на более экологичный материал			TPM			Изменение управления производственным предприятием		
Тип убытка	Подробности	Операция	Эффективность	Простота	Расходы	Эффективность	Простота	Расходы	Эффективность	ту ИД	Расходы	Эффективность	Простота	Расходы	Эффективность	Простота	Расходы
			75			-	-	-	-			-			-		
			Уменьшение толщины клея			-			-			-			-		
Ухудшение теплоизоляции	Ухудшение теплоизоляции трубопроводов	Сушка	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	4	4	-	-	-
			-			-			-			64			-		
			-			-			-			Автономное обслуживание: замена изношенной изоляции и периодическая проверка состояния оборудования			-		

Продолжение Приложения Ж

Продолжение таблицы Ж.1

Методы улучшения																	
Инженерные технологии									Методы управления								
Убытки			Восстановление оптимального рабочего состояния			Конструктивная модификация оборудования			Переход на более экологичный материал			TPM			Изменение управления производственным предприятием		
Тип убытка	Подробности	Операция	Эффективность	Простога	Расходы	Эффективность	Простога	Расходы	Эффективность	ту ИЛ	Расходы	Эффективность	Простога	Расходы	Эффективность	Простога	Расходы
Неэффективная обработка материалов	Неоптимальный размер грузовой единицы	Складирование	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	3	4
			-			-			-			-			36		
			-			-			-			-			Изменение конструкции грузового блока путем объединения большего количества слоев фанеры		
Толщина изоляции	Смежные трубопроводы без теплоизоляции	Нажатие	-	-	-	5	=	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			-			100			-			-			-		
			-			Монтаж теплоизоляции			-			-			-		

Продолжение Приложения Ж

Продолжение таблицы Ж.1

Методы улучшения																	
Инженерные технологии						Методы управления											
Убытки			Восстановление оптимального рабочего состояния			Конструктивная модификация оборудования			Переход на более экологичный материал			ТРМ			Изменение управления производственным предприятием		
			Эффективность	Простога	Расходы	Эффективность	Простога	Расходы	Эффективность	ту ИЛ	Расходы	Эффективность	Простога	Расходы	Эффективность	Простога	Расходы
Тип убытка	Подробности	Операция															
Потребление ископаемого топлива	Расход дизельного топлива для лесозаготовительной техники	Выгрузка	-	-	-	3	3	1	3	3	3	-	-	-	-	-	-
			-			15			45			-			-		
			-			Замена существующих транспортных машин на новые электрические			Переход на сертифицированное экологически чистое дизельное топливо			-			-		
Использование не возобновляемой энергии	Потребление электроэнергии из национальной сети	Целое растение	-	-	-	5	3	1	5	4	3	-	-	-	-	-	-
			-			15			60			-			-		
			-			Установка фотоэлектрической системы			Покупка сертифицированной возобновляемой энергии			-			-		
Неустойчивая упаковка	Потребление полиэтиленовой упаковки	Упаковка	-	-	-	-	-	-	4	3	2	-	-	-	-	-	-
			-			-			24			-			-		
			-			-			Перейти на целлоф. уп.			-			-		