

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)

20.03.01 Техносферная безопасность

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Безопасность технологических процессов и производств

(направленность (профиль)/специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Оценка эффективности применяемых методик для определения риска
возникновения аварийных ситуаций на производстве

Обучающийся

А.В. Крючков

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.с. -х.н., доцент, О.А. Малахова

(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 2024

Аннотация

Тема работы: «Оценка эффективности применяемых методик для определения риска возникновения аварийных ситуаций на производстве».

В разделе «Анализ нормативно-правовых документов и требований, предъявляемых к обеспечению безопасности на производстве и при определении риска возникновения аварийных ситуаций» произведен аналитический обзор нормативно-правовых документов, регламентирующих правила проведения оценки риска возникновения аварийных ситуаций на производстве.

В разделе «Анализ эффективности мероприятий и используемых методик для определения уровня риска возникновения аварийных ситуаций на производстве» проводился анализ процесса мониторинга рисков на производстве и представлены результаты проведения мониторинга рисков возникновения аварийных ситуаций на производстве.

В разделе «Оценка предлагаемых мероприятий и организационно-технических решений, направленных на снижение вероятности возникновения аварийных ситуаций на производстве» разрабатываются методы управления рисками при возникновении аварийных ситуаций.

В разделе «Охрана труда» производится оценка уровней профессионального риска на рабочих местах предприятия.

В разделе «Охрана окружающей среды и экологическая безопасность» определена антропогенная нагрузка предприятия на окружающую среду.

В разделе «Защита в чрезвычайных и аварийных ситуациях» разработан план действий по предупреждению и ликвидации ЧС.

В разделе «Оценка эффективности мероприятий по обеспечению техносферной безопасности» выполнена оценка эффективности разработанных мероприятий по обеспечению техносферной безопасности.

Работа состоит из семи разделов на 64 страницах и содержит 22 таблицы.

Содержание

Введение.....	4
Термины и определения	6
Перечень сокращений и обозначений.....	7
1 Анализ нормативно-правовых документов и требований, предъявляемых к обеспечению безопасности на производстве и при определении риска возникновения аварийных ситуаций.....	8
2 Анализ эффективности мероприятий и используемых методик для определения уровня риска возникновения аварийных ситуаций на производстве.....	12
3 Оценка предлагаемых мероприятий и организационно-технических решений, направленных на снижение вероятности возникновения аварийных ситуаций на производстве.....	29
4 Охрана труда.....	33
5 Охрана окружающей среды и экологическая безопасность	40
6 Защита в чрезвычайных и аварийных ситуациях	46
7 Оценка эффективности мероприятий по обеспечению техносферной безопасности	50
Заключение	59
Список используемой литературы и используемых источников.....	62

Введение

Статистика аварий и пожаров на взрывоопасных и легковоспламеняющихся производственных объектах показывает, что ежегодно совокупные опасные события (аварии и пожары) достигают около 20% от общего числа несчастных случаев. Ущерб от таких событий достигает около 46% от общего ущерба от аварий.

Небезопасная рабочая среда является причиной крупных аварий в химической, строительной и других опасных отраслях промышленности. Наличие неисправных механизмов, установок, электроники, оборудования и вводимых ресурсов приводит к серьезным несчастным случаям. Такие причины являются техническими, которые можно проверить и поддерживать в обычном режиме. Другими техническими причинами являются неконтролируемое оборудование, неправильная планировка установки, срок хранения и недостаточное количество предохранительных устройств.

Цель – повысить эффективности определения риска возникновения аварийных ситуаций на производстве за счёт предложения современных методик и систем оценки рисков.

Задачи:

- произвести аналитический обзор нормативно-правовых документов, регламентирующих правила проведения оценки риска возникновения аварийных ситуаций на производстве;
- описать методики расчета эффективности применяемых технологических приемов для повышения уровня безопасности и снижения рисков аварийности на производстве;
- провести анализ процесса мониторинга рисков на производстве;
- определить принцип проведения качественного и количественного анализа рисков;
- рассмотреть результаты проведения мониторинга рисков возникновения аварийных ситуаций на производстве;

- рассмотреть наиболее эффективные методы управления рисками при возникновении аварийных ситуаций на производстве;
- рассмотреть современные технические решения для определения риска возникновения аварийных ситуаций на производстве;
- произвести оценку уровней профессионального риска на рабочих местах предприятия;
- оформить результаты производственного экологического контроля по предприятию;
- разработать план действий по предупреждению и ликвидации ЧС на предприятии;
- выполнить оценку эффективности разработанных мероприятий по обеспечению техносферной безопасности.

Термины и определения

В работе применяются следующие термины с соответствующими определениями.

Охрана труда – система сохранения жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности, включающая в себя правовые, социально-экономические, организационно-технические, санитарно-гигиенические, лечебно-профилактические, реабилитационные и иные мероприятия [12].

Оценка воздействия на окружающую среду – «вид деятельности по выявлению, анализу и учету прямых, косвенных и иных последствий воздействия на окружающую среду планируемой хозяйственной и иной деятельности в целях принятия решения о возможности или невозможности ее осуществления» [7].

Оценка профессиональных рисков – «это выявление возникающих в процессе осуществления трудовой деятельности опасностей, определение их величины и тяжести потенциальных последствий» [19].

Горючая среда – совокупность веществ и материалов, оборудования и конструкций, способных гореть.[6].

Воспламеняемая смесь – горючая смесь, способная воспламеняться.

Авария – опасное техногенное происшествие, создающее на объекте, определенной территории или акватории угрозу жизни и здоровью людей и приводящее к разрушению зданий, сооружений, оборудования и транспортных средств, нарушению производственного или транспортного процесса, а также к нанесению ущерба окружающей природной среде[6].

Перечень сокращений и обозначений

В работе применяются следующие сокращения и обозначения:

АПФД – аэрозоли преимущественно фиброгенного действия.

АСДНР – аварийно-спасательные и другие неотложные работы.

ГО – гражданская оборона.

ГПМ – грузоподъемные машины.

ДПД – добровольная пожарная дружина.

ОРО – объект размещения отходов.

ОТ – охрана труда.

ПБ – пожарная безопасность.

ПВР – пункт временного размещения.

СЭП – сборочно-эвакуационный пункт.

ТКО – твёрдые коммунальные отходы.

ФККО – федеральный классификационный каталог отходов.

ЧС – чрезвычайная ситуация.

ETA – анализ дерева событий.

FMEA – анализ причин и послед-ствий отказов.

FTA – анализ дерева отказов.

HAZOP, HAZAN – анализ опасности и представляет собой метод, который фокусируется на рабочих задачах как способ выявления опасностей, прежде чем они произойдут.

LORA – анализ уровня защиты.

MIAP – программы предотвращения крупных промышленных аварий.

PCMS – проактивная система управления строительством.

PNA – метод предварительного анализа опасностей.

1 Анализ нормативно-правовых документов и требований, предъявляемых к обеспечению безопасности на производстве и при определении риска возникновения аварийных ситуаций

Отсутствие надлежащих мер безопасности, предпринимаемых руководством, является основным фактором, приводящим к несчастному случаю на производстве.

«Основополагающие документы, регулирующие жизнедеятельность России, включая ее важнейшую промышленную инфраструктуру, включают Стратегии национальной безопасности Российской Федерации, утвержденные Указами Президента Российской Федерации, которые регламентируют разработку комплексных мер по их реализации» [1].

Результатом исследовательского проекта по проблемам обеспечения безопасности на производстве, решаемым с использованием риск-ориентированного подхода на промышленных объектах, являются консолидированные области исследований, демонстрирующие ценные результаты исследований.

В целях осуществления надлежащего контроля за соблюдением мер безопасности, оценки достаточности и эффективности мероприятий по предупреждению и ликвидации ЧС на промышленных объектах введено для предприятий, учреждений, организаций и других юридических лиц, имеющих в своем составе производства повышенной опасности, обязательную разработку декларации промышленной безопасности. В дальнейшем приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 16 октября 2020 г. № 414 [6] введен в действие «Порядок оформления декларации промышленной безопасности опасных производственных объектов и перечня включаемых в нее сведений».

Декларация безопасности промышленного объекта является документом, в котором отражены характер и масштабы опасности на объекте, а также выработанные мероприятия по обеспечению промышленной

безопасности и готовности к действиям в условиях техногенных ЧС. Декларация разрабатывается как для действующих, так и для проектируемых предприятий и включает следующие разделы:

- общую информацию об объекте;
- анализ уровня опасности промышленного объекта;
- обеспечение готовности промышленного объекта к локализации и ликвидации ЧС в случае ее возникновения;
- информирование общественности;
- приложения, включающие ситуационный план объекта и информационный лист.

Техногенная опасность объекта – состояние, при котором в результате возникновения источника техногенной ЧС на объекте определенной территории или акватории нарушаются нормальные условия жизни и деятельности людей, возникает угроза их жизни и здоровью, наносится ущерб имуществу населения, народному хозяйству и окружающей природной среде [6].

«Существует несколько подходов к управлению рисками в промышленной среде. Этот процесс можно рассматривать как часть анализа безопасности, который обычно понимается как изучение системы, выявление источников риска и опасных ситуаций во всей системе, а также их снижение и контроль» [1].

В рамках вышеупомянутых подходов на отдельных этапах используются принципы следующих выбранных методов:

- ФТА;
- ЕТА;
- схема галстука-бабочки;
- HAZOP, HAZAN;
- анализ «Что, если», диаграмма Ишикау;
- FMEA, анализ контрольного списка;
- РНА (Холла, К., 2013) [6].

На разных этапах процесса используются многочисленные методы анализа рисков.

Инструменты идентификации технологических опасностей, такие как контрольные списки «Что, если» и HAZOP, обычно предназначены для определения всех потенциальных сценариев на конкретном объекте. «Второй набор инструментов анализа рисков используется для изучения мер контроля и вероятности, таких как LOPA и анализ дерева неисправностей (FTA). Эти методы применяются» [1] к выбранным сценариям для определения того, достаточны ли меры контроля, а в случае количественного или полуколичественного анализа – для определения вероятности.

«Методы анализа рисков могут быть качественными, полуколичественными или количественными. Методы анализа рисков могут быть» [1] дополнительно существенно подразделены в зависимости от типа результата:

- детерминированные методы основаны на конечном сценарии опасности для определения последствий для людей и окружающей среды с учетом набора определенных обстоятельств;
- вероятностные методы основаны на вероятности возникновения определенного сценария отказа (обычно отказа оборудования) и вероятности различных последствий.

Следовательно, детерминированные методы не учитывают вероятность всех возможных исходов, а скорее фокусируются на выбранном сценарии, таком как наихудшее событие или событие, которое с наибольшей вероятностью произойдет.

Таким образом, вероятностные методы могут учитывать вероятность многих сценариев, приводящих к нежелательным результатам.

«Эти методы описаны в вышеупомянутых источниках, а также в выбранных технических стандартах не только международного, но и национального уровня. Эти подходы и методы используются экспертами, которые внедряют их в производственные процессы при обработке

документации по охране труда в рамках Программы предотвращения крупных промышленных аварий (МІАР)» [1].

Таким образом, вероятностные методы могут учитывать вероятность многих сценариев, приводящих к нежелательным результатам.

Вывод по разделу.

В разделе проведён аналитический обзор нормативно-правовых документов, регламентирующих правила проведения оценки риска возникновения аварийных ситуаций на производстве, представлены методики определения рисков аварийности на производстве.

В разделе определено, что подходы и методы определения риска возникновения аварийных ситуаций используются экспертами, которые внедряют их в производственные процессы при обработке документации по охране труда в рамках Программы предотвращения крупных промышленных аварий.

В широком смысле оценка риска охватывает контроль опасных процессов. Целью оценки риска является оценка опасностей и устранение или снижение уровня связанного с ними риска посредством профилактических и / или смягчающих мер контроля.

В разделе определено, что оценка рисков должна начинаться со следующих шагов для установления контекста: определение цели и объема оценки, взаимодействие с заинтересованными сторонами, определение целей, учет человеческих, организационных и социальных факторов и анализ критериев риска для принятия решений.

2 Анализ эффективности мероприятий и используемых методик для определения уровня риска возникновения аварийных ситуаций на производстве

Доступность различных методов анализа рисков предоставляет пользователю гибкость в зависимости от сложности объекта и доступности деталей процесса или установки на момент анализа.

Поскольку существует множество вариаций и гибридных подходов, этот список не является исчерпывающим.

В типичном анализе рисков может использоваться комбинация качественных и количественных методов; например, сайт часто может начинать с качественного метода для выявления «всех возможных сценариев, а затем использовать дополнительные количественные методы для углубленного изучения конкретных сценариев» [1].

Методы качественного «анализа рисков, как правило, наименее сложны, поскольку не требуют использования расчетов, компьютерного моделирования или баз данных о частоте отказов» [15]. Эти методы используются для установления «базового понимания рисков для конкретного процесса или объекта и помогают определить системы или оборудование, которые могут нуждаться в дальнейшем анализе с использованием более детального метода» [15]. Из-за присущей им природы, основанной на опыте членов группы проверки, способность качественных методов точно представлять риски может быть ограничена.

Полуколичественные методы анализа рисков:

- используют некоторую степень количественной оценки последствий, вероятности и/или уровня риска;
- обычно используются, когда заинтересованным сторонам требуется дополнительная глубина количественной оценки сбоев и последствий, но они не обязательно нуждаются в полностью количественном анализе рисков или имеют средства для его

проведения;

- может быть достаточным для объектов, где опасности могут не представлять существенного риска на объекте и/или за его пределами;
- имеют некоторые ограничения, аналогичные качественным методам, таким как опора на суждения экспертов, но обеспечивают возможность количественной оценки риска в относительном выражении, что позволяет проводить более расширенную оценку риска, что является следующим шагом в оценке риска.

В отличие от качественных методов, методы количественного анализа риска включают использование численных оценок серьезности и вероятности или частоты событий, связанных с потерей герметичности. Методы количественного анализа риска требуют большей строгости при их разработке и исполнении. Количественные методы включают в себя несколько этапов, включая разработку сценариев и исходных условий, анализ последствий выбранных сценариев, определение вероятности или частоты сбоев, приводящих к выбранным сценариям, и рассмотрение последствий существующих мер предосторожности для предотвращения или смягчения последствий проанализированных сценариев.

Рассмотрим инструменты анализа рисков. В большинстве случаев использование нескольких инструментов анализа рисков необходимо для выполнения всех этапов анализа рисков.

Структура «Что, если» предоставляет предварительно заполненный, основанный на сценарии список вопросов, используемых для первоначальной идентификации опасностей процесса с целью выявления опасностей и сценариев потенциальной потери герметичности. Группа экспертов рассматривает эти вопросы и предоставляет подробные ответы с целью разработки рекомендаций по предотвращению или смягчению сценария. Процедура метода «Что, если» делает его более вероятным для выявления уникальных технологических опасностей, чем базовый контрольный список.

Однако этот метод ограничен опытом членов группы проверки. Чтобы смягчить это ограничение, этот инструмент можно использовать в сочетании с контрольным списком для облегчения более тщательного и обоснованного анализа.

HAZOP – это систематический обзор опасностей, связанных с оборудованием, используемым химической промышленностью по всему миру. Объект разделен на управляемые системы и подсистемы, называемые узлами. Мультидисциплинарная команда изучает возможные отклонения от нормальной работы этих подсистем. Схемы трубопроводов и контрольно-измерительных приборов для технологического процесса систематически проверяются для определения ненормальных причин и неблагоприятных последствий всех возможных отклонений.

Ряд руководящих слов и параметров используются в сочетании и создают гипотетические отклонения от нормальной работы. Команда HAZOP использует эту систематическую структуру для определения соответствующих мер по уменьшению последствий и/или частоты отклонений. Этот метод также позволяет одновременно оценивать причины и последствия отклонения и применим к любой системе или процедуре. HAZOP, как правило, отнимают много времени и требуют участия многопрофильной команды.

Анализ режимов и последствий отказов (FMEA) – это индуктивный метод «снизу вверх», который компилирует режимы отказа выбранного оборудования и последствия, связанные с отказом. Режим сбоя описывает, как компонент системы выходит из строя (открыт, закрыт и т.д.), и эффект определяется реакцией системы на сбой.

FMEA может быть эффективным благодаря своему систематическому и структурированному подходу; однако способы отказа новых систем могут быть неизвестны из практики, и структура может затруднить сосредоточение внимания на критических отказах. FMEA может быть расширен до FMESA путем включения критичности режима отказа, который обеспечивает более

количественную основу для анализа рисков.

Метод HAZOP может быть расширен за счет включения компонента анализа рисков; используя матрицу рисков, команда может проиллюстрировать, что разработанные рекомендации адекватно снижают выявленные риски. Таблица HAZOP может быть расширена, чтобы включить базовый риск для каждого сценария, риск с существующими мерами предосторожности и риск после внедрения дополнительных мер предосторожности. Можно использовать матрицу рисков с уровнями серьезности и частоты для информирования команды HAZOP во время проведения анализа рисков. Хотя уровни риска определяются консенсусом, выбор серьезности последствий и вероятности часто ограничивается предубеждениями и опытом участников семинара; применение количественной оценки может обеспечить более объективные и обоснованные значения.

«Анализ уровней защиты (LOPA) – это упрощенная форма количественного анализа рисков» [15]. В нем используются категории порядка величины для определения частоты возникновения причин, серьезности последствий и вероятности отказа мер предосторожности – следовательно, он считается инструментом полуколичественного анализа рисков. Мер предосторожности, проанализированных в LOPA, определены как независимые уровни защиты.

LOPA – это основанный на сценарии метод анализа рисков, в котором выполняются следующие действия:

- определить целевые последствия, определить возможные сценарии и выбрать сценарий инцидента;
- определить причину выбранного сценария и определить его частоту;
- определить независимые уровни защиты и оцените частоту их отказов;
- рассчитайте общую частоту сценария, объединив причину и сбои независимого уровня защиты;

- определить уровень риска для сценария путем определения величины последствия и продолжение оценки риска.

LOPA требует меньше времени и усилий, чем полностью количественный метод, облегчает определение более точных причинно-следственных связей и может помочь разрешить конфликты при принятии решений, предоставляя согласованную основу для анализа рисков. Само LOPA не определяет опасности систематически и должно основываться на инструменте анализа опасности, таком как HAZOP или FMEA.

Анализ последствий (модели высвобождения и модели эффекта) – после определения исходного термина разрабатываются модели выпуска для определения характеристик сценария, зависящих от времени. Для выбросов жидкости ключевыми характеристиками являются скорости потока, испарения и размер разлива в бассейне; для выбросов газа или пара необходимы общий ожидаемый объем выбросов и скорости выбросов. Эти характеристики предоставляют «средства для расчета последствий (например, размер облака пара необходим для оценки размера огненного шара и волны давления, возникающей в результате взрыва)» [15].

Применительно к выбросам газа или паров модели рассеивания используются для получения оценки площади воздействия и ожидаемых средних концентраций паров. Для разработки моделей требуются скорость выброса газа, высота выброса, атмосферные условия, геометрия, температура, давление и диаметр выброса. Кроме того, учитывается плотность газа или пара, а также тип выброса (мгновенный, непрерывный или изменяющийся со временем).

Для выбранного сценария применимые события могут быть дополнительно изучены с использованием моделей воздействия, целью которых является определение последствий воздействия токсичных материалов, тепловых эффектов от пожара или воздействия давления пламени при взрыве. При взрывах и пожарах последствиями могут быть избыточное давление и поток теплового излучения, приводящие к травмам или

смертельным исходам; при выбросах токсичных веществ последствия могут включать пороговые значения воздействия (например, непосредственную опасность для жизни или здоровья). На основе этих моделей воздействия можно рассчитать смертельные расстояния для определения потенциального числа смертельных случаев или травм в зависимости от плотности населения.

Анализ может быть расширен для изучения экологических последствий вдали от источника, таких как определение концентраций воздействия токсичных химических веществ на людей за пределами объектов (например, жилых или коммерческих районов) или количественная оценка выбросов химических веществ в почву или водные пути.

Анализ дерева неисправностей FTA – это дедуктивный метод для определения наступления аварийного состояния или события потери герметичности. Верхнее событие дерева определяется как событие, подлежащее изучению, и дерево строится путем составления списка способствующих факторов, которые могут привести к верхнему событию по отдельности или в комбинации (обозначаются через «и» «или»).

FTA позволяет аналитической группе дедуктивно определять возможные причины события и сценарии критических сбоя. Структура FTA помогает визуализировать опасность и позволяет команде детально сосредоточиться на одном сценарии или опасности одновременно. В сочетании с частотой отказов дерево отказов предоставляет количественную информацию о частоте отказов для выявления цепочек событий, представляющих наибольший риск, и, таким образом, определяет, на чем следует сосредоточить усилия по предотвращению и/или смягчению последствий. Если в дереве отказов есть связь «и», вероятности отказа для следующего более высокого события умножаются. Если есть связь «или», вероятности отказа суммируются. Частоты также могут быть рассчитаны. Метод дерева неисправностей также предоставляет возможность:

- рассматривать и учитывать эффективность превентивных мер;
- учитывать «отказ по требованию» (вероятность того, что система

безопасности не сможет выполнить свою функцию безопасности при вызове).

FТА может быть сложным, требующим глубокого понимания изучаемой системы. Однако он широко используется в качестве фундаментального метода оценки частоты событий для количественного анализа рисков.

Слабым местом FТА является то, что данные о частоте отказов и вероятности сбоев по требованию для компонентов и событий системы могут иметь связанную с ними неопределенность и могут быть недоступны, особенно если система или компонент новые и не имеют установленной истории эксплуатации. В таких случаях эти данные, возможно, потребуется оценивать с помощью инженерного суждения или с использованием диапазонов с анализом чувствительности, а не полагаться на хорошо охарактеризованные данные. Поэтому для разработки согласованного процесса оценки рисков в стране важно, чтобы владельцы станций и органы власти совместно составляли рамочные отчеты или принципы, в которых были бы определены единообразные вероятности отказа.

Анализ дерева событий (ЕТА) – это индуктивный метод для выявления различных сценариев, которые могут произойти после того, как произойдет «главное событие». ЕТА – это дерево, которое идентифицирует различные последовательности событий, как неудач, так и успехов, которые могут привести к последствиям, учитывая, что исходное событие произошло.

Как и FТА, ЕТА предоставляет графическое пособие для визуализации возможных результатов после начального события; однако упражнение может быть сложным и отнимать много времени. Эти два метода часто связаны тем, что FТА учитывает вероятность наступления исходного события, а ЕТА учитывает вероятность одного или нескольких последствий, учитывая, что исходное событие произошло.

Соответственно, FТА рассматривает и учитывает меры по предотвращению, а ЕТА рассматривает и учитывает меры по смягчению последствий. Как и в случае с FТА, частота отказов и вероятность воздействия

последствий иногда недоступны, и их необходимо оценить, чтобы можно было продолжить количественный анализ.

Модель галстука-бабочки – это инструмент анализа рисков на основе сценариев, который чаще всего рассматривается как комбинация FTA и ETA. Событие потери герметичности (или другое исходное событие) помещено в центр, а его причины и последствия соответственно в левой и правой частях.

Благодаря четкому визуальному оформлению и компактной конструкции модель «галстук-бабочка» является мощным инструментом для представления основных опасностей относительно простых объектов (например, складских помещений, эксплуатация которых по своей сути ограничена), для связи и координации с заинтересованными сторонами, имеющими меньший опыт в области оценки рисков, и обеспечивает четкую основу для планирования реагирования на чрезвычайные ситуации, показывая различные аварийные пути при одном и том же событии с потерей герметичности и установленные барьеры безопасности для смягчения их последствий.

«Хотя модель «галстук-бабочка» в основном используется как визуальный инструмент» [15], ее можно использовать как метод количественного анализа рисков за счет «использования данных дерева неисправностей и дерева событий, наряду с вероятностью возникновения или частотой отказов барьеров безопасности, для определения риска, связанного» [15] с исследуемым событием.

Выбор инструментов анализа рисков продиктован несколькими факторами, в том числе:

- цели организации, проходящей анализ рисков, и требуемый уровень строгости;
- критерии, которым необходимо соответствовать (например, количественный целевой показатель риска, целевой показатель матрицы рисков);
- имеющиеся знания персонала и «документации в качестве основы

- для анализа рисков;
- сложность процесса;
- относительная величина опасности и уровни потенциального риска;
- стадия разработки проекта» [15].

«Строгость метода анализа рисков (например, качественного или количественного)» [15] может основываться на сложности процесса, типе отрасли или законодательных требованиях конкретной страны.

Простые процессы и опасности могут быть адекватно охвачены качественным методом, в то время как сложный процесс может потребовать количественного метода.

В таблице 1 обобщены преимущества и проблемы, связанные с каждым из методов анализа рисков, обсуждаемых в этом разделе.

Таблица 1 – Сравнение инструментов и методов анализа рисков

Метод / инструмент	Преимущества	Недостатки	Применимые шаги по оценке риска
Что, если или What-if контрольный список	Идентифицирует опасности «или конкретные аварийные события, которые могут привести к нежелательным последствиям» [15]. Относительно легко наносится	«Определяет только последствия опасности» [15]. Слабо структурированный инструмент	«Идентификация рисков: определение опасностей и уязвимых объектов» [15]
HAZOP	«Систематический метод выявления и документирования опасностей с помощью» [15] образного мышления. Одновременная оценка причин и последствий отклонений.	Не включает категоризацию рисков. Отнимает много времени. Требует детального знания технологического процесса	Идентификация рисков: определение опасностей и уязвимых объектов

Продолжение таблицы 1

Метод / инструмент	Преимущества	Недостатки	Применимые шаги по оценке риска
HAZOP с уровнями риска	То же, что HazOp. Применимо к любой системе или процедуре. Включает классификацию рисков для лучшего определения опасностей и необходимости мер по снижению риска	Отнимает много времени. Требуется многопрофильная команда для выполнения. Выбор рисков ограничен опытом команды HAZOP	Идентификация рисков: определение опасностей и уязвимых объектов
FMEA / FM ECA	«Метод индуктивного анализа для определения режимов отказа путем систематического анализа каждого компонента системы. Может быть расширен до количественного метода за счет использования анализа критичности (FMЕСА)» [15]	Поведение при отказах новых систем, неизвестное из практики. Может быть трудно сосредоточиться на большинстве критических сбоев	Анализ рисков: разработка опасных инцидентов, смягчающих их последствия
LOPA	«Требуется меньше времени и усилий, чем полностью количественный метод» [15]. Облегчает «определение более точных пар причина-следствие» [15]. «Обеспечивает четкое понимание уровней защиты» [15]	Не содержит систематической идентификации опасностей. Должно основываться на инструменте анализа опасности. Может быть неэффективно для сложных сценариев	Анализ рисков: определите смягчающие факторы, оцените частоты
Последующий анализ	При надлежащем выполнении обеспечивается высокий уровень уверенности в результатах и надежное обоснование для принятия решений, основанных на риске	Требуется полностью количественная разработка сценария и моделей эффектов. «Требуется проверка и валидация для уверенности в точности результатов» [15]	Анализ рисков. Оцените последствия
FTA	Определяет и моделирует комбинации отказов оборудования, человеческих ошибок и внешних условий, приводящих к аварии	«Чаще всего используется как метод системного уровня» [15], а не основанный на последствиях	Анализ рисков: оценка частотности

Продолжение таблицы 1

Метод / инструмент	Преимущества	Недостатки	Применимые шаги по оценке риска
FTA	Позволяет команде детально сконцентрироваться на одном сценарии или опасной ситуации одновременно	Требуются данные о частоте отказов оборудования	-
	Метод дедуктивного моделирования. Высокоструктурированный метод глубоко определяет причины		
	Предоставляет графическую помощь для визуализации системы и режимов сбоев		
ETA	Высокоструктурированный метод. Подробно определяет причины. Предоставляет графическое пособие для визуализации результата	Частота отказов и вероятность воздействия последствий иногда недоступны. «Может потребоваться использование FTA в сочетании с ETA» [15]	Анализ рисков: оценка частотности
Галстук-бабочка	Визуальный инструмент позволяет четко понимать пути прохождения событий. Может быть использовано качественно	Требуется разработка FTA и ETA для полного понимания	Анализ рисков: Определите смягчающие факторы

Результаты анализа рисков используются в качестве основы для следующего шага – оценки рисков. Типичные результаты анализа рисков включают:

- список оцененных сценариев вместе с причинами и целевыми показателями последствий;
- уровни риска, рассчитанные или определенные для каждого сценария (например, риск летального исхода из-за разрыва технологической емкости из-за избыточного давления);
- для документирования воздействия на окружающую среду уместна оценка последствий порогового значения (концентрации

экоотоксичности);

- рассчитанная и построенная диаграмма зависимости вероятности от последствий (f-n кривые).

Глобальное развитие сложных и важных технологий в различных отраслях промышленности, особенно в опасных производствах, привело к разработке упреждающих подходов к обеспечению безопасности вместо реактивных. Фактически, новый подход основан на выявлении, оценке и контроле коренных причин аварий до их возникновения [1, 2]. Анализ крупных аварий показал, что большую часть ущерба не только можно предотвратить, но и предсказуемо. Однако это обусловлено выявлением коренных причин, а также своевременными мерами контроля [3-6]. Анализ первопричин аварий, таких как выброс легковоспламеняющихся, взрывоопасных и токсичных химических веществ, является одним из наиболее важных шагов для повышения уровня безопасности на различных промышленных объектах, особенно в химической промышленности [2, 7]. Более того, исследование прошлых аварий показало, что катастрофические происшествия никогда не зависят от одной причины, скорее они связаны с множеством причинных факторов. [8].

Информация о результатах аналитического сравнения представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Сравнение методов оценки рисков, используемых для обеспечения практической интегрированной безопасности промышленных предприятий

Методы оценки рисков в рамках комплексной безопасности промышленных объектов			
В области промышленной безопасности	В области пожарной безопасности	В области охраны труда	Оригинальные методы, предложенные Е.В. Гвоздевым
Методы, относящиеся к группе логико-графических методов			
Анализ дерева событий. Анализ дерева отказов. Метод «Что, если»	Логические деревья событий	Сценарный анализ; Анализ дерева решений; Структурированный метод «Что, если» (Swift)	Байесовское доверие Метод сетей (BTN)

Продолжение таблицы 2

В области промышленной безопасности	В области пожарной безопасности	В области охраны труда	Оригинальные методы, предложенные Е.В. Гвоздевым
Методы, относящиеся к группе методов экспертного анализа			
Контрольный список. Опасности и анализ работоспособности (НОА). Метод HAZID (идентификации опасности)	-	Контрольные списки; Анализ галстуков-бабочек; Метод HAZOP (исследование опасности и работоспособности).	Анализ иерархии и метод попарных сравнений (MAI)
Методы, относящиеся к группе, при которых характеристики рассчитываются с использованием индивидуальных весовых коэффициентов			
Тип отказа и анализ последствий (FTCA). Анализ действий по обеспечению безопасности. Количественная оценка риска несчастных случаев	Определение времени блокирования путей эвакуации в случае пожара; определение расчетного времени эвакуации	«Причинно-следственный анализ; матричный метод на основе скоринга; Анализ уровней защиты LOPA; HRA (оценка надежности Human); оценка риска профессиональных заболеваний; анализ экономической эффективности (затраты-выгода анализ)» [15]	Метод комплексные числа (метод Symb)

В таблице представлены сводные группы методов, используемых в подсистемах (InS, FS, OS). Их практическое применение позволяет получать результаты в виде конечных (качественных или количественных) оцененных значений риска [17].

В связи с этим сбор и анализ соответствующих данных являются наиболее важными шагами в предотвращении аварий. Без получения полных знаний о первопричинах аварий и их последствиях менеджеры не смогут принять сознательное решение о внедрении профилактических мер. Таким образом, анализ и моделирование причин аварий, определение характера, типа и последствий аварий могли бы помочь нам определить связанные с ними причинные факторы и способы предотвращения других подобных аварий [9, 10]. Для выявления прямых, косвенных и коренных причин, а также снижения частоты возникновения и тяжести опасных последствий в промышленных

средах используется несколько методов анализа аварий [11]. Метод «Tripod Delta» является одним из наиболее широко используемых методов анализа аварий в химической промышленности. Этот метод может быть использован для анализа аварий и оценки возможностей существующей системы безопасности. Метод «Tripod Delta» ориентирован на перспективу, что можно рассматривать как положительный момент по сравнению с ретроспективными методами. Этот метод не опирается на прошлые аварии, а вместо этого фокусируется на факторах, которые сыграли ключевую роль во всех недавних авариях. Метод «Tripod Delta» учитывает одиннадцать факторов будущей аварии и исследует каждый из них отдельно [12, 13].

«Опасности при эксплуатации грузоподъемных машин (ГПМ), в основном, связаны:

- с непреднамеренным контактом человека с движущимися частями оборудования;
- с возможными ударами от падающих предметов при обрыве поднимаемого груза;
- с высыпанием части груза;
- с падением ГПМ;
- с наездом и ударами при столкновении с передвижными ГПМ» [13].

«Проанализируйте потенциальные опасности, возникающие при эксплуатации грузоподъемных и транспортных средств. Опишите порядок контроля их состояния. Изложите основные требования безопасности к конструкциям и к эксплуатации подъемно-транспортных средств» [13].

«Производство работ грузовыми кранами вблизи линий электропередачи связано с повышенной опасностью. Анализ травматизма показывает, что большинство случаев поражения людей электрическим током происходит тогда, когда стрела крана не только касается провода линии электропередачи, но и находится на недопустимо близком расстоянии от нее – 0,5- 1,2 м. Несчастный случай может произойти также, если человек находится вблизи работающего крана и попадает под шаговое напряжение.

Все это ставит работы вблизи линий электропередачи в один ряд с самыми опасными работами, выполняемыми с помощью грузоподъемных кранов» [13].

«Пожары на кранах, в большинстве случаев возникают от самовозгорания, загорания обтирочных, горючих и легковоспламеняющихся материалов, часто от невыполнения элементарных требований противопожарной безопасности. Одна из причин пожаров – неудовлетворительный надзор за электрооборудованием и проводами, отопительными приборами, что приводит к короткому замыканию, перегрузкам, образованию электрических искр и загоранию. При возникновении пожара в первую очередь выключается аварийный рубильник. После этого вызывается служба пожаротушения и принимаются меры для ликвидации пожара своими силами» [13].

«Опасность опрокидывания крана. В случае неправильного расчёта крана на опрокидывание до начала производства грузоподъёмных работ, возникает опасность потери краном равновесия, что может повлечь за собой человеческие жертвы, разрушение сооружений и технических устройств. На устойчивость крана влияет также устройство площадок выполнения грузоподъёмных работ» [13].

«Опасность падения груза является одной из самых распространённых опасностей при эксплуатации грузоподъёмных машин. Чаще всего эта опасность связана с неправильной строповкой груза, разрывом канатов и неисправности грузозахватных механизмов. Для обеспечения безопасности следует проводить обследование крана и устройств для проведения работ, соблюдать правила строповки и эксплуатации кранов, соблюдать технику безопасности» [13].

«Основными причинами, которые приводят к авариям грузоподъёмных машин и к несчастным случаям на производстве и на которые должностным лицам строительных организаций следует обращать внимание с целью недопущения аварий, являются:

- неисправность или отсутствие приборов и устройств безопасности; умышленное отключение приборов безопасности путем заклинивания контакторов защитных панелей кранов;
- перегрузки кранов при подъеме грузов;
- допуск кранов к работе без проведения их технического освидетельствования или с истекшим сроком освидетельствования;
- эксплуатация кранов с истекшим сроком эксплуатации;
- установка стреловых кранов на площадках с уклоном, превышающим паспортную величину для данного крана, на свеженасыпанном не утрамбованном грунте, а также вблизи котлованов или траншей на недопустимом расстоянии;
- отсутствие должного контроля со стороны должностных лиц за соблюдением обслуживающим персоналом требований производственных инструкций;
- не обеспечение обслуживания и ремонта грузоподъемных кранов обученным и аттестованным персоналом, имеющим необходимые знания и навыки для выполнения возложенных на него обязанностей, а также не проведение периодической проверки знаний и инструктажей обслуживающего персонала;
- человеческий фактор, выражающийся в нарушении обслуживающим персоналом трудовой и производственной дисциплины;
- допуск работы кранов при метеоусловиях (скорость ветра), превышающих допустимые пределы» [15].

Более того, результаты показали, что процедуры в организации имели много недостатков, включая непрозрачность, недоступность, недостаток информации и доведения этих процедур до сведения общественности, а также их несовместимость с условиями труда.

Существуют также недостатки в обучении, которые приводят к низкому уровню знаний по технике безопасности, осведомленности, культуре безопасности, отсутствию мотивации у сотрудников, отсутствию

приверженности и отношения к технике безопасности на организационном уровне.

Неэффективность управления техническим обслуживанием включает несоблюдение инструкций по техническому обслуживанию оборудования, временные ремонты, отсутствие непрерывного мониторинга, отсутствие отчетности и документирования дефектов.

Вывод по разделу.

Превентивные меры контроля опасности, такие как устранение или замена опасного материала или процесса, обычно являются предпочтительными. Несмотря на эффективность, устранение или замена, как правило, сопряжены с трудностями для существующих процессов или средств.

Результаты текущего исследования показали, что с возникновением аварий связаны различные факторы риска. Следовательно, анализ аварий, который обычно проводится для выработки стратегий контроля и снижения частоты несчастных случаев, следует проводить тщательно.

Результаты этого исследования показали, что развитие культуры безопасности является основной причиной несчастных случаев и человеческих ошибок. Для обеспечения культуры безопасности, приверженности технике безопасности и мотивации к работе требуется разработка новой структуры и системы. Опасность пожаров и взрывов имеет место во всех отраслях промышленности; поэтому представляется необходимым предложить новые технические и управленческие решения для выявления первопричин.

В настоящем исследовании такие факторы, как отсутствие систематической документации и процедур, недостаток знаний в системе управления, коммуникация между рабочими группами, недостаточный надзор и неэффективность системы образования, приводили к повторяющимся человеческим ошибкам.

3 Оценка предлагаемых мероприятий и организационно-технических решений, направленных на снижение вероятности возникновения аварийных ситуаций на производстве

Результаты выборочных целевых проверок организаций, проводивших работы вблизи линий электропередачи, показывают, что многие из них осуществляют данные работы с грубыми нарушениями: не проводится дополнительный инструктаж, не оформляются наряды-допуски, не ограждаются места работы. «Подобное отношение может привести к самым тяжелым несчастным случаям. Работы следует проводить грузовыми кранами не ближе 30 метров от линии электропередачи, при этом обеспечивается безопасность труда. Опасность поражения током снижается на кранах, оборудованных прибором типа АСОН, сигнализирующим о приближении машины к линии электропередачи» [16].

«Строгое соблюдение всех норм, определённых в регламенте проведения погрузочно-разгрузочных работ позволяет обеспечивать безопасность опрокидывания крана» [16].

«Безопасность работы ГПМ обеспечивается:

- расчётом и конструкцией крановых механизмов;
- расчётом на прочность канатов крана и грузозахватных устройств;
- подбором тормозом;
- определением устойчивости кранов;
- расчётом металлоконструкции кранов при воздействии статистических и динамических нагрузок, технологических, ветровых перегрузках, обледенении;
- определением опасной зоны при работе ГПМ;
- подбором и расчётом устройств безопасности» [16].

«Основой безопасной эксплуатации грузоподъёмных кранов является систематические обследования (проверки) состояния промышленной безопасности при эксплуатации подъёмных сооружений. Обследованию

подвергается в целом всё предприятие или отдельные его участки (цехи), при этом каждое подъёмное сооружение, кроме кранов мостового типа и лифтов, должно быть осмотрено не реже 1 раза в 3 года» [16].

«Государственному надзору в обязательном порядке подлежат регистрируемые подъёмные сооружения. При наличии на предприятии надлежащего надзора за безопасной эксплуатацией грузоподъёмных кранов осмотр кранов мостового типа может проводиться в выборочном порядке, однако каждый кран должен быть осмотрен не реже 1 раза в 5 лет» [16].

«Безопасность в процессе производства работ по подъёму и перемещению грузов кранами обеспечивается путём осуществления комплекса мер, направленных на улучшение условий труда и техники безопасности на определённом участке производства работ. В зависимости от вида, объёма и сложности выполняемой работы, применения различных типов грузоподъёмных кранов, характера и условий производства принимаются соответствующие меры безопасности» [16].

Для разработки риск-ориентированного подхода к управлению безопасностью на предприятиях следует применять отечественный и зарубежный опыт [1], а также «разработать новую усовершенствованную область оценки рисков с использованием полученных знаний. Другими словами, риск необходимо рассматривать с другой точки зрения.

«На основе анализа текущего состояния и необходимости предоставления нового подхода к оценке рисков для компаний мы решили проект по созданию комплексного подхода к оценке рисков на предприятиях строительной отрасли» [1].

Прежде всего, было «необходимо определить основные этапы управления рисками в отношении комплексной модели (оценка рисков и управление ими), а затем определить отдельные шаги. Решение было нацелено на этап оценки рисков, который был проанализирован и разработан» [1].

Созданная Комплексная модель для оценки рисков производственных процессов разработана в первую очередь для предприятий строительной

отрасли. На «основе выявленных допущений и анализа используемого в настоящее время справочника, а также современных подходов / методов была разработана и создана модель для оценки рисков производственных процессов» [1], проверенная на основе практических внедрений на предприятии ООО «Строймонолит». Процедура включает в себя несколько элементов используемых в настоящее время процедур оценки рисков. «Управление рисками и их оценка как основные этапы и этапы, из которых они состоят, соответствуют действующим в настоящее время подходам, избранным стандартам. Преимуществом выбранных элементов методологии является, в частности, возможность их адаптации к условиям предотвращения крупных промышленных аварий» [1].

«Программное обеспечение iMotylik содержит общие диаграммы «галстук-бабочка», которые демонстрируют причины, следствия и воздействия критического события, которое может привести к крупной промышленной аварии» [19].

Интеграция HAZOP с другими методами анализа технологических опасностей является еще одним расширением традиционного анализа HAZOP для улучшения его возможностей идентификации опасностей. Для проведения оценки рисков в строительной отрасли была разработана интегрированная методология HAZOP / FMEA (анализ режимов отказов и последствий). Для очень сложных динамических систем методология интеграции математической модели и HAZOP предложена методология, которая помогает снизить вероятность игнорирования опасностей и повысить эффективность процесса идентификации опасностей. Информация, полученная в результате исследования HAZOP и других методов анализа технологических опасностей (РНА), должна храниться надлежащим образом для использования при проектировании, ориентированном на безопасность, и принятии решений. Результаты анализа HAZOP были объединены с результатами анализа аварий для разработки базы экспертных знаний, которая помогает операторам понимать операции и принимать решения [20].

Разработанная модель позволяет проводить сравнительный анализ практических результатов; представлена концептуальная модель, которая может вывести существующие системы ИБ на новый качественный уровень развития, которая сочетает в себе традиционные качественные принципы управления рисками (наблюдение, обучение и обратная связь) с программным обеспечением, называемым проактивной системой управления строительством (PCMS). PCMS используется для виртуального отслеживания действий работников в режиме реального времени и позволяет немедленно сообщать работникам о небезопасных действиях и обратно в систему, если на защитных шлемах работников установлено функциональное устройство [18].

Вывод по разделу.

В разделе проанализированы самые последние достижения в области оценки рисков возникновения аварии. Определены консолидированные области исследований, включающие соответствующие результаты исследований.

Представлены методы, используемые для оценки рисков в отраслевых подсистемах (INS, FS, OS). Противоречия учтены для улучшения и развития нового направления исследований систем безопасности.

Разработана модель, позволяющая проводить сравнительный анализ практических результатов; представлена концептуальная модель, которая может вывести существующие системы безопасности на новый качественный уровень развития. Активная система обеспечения безопасности сочетает в себе традиционные качественные принципы управления рисками (наблюдение, обучение и обратная связь) с программным обеспечением, называемым проактивной системой управления строительством (PCMS). PCMS используется для виртуального отслеживания действий работников в режиме реального времени и позволяет немедленно сообщать работникам о небезопасных действиях и обратно в систему, если на защитных шлемах работников установлено функциональное устройство.

4 Охрана труда

За последние годы было проведено множество количественных исследований, включая опросы и анкеты, среди строителей, подрядчиков и строительных компаний, которые были опубликованы. Эта информация была полезна для выявления вопросов, связанных со строительными площадками, строительной отраслью, системой субподряда, условиями труда и управлением безопасностью на рабочем месте в целом. Для понимания оценки рисков и управления ими важно объяснить, что подразумевается под термином «риск». Классическое определение риска относится к поддающейся расчету части неопределенности, для которой можно оценить вероятность возникновения и величину ущерба или убытков [9].

Согласно статье 209 Трудового кодекса Российской Федерации руководитель предприятия должен оценивать и контролировать риски [4].

Реестр опасностей на рабочем месте сварщика представлен в таблице 3.

Таблица 3 – Реестр опасностей на рабочем месте сварщика

Опасность	ID	Опасное событие
8. Подвижные части машин и механизмов	8.1	Удары, порезы, проколы, уколы, затягивания, наматывания, абразивные воздействия подвижными частями оборудования
9. Воздействие на кожные покровы обезжиривающих и чистящих веществ	9.3	Заболевания кожи (дерматиты) [4]
12. Аэрозоли преимущественно фиброгенного действия (АПФД)	12.5	Воздействие на органы дыхания воздушных взвесей, содержащих чистящие и обезжиривающие вещества
13. Материал, жидкость или газ, имеющие высокую температуру	13.1	Ожог при контакте незащищенных частей тела с поверхностью предметов, имеющих высокую температуру
	13.2	Ожог от воздействия на незащищенные участки тела материалов, жидкостей или газов, имеющих высокую температуру
	13.3	Тепловой удар при длительном нахождении в помещении с высокой температурой воздуха

Реестр опасностей на рабочем месте машиниста компрессора представлен в таблице 4.

Таблица 4 – Реестр опасностей на рабочем месте машиниста компрессора

Опасность	ID	Опасное событие
8. Подвижные части машин и механизмов	8.1	Удары, порезы, проколы, уколы, затягивания, наматывания, абразивные воздействия подвижными частями оборудования
9. Вредные химические вещества в воздухе рабочей зоны	9.1	Отравление воздушными взвесями вредных химических веществ в воздухе рабочей зоны
13. Материал, жидкость или газ, имеющие высокую температуру	13.1	Ожог при контакте незащищенных частей тела с поверхностью предметов, имеющих высокую температуру
20. Повышенный уровень шума и другие неблагоприятные характеристики шума	20.1	Снижение остроты слуха, тугоухость, глухота, повреждение мембранной перепонки уха, связанные с воздействием повышенного уровня шума
27. Электрический ток	27.1	Контакт с частями электрооборудования, находящимися под напряжением

Реестр опасностей на рабочем месте аккумуляторщика представлен в таблице 5.

Таблица 5 – Реестр опасностей на рабочем месте аккумуляторщика

Опасность	ID	Опасное событие
9. Вредные химические вещества в воздухе рабочей зоны	9.1	Отравление воздушными взвесями вредных химических веществ в воздухе рабочей зоны
12. Аэрозоли преимущественно фиброгенного действия (АПФД)	12.3	Повреждение органов дыхания вследствие воздействия воздушных взвесей вредных химических веществ
23. Физические перегрузки при чрезмерных физических усилиях при подъеме предметов и деталей, при перемещении предметов и деталей	23.1.	Повреждение костно-мышечного аппарата работника при физических перегрузках
27. Электрический ток	27.1	Контакт с частями электрооборудования, находящимися под напряжением

Анкета профессиональных рисков на рабочем месте сварщика

представлена в таблице 6.

Таблица 6 – Анкета на рабочем месте сварщика

Рабочее место	Опасность	Опасное событие	Степень вероятности, А	Коэффициент, А	Тяжесть последствий, U	Коэффициент, U	Оценка риска, R	Значимость оценки риска
Сварщик	8	8.1	Возможно	3	Значительная	3	9	Средний
	9	9.3	Вероятно	4	Незначительная	2	8	Низкий
	12.5	12.5	Возможно	3	Значительная	3	9	Средний
	13	13.1	Вероятно	4	Крупная	4	16	Средний
		13.2	Вероятно	4	Крупная	4	16	Средний
		13.3	Возможно	3	Значительная	3	9	Средний

Анкета на рабочем месте машиниста компрессора представлена в таблице 7.

Таблица 7 – Анкета рисков машиниста компрессора

Рабочее место	Опасность	Опасное событие	Степень вероятности, А	Коэффициент, А	Тяжесть последствий, U	Коэффициент, U	Оценка риска, R	Значимость оценки риска
Машинист компрессора	8	8.1	Вероятно	4	Значительная	3	12	Средний
	9	9.1	Возможно	3	Значительная	3	9	Средний
	13	13.1	Возможно	3	Незначительная	2	6	Низкий
	20	20.1	Возможно	3	Значительная	3	9	Средний
	27	27.1	Вероятно	4	Значительная	3	12	Средний

Анкета профессиональных рисков на рабочем месте аккумуляторщика представлена в таблице 8.

Таблица 8 – Анкета профессиональных рисков на рабочем месте аккумуляторщика

Рабочее место	Опасность	Опасное событие	Степень вероятности, А	Коэффициент, А	Тяжесть последствий, U	Коэффициент, U	Оценка риска, R	Значимость оценки риска
Аккумуляторщик	9	9.1	Вероятно	4	Значительная	3	12	Средний
	12	12.3	Вероятно	4	Значительная	3	12	Средний
	23	23.1.	Возможно	3	Незначительная	2	6	Низкий
	27	27.1	Вероятно	4	Значительная	3	12	Средний

Оценка вероятности воздействия опасностей представлена в таблице 9.

Таблица 9 – Оценка вероятности

Степень вероятности	Характеристика	Коэффициент, А
1	Весьма маловероятно Практически исключено. Зависит от следования инструкции. Нужны многочисленные поломки/отказы/ошибки.	1
2	Маловероятно Сложно представить, однако может произойти. Зависит от следования инструкции. Нужны многочисленные поломки/отказы/ошибки.	2
3	Возможно Иногда может произойти. Зависит от обучения (квалификации). Одна ошибка может стать причиной аварии/инцидента/несчастного случая.	3
4	Вероятно Зависит от случая, высокая степень возможности реализации. Часто слышим о подобных фактах. Периодически наблюдаемое событие.	4
5	Весьма вероятно Обязательно произойдет. Практически несомненно. Регулярно наблюдаемое событие.	5

Оценка степени тяжести последствий представлена в таблице 10.

Таблица 10 – Оценка степени тяжести последствий

Тяжесть последствий		Потенциальные последствия для людей	Коэффициент, U
5	Катастрофическая	Групповой несчастный случай на производстве (число пострадавших 2 и более человек). Несчастный случай на производстве со смертельным исходом. Авария. Пожар.	5
4	Крупная	Тяжелый несчастный случай на производстве (временная нетрудоспособность более 60 дней). Профессиональное заболевание. Инцидент.	4
3	Значительная	Серьезная травма, болезнь и расстройство здоровья с временной утратой трудоспособности продолжительностью до 60 дней. Инцидент.	3
2	Незначительная	Незначительная травма – микротравма (легкие повреждения, ушибы), оказана первая медицинская помощь. Инцидент. Быстро потушенное загорание.	2
1	Приемлемая	Без травмы или заболевания. Незначительный, быстроустраняемый ущерб.	1

Количественная оценка риска рассчитывается по формуле 1.

$$R=A \cdot U, \quad (1)$$

где А – коэффициент вероятности;

U – коэффициент тяжести последствий.

Оценка риска, R:

- 1-8 (низкий);
- 9-17 (средний);
- 18-25 (высокий).

Меры управления профессиональными рисками представлены в таблице

11.

Таблица 11 – Меры управления рисками

Причина	Профилактика (Упреждающая)	Меры по смягчению последствий (Реактивные)
Работа с электричеством или электрическими компонентами	Избегайте работы с электричеством	Средства индивидуальной защиты
	Заземление	Устройства с остаточным током
	Изоляция источника питания	Системы с пониженным напряжением
	Двойная изоляция	Проверка и техническое обслуживание
	Визуальный осмотр, тестирование, отчеты о проверке и тестировании	Проверки средств индивидуальной защиты
Использование электрооборудования во влажной среде	Безопасные методы работы	Контроль со стороны отдела по ОТ
Неправильные подключения	Противопожарные мероприятия и процедуры в чрезвычайных ситуациях	Контроль со стороны отдела по ПБ
Работа вблизи воздушных линий электропередачи	Безопасная система работы (например, получение разрешения на работу)	Обучение и информация по технике безопасности
Контакт с подземными силовыми кабелями	Защита проводников	
Работа с основными источниками электроэнергии	Предохранители и миниатюрные автоматические выключатели	Средства индивидуальной защиты
Заземленная или проколота изоляция провода	Надлежащая проверка оборудования	Меры защиты от пожара
Строительные машины	Акустические испытания	Средства индивидуальной защиты

Рабочие имеют высокую вероятность быть диагностированными с респираторными заболеваниями, основной причиной которых является воздействие пыли и вдыхаемых кристаллических кремнеземов, приводящих к заболеванию силикоз.

Другими распространенными респираторными заболеваниями среди строительных рабочих являются: хроническая обструктивная болезнь легких и астма.

Вывод по разделу.

В разделе установлено, что при строительных работах естественным образом возникает несколько типов опасностей, которые наносят основной вред строителям. Строительные площадки порой представляют собой места с большим скоплением людей с различными типами работников, которые выполняют строительные работы в тесном пространстве и только на ограниченном пространстве.

Другие опасности могут быть вызваны работой с механизмами, на высоте, в жару, с электричеством, вертикальной транспортировкой, подъемом тяжестей и тяжелого машинного оборудования, высокой степенью ручного обращения, неудобными позами и другими опасными с эргономической точки зрения или силовыми нагрузками при воздействии ненормальных погодных условий при работе на открытом воздухе.

5 Охрана окружающей среды и экологическая безопасность

Проведём оценку антропогенной нагрузки [5] ООО «Строймонолит» на окружающую среду таблица 12.

Таблица 12 – Антропогенная нагрузка ООО «Строймонолит» на окружающую среду

Наименование объекта	Подразделение	Воздействие на атмосферный воздух	Воздействие на водные объекты	Отходы
ООО «Строймонолит»	Административное здание	Газообразные	-	Органические, коммунальные
Количество в год		0,007 т.	-	627,093 т.

Определим, соответствуют ли технологии ООО «Строймонолит» наилучшим доступным в таблице 13.

Таблица 13 – Сведения о применяемых на объекте технологиях

Структурное подразделение		Наименование технологии	Соответствие наилучшей доступной технологии
Номер	Наименование		
1	Административное здание	Обращение с отходами	Не соответствует

Перечень загрязняющих веществ, включенных в план-график контроля стационарных источников выбросов представлен в таблице 14.

Таблица 14 – Перечень загрязняющих веществ, включенных в план-график контроля стационарных источников выбросов

№ строки	Наименование загрязняющего вещества
1	Азота диоксид
3	Азот (11) оксид

Результаты производственного экологического контроля [11] представлены в таблицах 15-16.

Таблица 15 – Результаты контроля стационарных источников выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух

Структурное подразделение (площадка, цех или другое)		Источник		Наименование загрязняющего вещества	Предельно допустимый выброс или временно согласованный выброс, г/с	Фактический выброс, г/с	Превышение предельно допустимого выброса или временно согласованного выброса в раз (гр. 8 / гр. 7)	Дата отбора проб	Общее количество случаев превышения предельно допустимого выброса или временно согласованного выброса	Примечание
Номер	Наименование	Номер	Наименование							
1	ООО «Строймолит»	1	Административное здание	Азота диоксид	0,005	0,004	-	-	-	-
				Азот (11) оксид	0,005	0,003	-	-	-	-
Итого					0,01	0,007	-	-	-	-

Таблица 16– Сведения об образовании, утилизации, обезвреживании, размещении отходов производства и потребления за отчётный 2023 год

№ строки	Наименование видов отходов	Код по федеральному классификационному каталогу отходов, далее - ФККО	Класс опасности отходов	Наличие отходов на начало года, тонн		Образовано отходов, тонн	Получено отходов от других индивидуальных предпринимателей и юридических лиц, тонн	Утилизировано отходов, тонн	Обезврежено отходов, тонн
				хранение	накопление				
1	Мусор от сноса и разборки зданий несортированный	812 901 01 72 4	4	0	0	1350,7	0	1350,7	0
2	«Обтирочный материал, загрязненный нефтью или нефтепродуктами (содержание нефти или нефтепродуктов менее 15%)» [10]	9 19 204 02 60 4	4	0	0	0,029	0	0,029	0
3	Абразивные круги отработанные, лом отработанных абразивных кругов	456 100 01 51 5	5	0	0	0,066	0	0,066	0

Продолжение таблицы 16

№ строки	Наименование видов отходов	Код по федеральному классификационному каталогу отходов, далее - ФККО	Класс опасности отходов	Наличие отходов на начало года, тонн		Образовано отходов, тонн	Получено отходов от других индивидуальных предпринимателей и юридических лиц, тонн	Утилизировано отходов, тонн	Обезврежено отходов, тонн
				хранение	накопление				
4	«Обувь кожаная рабочая, утратившая потребительские свойства» [10]	4 03 101 00 52 4	4	0	0	0,099		0,099	0
5	«Мусор от офисных и бытовых помещений организаций несортированный (исключая крупногабаритный)» [10]	7 33 100 01 72 4	4	0	0	2,31	0	2,31	0
6	«Спецодежда из натуральных, синтетических, искусственных и шерстяных волокон, загрязненная нефтепродуктами (содержание нефтепродуктов менее 15%)» [10]	402 312 01 62 4	4	0	0	0,375	0	0,375	0

Продолжение таблицы 16

Передано отходов другим индивидуальным предпринимателям и юридическим лицам, тонн							
Всего	для обработки	для утилизации	для обезвреживания	для хранения	для захоронения		
1350,7	0	0	1350,7	0	0		
0,029	0	0	0,029	0	0		
0,066	0	0	0,066	0	0		
0,099	0	0	0,099	0	0		
2,31	0	0	2,31	0	0		
0,375	0	0	0,375	0	0		
Размещено отходов на эксплуатируемых объектах, тонн						Наличие отходов на конец года, тонн	
Всего	Хранение на собственных объектах размещения отходов, далее - ОРО	Захоронение на собственных ОРО	Хранение на сторонних ОРО	Захоронение на сторонних ОРО	хранение	накопление	
1350,7	0	0	0	1350,7	0	0	
0,029	0	0	0	0,029	0	0	
0,066	0	0	0	0,066	0	0	
0,099	0	0	0	0,099	0	0	
2,31	0	0	0	2,31	0	0	
0,375	0	0	0	0,375	0	0	

«К числу мероприятий по охране окружающей среды относятся восстановление нарушенных территорий, вертикальная планировка образованных поверхностей, максимальное сохранение зеленых насаждений, проведение работ по озеленению» [19].

«В целях наименьшего загрязнения окружающей среды предусматривается централизованная поставка растворов и бетонов, а также необходимых инертных материалов специализированным транспортом с использованием предприятий по их производству, расположенных в городских промышленных районах» [19].

Вывод по разделу.

В разделе определено, что ООО «Строймонолит» воздействует на окружающую среду при проведении строительных работ.

Строительная площадка оборудована контейнерами для сбора мусора, площадкой мойки колес транспортных средств на выезде.

6 Защита в чрезвычайных и аварийных ситуациях

Под чрезвычайной ситуацией (ЧС) понимается такое состояние объекта, определенной территории или акватории, при котором в результате возникновения источника чрезвычайной ситуации нарушаются нормальные условия жизни и деятельности людей, возникает угроза их жизни или здоровья, наносится ущерб имуществу населения, экономике и окружающей природной среде [4].

«Ликвидация чрезвычайной ситуации осуществляется силами и средствами предприятий, учреждений и организаций независимо от их организационно-правовой формы, органов местного самоуправления, органов исполнительной власти субъектов, на территории которых сложилась чрезвычайная ситуация, под руководством соответствующих комиссий по чрезвычайным ситуациям» [3].

Действия дежурного персонала ООО «Строймонолит» при возникновении ЧС представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Действия дежурного персонала ООО «Строймонолит» при возникновении ЧС

Наименование подразделения (службы) объекта	Должность исполнителя	Действия при ЧС
Добровольная противопожарная охрана	Сотрудники противопожарной службы	Сотрудники добровольной противопожарной службы действуют согласно должностными обязанностями по таблице расчёта и документов предварительного планирования тушения пожаров
Диспетчерская служба	Диспетчер предприятия	Диспетчер организации оповещает руководство и персонал о пожаре или аварии по схеме оповещения
Медицинская служба	Медицинские работники	Обученный персонал или медицинские работники оказывают первую доврачебную или медицинскую помощь пострадавшим
Отдел содержания зданий	Дежурный ремонтный персонал	Производят ремонтные работы согласно планам ликвидации аварии. Производят отключение электроснабжения, газоснабжения при пожаре
Служба охраны	Охранники	Организуют охрану имущества и материальных ценностей. Организуют оцепление места аварии или ЧС

«Ликвидация чрезвычайной ситуации считается завершённой по

окончании проведения спасательных и других неотложных работ» [3].

Перечень сил и средств, привлекаемых для ликвидации возможных ЧС на территории предприятия и места их постоянной дислокации представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Перечень сил и средств, привлекаемых для ликвидации возможных ЧС и места их постоянной дислокации

Силы и средства, привлекаемых для ликвидации возможных ЧС	Место их нахождения
Полиция	ул. Дзержинского, 15
Станция скорой помощи	ул. Сердлова, д.84
Пожарная охрана	ул. 40 лет Победы, 94
Аварийная бригада электросетей ЗАО «ЭиСС»	Южное шоссе, 97-Б
Аварийная бригада водоснабжающей организации АО «ТЭВИС»	ул.Фрунзе 31а

«Существует ряд важных принципов деятельности аварийно-спасательных служб и формирований. Это:

- приоритетность задач по спасению жизни и сохранению здоровья людей, оказавшихся в опасности;
- единоначалие руководства;
- оправданность риска и обеспечение безопасности при проведении АСДНР;
- постоянная готовность аварийно-спасательных служб и формирований к оперативному реагированию на ЧС и проведению работ по их ликвидации» [3].

«Никто не вправе вмешиваться в деятельность руководителя ликвидации ЧС, иначе как отстранив его в установленном порядке от исполнения обязанностей и приняв руководство на себя или назначив другое должностное лицо» [3].

«Противопожарная защита и пожаротушение водой технологического оборудования предприятия осуществляется из пожарных гидрантов» [3] и лафетных стволов, установленных на кольцевой сети водопровода.

Наружный противопожарный водопровод имеет кольцевую форму. Пожарные гидранты расположены по периметру, при этом расстояние между ними не превышает 100 м.

В целях выполнения требований Федерального закона от 12.02.1998 № 28-ФЗ «О гражданской обороне» [2] на предприятии создана эвакуационная комиссия.

Перечень ПВР представлен в таблице 19.

Таблица 19 – Перечень ПВР

Номер ПВР	Наименование организаций (учреждений), развертывающих пункты временного размещения	Адрес расположения, телефон	Количество предоставляемых мест	
			Посадочных мест	Койко-мест
26	Муниципальное общеобразовательное учреждение «Школа №86»	40 лет Победы, 42	200	150

С получением распоряжения на проведение эвакуационных мероприятий:

- доведение до цехов, отделов распоряжения на проведение эвакуационных мероприятий;
- организация оповещения и сбор старших команд, рабочих, служащих и членов их семей на приписные сборные эвакуационные пункты к указанному времени;
- высылка своих представителей на СЭПы;
- проверка (старшими команд) по спискам прибывших на СЭПы эвакуируемых, учет не прибывших и выявление причин;
- доклад начальников эвакуационных колонн начальникам СЭПов об общей численности эвакуируемых и списков отставших;
- контроль за эвакуацией по этапам: прибытие на СЭПы, регистрация, посадка на транспорт, отправление в загородную зону;
- контроль за ходом вывода формирований сил ГО и учреждений, убывающих с мест размещения, в загородную зону;

- организация защиты эвакуанаселения в случае нападения противника;
- контроль за всесторонним обеспечением и размещением эвакуируемых и содействие их трудоустройству, уточнение с местными органами власти всех видов обеспечения в пунктах подселения;
- поддержание непрерывной связи с городской эвакуационной комиссией и своевременные доклады о ходе проведения эвакуамероприятий.

Вывод по разделу.

По результатам анализа наиболее высокого риска возникновения аварии на территории предприятия определено, что высокий риск возникновения пожара может привести к ЧС.

Общее руководство по ликвидации пожара на начальной стадии загорания осуществляет ДПД под руководством руководителя предприятия, при прибытии на место пожара – руководителем тушения пожара от МЧС России.

7 Оценка эффективности мероприятий по обеспечению техносферной безопасности

В работе проанализированы самые последние достижения в области оценки рисков возникновения аварии. Определены консолидированные области исследований, включающие соответствующие результаты исследований.

Представлены методы, используемые для оценки рисков в отраслевых подсистемах (INS, FS, OS). Противоречия учтены для улучшения и развития нового направления исследований систем безопасности.

Разработана модель, позволяющая проводить сравнительный анализ практических результатов; представлена концептуальная модель, которая может вывести существующие системы безопасности на новый качественный уровень развития. Активная система обеспечения безопасности сочетает в себе традиционные качественные принципы управления рисками (наблюдение, обучение и обратная связь) с программным обеспечением, называемым проактивной системой управления строительством (PCMS). PCMS используется для виртуального отслеживания действий работников в режиме реального времени и позволяет немедленно сообщать работникам о небезопасных действиях и обратно в систему, если на защитных шлемах работников установлено функциональное устройство.

План реализации данных мероприятий представлены в таблице 20.

Таблица 20 – План реализации мероприятий по снижению травматизма

Мероприятие	Дата
Проектирование активной системы обеспечения безопасности	2025 год
Компоновка АРМ и монтаж активной системы обеспечения безопасности	2025 год
Наладка АСУ активной системы обеспечения безопасности	2025 год

Данные для расчёта ущерба от аварий приведены в таблице 21.

Таблица 21 – Данные для расчёта ущерба от аварий

Данные	Показатели
Стоимость замещения или воспроизводства <i>i</i> -го вида уничтоженных основных фондов, руб.	100000
Стоимость материальных ценностей <i>i</i> -го вида, годных для дальнейшего использования, руб.	100000
Утилизационная стоимость <i>i</i> -го вида уничтоженных основных фондов, руб.	50000
Стоимость ремонта <i>i</i> -го вида поврежденных основных фондов, руб.	5000
Ущерб, причиненный <i>i</i> -му виду продукции, изготавливаемой предприятием, руб.	3700000
Ущерб, причиненный <i>j</i> -му виду продукции, приобретенной предприятием, а также сырью и полуфабрикатам, руб.	2000000
Заработная плата сотрудников предприятия, руб./день	5000
Доля сотрудников, не использованных на работе	25
Условно-постоянные расходы, руб./день	2000
Продолжительность простоя объекта, дни	15
Объем <i>i</i> -го вида продукции, недопроизведенный из-за аварии	5645,86
Средняя оптовая стоимость единицы <i>i</i> -го недопроизведенного продукта на дату аварии, руб.	2000
Средняя себестоимость единицы <i>i</i> -го недопроизведенного продукта на дату аварии, руб.	18000
Ущерб от засорения или повреждения территории обломками, осколками, зданий, сооружений, оборудования, руб.	200000
Расходы, связанные с локализацией и ликвидацией последствий аварии, руб.	3000000
Расходы на расследование аварии, руб.	200000

Масса нефтепродуктов, которые могут оказаться задействованными в аварии рассчитывался по формуле 2:

$$M_{\Sigma} = M_{н} + M_{нпор}, \text{ т} \quad (2)$$

Масса нефтепродуктов, которая может находится между аварийными задвижками в аварийной системе определяется по формуле 3:

$$M_{н} = \pi \times D^2 \times L \times \frac{\rho_{н}}{4}, \text{ т} \quad (3)$$

где M_{Σ} – «масса разлившегося нефтепродукта, т;

$\Gamma_{загр}$ – суточный объем прокачки, т/сутки;

D – диаметр трубопровода, м;

L – длина участка между задвижками, м;

ρ_n – плотность нефтепродукта, т/м³» [14].

$$M_n = 3,14 \times 0,123 \times 50 \times \frac{1040}{4} = 5020,86, \text{ т}$$

Масса пролива нефтепродуктов до закрытия задвижек определяется по формуле 4:

$$M_{n\text{пор}} = \Gamma_{\text{загр}} \times 6 \times 0,25 / 24, \text{ т} \quad (4)$$

$$M_{n\text{пор}} = 10000 \times 6 \times 0,25 / 24 = 625 \text{ т}$$

$$M_{\Sigma} = 5020,86 + 625 = 5645,86 \text{ т}$$

Ущерб от аварий на опасных производственных объектах рассчитывается по формуле 5:

$$P_a = P_{\text{п.п.}} + P_{\text{сэ}} + P_{\text{н.в.}} + P_{\text{экол}} + P_{\text{л.а.}} + P_{\text{в.т.р.}}, \quad (5)$$

где P_a – «полный ущерб от аварий, руб.;

$P_{\text{п.п.}}$ – прямые потери организации, эксплуатирующей опасный производственный объект, руб.;

$P_{\text{сэ}}$ – социально-экономические потери, руб.;

$P_{\text{н.в.}}$ – косвенный ущерб, руб.;

$P_{\text{экол}}$ – экологический ущерб, руб.;

$P_{\text{л.а.}}$ – затраты на локализацию (ликвидацию) и расследование аварии, руб.;

$P_{\text{в.т.р.}}$ – потери от выбытия трудовых ресурсов в результате гибели людей или потери ими трудоспособности, руб.» [14].

Прямые потери от аварий рассчитываются по формуле 6:

$$\Pi_{п.п.} = \Pi_{о.ф.} + \Pi_{тм.ц.}, \quad (6)$$

где $\Pi_{о.ф.}$ – «потери предприятия в результате уничтожения или повреждения основных фондов, руб.;

$\Pi_{тм.ц.}$ – потери предприятия в результате уничтожения или повреждения товарно-материальных ценностей, руб.» [14].

$$\Pi_{п.п.} = 200000 + 110000000 = 110200000 \text{ руб.}$$

Потери предприятия от уничтожения или повреждения аварией его основных фондов рассчитываются по формуле 7:

$$\Pi_{о.ф.} = \Pi_{о.ф.у.} + \Pi_{о.ф.п.}, \quad (7)$$

где $\Pi_{о.ф.у.}$ – «потери предприятия в результате уничтожения основных фондов, руб.;

$\Pi_{о.ф.п.}$ – потери предприятия в результате повреждения основных фондов, руб.» [14].

$$\Pi_{о.ф.} = 150000 + 50000 = 200000 \text{ руб.}$$

Потери предприятия в результате уничтожения основных фондов рассчитываются по формуле 8:

$$\Pi_{о.ф.у.} = \sum_{i=1}^n (S_{oi} - (S_{mi} - S_{yi})), \quad (8)$$

где n – «число видов уничтоженных основных фондов;

S_{oi} – стоимость замещения или воспроизводства i -го вида уничтоженных основных фондов, руб.;

S_{mi} – стоимость материальных ценностей i -го вида, годных для дальнейшего использования, руб.;

S_{yi} – утилизационная стоимость i -го вида уничтоженных основных фондов, руб.» [14].

$$\Pi_{\text{о.ф.у.}} = (100000 - (100000 - 50000)) = 150000 \text{ руб.}$$

Потери предприятия в результате повреждения основных фондов рассчитываются по формуле 9:

$$\Pi_{\text{о.ф.п.}} = \sum_{i=1}^n S_{pi}, \quad (9)$$

где n – «число видов поврежденных основных фондов;

S_{pi} – стоимость ремонта i -го вида поврежденных основных фондов, руб.» [14].

$$\Pi_{\text{о.ф.п.}} = 50000 \text{ руб.}$$

Потери предприятия в результате уничтожения или повреждения аварией товарно-материальных ценностей рассчитываются по формуле 10:

$$\Pi_{\text{т.м.ц.}} = \sum_{i=1}^n \Pi_{ti} + \sum_{j=1}^m \Pi_{cj}, \quad (10)$$

где n – «число видов товара, которым причинен ущерб в результате аварии;

Π_{ti} – ущерб, причиненный i -му виду продукции, изготовляемой предприятием, руб.;

m – число видов сырья, которым причинен ущерб в результате аварии;

Π_{cj} – ущерб, причиненный j -му виду продукции, приобретенной предприятием, а также сырью и полуфабрикатам, руб.» [14].

$$\Pi_{\text{т.м.ц.}} = 3700000 + 2000000 = 5700000 \text{ руб.}$$

Социально-экономические потери отсутствуют:

$$\Pi_{\text{сэ}} = 0$$

Косвенный ущерб, вследствие аварий рассчитывается по формуле 11:

$$\Pi_{н.в.} = \Pi_{н.п.} + \Pi_{з.п.} + \Pi_{ш} + \Pi_{н.п.т.л.}, \quad (11)$$

где $\Pi_{н.п.}$ – «часть доходов, недополученных предприятием в результате простоя, руб.;

$\Pi_{з.п.}$ – зарплата и условно-постоянные расходы предприятия за время простоя, руб.;

$\Pi_{ш}$ – убытки, вызванные уплатой различных неустоек, штрафов, пени, руб.;

$\Pi_{н.п.т.л.}$ – убытки третьих лиц из-за недополученной ими прибыли, руб.» [14].

$$\Pi_{н.в.} = 11291720 + 1905000 + 30000000 + 500000 = 43696720 \text{ руб.}$$

Зарплата и условно-постоянные расходы предприятия за время простоя рассчитываются по формуле 12:

$$\Pi_{з.п.} = (V_{з.п.} \cdot A + V_{уп}) \cdot T_{пр}, \quad (12)$$

где $V_{з.п.}$ – «зарботная плата сотрудников предприятия, руб/день;

A – доля сотрудников, не использованных на работе;

$V_{уп}$ – условно-постоянные расходы, руб/день;

$T_{пр}$ – продолжительность простоя объекта, дни» [14].

$$\Pi_{з.п.} = (5000 \cdot 25 + 2000) \cdot 15 = 1905000 \text{ руб.}$$

Недополученная прибыль в результате простоя рассчитывается по формуле 13:

$$\Pi_{н.п.} = \sum_{i=0}^n \Delta Q_i \cdot (S_i - B_i), \quad (13)$$

где n – «количество видов недопроизведенного продукта (услуги);

ΔQ_i – объем i -го вида продукции, недопроизведенный из-за аварии;
 S_i – средняя оптовая стоимость единицы i -го недопроизведенного продукта на дату аварии, руб.;

B_i – средняя себестоимость единицы i -го недопроизведенного продукта на дату аварии» [14].

$$П_{н.п.} = 5645,86 \cdot (20000 - 18000) = 11291720 \text{ руб.}$$

Экологический ущерб определяется по формуле 14:

$$П_{\text{экол}} = \mathcal{E}_o \cdot П_{\text{экол}} , \quad (14)$$

где \mathcal{E}_o – «ущерб от засорения или повреждения территории обломками, осколками, зданий, сооружений, оборудования, руб.» [14].

$$П_{\text{экол}} = 200000 \text{ руб.}$$

Затраты на локализацию или ликвидацию и расследование аварии рассчитывается по формуле 15:

$$П_{\text{л.а.}} = П_{\text{л}} + П_{\text{р}}, \quad (15)$$

где $П_{\text{л}}$ – «расходы, связанные с локализацией и ликвидацией последствий аварии, руб.;

$П_{\text{р}}$ – расходы на расследование аварии, руб.» [14].

$$П_{\text{л.а.}} = 3000000 + 200000 = 3200000 \text{ руб.}$$

$$\begin{aligned} П_{\text{а}} &= 110200000 + 0 + 43696720 + 200000 + 3200000 + 0 = \\ &= 157296720 \text{ руб.} \end{aligned}$$

Стоимость реализации мероприятий представлены в таблице 22.

Таблица 22 – Стоимость реализации мероприятий

Мероприятие	Стоимость, руб.
Проектирование активной системы обеспечения безопасности	700000
Компоновка АРМ и монтаж активной системы обеспечения безопасности	20000000
Наладка АСУ активной системы обеспечения безопасности	5000000
Итого	25700000

Годовой экономический эффект определим по формуле 16:

$$\mathcal{E} = \Pi - \mathcal{Z}, \quad (16)$$

где \mathcal{Z} – «величина приведенных затрат на проведение мероприятий по обеспечению промышленной безопасности, руб.;

Π – ущерб от аварий на опасных производственных объектах, руб.» [14].

$$\mathcal{E} = 157296720 - 25700000 = 131596720 \text{ руб.}$$

Приведенные затраты рассчитываются по формуле 17:

$$\mathcal{Z} = C + E_n \cdot K, \quad (17)$$

где C – «текущие расходы на эксплуатацию сооружения, устройства оборудования, руб.;

E_n – нормативный коэффициент экономической эффективности капитальных вложений;

K – инвестиции на реализацию мероприятий по обеспечению промышленной безопасности, руб.» [14].

$$\mathcal{Z} = 200000 + 0,16 \cdot 25700000 = 4312000 \text{ руб.}$$

Общая (абсолютная) экономическая эффективность приведенных затрат рассчитывается по формуле 18:

$$\mathcal{E}_3 = \frac{\mathcal{E}}{3}. \quad (18)$$

$$\mathcal{E}_3 = \frac{131596720}{4312000} = 30,52$$

Общая (абсолютная) экономическая эффективность инвестиций на реализацию мероприятий рассчитывается по формуле 19:

$$\mathcal{E}_k = \frac{(\mathcal{E}-C)}{K} = \frac{(131596720-2000000)}{25700000} = 5,11 \quad (19)$$

Срок окупаемости затрат на проведение мероприятий рассчитывается по формуле 20:

$$T_{ед} = \frac{3}{\mathcal{E}}, \quad (20)$$

где $T_{ед}$ – «срок окупаемости приведенных затрат, год;

3 – величина приведенных затрат на проведение мероприятий по обеспечению промышленной безопасности, руб.;

\mathcal{E} – «годовой экономический эффект от проведения мероприятий по обеспечению промышленной безопасности, руб.» [14].

$$T_{ед} = \frac{25700000}{131596720} = 0,20 \text{ лет}$$

Вывод по разделу.

В разделе определено, что, благодаря предложенной активной системы обеспечения безопасности, на предприятии снижается риск аварии, последствия которой оцениваются в 157296720 руб.

Заключение

В первом разделе определено, что подходы и методы определения риска возникновения аварийных ситуаций используются экспертами, которые внедряют их в производственные процессы при обработке документации по охране труда в рамках Программы предотвращения крупных промышленных аварий.

В широком смысле оценка риска охватывает контроль опасных процессов. Целью оценки риска является оценка опасностей и устранение или снижение уровня связанного с ними риска посредством профилактических и / или смягчающих мер контроля.

Превентивные меры контроля опасности, такие как устранение или замена опасного материала или процесса, обычно являются предпочтительными. Несмотря на эффективность, устранение или замена, как правило, сопряжены с трудностями для существующих процессов или средств.

Результаты текущего исследования показали, что с возникновением аварий связаны различные факторы риска. Следовательно, анализ аварий, который обычно проводится для выработки стратегий контроля и снижения частоты несчастных случаев, следует проводить тщательно.

Результаты этого исследования показали, что развитие культуры безопасности является основной причиной несчастных случаев и человеческих ошибок. Для обеспечения культуры безопасности, приверженности технике безопасности и мотивации к работе требуется разработка новой структуры и системы. Опасность пожаров и взрывов имеет место во всех отраслях промышленности; поэтому представляется необходимым предложить новые технические и управленческие решения для выявления первопричин.

В настоящем исследовании такие факторы, как отсутствие систематической документации и процедур, недостаток знаний в системе

управления, коммуникация между рабочими группами, недостаточный надзор и неэффективность системы образования, приводили к повторяющимся человеческим ошибкам.

В третьем разделе проанализированы самые последние достижения в области оценки рисков возникновения аварии. Определены консолидированные области исследований, включающие соответствующие результаты исследований.

Представлены методы, используемые для оценки рисков в отраслевых подсистемах (INS, FS, OS). Противоречия учтены для улучшения и развития нового направления исследований систем безопасности.

Разработана модель, позволяющая проводить сравнительный анализ практических результатов; представлена концептуальная модель, которая может вывести существующие системы безопасности на новый качественный уровень развития. Активная система обеспечения безопасности сочетает в себе традиционные качественные принципы управления рисками (наблюдение, обучение и обратная связь) с программным обеспечением, называемым проактивной системой управления строительством (PCMS). PCMS используется для виртуального отслеживания действий работников в режиме реального времени и позволяет немедленно сообщать работникам о небезопасных действиях и обратно в систему, если на защитных шлемах работников установлено функциональное устройство.

В четвёртом разделе установлено, что при строительных работах естественным образом возникает несколько типов опасностей, которые наносят основной вред строителям. Строительные площадки порой представляют собой места с большим скоплением людей с различными типами работников, которые выполняют строительные работы в тесном пространстве и только на ограниченном пространстве.

Другие опасности могут быть вызваны работой с механизмами, на высоте, в жару, с электричеством, вертикальной транспортировкой, подъемом тяжестей и тяжелого машинного оборудования, высокой степенью ручного

обращения, неудобными позами и другими опасными с эргономической точки зрения или силовыми нагрузками при воздействии ненормальных погодных условий при работе на открытом воздухе.

В пятом разделе определено, что ООО «Строймонолит» воздействует на окружающую среду при проведении строительных работ.

Строительная площадка оборудована контейнерами для сбора мусора, площадкой мойки колес транспортных средств на выезде.

В шестом разделе по результатам анализа наиболее высокого риска возникновения аварии на территории предприятия определено, что высокий риск возникновения пожара может привести к ЧС.

Общее руководство по ликвидации пожара на начальной стадии загорания осуществляет ДПД под руководством руководителя предприятия, при прибытии на место пожара – руководителем тушения пожара от МЧС России.

В седьмом разделе определено, что, благодаря предложенной активной системы обеспечения безопасности, на предприятии снижается риск аварии, последствия которой оцениваются в 157296720 руб.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Винен Х.К., Бухш Ф.А., Вризекolk Э., Виеринга Р.Дж. Методы и модели анализа аварий-Систематический обзор литературы. Центр телематики InfTechnol. 2022; 321: 830-40.
2. О гражданской обороне [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 12.02.1998г. № 28-ФЗ. URL: <https://docs.cntd.ru/document/901701041?ysclid=ld8o366cez263882703> (дата обращения: 27.01.2024).
3. О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 21.12.1994 № 68-ФЗ. URL: <https://sudrf.cntd.ru/document/9009935> (дата обращения: 27.01.2024).
4. О классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера [Электронный ресурс] : Постановление Правительства РФ от 21.05.2007 № 304 (ред. от 20.12.2019). URL: <https://base.garant.ru/12153609/?ysclid=ld8lpcbhhg377716161> (дата обращения: 27.02.2024).
5. Об охране окружающей среды [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ. URL: <https://docs.cntd.ru/document/901808297> (дата обращения: 27.02.2024).
6. Об утверждении порядка оформления декларации промышленной безопасности опасных производственных объектов и перечня включаемых в нее сведений [Электронный ресурс] : Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 16 октября 2020 г. № 414. URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=428055&ysclid=1uqxylh155393696720> (дата обращения: 27.01.2024).
7. Об утверждении Правил представления декларации промышленной безопасности опасных производственных объектов [Электронный ресурс] :

Постановление Правительства РФ от 17 августа 2020 г. № 1241. URL: <https://base.garant.ru/74524240/?ysclid=luqxywwez459955651> (дата обращения: 27.01.2024).

8. Об утверждении Примерного положения о системе управления охраной труда [Электронный ресурс] : Приказ Минтруда России от 29.10.2021 № 776н. URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=409457&ysclid=1d8jp94kat939272210> (дата обращения: 27.02.2024).

9. Об утверждении рекомендаций по выбору методов оценки уровней профессиональных рисков и по снижению уровней таких рисков [Электронный ресурс] : Приказ Минтруда России от 28.12.2021 № 926. URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=411523&ysclid=1d8jqdwcm8100411018> (дата обращения: 05.02.2024).

10. Об утверждении Федерального классификационного каталога отходов [Электронный ресурс] : Приказ Федеральной службы по надзору в сфере природопользования от 22.05.2017 № 242. URL: <http://docs.cntd.ru/document/542600531> (дата обращения: 27.02.2024).

11. Об утверждении формы отчета об организации и о результатах осуществления производственного экологического контроля [Электронный ресурс] : Приказ Минприроды России от 14.06.2018 № 261 (ред. от 23.06.2020). URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=377676&ysclid=1dsbgkkxui183890770> (дата обращения: 05.02.2024).

12. Трудовой кодекс Российской Федерации [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 30.12.2001 № 197-ФЗ. URL: <http://docs.cntd.ru/document/901807664> (дата обращения: 27.01.2024).

13. Фердоус Р., Хан Ф., Садик Р., Амиотт П., Вейч Б.. Обработка и обновление неопределенной информации в анализе галстука-бабочки. J. Потери предшествующие процессу . 25 (1), с. 8-19.

14. Фрезе Т. Ю. Оценка эффективности мероприятий по обеспечению

техносферной безопасности. Выполнение раздела выпускной квалификационной работы по направлению подготовки 20.03.01 «Техносферная безопасность» : электронное учебно-методическое пособие / Т.Ю. Фрезе. Тольятти : Изд-во ТГУ, 2022. 1 оптический диск. ISBN 978-5-8259-1456-5.

15. Черубин П., Пеллино С., Петроне А. Инструмент для рисков уровне: комплексный управления рисками . Процесс Saf. Прога. 30 (3), 2021. с. 251-260.

16. Fyhr A, Ternov S, Ek A. From a Reactive to a Proactive Safety Approach. Analysis of Medication Errors in Chemotherapy Using General Failure Types. *EurJ Cancer Care*. 2017; 26(1): e12348.

17. Salvi, O., Gaston, D. Why changing the way to measure the risk? Proceedings 9th Annual Conference Risk Analysis: Facing the New Millennium Rotterdam, 10-13, The Netherlands. Edited by L.H.J. Goossens. Delft University Press, 2020 (pp 263-267).

18. Templom T, Erdei TI, Molnar Z, Shaw E, Husi G. Designing a Delta Tripod Based Robot Fused Deposition Modelling 3 Dimensional Printer Using an Open-Source Arduino Development Platform. InMATEC Web of Conferences. EDP Sci. 2018: 184: 02013.

19. Trishala A , Lakshmi T and Rajeshkumar S,2018. Physicochemical profile of Acacia catechu bark extract -An In vitro study, International Research Journal of Multidisciplinary Science & Technology, 3(4), p 26-30

20. Wu, J., Zhang, L., Liang, W., Hu, J., 2013b. A novel failure mode analysis model for gathering system based on multilevel flow modeling and HAZOP. Proc. Saf. Environ. Prot. 91 (1-2), 54-60.