

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)

Департамент магистратуры

(наименование)

20.04.01 Техносферная безопасность

(код и наименование направления подготовки)

Управление промышленной безопасностью, охраной труда и окружающей
среды в нефтегазовом и химическом комплексах

(направленность (профиль))

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)**

на тему Разработка и совершенствование способов повышения безопасности
производственных процессов в нефтегазовых комплексах (на примере ООО
«РН-Пурнефтегаз»)

Студент

Г.Р. Конева

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Научный руководитель

к.т.н. А.В. Щипанов

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2021

Содержание

Введение.....	3
Термины и определения.....	7
Перечень сокращений и обозначений.....	9
1 Анализ профессионального риска в нефтегазовой отрасли.....	10
1.1 Общая характеристика производственного травматизма в России.....	10
1.2 Проблематика промышленной безопасности в нефтегазовой отрасли.....	18
2 Анализ обеспечения промышленной безопасности на объекте нефтегазового комплекса.....	26
2.1 Краткая характеристика рассматриваемого объекта.....	26
2.2 Оценка рисков при возникновении чрезвычайных ситуаций.....	29
2.3 Составление схем развития сценариев возможных аварий на объекте.....	42
3 Применение технических, организационных мероприятий для обеспечения взрывобезопасности в ООО «РН-Пурнефтегаз».....	49
3.1 Патентно-информационный поиск решений обеспечения взрывобезопасности в ООО «РН-Пурнефтегаз».....	49
3.2 Утверждение предложений по улучшению взрывобезопасности в ООО «РН-Пурнефтегаз».....	56
Заключение.....	63
Список используемых источников.....	68

Введение

Актуальность темы продиктована тем, что на сегодняшний день нефтегазовая отрасль является одной из наиболее травмоопасных отраслей, охрана труда в которой зачастую ограничивается только поддержанием порядка в необходимых документах, а не на самом производстве. При этом возникают несчастные случаи и профессиональные заболевания, основными причинами которых является несоблюдение работниками требований охраны труда на рабочих местах, неприменение работниками СИЗ, отсутствие надзора и контроля за безопасным ведением работ со стороны специалистов и руководителей структурных подразделений, отсутствие современной проработанной системы управления охраной труда в данной отрасли. Также основной проблемой охраны труда в нефтегазовой отрасли, как и в большинстве других отраслей, является апостериорный анализ условий и охраны труда, когда несчастный случай или профессиональное заболевание уже наступило. Чтобы такой анализ был априорный и вырабатывал меры по снижению профессиональных рисков заранее, необходим комплексный подход ко всему перечню задач, решаемых в области охраны труда, выражающийся в создании усовершенствованной системы управления охраной труда.

Управление охраной труда в нефтегазовой отрасли - это совместная деятельность работодателей и работников, которая очень важна для обеспечения безопасности труда. В основе такой деятельности лежат законодательно установленные требования охраны труда, содержащиеся в нормативных правовых актах, утверждаемых федеральными органами исполнительной власти. Действующая в настоящее время система законодательных и нормативных правовых актов охраны труда представляет собой сложную и неупорядоченную систему и должна применяться в рамках действующей в организации системы управления охраной труда.

Объект исследования: методологическое обеспечение промышленной безопасности объектов нефтегазовых комплексов.

Предмет исследования: процесс обеспечения промышленной безопасности объектов нефтегазовых комплексов.

Цель исследования: разработать методологию обеспечения промышленной безопасности объектов нефтегазовых комплексов.

Гипотеза исследования состоит в том, что эффективность обеспечения промышленной безопасности будет увеличена, если:

1. Проведен анализ технологических процессов на рассматриваемом объекте.
2. Охарактеризованы методы, снижающие аварийность при бурении и эксплуатации нефтегазовых комплексов.
3. Проведен патентно-информационный поиск решений для улучшения эффективности обеспечения промышленной безопасности нефтегазового комплекса.
4. Подтверждена эффективность предложений по улучшению промышленной безопасности нефтегазового комплекса.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- дан анализ производственного объекта;
- охарактеризованы теоретические аспекты методологии обеспечения промышленной безопасности на объекте нефтегазового комплекса;
- рассмотрена возможность применения технических, организационных мероприятий для обеспечения промышленной безопасности нефтегазового комплекса.

Теоретико-методологическую основу исследования составили: научные публикации, учебники, учебные пособия по теме исследования.

Базовыми для настоящего исследования явились также: патентно-информационные ресурсы, позволяющие улучшить эффективность обеспечения техносферной безопасности на промышленном предприятии.

Методы исследования: методы системного анализа, теории управления и имитационного моделирования.

Опытно-экспериментальная база исследования ООО «РН-Пурнефтегаз».

Научная новизна исследования заключается в:

1. Предлагаемой системе классификации методов, снижающих аварийность при бурении и эксплуатации нефтегазовых комплексов.
2. Выработке рекомендаций по обеспечению эффективности промышленной безопасности на основе патентно-информационного поиска решений.

Теоретическая значимость исследования заключается в оценке причин аварий предприятий нефтегазового сектора для последующего применения мероприятий для обеспечения промышленной безопасности.

Практическая значимость исследования. Предлагаемые технические решения, обоснованные в настоящем исследовании, позволяют обеспечить повышение уровня промышленной безопасности на рассматриваемом объекте.

Достоверность и обоснованность результатов исследования достигнута за счет использования официальных статистических данных аварий предприятий нефтегазового сектора, обоснования эффективности предлагаемых технических решений.

Личное участие автора в организации и проведении исследования состоит в организации исследования по анализу зависимости причин аварий, произошедший на нефтегазовых комплексах и возможных технических решений для обеспечения безопасности и подбору новых технических решений, направленных на совершенствование рассматриваемой проблемы.

Апробация и внедрение результатов работы велись в течение всего исследования. Его результаты докладывались на следующих конференциях:

Участие в международной научной конференции технико-научного журнала «Точная наука», выступление на тему: Интерактивные инструктажи как способ повышения безопасности производственных процессов.

На защиту выносятся:

- результаты оценки причин аварий предприятий нефтегазового сектора при проливах горючих и легковоспламеняющихся жидкостей;
- теоретическое обоснование применения технических решений, позволяющих обеспечить повышение уровня промышленной безопасности на рассматриваемом объекте;
- применение технического решения, которое направлено на от взрывов внутритрубных пространств в ООО «РН-Пурнефтегаз».

Структура магистерской диссертации. Работа состоит из введения, трех разделов, заключения, содержит 11 рисунков, 13 таблиц, список использованной литературы (32 источника). Основной текст работы изложен на 71 странице.

Термины и определения

Авария – «разрушение сооружений и (или) технических устройств, применяемых на опасном производственном объекте, неконтролируемые взрыв и (или) выброс опасных веществ» [10].

Безопасность – «отсутствие недопустимого риска, связанного с возможностью причинения вреда и (или) нанесения ущерба» [10].

Законодательные требования – «требования, содержащиеся в законах и нормативных правовых актах (документах) РФ» [2].

Ингибиторная защита (ингибирование) – «управляемый и перенастраиваемый технологический процесс нанесения и поддержания защитной пленки на внутренней металлической поверхности трубопроводов и оборудования без остановки каких-либо элементов системы транспорта» [21].

Коррозионный зонд – «устройство, предназначенное для закрепления и ввода плоских образцов-свидетелей в трубопровод при проведении коррозионного мониторинга весовым (гравиметрическим) методом» [21].

Нейтрализатор – «антикоррозионные химические соединения, направленные на снижение агрессивности (pH) среды» [21].

Точка росы – «температура, до которой должен охладиться поток, чтобы содержащиеся в нем пары воды достигли состояния насыщения и началась конденсация жидкой воды» [22].

Надежность – «свойство объекта, заключающееся в способности сохранять во времени в установленных пределах значения признаков и параметров, характеризующих те свойства объекта, которые определяют его способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях» [10].

Химико–технологическая защита – «комплекс мероприятий, обеспечивающий снижение скорости коррозии технологического оборудования при его работе и простоях до допустимых значений» [10].

Средства контроля – «методы и процедуры, направленные на проверку и оценку эффективности деятельности, разделение обязанностей и разграничение прав доступа, авторизацию (согласование, утверждение документов/ операций), осуществление контроля сохранности активов, сверку данных, оценку эффективности бизнес-процессов и обеспечивающие разумную уверенность по достижению целей Компании» [10].

Срок службы оборудования – «календарная продолжительность от даты ввода в эксплуатацию оборудования до даты прекращения эксплуатации» [10].

Технические устройства – «машины, технологическое оборудование, системы машин и (или) оборудования, агрегаты, аппаратура, механизмы, применяемые при эксплуатации опасного производственного объекта» [10].

Требования – «потребность или ожидание, которое установлено, обычно предполагается (в соответствии с общепринятой практикой, применяемой Компанией, потребителями ее продукции и другими заинтересованными сторонами) или является обязательным» [10].

Требования промышленной безопасности – «требования промышленной безопасности – условия, запреты, ограничения и другие обязательные требования, содержащиеся в федеральных законах и иных нормативных правовых актах Российской Федерации, а также в нормативных технических документах, которые принимаются в установленном порядке и соблюдение которых обеспечивает промышленную безопасность» [2].

Перечень обозначений и сокращений

В настоящем отчете о НИР применяются следующие сокращения и обозначения:

ГОСТ - межгосударственный стандарт.

Минтруд России – Министерство труда и социальной защиты Российской Федерации.

НТД – нормативно-технические документы.

ОТ – охрана труда.

ПБ – промышленная безопасность.

СИ – средства измерений.

СИЗ – средства индивидуальной защиты.

СК – скорость коррозии.

ССБТ – система стандартов безопасности труда.

ТО – техническое обслуживание.

ТУ – технические условия.

1 Анализ профессионального риска в нефтегазовой отрасли

1.1 Общая характеристика производственного травматизма в России

За последние несколько лет наметилась устойчивая тенденция к сокращению количества производственного травматизма. В качестве критерия для анализа этого показателя выступает тяжесть полученных работником повреждений:

- «легкие, позволяющие полностью восстановить изначальную степень трудоспособности по прошествии времени;
- тяжелые, в результате которых трудоспособность не удается восстановить полностью, поэтому работнику присваивается инвалидность;
- смертельные, заканчивающиеся летальным исходом для пострадавшего» [2].

Система здравоохранения предоставило итоги прошедшего 2020 года, которые показали, что данные по травматизму и их причинам остались в основном без изменений относительно последних нескольких лет. Причины травматизма происходят по таким факторам:

- «падение с высоты;
- воздействие механизмов и предметов;
- падение предмета на человека;
- дорожно-транспортное происшествие» [9].

По данным европейского статистического агентства Eurostat, «производственный травматизм на малых предприятиях вдвое выше, чем в крупных. Причина неблагоприятной ситуации — банальная нехватка средств» [28].

Исполнение прямых профессиональных обязанностей может привести не только к получению травм, но и к смертельному исходу, особенно если

характер этих обязанностей связан с повышенной опасностью. Статистические данные показывают наличие числа травм в образовательных заведениях очень низкое, а вот, например, столярное производство имеет совсем другие показатели травматизма и как правило это связано с плохой организацией условий труда. Немаловажным фактором, приводящим к травмам со смертельным исходом, является несоблюдение работниками техники безопасности, нарушенные технологические процессы, слабый уровень знаний ПТБ.

Как и многие производственные процессы, процесс разработки комплекса нефти несет определенные риски, связанные с вероятными утечками нефти, аварийными ситуациями разного рода происхождения (пожары, травмирование людей, поломки технологического оборудования). Данные риски учитываются правилами промышленной безопасности.

Официальные данные статистики зафиксировали за 2020 год 23300 случаев травм на производстве, в том числе 16300 из них произошло с мужской частью сотрудников и только 7000 с женской. «Число травм со смертельным исходом составило в том же году 1065 случаев: в 993 случаях – гибель мужчин, в 72 случаях – гибель женщин» [1].

За одиннадцать месяцев 2020 года зафиксированы 4080 несчастных случаев, имеющих тяжелые последствия для здоровья граждан – это почти на 9% меньше уровня данных за такой же период в предыдущем 2020 году.

Статистические данные, предоставленные Роструд, показывает, что практически число травм со смертельным исходом на производстве в нашей стране остается неизменным за последние годы.

Статистика по видам производственного травматизма за период 2014-2020 гг. представлена на рисунке 1. На рисунке отражена общая статистика страховых случаев, несчастных случаев с легким и тяжелым исходом, а также случаев со смертельным исходом. Отдельно выделены случаи и количество профессиональных заболеваний.

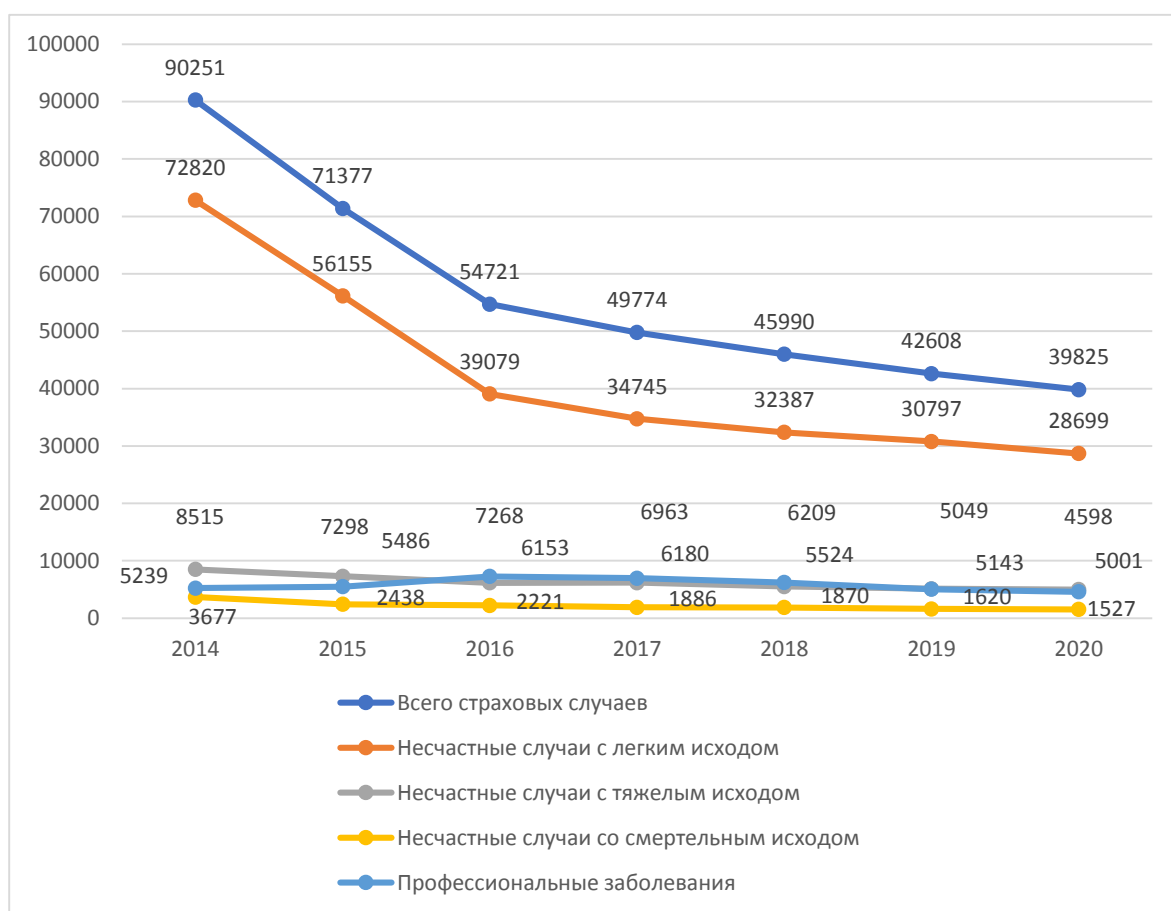


Рисунок 1 – Статистика по видам производственного травматизма за период 2012-2018 гг.

Статистика в 2020 году по числу погибших на производстве представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Статистика в 2020 году по числу погибших на производстве

Отрасль в статистике травматизма	Численность погибших из расчета на 1000 человек персонала
«Деятельность водного транспорта» [27].	11,2
«Строительство, в том числе автомобильных дорог» [27].	8,9
«Производство особых видов машин и оборудования» [27].	9,8
«Химическая промышленность, включая производство резины и пластмассы» [27].	10,7
«Добыча металлических руд» [27].	7,1

Суммируя показатели смертности и травматизма в этих пяти отраслях производства в России, получаем значительно больше двух третей всего числа зарегистрированных случаев. Такое положение дел сложилось из-за имеющихся условий труда для работников в этих отраслях. Общее число работников, занятых на производстве с условиями труда, угрожающими здоровью и жизни к концу 2020 года, составляло более 38%, причем имеются такие области деятельности, где этот параметр достигает 50% и более от общего числа сотрудников.

Также из таблицы 1 видно, что рассматриваемая нефтегазовая отрасль находится на втором месте по числу погибших на производстве.

В таблице 2 отражены данные по доле работающих во вредных и опасных условиях труда по отраслям.

Таблица 2 – Данные по доле работающих во вредных и опасных условиях труда по отраслям

Отрасль	Доля работающих во вредных и опасных условиях труда, %
1	2
«Добыча угля» [27].	80,29
«Добыча металлических руд» [27].	71,89
«Металлургия» [27].	70,70
«Рыболовство и рыбоводство» [27].	62,31
Деятельность водного транспорта» [27].	61,47
«Строительство, в том числе автомобильных дорог» [27].	60,91
«Производство автотранспорта» [27].	59,77
«Производство табачных изделий» [27].	56,53
«Химическая промышленность» [27].	56,26
«Добыча полезных ископаемых» [27].	55,37
«Деятельность воздушного и космического транспорта» [27].	54,58
«Изготовление кокса и нефтепродуктов» [27].	53,27
«Предоставление услуг в сфере добычи полезных ископаемых» [27].	52,96
«Обработка древесины» [27].	52,14
«Производство некоторых видов минеральной продукции» [27].	52,42

Данные, предоставленные государственным комитетом статистики, доказывают сложившуюся тенденцию увеличения периода нетрудоспособности сотрудника в следствие получения травмы при исполнении своих производственных обязанностей. «С 2000 по 2019 г. этот показатель увеличился в 1,7 раза. Так, если в 2000 году работник, получивший травму, находился на больничном в среднем 28,8 дней, то в 2019 этот срок увеличился до 50,6 дня. Эксперты говорят, что такая ситуация связана с одновременным влиянием двух факторов. С одной стороны, сложность используемых механизмов увеличивает серьезность травм, получаемых работниками. С другой стороны, благодаря усилиям контролирующих органов статистика причин гибели работников на производстве стала более открытой, а права работников на достаточную реабилитацию и восстановление стали соблюдаться в более полном объеме» [27].

Данные по фактическим расходам на компенсации и средства индивидуальной защиты в 2020 году отражены на рисунке 2.

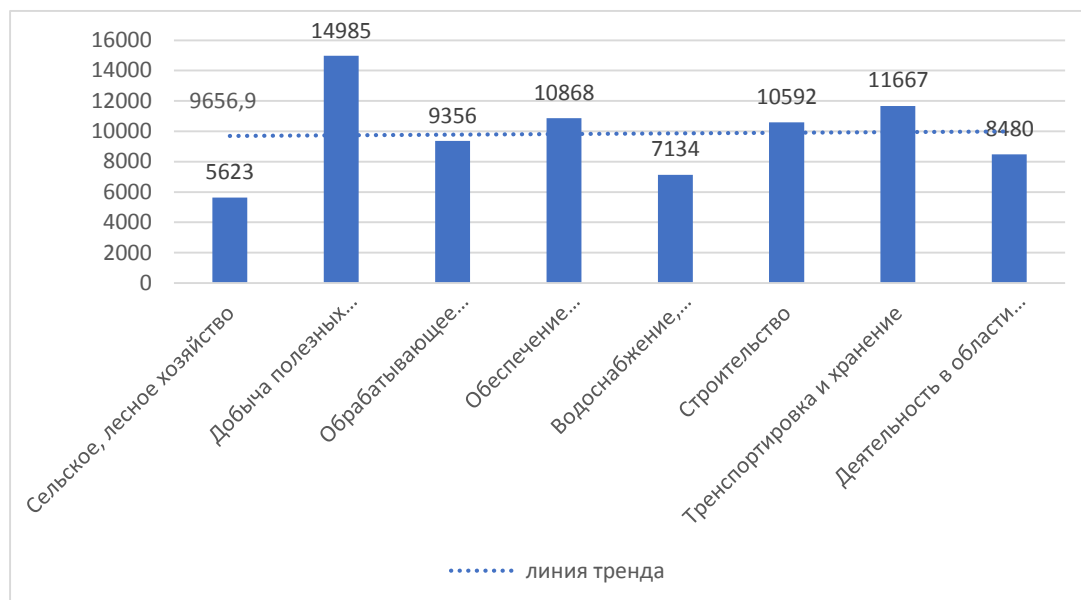


Рисунок 2 – Фактические расходы на компенсации и средства индивидуальной защиты в 2010 году

Также приведены официальные данные по компенсационным выплатам, приходящиеся на один зарегистрированный случай травматизма и его размер в 2020 году, составил 10295 рублей, но по в разных отраслях производства эта сумма имеет разную величину.

Данные, приведенные официальной статистикой, отмечают появившуюся тенденцию к уменьшению числа производственных несчастных случаев. Наиболее явно это прослеживается на данных за период 2001 – 2020 гг, данные представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Динамика пострадавших и погибших на производстве с 2001 по 2020 годы

Год	Пострадавших, тыс.чел.	Погибших, тыс.чел.
1	2	3
2001	151,8	4,4
2002	144,7	4,37
2003	127,7	3,92
2004	106,7	3,54
2005	87,8	3,29
2006	77,7	3,09
2007	70,7	2,9
2008	66,1	2,99
2009	58,3	2,55
2010	46,1	1,97
2011	47,7	2,00
2012	43,6	1,82
2013	40,4	1,82
2014	35,6	1,7
2015	31,3	1,46
2016	28,2	1,29
2017	26,7	1,29
2018	25,4	1,14
2019	23,6	1,07
2020	23,3	1,06

Оформим данные таблицы 3 по динамике пострадавших и погибших с 2001 по 2020 годы на производстве в кратком графическом формате на рисунке 3.

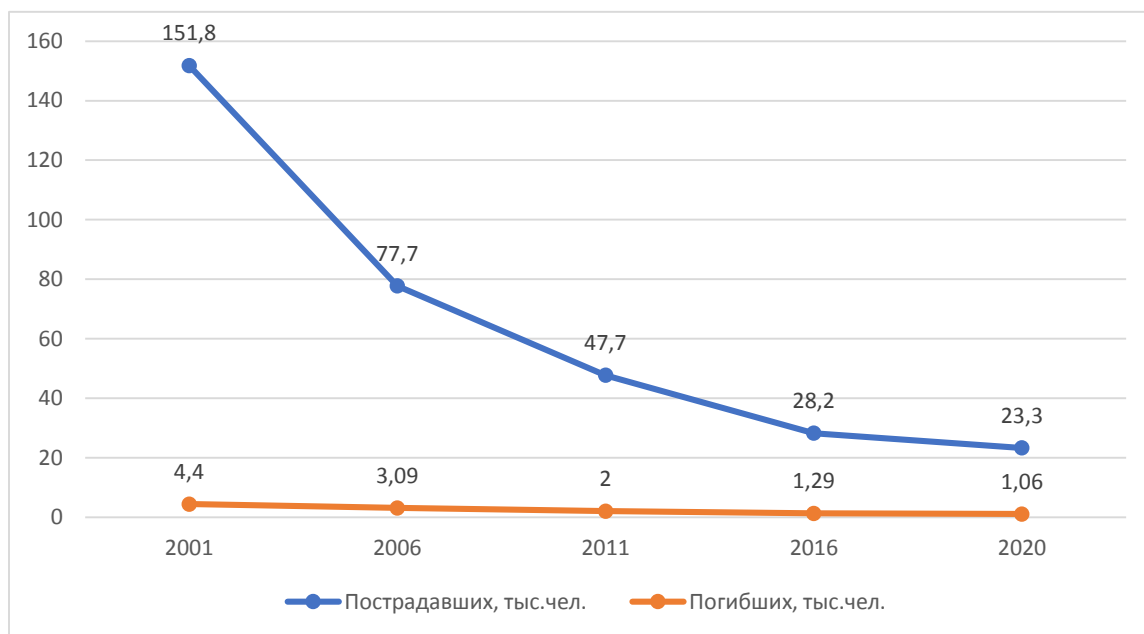


Рисунок 3 – Динамика пострадавших и погибших на производстве с 2001 по 2020 годы

Итак, согласно данным рисунка 3, такое направление обстоятельств складывается в нашей стране, как и общее во многих развитых странах. Хотя следует признать, что число пока достаточно значительно.

В России за период прошлого года на производстве зарегистрированы 5865 НС, имеющих тяжелые последствия или приведшие к смерти. Это более чем на 4% ниже уровня предыдущего года. Результатом всех НС за период 2020 года явилась гибель 1610 граждан, за 2019 год было зафиксировано 1697 травм со смертельным исходом.

Как и ранее основным условием наступления производственного несчастного случая является плохая организация производственной деятельности и наличие человеческого фактора. Именно эти причины стали в 2020 году источниками более трети несчастных случаев от всего числа зафиксированных НС с получением тяжелых последствий для здоровья; в 11,3% случаев стали причины несоблюдения правил дорожного движения; в 10,3% - несоблюдение сотрудниками трудовой дисциплины на производстве;

в 6,5% несчастных случаев причинами их наступления стали факторы технического и технологического характера.

По данным Госкомстата труда к наиболее «травмоопасным» видам относятся:

- «обрабатывающие производства - 25,6% страховых случаев;
- транспортировка и хранение - 10,6%;
- здравоохранение и социальные услуги - 9,8%;
- строительство - 8,5%;
- торговля оптовая и розничная, ремонт автотранспортных средств и мотоциклов - 8,4%;
- сельское хозяйство, лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство - 6,8%;
- добыча полезных ископаемых - 5,3%» [26].

Отразим эти данные на рисунке 4.



Рисунок 4 – Структура наиболее «травмоопасных» видов экономической деятельности

Преобладание причин в травматизме организационного характера и человеческого фактора в течении длительного периода (несколько лет) свидетельствует о незначительном внимании на имеющиеся недопущения по организации работ на предприятиях, недостаточно и формально исполняют требования нормативов. Сложившееся положение дел подталкивает к применению принципа расширенного и открытого управления в вопросах техники безопасности и безопасных условий труда, повышения значимой роли как руководителей, так и сотрудников по данным вопросам.

По оценкам зарубежных экспертов, «в перспективе до 2050 года мультифакторная производительность будет играть все большую роль в росте производительности труда и конкурентоспособности компаний. Однако многие работодатели продолжают воспринимать охрану труда как статью затрат, так как выгоды проявляются в основном в долгосрочной перспективе» [29].

Определенные требования по организации условий труда и их безопасности должны быть четко сформулированы работодателем на основе исследований по профессиональным рискам и им же инициированным, что повысит уровень ответственности работодателя за внедрение некоторых работ, проводимыми во вредных условиях [30]. Также сделает более эффективным управление в области безопасных методов и условий труда и в области сохранения здоровья людей.

1.2 Проблематика промышленной безопасности в нефтегазовой отрасли

На сегодняшний день нефтегазовая отрасль является одной из наиболее травмоопасных отраслей, охрана труда в которой зачастую ограничивается только поддержанием порядка в необходимых документах, а не на самом производстве. При этом возникают несчастные случаи и профессиональные заболевания, основными причинами которых является несоблюдение

работниками требований охраны труда на рабочих местах, неприменение работниками СИЗ, отсутствие надзора и контроля за безопасным ведением работ со стороны специалистов и руководителей структурных подразделений, отсутствие современной проработанной системы управления охраной труда в данной отрасли. Также основной проблемой охраны труда в нефтегазовой отрасли, как и в большинстве других отраслей, является апостериорный анализ условий и охраны труда, когда несчастный случай или профессиональное заболевание уже наступило [31]. Чтобы такой анализ был априорный и вырабатывал меры по снижению профессиональных рисков заранее, необходим комплексный подход ко всему перечню задач, решаемых в области охраны труда, выражающийся в создании усовершенствованной системы управления охраной труда.

В истории нашего государства первая нефть была получена из буровой скважины в районе Кубани в феврале 1966 года. Нефть залегала близко к поверхности земли всего на 37 метрах, фонтанировала она более 20 суток, после чего сила фонтана снизилась.

Разработка любого комплекса нефти может сопровождаться загрязнением почвы, водных бассейнов, наличием поврежденного оборудования и травмированием людей. Если данные параметры отсутствуют, то такое месторождение является безопасным. Еще на стадии составления проекта в него закладываются основы безопасной разработки скважины, для чего вовремя геолого-разведывательных работ изучаются геологические параметры будущей буровой – какие породы здесь находятся, как они располагаются, имеются ли водные горизонты и многие другие. Компьютерные технологии последних лет позволяют произвести расчеты смоделировать многие процессы, в частности выбрать наиболее оптимальный вариант бурения скважины с учетом выясненных геологических параметров местности.

Разработку нефтяных комплексов ведут нефтедобывающие компании и участвуют многие другие, выполняющие процессы бурения, ремонта

скважин, наблюдение и исследование скважин, геологические глубинные разведки, строительство [26].

Нефтегазовые технологические процессы классифицируются несколькими способами. Классификация основных их них отражена на рисунке 5.

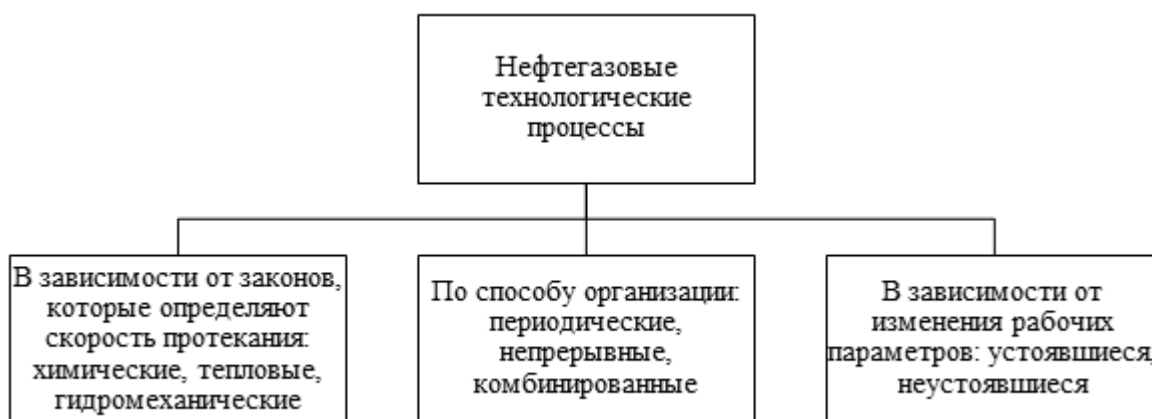


Рисунок 5 – Классификация технологических процессов в нефтегазовой отрасли

Помимо приведенной классификации существуют технологические процессы, которые можно классифицировать по времени работы над месторождением. Это процессы от проведения тендера до выполнения работ и подведения итогов. В самом начале выполняющий работы по разработке комплекса должен ознакомиться с требованиями по безопасности, обеспечить контроль за их соблюдением, провести оценку рисков, организовать обучение сотрудников.

К обязанностям заказчика относится снабжение исполнителя работ достоверной и в нужном объеме информацией, проведение запланированных и обязательных проверок. От этих мероприятий системного подхода зависит насколько успешно будет выполнена совместная работа с подрядными организациями по недопущению непредвиденных аварийных ситуаций.

Управление охраной труда в нефтегазовой отрасли - это совместная деятельность работодателей и работников, которая очень важна для

обеспечения безопасности труда. В основе такой деятельности лежат законодательно установленные требования охраны труда, содержащиеся в нормативных правовых актах, утверждаемых федеральными органами исполнительной власти. Действующая в настоящее время система законодательных и нормативных правовых актов охраны труда представляет собой сложную и неупорядоченную систему и должна применяться в рамках действующей в организации системы управления охраной труда.

Основными задачами трудового законодательства являются создание необходимых условий труда для работников, а также регулирование отношений по:

- «организации труда и управлению трудом;
- трудоустройству у данного работодателя;
- подготовке и дополнительному профессиональному образованию работников непосредственно у данного работодателя;
- социальному партнерству, ведению коллективных переговоров, заключению коллективных договоров и соглашений;
- участию работников и профессиональных союзов в установлении условий труда и применении трудового законодательства в предусмотренных законом случаях;
- материальной ответственности работодателей и работников в сфере труда;
- государственному контролю (надзору), профсоюзному контролю за соблюдением трудового законодательства (включая законодательство об охране труда) и иных нормативных правовых актов, содержащих нормы трудового права;
- разрешению трудовых споров;
- обязательному социальному страхованию в случаях, предусмотренных федеральными законами» [25].

Также при анализе условий труда опираются на Федеральный закон от 28.12.2013 № 426 «О специальной оценке условий труда». Предметом

регулирования данного нормативного акта являются «отношения, возникающие в связи с проведением специальной оценки условий труда, а также с реализацией обязанности работодателя по обеспечению безопасности работников в процессе их трудовой деятельности и прав работников на рабочие места, соответствующие государственным нормативным требованиям охраны труда» [11].

Оценка условий труда проходит согласно Методике проведения специальной оценки условий труда. Методика устанавливает обязательные требования к последовательно реализуемым в рамках проведения специальной оценки условий труда процедурам:

- «идентификации потенциально вредных и (или) опасных производственных факторов;
- исследованиям (испытаниям) и измерениям вредных и (или) опасных производственных факторов;
- отнесению условий труда на рабочем месте по степени вредности и (или) или опасности к классу (подклассу) условий труда по результатам проведения исследований (испытаний) и измерений вредных и (или) опасных производственных факторов;
- оформлению результатов проведения специальной оценки условий труда» [11].

Практически все объекты, входящие в отрасль переработки углеводородного сырья имеют сложную технологическую цепочку. Данные производственные объекты должны обладать высоким уровнем безопасности, в противном случае возникает риск развития аварий. Изучение проблемных сторон в производстве, появление и внедрение новых методик по определению уровня безопасности на таких опасных предприятиях достаточно актуальны на сегодняшний день. Анализируют эти вопросы специалисты, работающие в сфере промышленной безопасности. Надзорная деятельность, контроль исправления найденных нарушений, должны проводиться в границах системы управления промышленной безопасности.

В системе, обеспечивающей управление промышленной безопасностью (ОПО), можно выделить два этапа: исследование рисков аварий и принятые меры на чрезвычайные ситуации. Следует уточнить: чтобы повысить уровень безопасности необходимо в сфере промышленной безопасности проводить количественную оценку риска, вероятность появления которого отслеживается в производственно-технологическом процессе. Именно поэтому данная работа рассматривает самые эффективные инновационные решения, позволяющие обеспечить промышленную безопасность производственным предприятиям. К таким решениям можно отнести один из способов сравнения двух систем - систему анализа и оценки безопасности техпроцесса и систему мониторинга технического состояния по выбору управляющего решения, обеспечивающего более высокий уровень безопасности, стабильности работы объектов гидроэнергетики. Рассматриваются способы, анализирующие оценку системы безопасности, определяющие, в какой мере эффективно проектное предложение обеспечения безопасности на опасном технологическом объекте. Кроме того анализируются: способ проектирования, предлагающий комплексную систему безопасности; система для проведения оценки уровня рисков и управления рисками на объекте; система информационно-управляющая, обеспечивающая комплексный контроль безопасности; система по прогнозированию оценок безопасности на опасном технологическом и производственном объекте на основе комплексного моделирования по обеспечению безопасностью.

Вывод по первому разделу

В первом разделе исследования проведен анализ профессионального риска в нефтегазовой отрасли. Практически все объекты, входящие в отрасль переработки углеводородного сырья имеют сложную технологическую цепочку. Данные производственные объекты должны обладать высоким уровнем безопасности, в противном случае возникает риск развития аварий. Изучение проблемных сторон в производстве, появление и внедрение новых

методик по определению уровня безопасности на таких опасных предприятиях достаточно актуальны на сегодняшний день. Анализируют эти вопросы специалисты, работающие в сфере промышленной безопасности. Надзорная деятельность, контроль исправления найденных нарушений, должны проводиться в границах системы управления промышленной безопасности.

В начале исследования была дана общая характеристика производственного травматизма в России. Официальные данные статистики зафиксировали за 2020 год 23300 случаев травм на производстве, в том числе 16300 из них произошло с мужской частью сотрудников и только 7000 с женской. «Число травм со смертельным исходом составило в том же году 1065 случаев: в 993 случаях – гибель мужчин, в 72 случаях – гибель женщин» [1]. За одиннадцать месяцев 2020 года зафиксированы 4080 несчастных случаев, имеющих тяжелые последствия для здоровья граждан – это почти на 9% меньше уровня данных за такой же период в предыдущем 2020 году.

Статистические данные, предоставленные Роструд, показывает, что практически число травм со смертельным исходом на производстве в нашей стране остается неизменным за последние годы. Суммируя показатели смертности и травматизма в этих пяти отраслях производства в России, получаем значительно больше двух третей всего числа зарегистрированных случаев. Такое положение дел сложилось из-за имеющихся условий труда для работников в этих отраслях. Общее число работников, занятых на производстве с условиями труда, угрожающими здоровью и жизни к концу 2020 года, составляло более 38%, причем имеются такие области деятельности, где этот параметр достигает 50% и более от общего числа сотрудников. Рассматриваемая нефтегазовая отрасль находится на втором месте по числу погибших на производстве.

Также в первом разделе охарактеризована проблематика промышленной безопасности в нефтегазовой отрасли. Данная работа рассматривает самые эффективные инновационные решения, позволяющие

обеспечить промышленную безопасность производственным предприятиям. К таким решениям можно отнести один из способов сравнения двух систем - систему анализа и оценки безопасности техпроцесса и систему мониторинга технического состояния по выбору управляющего решения, обеспечивающего более высокий уровень безопасности, стабильности работы объектов гидроэнергетики. Рассматриваются способы, анализирующие оценку системы безопасности, определяющие, в какой мере эффективно проектное предложение обеспечения безопасности на опасном технологическом объекте. Кроме того, анализируются: способ проектирования, предлагающий комплексную систему безопасности; система для проведения оценки уровня рисков и управления рисками на объекте; система информационно-управляющая, обеспечивающая комплексный контроль безопасности; система по прогнозированию оценок безопасности на опасном технологическом и производственном объекте на основе комплексного моделирования по обеспечению безопасностью.

2 Анализ обеспечения промышленной безопасности на объекте нефтегазового комплекса

2.1 Краткая характеристика рассматриваемого объекта

Новая система разработки нефтяного комплекса ООО «РН-Пурнефтегаз» осуществляется по способу «вторичной разработки комплекса высоковязкой нефти». Способ предусматривает обеспечение высокого охвата тепловым воздействием и нефтеотдачи пласта за счёт вторичной разработки пласта с использованием ранее пробуренных при шахтной разработке на естественном режиме подземных скважин для прогрева пласта и отбора из него нефти.

Учитывая принцип зонирования, можно сказать, что площадка добывающих и паронагнетательных скважин нефтяного комплекса ООО «РН-Пурнефтегаз» относится к категории опасных производственных объектов. Объект признан опасным производственным объектом II типа.

Основными составляющими данного объекта являются:

- производственная площадка, на которой располагаются буровая установка Дреко (Кремко) К-200, цементирувочный агрегат ЦА – 320М, колонная головка компании GALAXY, арматура фонтанная компании GALAXY;
- склад ГСМ;
- склад химреагентов.

Основными выполняемыми видами работ на производственной площадке ООО «РН-Пурнефтегаз» являются: «бурение паранагнетательных и добывающих скважин, обслуживание оборудования, коммуникаций, сосудов, работающих под давлением, а также с применением вредных и опасных веществ, пара и горячей воды, воздействием электрического тока» [20].

Работы, связанные с обслуживанием оборудования в ООО «РН-Пурнефтегаз» могут оказывать опасное и вредное воздействие на организм человека в процессе производственной деятельности. К опасным и вредным производственным факторам относятся:

- «повышенное напряжение в электрической цепи, замыкание которой может пройти через тело человека;
- повышенная вибрация;
- повышенный шум;
- движущиеся машины и механизмы;
- вредные и опасные химические вещества;
- повышенная загазованность и недостаточное содержание кислорода в воздухе рабочей зоны;
- взрывопожароопасность производственного процесса;
- нервно-психические перегрузки;
- воздействие пониженных и повышенных температур» [23].

Наиболее распространенными и опасными аварийными ситуациями при эксплуатации механизированного фонда являются пожары и разливы нефти. «При аварийных ситуациях с открытыми разливами нефти или с поступлением в воздушную среду газа все работы на кусте, включая добычу нефти, должны быть прекращены. В воздушную среду кустовой площадки поступают опасные газы, которые могут являться источниками отравления организма» [24].

Резервуарный парк нефтяного комплекса ООО «РН-Пурнефтегаз» имеет свою обваловку и обслуживается отдельной группой насосов, расположенных на открытых бетонных площадках (под навесом): объединены общей канализацией. Экспертиза резервуарного парка ООО «РН-Пурнефтегаз» представлена в таблице 4.

Таблица 4 – Экспертиза резервуарного парка ООО «РН-Пурнефтегаз»

Что проверяется	Имеется фактически или по проекту	Требуется по нормам	Ссылка на нормы	Вывод о соответствии
1	2	3	4	5
«Расстояние от площадки слива отработанных масел продуктовых насосных станций ЛВЖ до резервуаров» [18].	Более 15 м	Не менее 15 м	СНиП 2.11.03-93	Соответствует
«Расстояние от резервуаров ЛВЖ до канализационных очистных сооружений» [18].	Более 30 м	Не менее 30 м	СНиП 2.11.03-93	Соответствует
«Расстояние от резервуаров до пожарных водоемов» [18].	20 м	Не менее 40 м	СНиП 2.11.03-93	Не соответствует
«Расстояние от резервуаров ЛВЖ до канализационных очистных сооружений» [18].	более 15 м	Не менее 15 м	СНиП 2.11.03-93	Соответствует
«Расстояние между резервуарами в соседних группах» [18].	Около 25 м	Не менее 40 м	СНиП 2.11.03-93	Не соответствует
«Наличие обваловки у групп резервуаров» [18].	«Имеется земляное обвалование: более 1 м, шириной более 0,5 м» [18].	«По периметру групп резервуаров требуется обваловка шириной по верху не менее 0,5 м и высотой не менее 1 м» [18].	СНиП 2.11.03-93	Соответствует
«Наличие четырех переходов через обвалование (на противопожарных сторонах)» [18].	«Обвалование резервуаров ЛВЖ имеет 2 переходные лестницы» [18].	«Не менее 4-х лестниц перехода» [18].	СНиП 2.11.03-93	Не соответствует
«Резервуары должны иметь не менее 2-х пеногенераторов на каждом резервуаре» [18].	«На некоторых РВС отсутствует» [18].	«Требуется не менее 2-х пеногенераторов на резервуар» [18].	СНиП 2.09.03-85	Не соответствует

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5
«Оборудование резервуарных парков дождеприемниками» [18].	Имеются	«Требуются с запорными устройствами с выводом из обвалования» [18].	СНиП 2.11.03-93	Соответствует
«Наличие теплоизоляции на резервуарах» [18].	Отсутствует	«Должна быть несгораемой» [18].	СНиП 2.11.03-93	Не соответствует
«Наличие заездов внутрь обвалований для пожарной техники» [18].	«Предусмотрены заезды в обвалование каждой группы резервуаров» [18].	«Допускается предусматривать заезды внутрь обвалований для пожарной техники» [18].	СНиП 2.11.03-93	Соответствует

Итак, на рассматриваемом объекте можно констатировать отсутствие риска смертельного поражения населения и персонала других предприятий. Самым вероятным случаем аварии можно считать происшествия, при которых будет зафиксирован пролив легковоспламеняющихся жидкостей в случае разгерметизации технологического оборудования. Значение частоты подобных аварий – $1,2 \cdot 10^{-2}$ 1/год.

Рассмотрим значения среднего индивидуального риска на отдельных участках нефтегазового месторождения:

- резервуарный парк – $2,33 \cdot 10^{-5}$ 1/год;
- компрессорный цех – $1,01 \cdot 10^{-5}$ 1/год;
- насосные станции – $2,47 \cdot 10^{-5}$ 1/год;
- трубопроводное хозяйство – $1,89 \cdot 10^{-5}$ 1/год;
- внешние причины – $1,25 \cdot 10^{-4}$ в год.

2.2 Оценка рисков при возникновении чрезвычайных ситуаций

К числу самых частых причин возникновения в ООО «РН-Пурнефтегаз» техногенных аварий стоит отнести отказ систем.

Кроме того, эрозийные и коррозионные процессы также часто являются причиной возникновения полной или же частичной разгерметизации оборудования. При этом, как показывает практический опыт, а также результаты проводимых расчетов, коррозия зачастую оказывает локальное воздействие, что не может привести к по-настоящему серьезным разрушениям [32]. Правда, если не проводить своевременный ремонт, разрушение будет увеличиваться, что гарантированно приведет к возникновению более серьезных поломок.

Частичные и полные разрушения элементов оборудования ООО «РН-Пурнефтегаз», которые могут приводить к серьезным авариям, также часто являются результатом физического износа, механических повреждений или же температурного воздействия.

Дефекты при изготовлении элементов оборудования в ООО «РН-Пурнефтегаз»:

- «отказы в работе приборов контроля и автоматизации;
- ошибки технического персонала;
- ошибки при осуществлении пуска и останова оборудования;
- ошибки при проведении ремонтных, профилактических и иного типа работ, сливанием и заполнением емкостей или цистерн опасными веществами;
- нарушение правил технической безопасности;
- внешние воздействия техногенного и природного характера;
- аварийные ситуации, связанные с опасными производственными объектами, расположенными в границах объекта;
- аварийные ситуации, которые связаны с перевозкой опасных грузов в границах расположения объекта;
- разряды от статического электричества;
- заносы и критическое понижение температуры воздуха;
- нарушение правил пожарной безопасности и дорожного движения в границах участка» [21].

Анализ риска в ООО «РН-Пурнефтегаз» включает в себя следующие этапы:

- «выявление возможных факторов и причин, которые способствуют возникновению и развитию аварийных ситуаций, и реальных сценариев возможных аварий;
- оценку числа вредных и опасных веществ, возникающих в момент аварии, а также расчетного числа пострадавших и расчет вероятных зон действия поражающих факторов; обобщение оценок риска и сравнение их значений с критериями приемлемого риска» [22].

Для оценки вероятности и масштабов чрезвычайной ситуации на опасном производственном объекте выделим следующие инициирующие события и основные сценария развития ЧС на рисунке 6.



Рисунок 6 - Основные сценария развития ЧС в ООО «РН-Пурнефтегаз»

Вероятными источниками разливов нефтепродуктов в ООО «РН-Пурнефтегаз» могут быть:

- «резервуары для хранения нефти и нефтепродуктов;
- цистерны для автотранспорта;

- железнодорожные цистерны;
- блок технологических трубопроводов;
- запорная и регулирующая арматура» [8].

В ООО «РН-Пурнефтегаз» возможны следующие аварийные ситуации:

- «аварийные разливы нефтепродуктов из-за разгерметизации резервуара для их хранения;
- аварийные разливы нефтепродуктов вследствие разгерметизации цистерны;
- аварийные разливы нефтепродуктов вследствие разгерметизации автоцистерны;
- разрушение блока технологических трубопроводов» [3].

Специфика сценария развития аварийной ситуации в ООО «РН-Пурнефтегаз» основана на проведении глубокого анализа ранее возникавших техногенных аварий на аналогичных технических объектах, которые эксплуатировались в схожих условиях.

Практический опыт указывает на то, что зачастую случаются минимальные выбросы. Это объясняется низкой вероятностью полной разгерметизации оборудования.

В резервуарах и прочем подобном оборудовании ООО «РН-Пурнефтегаз» вероятность формирования пожароопасной концентрации напрямую зависит от целого ряда следующих аспектов:

- специфика пожароопасных свойств конкретного вещества;
- температурный режим;
- особенности проведения тех или иных технологических операций.

Отдельные сооружения технологического характера, относящиеся к проектируемым объектам, исходя из специфики и особенностей веществ, находящихся внутри производственного обращения, могут быть отнесены к пожаровзрывоопасным.

В этом случае наиболее опасным веществом, находящимся на объекте в производственном обращении, является нефть. Это объясняется тем, что

нефть представляет собой жидкость, которая отличается воспламеняемостью. Температура ее вспышки составляет 18 градусов Цельсия, а при нагреве нефти до 250 градусов Цельсия она начинает самовоспламеняться.

В таблице 5 приведены категории производственных сооружений, классификация взрывоопасных зон.

Таблица 5 – Взрывопожарная и пожарная опасность производственных помещений и наружных установок нефтяного месторождения

Наименование помещений, наружных установок и оборудования	Категория по взрывопожарной и пожарной опасности по НПБ 105-03	Классификация взрывоопасных зон			Границы взрывоопасной зоны
		по ПУЭ		По ПБ 08-624-03	
		Класс зоны	Категория и группа взрывоопасных смесей		
1	2	3	4	5	6
«Магистральная насосная» [6].	A	B-1a	IIA-T3	1	«Зона B-1a в пределах зала; Зона B-1г (ПУЭ): 0,5м по горизонтали и вертикали от проемов» [6].
«Машинный зал насосов и электродвигателей» [6].	A	B-1a	IIA-T3	1	«Зона B-1a в пределах зала; Зона B-1г (ПУЭ): 0,5м по горизонтали и вертикали от проемов; Зона 1 (ПБ): помещение зала; 3 м вокруг отверстий помещений (окон, дверей) и отверстия вытяжной вентиляции» [6].
«Блок-бокс ССВД» [6].	A	B-1a	IIA-T3	1	«Зона B-1a в пределах блока; Зона B-1г (ПУЭ): 0,5 м по горизонтали и вертикали от проемов; Зона 1 (ПБ): помещение блока; 3м вокруг отверстий блока и отверстия вытяжной вентиляции» [6].
«Площадка регуляторов давления» [6].	A _н	B-1г	IIA-T3	12	«Зона B-1г (ПУЭ): в границах площадки, 3м по горизонтали и вертикали от запорной арматуры; Зона 1 (ПБ): 1,5м по горизонтали и вертикали от запорной арматуры» [6].

Продолжение таблицы 5

1	2	3	4	5	6
					«Зона 2 (ПБ): 1,5м по вертикали 5,5м по горизонтали от зоны 1, высотой 1 м» [6].
«Здание маслосистемы» [6].	В1	П	-	-	-
«Блок резервуаров хранения масла» [6].	В	П	-	-	-
«Резервуар для хранения дизельного топлива» [6].	А _н	В-1г	ПА-ТЗ	12	«Зона В-1г (ПУЭ): 5 м по горизонтали и вертикали от дыхательного клапана; Зона 1 (ПБ): 5 м по вертикали, горизонтали, вниз до земли от отверстия дыхательного клапана; Зона 2 (ПБ): 2м по горизонтали и вертикали от зоны 1» [6].
«Резервуарный парк для хранения нефти» [6].	А _н	В-1г	ПА-ТЗ	12	«Зона В-1г (ПУЭ): 5 м по горизонтали и вертикали от дыхательного клапана; Зона 1 (ПБ): 5 м по вертикали, горизонтали, вниз до земли от отверстия дыхательного клапана; Зона 2 (ПБ): 2м по горизонтали и вертикали от зоны 1» [6].
«Площадка фильтров-грязеуловителей» [6].	А _н	В-1г	ПА-ТЗ	12	«Зона В-1г (ПУЭ): в границах площадки, 3м по горизонтали и вертикали от фильтров; Зона 1 (ПБ): 1,5м по горизонтали и вертикали от фильтров; Зона 2 (ПБ): 1,5м по вертикали, 5,5м по горизонтали от границы зоны 1, высотой 1м» [6].
«Блок АВО» [6].	В _н	-	-	-	-
«Площадка погружных насосов» [6].	А _н	В-1г	ПА-ТЗ	12	«Зона В-1г (ПУЭ): в границах площадки, 3м по горизонтали и вертикали от аппаратов; Зона 1 (ПБ): 1,5м по горизонтали и вертикали от запорной арматуры; 5 м по вертикали, горизонтали, вниз до земли от отверстия дыхания; Зона 2 (ПБ): 2м по горизонтали и вертикали от зоны 1» [6].

Свойства опасных веществ обращающихся в ООО «РН-Пурнефтегаз» приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Характеристика опасных веществ ООО «РН-Пурнефтегаз»

Наименование опасного вещества	Степень опасности и характер воздействия веществ на организм человека
1	2
Автомобильный бензин	Легковоспламеняющаяся жидкость. «Пары могут образовывать взрывоопасные смеси с окислителями (кислород воздуха). Воздействие на человека. IV класс опасности. Обладает наркотическим действием. Раздражает слизистую оболочку глаз, поражает центральную нервную систему. При вдыхании может привести к хроническим отравлениям. Средства защиты. Спецодежда, фильтрующие противогазы, при работах внутри аппаратов – изолирующие противогазы. Меры первой помощи. Пострадавшего вынести на свежий воздух. При легком отравлении напоить молоком, крепким чаем. При тяжелом отравлении при отсутствии признаков дыхания – делать искусственное» [4].
Дизельное топливо	Горючая жидкость. «Воздействие на человека. Воздействие на человека. IV класс опасности. Возможны кожные поражения. При попадании внутрь - отравления. Средства защиты. Фильтрующие противогазы, респираторы. При больших концентрациях паров - изолирующие противогазы. Меры первой помощи. Пострадавшего вывести на свежий воздух. При легком отравлении напоить молоком, крепким чаем. При тяжелом отравлении и отсутствии признаков дыхания делать искусственное. Воздействие на окружающую среду. Продукты неполного сгорания относятся к продуктам, загрязняющим атмосферный воздух. Проливы дизтоплива на неорганизованную территорию приводят к образованию стойкого загрязнения почв. Воздействие на человека и окружающую среду в аварийных ситуациях. В случае реализации аварий возможно термическое (при пожарах пролива) поражение людей» [5].
Масло	«Горючая жидкость. Пары могут образовывать взрывоопасные концентрации с окислителями (кислород воздуха). Воздействие на человека: IV класс опасности. Возможно острое отравление парами масел при вдыхании масляного тумана. При этом возможны рвота, головокружение, головная боль» [1]. Средства защиты: Фильтрующие противогазы. В случае большой концентрации тумана – изолирующие. Спецодежда, защитные перчатки из маслостойких материалов. Меры первой помощи: Свежий воздух, покой, тепло.

Продолжение таблицы 6

1	2
	Успокаивающие и седативные средства. При ослаблении и остановке дыхания делать искусственное.
Нефть	Нефть относится к воспламеняющимся веществам. «Воздействие на человека. По степени воздействия на организм относится к IV классу опасности по ГОСТ 12.1.005-88. Первые признаки отравления человека: учащение пульса, увеличение объема дыхания, ослабление внимания, координации мышечных движений. При более сильном отравлении - рвота, головная боль, слабость, бледность, глухие тоны сердца, низкое кровяное давление, ослабление брюшных рефлексов, патологические рефлексы, потеря сознания. Воздействие на человека и окружающую среду в аварийных ситуациях. В случае реализации аварий с газом возможно барическое (при взрывах) и термическое (при горении шлейфов газа) поражение людей» [1].
«Широкая фракция легких углеводородов (ШФЛУ)» [1].	«Воздействие на человека. ШФЛУ малотоксичен, воздействует на организм человека при вдыхании, при попадании на кожу и слизистые оболочки глаз, в органы пищеварения. При остром отравлении вызывает головную боль, головокружение, тошноту, слабость, боли в области сердца, психические нарушения, потерю сознания, остановку дыхания. При приеме - жжение в желудке, головную боль, головокружение, тошноту, рвоту, потерю сознания. Наблюдаемые признаки и симптомы: головная боль, сонливость, головокружение, раздражение верхних дыхательных путей, раздражение слизистой оболочки, обморожение, тошнота, рвота. Воздействие на окружающую среду. Продукты неполного сгорания относятся к продуктам, загрязняющим атмосферный воздух. Проливы жидкой фазы ШФЛУ на неорганизованную территорию приводят к образованию стойкого загрязнения почв. Воздействие на человека и окружающую среду в аварийных ситуациях. При взрывах топливно-воздушной смеси паров ШФЛУ – ударная воздушная волна. При диффузионном горении – прямое огневое и тепловое воздействие» [1].

Внутри резервуара, зачастую, пожар начинается в результате взрыва паров нефтепродуктов при их смешивании с воздухом. В итоге, взрыв приводит к частичной или полной разгерметизации резервуарной крышки. Кроме того, происходит возгорание жидкости на всей имеющейся свободной поверхности. В более редких случаях результатом взрыва смеси жидкостного пара и воздуха является разрушение стен резервуара с выплескиванием содержимого резервуара наружу.

Огромную опасность несет в себе процесс выброса и выкипания продуктов нефтяной промышленности прямо из горящего резервуара.

Повышает вероятность возникновения пожара, также повышенный уровень загазованности парка резервуаров парами продукции нефтяной промышленности. В наземных резервуарах при их переполнении жидкостью или в результате температурного воздействия продуцируется огромный объем пара, что может стать причиной их последующего выброса в атмосферу.

Часто результатом пожара в парках резервуаров является выхода наружу горючей жидкости, пара при возникновении повреждений резервуарного корпуса механического характера.

На объекте пожар, главным образом распространяется следующим путем:

- по дыхательному оснащению, а также по линии распределения;
- разлива продуктов нефтяной промышленности в результате нарушения герметичности оборудования;
- формирования облаков пара пожароопасных жидкостей;
- нефтепродуктным трубопроводам;
- линиям для прокладки кабеля и траншеям, где будет прокладываться трубопровод.

Рассмотрим характеристику показателей степени риска при возникновении аварийных ситуаций в таблице 7.

Таблица 7 – Характеристика показателей степени риска при возникновении аварийных ситуаций

Наименование показателя	Значение показателя
1	2
Показатель приемлемого риска, год ⁻¹ : - для персонала - для населения,	$10^{-4}10^{-6}$

Продолжение таблицы 7

1	2
проживающего на близлежащей территории	
Характеристика наиболее опасного сценария развития чрезвычайных ситуаций, последовательность событий	«Резервуарный парк Частичное или полное разрушение резервуара истечение нефтепродукта -> разлив нефтепродукта -> ликвидация аварийной ситуации» [7].
	«Частичное или полное разрушение резервуара -> истечение нефтепродукта разлив нефтепродукта на территории нефтяного комплекса попадание паров в зону источника зажигания воспламенение нефтепродукта возникновение пожара пролива поражение людей и объектов инфраструктуры» [7].
	«Частичное или полное разрушение резервуара -> разлитие нефтепродукта с мгновенным воспламенением действия по локализации аварии» [7].
	«Частичное или полное разрушение резервуара разлитие нефтепродукта с мгновенным воспламенением -> попадание в зону поражающих факторов людей и/или оборудования -> действия по локализации аварии» [7].
	Жд цистерны «Частичное или полное разрушение ж/д цистерны -> истечение нефтепродукта разлив нефтепродукта на территории нефтяного комплекса локализация и ликвидация разлива» [7].
	«Частичное или полное разрушение ж/д цистерны -> истечение нефтепродукта разлив нефтепродукта на территории нефтяного комплекса -> попадание паров в зону источника зажигания -> воспламенение нефтепродукта -> возникновение пожара пролива -> поражение людей и объектов инфраструктуры» [7].
	«Частичное или полное разрушение ж/д цистерны -> разлитие нефтепродукта с мгновенным воспламенением -> действия по локализации аварии» [7].
	Технологические трубопроводы «Частичное или полное разрушение участка трубопровода истечение нефтепродукта разлив нефтепродукта на территории нефтяного комплекса -> локализация и ликвидация разлива» [7].
	«Частичное или полное разрушение участка трубопровода -> истечение нефтепродукта разлив нефтепродукта на территории нефтяного комплекса -> попадание паров в зону источника зажигания воспламенение нефтепродукта -> возникновение пожара пролива -> поражение людей и объектов инфраструктуры» [7].

Продолжение таблицы 7

1	2
	«Частичное или полное разрушение участка трубопровода -> разлитие нефтепродукта с мгновенным воспламенением -> действия по локализации аварии» [7]. «Частичное или полное разрушение участка трубопровода разлитие нефтепродукта с мгновенным воспламенением попадание- в зону поражающих факторов людей и/или оборудования -> действия по локализации аварии» [7].
Размеры зон действия поражающих факторов	
При наиболее опасном сценарии развития чрезвычайных ситуаций, м	1. Резервуарный парк безвозвратные потери – 9 границы безопасной для людей зоны – 61 2. Компрессорная станция безвозвратные потери – 34,15 границы безопасной для людей зоны – 351,3
Краткая характеристика наиболее вероятного сценария развития чрезвычайной ситуации, последовательность событий	Пролив ЛВЖ без воспламенения при разгерметизации насосного оборудования в насосной
	Пролив ЛВЖ без воспламенения при разгерметизации насосного оборудования
	Пролив ЛВЖ без воспламенения при разгерметизации оборудования
	Пролив ЛВЖ без воспламенения при разгерметизации оборудования
Показатели степени риска для персонала населения при наиболее вероятном сценарии развития чрезвычайной ситуации	
Частота наиболее вероятного сценарий развития чрезвычайной ситуации, год ⁻¹ .	$1,53 \cdot 10^{-4}$
Возможное количество погибших среди персонала, чел.;	1. Резервуарный парк – отсутствуют 2. Насосная станция – отсутствуют 3. Транспорт – отсутствуют 4. Трубопроводы – отсутствуют
Индивидуальный риск для населения на прилегающей территории, год ⁻¹	отсутствует
Коллективный риск (математическое ожидание потерь) – ожидаемое количество пострадавших (погибших) людей (персонала и населения) в результате возможных	Суммарный коллективный риск гибели персонала нефтяного комплекса от возможных аварий на декларируемом объекте составит $2,52 \cdot 10^{-3}$ чел/год. В том числе: «Коллективный риск гибели персонала резервуарного парка - $2,80 \cdot 10^{-4}$ чел/год» [7]. «Коллективный риск гибели персонала транспортных цехов - $2,92 \cdot 10^{-4}$ чел/год» [7]. «Коллективный риск гибели персонала трубопроводного хозяйства -2 - $1,01 \cdot 10^{-3}$ чел/год» [7].

Продолжение таблицы 7

1	2
аварий (чрезвычайных ситуаций) за определенное время (год), чел/год	

Сводные показатели риска аварий ООО «РН-Пурнефтегаз» приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Показатели риска на площадке ООО «РН-Пурнефтегаз»

Наименование составляющей декларируемого объекта	Коллективный риск смертельного поражения персонала ВГПЗ, чел/год	Индивидуальный риск смертельного поражения персонала ВГПЗ, 1/год	Риск нанесения материального ущерба от наиболее опасных аварий, руб/год	Риск нанесения экологического ущерба от наиболее опасных аварий, руб/год
«Резервуарный парк» [7].	2,80E-04	2,33E-05	37500	192
«Насосная станция» [7].	3,22E-04	1,01E-05		
«Технологические трубопроводы» [7].	4,20E-04	2,47E-05		
«Компрессорный цех» [7].	3,95E-04			
«Система транспорта» [7].	1,10E-03	1,89E-05		

Риск смерти человека при несчастных случаях на производстве составил $8,40 \cdot 10^{-5}$ в год.

Все это свидетельствует о том, что вероятность смерти сотрудников, находящихся на объекте, ниже средних показателей смерти работников в результате возникновения на производстве несчастных случаев. Они также ниже фоновых значений смертности людей, возникающей в обычной жизни по самым разным причинам.

Стоит отметить, что не прогнозируется никакой риск для населения и сторонних организаций.

При проведении анализа основных свойств опасных соединений, находящихся в обращении в рамках площадки месторождения нефти, а также учитывая имеющиеся статистические данные об авариях, которые имеют связь с подобными соединениями, удалось определить, что процесс разгерметизации оснащения или отдельных техэлементов на конкретном объекте, может вызывать следующие отрицательные последствия:

- загрязнение окружающей среды и загазованность территорий;
- поджары;
- взрывы, являющиеся результатом возникновения воздушно-газовой смеси, отличающейся своей воспламеняемостью [12].

На основе проводимого анализа информации, которая была представлена в разделе, удалось подтвердить пожарную опасность процессов, связанных с перекачкой хранения нефти и продукции нефтяной промышленности, которые могут вызывать формирование взрывоопасной, горючей концентрации, а также в случае возникновения ситуации нарушения герметичности трубопровода, при чрезмерном износе оборудования, авариях и прочих отклонений техрегламента. Также повысить вероятность возникновения подобных техногенных аварий могут различные потенциальные источники возникновения воспламенения.

Фоновые показатели риска в России представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Фоновые показатели риска в России

Наименование показателя риска	Значение показателя, 1/год
«Риск быть убитым» [7].	$1,0 \cdot 10^{-4}$
«Риск гибели человека от транспортных травм (всех видов)» [7].	$2,1 \cdot 10^{-4}$
«Риск гибели от случайного отравления» [7].	$7,0 \cdot 10^{-6}$

На основе проводимого анализа информации, которая была представлена в разделе, удалось подтвердить пожарную опасность процессов, связанных с перекачкой хранением нефти и продукции нефтяной промышленности, которые могут вызывать формирование взрывоопасной, горючей концентрации, а также в случае возникновения ситуации нарушения герметичности трубопровода, при чрезмерном износе оборудования, авариях и прочих отклонений техрегламента. Также повысить вероятность возникновения подобных техногенных аварий могут различные потенциальные источники возникновения воспламенения.

2.3 Составление схем развития сценариев возможных аварий на объекте

К числу основных последствий, связанных с авариями на подобном объекте, стоит отнести:

- формирование газозвушных и парозвушных смесей в результате разлива технологических жидкостей с их последующим взрывом;
- начало полномасштабного процесса горения облаков, обогащенных топливно-воздушной смесью;
- возникновение горения топлива факельного характера, что возникает в случае разгерметизации отдельных элементов системы трубопровода;
- в случае пролива горючего и различных жидкостей, отличающихся легкой воспламеняемостью, наблюдается серьезное загрязнение окружающей среды;
- начало пожара в результате возникновения протечек горючих материалов и жидкостей, имеющих легковоспламеняющийся характер.

Специфика развития и последствия подобных аварий, будут напрямую зависеть от особенностей технологических параметров, специфики окружающей среды, а также особенностей конкретного вещества.

Основные вероятные сценарии развития аварийных ситуаций при возникновении аварий технического оборудования, расположенного на месторождении нефти, представлены в таблице 7.

Сценарии обозначаются путем ориентации на следующий основополагающий принцип: ХСУ; Х – представляет собой номер конкретного сценария, который относится к определенному техническому оборудованию; У – представляет собой номер вероятного сценария, по которому может развиваться возникающая аварийная ситуация. Также в таблице используются следующие сокращения: «С1 – пожар разлива, С2 – разлив без возгорания, С3 – разлив с мгновенным воспламенением, С4 – разлив с мгновенным воспламенением и попаданием в зону действия поражающих факторов людей и оборудования» [17].

Таблица 10 – Схемы развития типовых сценариев возможных аварий

Сценарий аварии	Схема развития аварии
1	2
Резервуарный парк	
Сценарий 1.С1	«Частичное или полное разрушение резервуара истечение нефтепродукта -> разлив нефтепродукта -> ликвидация аварийной ситуации» [10].
Сценарий 1.С2	«Частичное или полное разрушение резервуара -> истечение нефтепродукта разлив нефтепродукта на территории нефтяного комплекса попадание паров в зону источника зажигания воспламенение нефтепродукта возникновение пожара пролива поражение людей и объектов инфраструктуры» [10].
Сценарий 2.С3	«Частичное или полное разрушение резервуара -> разлитие нефтепродукта с мгновенным воспламенением действия по локализации аварии» [10].
Сценарий 2.С4	«Частичное или полное разрушение резервуара разлитие нефтепродукта с мгновенным воспламенением -> попадание в зону поражающих факторов людей и/или оборудования -> действия по локализации аварии» [10].
Железнодорожные цистерны	

Продолжение таблицы 10

1	2
Сценарий 2.C1	«Частичное или полное разрушение ж/д цистерны -> истечение нефтепродукта разлив нефтепродукта на территории нефтяного комплекса локализация и ликвидация разлива» [10].
Сценарий 2.C2	«Частичное или полное разрушение ж/д цистерны -> истечение нефтепродукта разлив нефтепродукта на территории нефтяного комплекса -> попадание паров в зону источника зажигания -> воспламенение нефтепродукта -> возникновение пожара пролива -> поражение людей и объектов инфраструктуры» [10].
Сценарий 2.C3	«Частичное или полное разрушение ж/д цистерны -> разлитие нефтепродукта с мгновенным воспламенением -> действия по локализации аварии» [10].
Сценарий 2.C4	«Частичное или полное разрушение ж/д цистерны -> разлитие нефтепродукта с мгновенным воспламенением попадание в зону поражающих факторов людей и/или оборудования действия по локализации аварии» [10].
Автоцистерны при заправке нефтепродуктами	
Сценарий 3.C1	«Частичное или полное разрушение автоцистерны -> истечение нефтепродукта разлив нефтепродукта на территории нефтяного комплекса -> локализация и ликвидация разлива» [10].
Сценарий 3.C2	«Частичное или полное разрушение автоцистерны истечение нефтепродукта -> разлив нефтепродукта на территории нефтяного комплекса -> попадание паров в зону источника зажигания -> воспламенение нефтепродукта возникновение пожара пролива -> поражение людей и объектов инфраструктуры» [10].
Сценарий 3.C3	«Частичное или полное разрушение автоцистерны -> разлитие нефтепродукта с мгновенным воспламенением действия по локализации аварии» [10].
Сценарий 3.C4	«Частичное или полное разрушение автоцистерны -> разлитие нефтепродукта с мгновенным воспламенением попадание в зону поражающих факторов людей и/или оборудования -> действия по локализации аварии» [10].
Технологические трубопроводы	
Сценарий 4.C1	«Частичное или полное разрушение участка трубопровода истечение нефтепродукта разлив нефтепродукта на территории нефтяного комплекса -> локализация и ликвидация разлива» [10].
Сценарий 4.C2	«Частичное или полное разрушение участка трубопровода -> истечение нефтепродукта разлив нефтепродукта на территории нефтяного комплекса -> попадание паров в зону источника зажигания воспламенение нефтепродукта -> возникновение пожара пролива -> поражение людей и объектов инфраструктуры» [10].
Сценарий 4.C3	«Частичное или полное разрушение участка трубопровода -> разлитие нефтепродукта с мгновенным воспламенением -> действия по локализации аварии» [10].

Продолжение таблицы 10

1	2
Сценарий 4.С4	«Частичное или полное разрушение участка трубопровода разлитие нефтепродукта с мгновенным воспламенением попадание- в зону поражающих факторов людей и/или оборудования -> действия по локализации аварии» [10].

К числу особых случаев стоит отнести ситуации, связанные с разрушением сразу нескольких находящихся рядом установок. Такие ситуации возникают зачастую в результате диверсий или же при возникновении цепной аварии.

С точки зрения объема разлива нефти наиболее крупные аварии на подобных объектах могут возникать в результате разрушения целостности резервуара РВС5000. В данном случае приблизительная площадь разлива нефтепродуктов будет достигать около 2 тысяч квадратных метров. Перейдем к рассмотрению состава сил, а также средств, используемых для ликвидации последствий утечки нефтепродуктов, которые представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Состав сил и средств для ликвидации разлива нефтепродуктов

Наименование мероприятия	Привлекаемые тех. ср-ва	Количество тех. средств - время	Состав бригады
1	2	3	4
«Сбор нефтепродукта при аварии с емкостью хранения нефтепродукта объемом 2000 м ³ » [7].	«Автоцистерна с насосом» [7].	«насосом - 6 часов 45 минут; насосами - 3 часа 15 минут» [7].	«Персонал нефтяного комплекса -1-2 чел. Персонал НАСФ - 8 чел. Профессиональное АСФ. 8 чел» [7].
«Сбор нефтепродукта при аварии с автоцистерной объемом 24 м» [7].	«Автоцистерна с насосом» [7].	«1 насосом - 50 минут» [7].	«Персонал НАСФ - 3-5 чел» [7].

Продолжение таблицы 11

1	2	3	4
«Сбор нефтепродукта при аварии с ж/д цистерной объемом 120 м ³ » [7].	«Автоцистерна с насосом» [7].	«1 насосом - 3 часа 20 минут» [7].	«Персонал нефтяного комплекса - 1-2 чел. Персонал НАСФ - 1-3 чел» [7].
«Сбор нефтепродукта при аварии с технологическим трубопроводом. Объем разлива составит 5,27 м ³ » [7].	«Автоцистерна с насосом» [7].	«1 насосом - 5 минут» [7].	«Персонал нефтяного комплекса - 1-2 чел. Персонал НАСФ - 1-3 чел» [7].
«Очистка почвы» [7].	«Бульдозер типа Д-606» [7].	«1 шт. - 4 часов 20 минут 2 шт. - 2 часа 10 минуты» [7].	«Персонал НАСФ - 1-3 чел» [7].
«Вывоз и утилизация загрязненного грунта» [7].	«Автомобиль типа самосвал» [7].	«1 шт. - 10 рейсов 3 шт. - 3 рейса» [7].	ГУДП ДРСУ

Итак, согласно таблице 11 в качестве мероприятий используются: сбор нефтепродукта при аварии с емкостью хранения, сбор нефтепродукта при аварии с автоцистерной, сбор нефтепродукта при аварии с ж/д цистерной, сбор нефтепродукта при аварии с технологическим трубопроводом, очистка почвы, вывоз и утилизация загрязненного грунта. Используемое оборудование: автоцистерны с насосом, бульдозеры, автомобили типа «самосвал».

В соответствии с требованиями норм пожарной безопасности на нефтяном месторождении создана собственная добровольная пожарная дружина. Ближайшая пожарная часть находится в 2 км от комплекса.

Численность состава отряда ПЧ, численность и, тактико-технические данные находящихся на вооружении пожарных автомобилей соответствует расчетным характеристикам и нормативным требованиям по обеспечению тушения пожаров на объектах, аналогичных нефтяном месторождении с резервуарным парком нефтепродуктов.

Выводы по второму разделу

Во втором разделе исследования дан анализ обеспечения промышленной безопасности на объекте нефтегазового комплекса, представлена краткая характеристика рассматриваемого объекта.

Также проведена оценка рисков при возникновении чрезвычайных ситуаций и составлены схемв развития сценариев возможных аварий на объекте. Итак, по результатам исследования во втором разделе можно сделать следующие выводы:

На исследуемом объекте полностью отсутствует риск поражения населения и сотрудников сторонних компаний.

Самыми распространенными авариями являются аварии, сопровождающиеся разливом легковоспламеняющихся жидкостей при отсутствии последующего их возгорания, что является результатом нарушения герметичности насосного или резервуарного оснащения.

Специфика сценария развития аварийной ситуации на объекте нефтедобычи основана на проведении глубокого анализа ранее возникавших техногенных аварий на аналогичных технических объектах, которые эксплуатировались в схожих условиях.

Практический опыт указывает на то, что зачастую случаются минимальные выбросы. Это объясняется низкой вероятностью полной разгерметизации оборудования.

В резервуарах и прочем подобном оборудовании ООО «РН-Пурнефтегаз» вероятность формирования пожароопасной концентрации напрямую зависит от целого ряда следующих аспектов:

- специфика пожароопасных свойств конкретного вещества;
- температурный режим;
- особенности проведения тех или иных технологических операций.

К числу основных последствий, связанных с авариями на подобном объекте, стоит отнести:

- формирование газоздушных и паровоздушных смесей в результате разлива технологических жидкостей с их последующим взрывом;
- начало полномасштабного процесса горения облаков, обогащенных топливно-воздушной смесью;
- возникновение горения топлива факельного характера, что возникает в случае разгерметизации отдельных элементов системы трубопровода;
- в случае пролива горючего и различных жидкостей, отличающихся легкой воспламеняемостью, наблюдается серьезное загрязнение окружающей среды;
- начало пожара в результате возникновения протечек горючих материалов и жидкостей, имеющих легковоспламеняющийся характер.

3 Применение технических, организационных мероприятий для обеспечения взрывобезопасности в ООО «РН-Пурнефтегаз»

3.1 Патентно-информационный поиск решений обеспечения взрывобезопасности в ООО «РН-Пурнефтегаз»

С целью осуществить возможность защиты внутритрубного пространства трубопровода месторождения ООО «РН-Пурнефтегаз» в данной исследовательской работе проведен патентно-информационный поиск предлагаемых инновационных технических решений. Найденные решения сведены в таблицу 12.

Таблица 12 – Патентно-информационный поиск возможных технических решений, направленных на обеспечение взрывобезопасности внутритрубных пространств

Наименование технического решения	Описание технического решения	Преимущества известных технических решений	Недостатки известных технических решений
1	2	3	4
«Способ защиты от взрыва внутри трубопровода» [14].	«Устройство содержит секцию внутритрубного дефектоскопа, содержащую источник питания приборов и устройств дефектоскопа, выключатель электрического источника питания и устройство контроля давления, соединенное с датчиком давления, установленным с возможностью измерения давления в окружающей среде» [14].	«Устройство контроля давления соединено с выключателем электрического источника питания с возможностью управления выключателем для отключения питания при отсутствии в окружающей секцию среде избыточного, по сравнению с атмосферным, давления» [14].	«Недостатком данного устройства является то, что оно не обеспечивает взрывозащиту внутритрубного дефектоскопа от всех внешних и внутренних факторов» [14].

Продолжение таблицы 12

1	2	3	4
«Устройство для взрывобезопасного контроля трубопроводов» [15].	«Одна из секций устройства включает в себя корпус, антенну, переднюю и заднюю крышки, образующие герметичную оболочку, герметичность которой обеспечивается уплотнительными кольцами» [15].	«Устройство содержит источник питания, датчики, чувствительные к параметрам контролируемого трубопровода. Электронные средства измерений, обработки и хранения данных измерений, предохранительное устройство с взрывонепроницаемым фильтром и обратным клапаном» [15].	«Недостатком данного устройства является то, что оно обеспечивает защиту внутритрубного устройства от взрыва только при перепаде внутреннего или внешнего давления» [15].
«Взрывозащищенное внутритрубное устройство» [13].	«Техническим результатом является повышение взрывобезопасности при работе внутритрубного устройства в трубопроводах» [13].	-	«Обеспечивается использование трех видов взрывозащиты: – применением по меньшей мере одной секции, которая содержит взрывонепроницаемую герметичную оболочку; – выполнением блока электроники с возможностью управления батарейным питанием взрывозащищенного внутритрубного устройства; – использованием искробезопасной электрической цепи» [13].

По итогу анализа выбираем «взрывозащищенное внутритрубное устройство. Изобретение относится к области контроля трубопроводов, в частности к обеспечению защиты внутритрубного устройства и

трубопровода от возможного взрыва во время диагностического пропуска внутритрубного устройства в трубопроводе» [13]. Представленная технология состоит как минимум из одной секции, где есть специальная взрывостойкая оболочка. Она же состоит из корпуса, передней крышки, уплотнительного кольца, батарейной кассеты, а также электронного блока. В электронном блоке системы располагается необходимая измерительная температура, а также аппаратура, отвечающая за запись необходимых диагностических данных. Он сделан таким образом, что обеспечивает возможность управления батарейной кассетой, куда устанавливаются специальные автономные источники электропитания.

Этот технологический блок также содержит устройство, защищающей от искр, что повышает общую безопасность всей системы.

Итогом использования такой технологии является повышение уровня безопасности трубопровода и минимизация вероятности возникновения в нем взрывов.

Все это указывает на то, что минимизация вероятности возникновения взрывов трубопровода обеспечивается благодаря одновременного использования следующих видов взрывозащитных систем:

- использование как минимум одной секции со специальной взрывостойкой оболочкой;
- использование особого электронного блока, отличающегося возможностью управления системой батарейного электропитания;
- применение электрической цепи, где исключается возможность образования искр.

В таблице 13 был проведен поиск вероятных технических решений, обеспечивающих возможность повышения параметров безопасности технологических установок и устройств компании ООО «РН-Пурнефтегаз» с применением ингибиторов и метода флегматизации.

Таблица 13 – Патентно-информационный поиск возможных технических решений, направленных на обеспечение взрывобезопасности с использованием ингибиторов и флегматизации

Наименование технического решения	Описание технического решения	Преимущества известных технических решений	Недостатки известных технических решений
1	2	3	4
«Способ предотвращения взрыва газовой смеси» [17].	«Способ заключается в подаче во взрывоопасную среду ингибитора, по которому предварительно регистрируют концентрацию газовой смеси и при приближении ее к предельно допустимым взрывоопасным концентрациям, в зону предполагаемого скопления взрывоопасных газов подают ингибитор до момента образования в ней взрывоопасной концентрации» [17].	«Предварительная регистрация концентрации газовой смеси» [17].	«Ограниченные функциональные возможности, обусловленные отсутствием учета динамики изменения температуры взрывоопасной среды, отсутствием полного перекрытия поступления газа в рабочую зону помещения и контроля количественного содержания ингибитора в смеси» [17].
«Способ для предотвращения взрывов газа в выработанном пространстве» [18].	«Способ включает периодическую подачу за механизированную крепь в выработанное пространство пены с образованием изолирующих полос. Изолирующие полосы создают из монтажной пены, на основе жидкого полимера с пропиленом, с последующим образованием жесткого пенополиуретана, причем первичную высоту заливки монтажной пены принимают равной половине вынимаемой мощности» [18]	«Использование изолирующих полос» [18].	«Сложность его работы, а также невысокая надежность предотвращения взрыва газа за счет не гарантированного полного перекрытия поступления воздуха в выработанное пространство» [18].

Продолжение таблицы 13

1	2	3	4
	«А минимальную ширину изолирующей полосы принимают равной вынимаемой мощности» [18].		
«Устройство для задержания огня и свободного прохождения газов» [19].	«Способ включает кассету, которая разделена на зоны, которые заполнены гранулированным телом, причем зона, заполненная дополнительным слоем гранулированного тела из огнегасящего агента, выполненного в виде микрокапсул с огнетушащим веществом, размещена со стороны поступления пламени горящих газов, а огнепреграждающий элемент имеет средство для перемещения при снижении массы дополнительного слоя гранулированного тела из микрокапсулированного огнегасящего агента и соединен с управляющим органом запорно-пускового устройства для подачи мелко распыленного огнегасящего агента навстречу потоку горючих газов, при этом в кассете между зонами, заполненными различным гранулированным телом, смонтирована фиксирующая сетка» [19].	«Преимущество заключается в использовании дополнительного слоя гранулированного тела из огнегасящего агента, выполненного в виде микрокапсул с огнетушащим веществом, которая размещена со стороны поступления пламени горящих газов» [19].	«Значительное изменение конструкции при его использовании, сложное восстановление работы устройства после использования, высокая стоимость огнепреграждающей кассеты» [19].

Продолжение таблицы 13

1	2	3	4
«Установка автоматического предотвращения взрыва газовоздушной смеси» [16].	«Повышение надежности устройства, предотвращение взрыва газовоздушной смеси в случае аварии на нефтехимических производствах при падении давления внутри колонн, емкостей» [16].	—	«Применен датчик давления, с которым соединена гидрозадвижка с возможностью работы в автоматическом режиме, связанная с емкостью с флегматизатором, при этом введена линия подачи пара с возможностью рассеивания парогазовоздушной смеси, охватывающая колонну по периметру на различных уровнях» [16].

В результате производства всех запланированных исследовательских и аналитических мероприятий, принимаем решение о том, что в анализируемой ситуации целесообразно использовать установку, обеспечивающую предотвращение в автоматическом режиме возможности взрыва газовоздушной смеси. Технический результат, достигаемый в процессе функционирования исследуемой установки, подразумевает под собой локализацию газовоздушного облака, которое присутствует вблизи колонны, а также обеспечение поступательного падения концентрации парогазовоздушной смеси. Основными элементами установки являются следующие: датчик, он связан с механизмом звуковой сигнализации. Функции датчика в установке выполняет датчик давления, к которому присоединена гидрозадвижка, функционирующая в автоматическом режиме, затем к ней присоединена специальная емкость с флегматизатором. Также технологическая схема дополнена линией подачи пара, где предусмотрена

функция рассеивания парогазовоздушной смеси, линия проходит по периметру колонны на разных уровнях.

Предложенное изобретение является одним из допустимых элементов техники безопасности в ходе функционирования промышленных предприятий, поэтому допускается его эксплуатация в целях обеспечения предотвращения в автоматическом режиме взрыва газовой смеси при возникновении аварийных ситуаций и в ходе разработки месторождений нефти и газа, обусловленных снижением внутриколонного и внутриемкостного давления.

Максимально высокий уровень опасности взрыва газовой смеси прослеживается в деятельности предприятий нефтехимического и химического промышленного сектора. Это обусловлено тем, что в процессе функционирования такого рода предприятий, необходимо обеспечивать размещение на хранение и непосредственное использование колоссальных объемов горючих газов, а также легко воспламеняющихся жидкостей. В настоящий момент на территории всего мира совокупная численность нефтехимических и химических промышленных предприятий составляет не менее 1 млн. единиц и по этой причине можно сделать вывод о том, что риск развития аварийных ситуаций, подразумевающих под собой взрыв газовой смеси, в процессе их функционирования максимально высок, в силу чего нельзя не отметить высокий уровень актуальности мероприятий по недопущению развития таких аварий.

Предложенное в рамках настоящей работы изобретение призвано, прежде всего, выполнять фундаментальную задачу, которая подразумевает под собой достижение наиболее высокой надежности эксплуатируемого устройства, а также недопущение взрыва газовой смеси при развитии аварийных ситуаций на предприятиях нефтехимического сектора промышленности, обусловленных снижением внутриколонного и внутриемкостного давления.

Полученный в ходе использования предложенного технического решения результат, обеспечил возможность локализации облака из газа и воздуха. Также это сформировало необходимые условия для снижения показателей концентрации смеси из газа, пара и воздуха, что объясняется автоматизацией подачи флегматизатора в колонну, вместе с паром в имеющийся объем пространства.

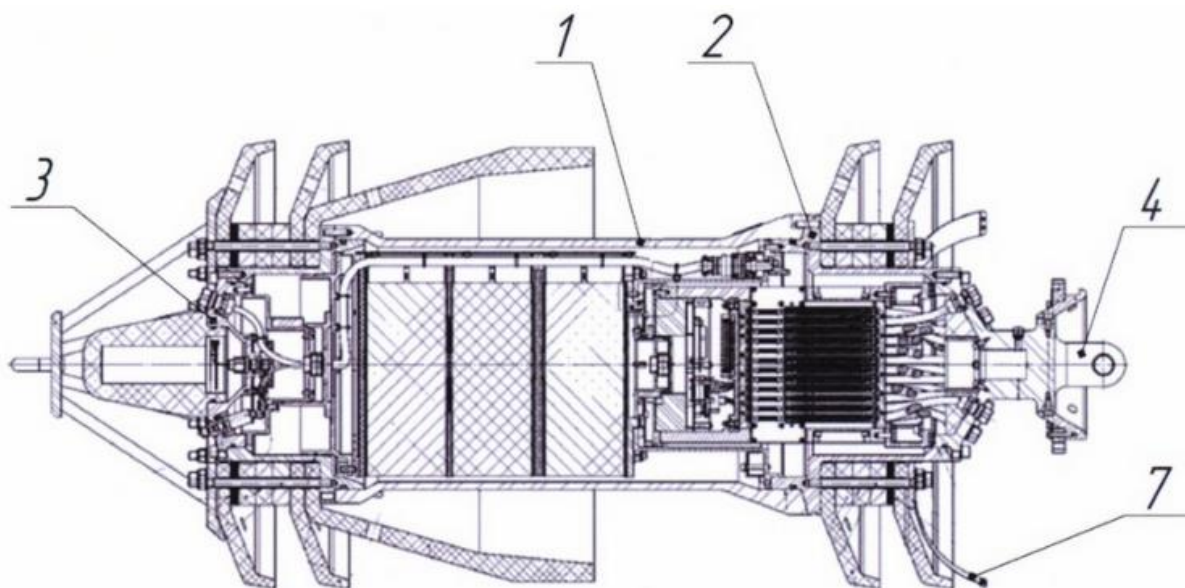
Решение задачи, постановка которой была осуществлена при разработке настоящего изобретения, а также достижение запланированного технического результата обеспечивается за счёт того, что процессе создания предлагаемой установки, включающей в себя в качестве основных структурных элементов датчик и звуковую сигнализацию, функции датчика выполняет датчик давления, к нему присоединена гидрозадвижка, функционирующая в автоматическом режиме; далее к ней присоединена ёмкость с флегматизатором, технологическая схема дополнена линией подачи пара, где предусмотрена функция рассеивания парогазовоздушной смеси, линия проходит по периметру колонны на разных уровнях.

Также предложенное изобретение допускает применение сжиженного азота, выполняющего функции флегматизатора. При возникновении сбоев в процессе функционирования гидросистемы, которые могут подразумевать под собой падение или полное отсутствие давления в гидроаккумуляторе, гидрозадвижка может использоваться в режиме ручного управления, для этого изобретение оснащено штурвалом с нажимным винтом.

3.2 Утверждение предложений по улучшению взрывобезопасности в ООО «РН-Пурнефтегаз»

Для защиты от взрывов внутритрубных пространств на установке ООО «РН-Пурнефтегаз» было выбрано взрывозащищенное внутритрубное устройство.

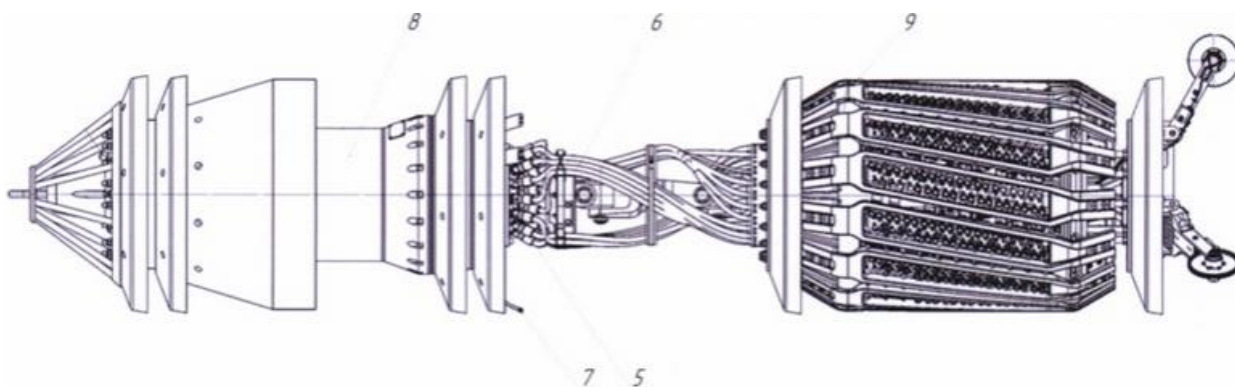
Предлагаемое техническое решение изображено на рисунке 7.



(«1 – корпус, 2 – кассета батарейная, 3 – крышка передняя, 4 – блок электроники, 7 – пружина контактная» [13])

Рисунок 7 – Взрывозащищенное внутритрубное устройство

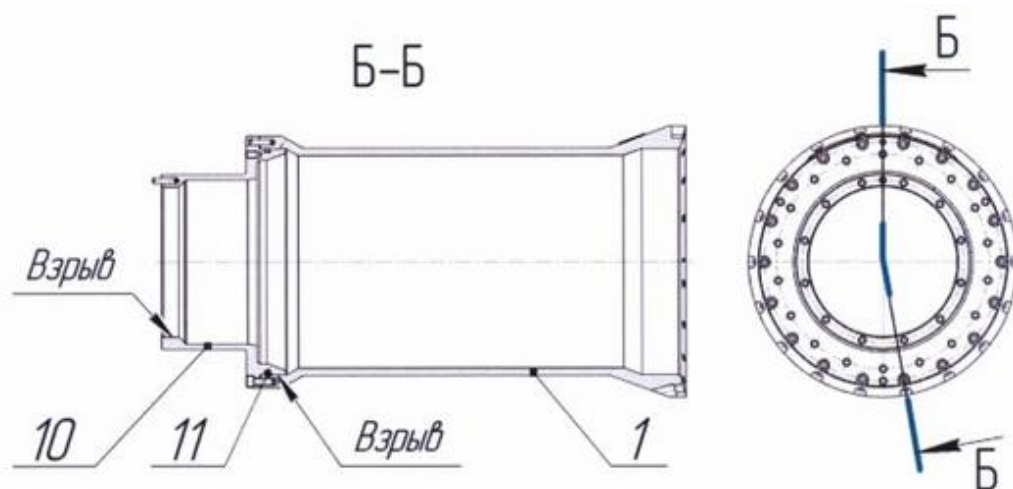
На рисунке 8 изображена «секция внутритрубного устройства с взрывонепроницаемой герметичной оболочкой с подсоединенной ультразвуковой секцией» [13].



(«5 – внешние электрические разъемы, 6 – внешние электрические кабели, 7 – пружина контактная, 8 – секция внутритрубного устройства с взрывонепроницаемой герметичной оболочкой, 9 – ультразвуковая секция» [13])

Рисунок 8 – Секция внутритрубного устройства с взрывонепроницаемой герметичной оболочкой с подсоединенной ультразвуковой секцией

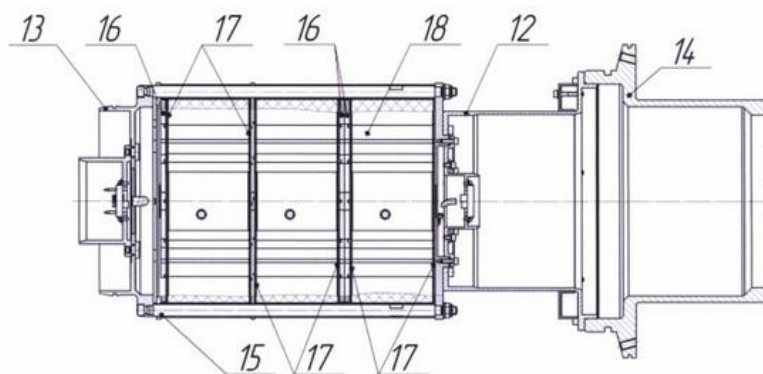
На рисунке 9 показан корпус взрывонепроницаемой герметичной оболочки.



(«1 – корпус, 10 – опора, 11 – уплотнительное кольцо» [13])

Рисунок 9 – Корпус взрывонепроницаемой герметичной оболочки

На рисунке 10 изображена кассета батарейная.



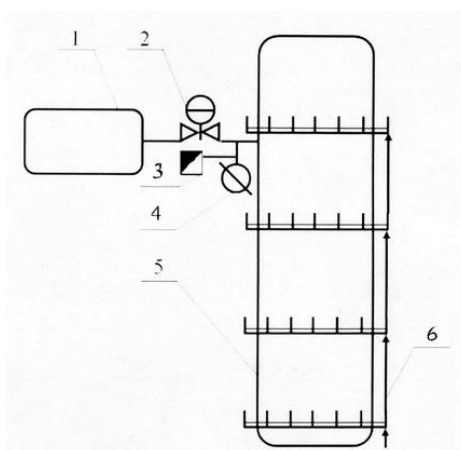
(«12 – опора кассеты батарейной, 13 – фланец, 14 – опора базовая, 15 – стойка, 16 – прокладка батарейная, 17 – прокладка, 18 – батарея электропитания» [13])

Рисунок 10 – Кассета батарейная

Также в ООО «РН-Пурнефтегаз» было предложено техническое решение, обеспечивающее возможность повышения параметров

безопасности технологических установок и устройств с применением ингибиторов и метода флегматизации.

Для того чтобы определить содержание предложенного изображения, необходимо изучить чертёж, где изображена схема исследуемой автоматической установки, данные представлены ниже на рисунке 11.



(«1 – емкость с флегматизатором, 2 – автоматическая гидрозадвижка, 3 – звуковая сигнализация, 4 – датчик давления, 5 – колонна, 6 – парогазовоздушная смесь» [16])

Рисунок 11 – «Схема автоматической установки предотвращения взрыва парогазовоздушной смеси подачей флегматизатора» [16]

Порядок функционирования исследуемой установки: при снижении внутриколонного давления, датчик в составе установки, обеспечивает подачу сигнала, при получении которого происходит «выработка автоматической гидрозадвижки, также происходит сработка звуковой сигнализации, в результате в систему подаётся флегматизатор (сжиженный азот, аммиак, оксид углерода), подача осуществляется из емкости. В процесс вовлекается линия подачи пара, через которую в окружающий объём колонны подаётся пар» [14]. Таким образом, локализуется находящееся рядом с колонной газозавоздушное облако, падает концентрация горючего газа в нём и таким образом извлекается горючий газ с низкой концентрацией, что исключает возможность взрыва.

Предложенное в рамках настоящей работы изобретение, при его применении в деятельности промышленных предприятий, является эффективным инструментом для предотвращения взрывов, что обеспечивается за счёт локализации газозвдушного облака и снижения концентрации горючего газа в нём.

Резюмируя, можно отметить, что предлагаемое в настоящей работе изобретение создает условия для минимизации потенциальной возможности взрыва при развитии аварийных ситуаций в процессе функционирования нефтегазовых месторождений, что обеспечивается за счёт локализации газозвдушного облака, так как таким образом устраняются так называемый эффект домино, а также обеспечивается падение концентрации парогазозвдушной смеси. Кроме всего иного, описанного выше, создаются оптимальные условия для достижения максимально высокого уровня безопасности при эксплуатации колонн емкостей, где размещается сжиженный газ.

Выводы по третьему разделу

В третьей главе исследования по итогу анализа выбрано «взрывозащищенное внутритрубное устройство. Изобретение относится к области контроля трубопроводов, в частности к обеспечению защиты внутритрубного устройства и трубопровода от возможного взрыва во время диагностического пропуска внутритрубного устройства в трубопроводе» [13].

Представленная технология состоит как минимум из одной секции, где есть специальная взрывостойкая оболочка. Она же состоит из корпуса, передней крышки, уплотнительного кольца, батарейной кассеты, а также электронного блока. В электронном блоке системы располагается необходимая измерительная температура, а также аппаратура, отвечающая за запись необходимых диагностических данных. Он сделан таким образом, что обеспечивает возможность управления батарейной кассетой, куда устанавливаются специальные автономные источники электропитания.

Этот технологический блок также содержит устройство, защищающей от искр, что повышает общую безопасность всей системы.

Итогом использования такой технологии является повышение уровня безопасности трубопровода и минимизация вероятности возникновения в нем взрывов.

Все это указывает на то, что минимизация вероятности возникновения взрывов трубопровода обеспечивается благодаря одновременного использования следующих видов взрывозащитных систем:

- использование как минимум одной секции со специальной взрывостойкой оболочкой;
- использование особого электронного блока, отличающегося возможностью управления системой батарейного электропитания;
- применение электрической цепи, где исключается возможность образования искр.

Для возможности улучшения обеспечения взрывобезопасности в ООО «РН-Пурнефтегаз» с использованием ингибиторов и флегматизации по итогу анализа выбираем «установку автоматического предотвращения взрыва газовой воздушной смеси. Изобретение относится к установке автоматического предотвращения взрыва газовой воздушной смеси.

Техническим результатом является локализация газовой воздушной облака вблизи колонны и снижение концентрации парогазовой воздушной смеси. Установка автоматического предотвращения взрыва газовой воздушной смеси содержит датчик, связанный со звуковой сигнализацией» [16]. Основными элементами установки являются следующие: датчик, он связан с механизмом звуковой сигнализации. Функции датчика в установке выполняет датчик давления, к которому присоединена гидроздвижка, функционирующая в автоматическом режиме, затем к ней присоединена специальная емкость с флегматизатором. Также технологическая схема дополнена линией подачи пара, где предусмотрена функция рассеивания парогазовой воздушной смеси, линия проходит по периметру колонны на разных уровнях.

Предложенное изобретение является одним из допустимых элементов техники безопасности в ходе функционирования промышленных предприятий, поэтому допускается его эксплуатация в целях обеспечения предотвращения в автоматическом режиме взрыва газовой смеси при возникновении аварийных ситуаций и в ходе разработки месторождений нефти и газа, обусловленных снижением внутриколонного и внутриемкостного давления.

Максимально высокий уровень опасности взрыва газовой смеси прослеживается в деятельности предприятий нефтехимического и химического промышленного сектора. Это обусловлено тем, что в процессе функционирования такого рода предприятий, необходимо обеспечивать размещение на хранение и непосредственное использование колоссальных объемов горючих газов, а также легко воспламеняющихся жидкостей. В настоящий момент на территории всего мира совокупная численность нефтехимических и химических промышленных предприятий составляет не менее 1 млн. единиц и по этой причине можно сделать вывод о том, что риск развития аварийных ситуаций, подразумевающих под собой взрыв газовой смеси, в процессе их функционирования максимально высок, в силу чего нельзя не отметить высокий уровень актуальности мероприятий по недопущению развития таких аварий.

Предложенное в рамках настоящей работы изобретение призвано, прежде всего, выполнять фундаментальную задачу, которая подразумевает под собой достижение наиболее высокой надежности эксплуатируемого устройства, а также недопущение взрыва газовой смеси при развитии аварийных ситуаций на предприятиях нефтехимического сектора промышленности, обусловленных снижением внутриколонного и внутриемкостного давления.

Заключение

На данный момент времени главной проблемой системы обеспечения безопасности на объектах нефтедобычи является использование риск-ориентированного метода. Важно понимать, что именно благодаря проведению профилактических, превентивных мер можно будет добиться минимизации вероятности возникновения аварий, а также необходимости осуществления борьбы с их последствиями. Сейчас в среде законодателей активно ведется дискуссия относительно необходимости закрепления на законодательном уровне требований, связанных с обязанностью работодателей проводить постоянную работу по обеспечению максимального уровня безопасности для своих работников и окружающей среды.

Промышленная безопасность это одна из важнейших сфер для современного технологического и техногенного общества. Отдельно стоит указать на существующие проблемы в сфере системы государственного регулирования, мониторинга и контроля за обеспечением необходимого уровня безопасности на различных промышленных объектах в том числе и на объектах сферы нефтяной промышленности.

Повышенная концентрация взрывоопасных газов, как правило, является основной угрозой возникновения техногенных аварий на таких объектах. Учитывая данный факт, невозможно говорить о вероятности полного исключения взрыва так, как все оборудование взаимосвязано между собой. Минимизация вероятности взрывов обеспечивается за счет реализации предупреждающих взрыв мер, а также использования методов взрывозащиты и применения технологий взрывоподавления. На протяжении нескольких последних лет нефтедобывающая отрасль осуществляет активную работу по модернизации своего производства, согласно пунктам соглашения, заключенного между ФАС, Росстандартом, Ростехнадзором, а также крупнейшими нефтедобывающими компания РФ.

При ориентации на существующие стандарты и правила, а также использование современной техники, можно свести к минимальной вероятности возникновения различных техногенных аварий. При этом в данной сфере важнейшую роль приобретает реализация системы государственного контроля.

Как правило, основной причиной возникновения различных техногенных катастроф является элементарное нарушение существующих норм и правил техники безопасности. По этой причине, руководство большей части нефтедобывающих компаний, делает основной упор на развитие и формирование у сотрудников трудовой культуры, что является основой для четкого следования существующим техническим регламентам и нормам безопасности.

В первом разделе исследования проведен анализ профессионального риска в нефтегазовой отрасли. Практически все объекты, входящие в отрасль переработки углеводородного сырья имеют сложную технологическую цепочку. Данные производственные объекты должны обладать высоким уровнем безопасности, в противном случае возникает риск развития аварий. Изучение проблемных сторон в производстве, появление и внедрение новых методик по определению уровня безопасности на таких опасных предприятиях достаточно актуальны на сегодняшний день. Анализируют эти вопросы специалисты, работающие в сфере промышленной безопасности. Надзорная деятельность, контроль исправления найденных нарушений, должны проводиться в границах системы управления промышленной безопасности.

В начале исследования была дана общая характеристика производственного травматизма в России. Официальные данные статистики зафиксировали за 2020 год 23300 случаев травм на производстве, в том числе 16300 из них произошло с мужской частью сотрудников и только 7000 с женской. «Число травм со смертельным исходом составило в том же году 1065 случаев: в 993 случаях – гибель мужчин, в 72 случаях – гибель женщин»

[1]. За одиннадцать месяцев 2020 года зафиксированы 4080 несчастных случаев, имеющих тяжелые последствия для здоровья граждан – это почти на 9% меньше уровня данных за такой же период в предыдущем 2020 году.

Статистические данные, предоставленные Роструд, показывает, что практически число травм со смертельным исходом на производстве в нашей стране остается неизменным за последние годы. Суммируя показатели смертности и травматизма в этих пяти отраслях производства в России, получаем значительно больше двух третей всего числа зарегистрированных случаев. Такое положение дел сложилось из-за имеющихся условий труда для работников в этих отраслях. Общее число работников, занятых на производстве с условиями труда, угрожающими здоровью и жизни к концу 2020 года, составляло более 38%, причем имеются такие области деятельности, где этот параметр достигает 50% и более от общего числа сотрудников. Рассматриваемая нефтегазовая отрасль находится на втором месте по числу погибших на производстве.

Также в первом разделе охарактеризована проблематика промышленной безопасности в нефтегазовой отрасли. Данная работа рассматривает самые эффективные инновационные решения, позволяющие обеспечить промышленную безопасность производственным предприятиям. К таким решениям можно отнести один из способов сравнения двух систем - систему анализа и оценки безопасности техпроцесса и систему мониторинга технического состояния по выбору управляющего решения, обеспечивающего более высокий уровень безопасности, стабильности работы объектов гидроэнергетики. Рассматриваются способы, анализирующие оценку системы безопасности, определяющие, в какой мере эффективно проектное предложение обеспечения безопасности на опасном технологическом объекте. Кроме того анализируются: способ проектирования, предлагающий комплексную систему безопасности; система для проведения оценки уровня рисков и управления рисками на объекте; система информационно-управляющая, обеспечивающая комплексный

контроль безопасности; система по прогнозированию оценок безопасности на опасном технологическом и производственном объекте на основе комплексного моделирования по обеспечению безопасностью.

Во втором разделе исследования дан анализ обеспечения промышленной безопасности на объекте нефтегазового комплекса, представлена краткая характеристика рассматриваемого объекта.

Также проведена оценка рисков при возникновении чрезвычайных ситуаций и составлены схемв развития сценариев возможных аварий на объекте. Итак, по результатам исследования во втором разделе можно сделать следующие выводы: на исследуемом объекте полностью отсутствует риск поражения населения и сотрудников сторонних компаний. Самыми распространенными авариями являются аварии, сопровождающиеся разливом легковоспламеняющихся жидкостей при отсутствии последующего их возгорания, что является результатом нарушения герметичности насосного или резервуарного оснащения.

Специфика сценария развития аварийной ситуации на объекте нефтедобычи основана на проведении глубокого анализа ранее возникавших техногенных аварий на аналогичных технических объектах, которые эксплуатировались в схожих условиях. Практический опыт указывает на то, что зачастую случаются минимальные выбросы. Это объясняется низкой вероятностью полной разгерметизации оборудования. В резервуарах и прочем подобном оборудовании ООО «РН-Пурнефтегаз» вероятность формирования пожароопасной концентрации напрямую зависит от целого ряда следующих аспектов: специфика пожароопасных свойств конкретного вещества; температурный режим; особенности проведения тех или иных технологических операций.

К числу основных последствий, связанных с авариями на подобном объекте, стоит отнести:

- формирование газозвудушных и парозвудушных смесей в результате разлива технологических жидкостей с их последующим взрывом;

- начало полномасштабного процесса горения облаков, обогащенных топливно-воздушной смесью;
- возникновение горения топлива факельного характера, что возникает в случае разгерметизации отдельных элементов трубопровода;
- в случае пролива горючего и различных жидкостей, отличающихся легкой воспламеняемостью, наблюдается серьезное загрязнение окружающей среды;
- начало пожара в результате возникновения протечек горючих материалов и жидкостей, имеющих легковоспламеняющийся характер.

Предложенное в рамках настоящей работы изобретение, при его применении в деятельности промышленных предприятий, является эффективным инструментом для предотвращения взрывов, что обеспечивается за счёт локализации газовоздушного облака и снижения концентрации горючего газа в нём. Резюмируя, можно отметить, что предлагаемое в настоящей работе изобретение создает условия для минимизации потенциальной возможности взрыва при развитии аварийных ситуаций в процессе функционирования нефтегазовых месторождений, что обеспечивается за счёт локализации газовоздушного облака, так как таким образом устраняются так называемый эффект домино, а также обеспечивается падение концентрации парогазовоздушной смеси. Кроме всего иного, описанного выше, создаются оптимальные условия для достижения максимально высокого уровня безопасности при эксплуатации колонн емкостей, где размещается сжиженный газ.

Список используемых источников

1. Аблязов Н.Р. Динамика уровня травматизма и проблемы охраны труда в нефтегазовой отрасли // Безопасность жизнедеятельности. 2018. №11. С. 3-10.
2. Багян А.Г. Промышленная безопасность нефтеперерабатывающих предприятий // Актуальные проблемы безопасности жизнедеятельности и экологии. 2017. № 4. С. 4–7.
3. Балдина И.В., Сарилов М.Ю., Коннова Г.В. Коррозия и методы борьбы с коррозией оборудования нефтепереработки // Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет. 2018. №4. С.14–17.
4. Бичевин В.В., Сосновская Н.Г. Защита от коррозии технологического оборудования нефтеперерабатывающего предприятия // Ангарский государственный технический университет. 2020. №7. С.23–24.
5. Борин П.А., Задорожный М.Г., Цветков А.Л., Долматов В.Л. // Новые источники коррозии оборудования установок первичной переработки нефти. 2020. №2. С.25–29.
6. Единая система защиты от коррозии и старения. Методы коррозионных испытаний. Общие требования [Электронный ресурс]: ГОСТ Р 9.905–2007 от 01.01.2009. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200054051> (дата обращения: 14.10.2020).
7. Единая система защиты от коррозии и старения. Ингибиторы коррозии металлов для водных систем. Методы коррозионных испытаний [Электронный ресурс]: ГОСТ 9.502–82 от 01.01.1984. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200014788> (дата обращения: 15.10.2020).
8. Зарубина Л.П. Защита зданий, сооружений, конструкций и оборудования от коррозии. Биологическая защита. Материалы, технологии, инструменты и оборудование. Вологда: Инфра-Инженерия, 2015. 224 с.
9. Каменев А.О. Исследование методов, обеспечивающих снижение промышленной опасности, и разработка мер защиты

нефтеперерабатывающего оборудования // Молодой ученый. 2020. № 22. С. 113–114.

10. Костоглотов А.И. Теория горения и взрыва: учебное пособие. Ростов н/Д: Изд-во ДГТУ, 2016. 88 с.

11. О специальной оценке условий труда [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 28.12.2013 N 426-ФЗ (ред. от 30.12.2020). URL: <http://docs.cntd.ru/document/9046058> (дата обращения: 15.01.2021).

12. Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств. М.: Центрмг. 2021. 104 с.

13. Пат. 2692875. Взрывозащищенное внутритрубное устройство / С.В. Эрмиш, Д.Ю. Глинкин, О.Г. Чернышов, В.А. Поляков; заявитель и правообладатель ПАО «Транснефть»; №2018138025; заявл. 29.10.2018; опубл. 28.06.2019. Бюлл. №19. 7 с.

14. Пат. 2301940. Способ защиты от взрыва внутри трубопровода / А.М. Попович, М.Д. Косткин, С.Е. Лисин; заявитель и правообладатель А.М. Попович, М.Д. Косткин, С.Е. Лисин; № 2005134505; заявл. 26.10.2005; опубл. 27.06.2006. Бюлл. №8. 9 с.

15. Пат. 35864. Устройство для взрывобезопасного контроля трубопроводов / В.Г. Кононов, С.А. Соломин; заявитель и правообладатель ПАО «Транснефть»; № 2003125735; заявл. 20.08.2003; опубл. 10.02.2004. Бюлл. №3. 11 с.

16. Пат. 2702788. Установка автоматического предотвращения взрыва газовоздушной смеси / А.Н. Елизарьев, С.Г. Аксенов, Р.Г. Ахтямов; заявитель и правообладатель ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет»; №2018147767; заявл. 29.12.2018; опубл. 11.10.2019. Бюлл. №29. 12 с.

17. Пат. SU1245714A1. Способ предотвращения взрыва газовоздушной смеси / А.С. Голик, Г.П. Баринов, Д.Ю. Палеев, Ю.В. Чуриков; заявитель и

правообладатель ВНИИПИ Государственного комитета СССР; №1245714; заявл. 25.11.1977; опубл. 23.07.1986. Бюлл. №23. 14 с.

18. Пат. 2100612. Способ для предотвращения взрывов газа в выработанном пространстве / Ю.В. Шувалов, И.А. Павлов, А.П. Веселов, А.В. Христенко; заявитель и правообладатель Санкт-Петербургский государственный горный институт им. Г.В. Плеханова; №95121874; заявл. 26.12.1995; опубл. 27.12.1997. Бюлл. №13. 9 с.

19. Пат. 2552901. Устройство для задержания огня и свободного прохождения газов / В.И. Забегаев; заявитель и правообладатель ФГБУ «Всероссийский ордена «Знак Почета» НИИ противопожарной обороны Министерства РФ по делам ГО и ЧС; № 2014111302; заявл. 26.03.2014; опубл. 10.06.2015. Бюлл. №9. 12 с.

20. Садовский М.А. Механическое действие взрыва. М.: ИДГРАН, 2018. – 187 с.

21. Семенова И.В. Коррозия и защита от коррозии: учебное пособие / И.В. Семенова, Г.М. Флорианович, А.В. Хорошилов. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. 416 с.

22. Соловьев В.С. Некоторые особенности инициирования взрывчатых веществ // Физика горения и взрыва. 2017. №6. С. 65–69.

23. Скрипников Д.Ю. Методы обеспечения безопасности на нефтеперерабатывающих производствах с помощью защиты оборудования от коррозии // Точная наука. № 83. 2020. С.2–4.

24. Ткачук А.Н. Проблемы ремонта взрывозащищенного электрооборудования // Взрывозащищенное электрооборудование. – Донецк: АИР, 2009. С.19–30

25. Трушкова Е.А. Оценка промышленной безопасности и защиты технологического оборудования. Ростов н/Д: Изд-во ДГТУ, 2019. 83 с.

26. Уровень травматизма и профессиональных заболеваний в 2020 году [Электронный ресурс]. URL: <https://rosstat.gov.ru/> (дата обращения: 14.03.2021).

27. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. URL: <https://rosstat.gov.ru/> (дата обращения: 18.10.2020).
28. Berg E. ATEX – the new European standard explosion protected equipment // Explosion-proof equipment standards. 2017. №10. P. 34–37.
29. Bossert J. Hurst R. Hazardous Locations: A Guide for the Design, Construction and Installation of Electrical Equipment // Toronto: Canadian Standards Association. 2020. №9. P.12–16.
30. Explosionproof Equipment. National Electrical Code // National Fire Protection Association. 2020. №1. P. 54–62.
31. Lofland K. Hazardous (Classified) Locations – NEC Articles 500 through 517 // IAEI Magazine, International Association of Electrical Inspectors. 2017. №7. P. 24–29.
32. Why Explosion Proof Enclosures Are Critical for Your Business // D&F Liquidators. 2019. №4. P.14–19.