

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 методологии обеспечения промышленной безопасности  
объектов нефтегазовых месторождений

Студент

М.А. Анищенко

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Научный руководитель

к.т.н. А.Н. Москалюк

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

Тольятти 2021

## Содержание

Введение.....	4
Термины и определения.....	8
Перечень сокращений и обозначений.....	10
1 Анализ производственного объекта.....	11
1.1 Общая характеристика обеспечения безопасности нефтегазового месторождения.....	11
1.2 Анализ технологических процессов на рассматриваемом объекте.....	12
1.3 Анализ вариантов решения проблемы промышленной безопасности объектов нефтегазовых месторождений.....	16
2 Теоретические аспекты методологии обеспечения промышленной безопасности на объекте нефтегазового месторождения.....	23
2.1 Классификация существующих мер промышленной безопасности нефтегазового месторождения.....	23
2.2 Методы, снижающие аварийность на нефтегазовых месторождениях при бурении.....	26
2.3 Методы, снижающие аварийность при эксплуатации нефтегазовых месторождений.....	39
3 Применение технических, организационных мероприятий для обеспечения промышленной безопасности нефтегазового месторождения.....	45
3.1 Изучение способов обеспечения промышленной безопасности нефтегазового месторождения.....	45
3.2 Патентно-информационный поиск решений для улучшения эффективности обеспечения промышленной безопасности	

нефтегазового месторождения.....	57
3.3 Утверждение предложений по улучшению взрывобезопасности нефтегазового месторождения.....	65
Заключение.....	69
Список используемых источников.....	73

## Введение

Сфера добычи нефти и газа является областью природопользования, где требуется применение сложных технических решений для обеспечения безопасной добычи углеводородов. Актуальность представленной исследовательской работы обусловлена необходимостью поиска технических решений, обеспечивающих как безопасность технологического процесса добычи нефтепродуктов, так и экологическую безопасность при разработке и эксплуатации месторождений нефти и газа. В частности, в сфере добычи нефти промысловики сталкиваются с проблемой высокого давления в пластах, чрезвычайно высокими температурами.

Нефтяные скважины проникают на значительную глубину в глубь толщи земли и при этом на поверхность поднимаются тысячи тонн взрывоопасных и легковоспламеняющихся веществ. Риски нефтедобычи диктует необходимость использования специального массивного и сверхмощного оборудования. Общий вес буровой колонны может составлять более 100 тонн. Показатель давления жидкости в процессе гидроразрыва нефтенесущего пласта может составлять более 600 атмосфер.

Безопасность добычи нефти и газа обеспечивается современными технологиями добычи и рациональными подходами к организации производства. Обеспечение безопасности является одной из основных задач для всех компаний, работающих в сфере добычи углеводородов.

Это связано прежде всего с тем, что аварии на нефтепромыслах не только приводят к риску человеческих жертв и к нарушению экологического баланса, но и прямо влияют на экономику компании, приводя к необходимости выплачивать значительные штрафы в государственный бюджет.

Объект исследования: нефтегазовые месторождения.

Предмет исследования: процесс обеспечения промышленной безопасности нефтегазовых месторождений.

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

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 месторождений.

3. Проведен патентно-информационный поиск решений для улучшения эффективности обеспечения промышленной безопасности нефтегазового месторождения.

4. Подтверждена эффективность предложений по улучшению промышленной безопасности нефтегазового месторождения.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- дать анализ производственного объекта;
- охарактеризовать теоретические аспекты методологии обеспечения промышленной безопасности на объекте нефтегазового месторождения;
- рассмотреть возможность применения технических, организационных мероприятий для обеспечения промышленной безопасности нефтегазового месторождения.

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

Методы исследования: методы системного анализа, теории управления.

Опытно-экспериментальная база исследования – ООО «СибТрансСтрой».

Научная новизна исследования заключается в:

1. Предлагаемой системе классификации методов, снижающих аварийность при бурении и эксплуатации нефтегазовых месторождений.

2. Выработке рекомендаций по обеспечению эффективности промышленной безопасности на основе патентно-информационного поиска решений.

Теоретическая значимость исследования заключается в:

1. Проведено обобщение причин аварий, произошедший на нефтегазовых месторождениях и их последствий.

2. Изучены факторы повышенной опасности нефтегазовых месторождений и потенциальные источники опасности.

3. Проанализированы возможные мероприятия по обеспечению безопасности нефтегазовых месторождений, сделано их обобщение.

Практическая значимость исследования. Итоги данной научной работы помогут обосновать потребность в усовершенствовании и обновлении применяемого оборудования, направленного на обеспечение безопасности нефтегазовых месторождений.

Достоверность и обоснованность результатов исследования обеспечивались:

1. Проведено исследование по анализу зависимости причин аварий, произошедший на нефтегазовых месторождениях и возможных технических решений для обеспечения безопасности.

2. Обосновано применение новых изобретений, направленных на улучшение безопасности нефтегазовых месторождений в ООО «СибТрансСтрой».

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»: Способы обеспечения промышленной безопасности объектов нефтегазовых месторождений.

В магистерской диссертации на защиту выносятся:

1. Результаты анализа объекта исследования и существующих мер безопасности по обеспечению безопасности. 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 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.

2. Предлагаемые существующие проекты технических решений, направленных на обеспечение безопасности нефтегазовых месторождений. 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.

3. Подтвержденная эффективность предлагаемых технических решений, которые позволяют обеспечить взрывобезопасность внутритрубных пространств рассматриваемого объекта ООО «СибТрансСтрой».

Структура магистерской диссертации. Работа состоит из введения, трех разделов, заключения, содержит 20 рисунков, 13 таблиц, список использованной литературы (30 источников). Основной текст работы изложен на 76 страницах.

## Термины и определения

**Авария** – разрушение сооружений и (или) технических устройств, применяемых на опасном производственном объекте, неконтролируемые взрыв и (или) выброс опасных веществ.

**Безопасность** - отсутствие недопустимого риска, связанного с возможностью причинения вреда и (или) нанесения ущерба.

**Законодательные требования** – «требования, содержащиеся в законах и нормативных правовых актах (документах) РФ» [9].

**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» [9].

**Коррозионный зонд** – «устройство, предназначенное для закрепления и ввода плоских образцов-свидетелей в трубопровод при проведении коррозионного мониторинга весовым (гравиметрическим) методом» [9].

**Нейтрализатор** – «антикоррозионные химические соединения, направленные на снижение агрессивности (рН) среды» [9].

**Точка росы** – «температура, до которой должен охладиться поток, чтобы содержащиеся в нем пары воды достигли состояния насыщения и началась конденсация жидкой воды» [7].

**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.

**Химико–технологическая защита** – «комплекс мероприятий, обеспечивающий снижение скорости коррозии технологического оборудования при его работе и простоях до допустимых значений» [7].



**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» [6].

**Срок службы оборудования** – «календарная продолжительность от даты ввода в эксплуатацию оборудования до даты прекращения эксплуатации» [6].

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

**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» [6].

**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» [6].

## Перечень сокращений и обозначений

АТ – атмосферная трубчатка.

АРДН – автоматические регуляторы дозирочных насосов.

АСУ – автоматизированная система управления.

ИЛ-ЦЗЛ – испытательная лаборатория – центральная заводская лаборатория.

КПЭ – ключевые показатели эффективности.

НК – неразрушающий контроль.

СИЗ – средства индивидуальной защиты.

СК – скорость коррозии.

СМК – система мониторинга коррозии.

СКР – сероводородное коррозионное растрескивание.

ТО – техническое обслуживание.

УКК – узел контроля коррозии.

ХР – химический реагент.

## **1 Анализ производственного объекта**

### **1.1 Общая характеристика обеспечения безопасности нефтегазового месторождения**

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 [5].

Разработка любого месторождения 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 [23]. 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 месторождений ведут нефтедобывающие компании и участвуют многие другие, выполняющие процессы бурения, ремонта скважин, наблюдение и исследование скважин, геологические глубинные разведки, строительство и пр. [26].

Как и многие производственные процессы, процесс разработки месторождения 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. Кроме

так называемых общих рисков должны учитываться местные условия, например, высокое содержание сероводорода в нефти данного месторождения. Сероводород является сверхтоксичным газом, поэтому персонал на буровой установке должен постоянно иметь при себе газоанализаторы для определения наличия данного газа в воздухе [3].

Другой пример: ямальское месторождение нефти вместо сероводородного содержит другой вид газа - попутный нефтяной газ (ПНГ). Наличие такой особенности чревато проявлениями взрыва, пожара, что обуславливает высокие требования в области экологической безопасности, поскольку кроме названных рисков имеется усиление парникового эффекта из-за процессов сжигания ПНГ, а значит требуется разработка эффективной утилизации углекислых газов. Эта проблема является для нефтяных компаний одной из главных при разработке нефтяных пластов с высоким содержанием ПНГ. Компания «Газпромнефть» внедрила в свою деятельность программу, целью которой стало добиться 95% утилизации ПНГ до 2020 года. На данный момент компания достигла такого уровня на многих своих месторождениях, в числе которых есть и Ямал [3].

Разработка месторождений в районах крайнего севера должна учитывать наличие иных региональных рисков: крайне суровые климатические условия выдвигают особые требования к верхней одежде персонала, вечная мерзлота накладывает особые условия для строительства объектов нефтедобычи и инфраструктуры (приподнятость над землей, чтобы при таянии объект не поплыл и не разрушился, тем более нефтепровод) [3].

## **1.2 Анализ технологических процессов на рассматриваемом объекте**

Нефтегазовые технологические процессы классифицируются несколькими способами. Классификация основных из них отражена на рисунке 1.

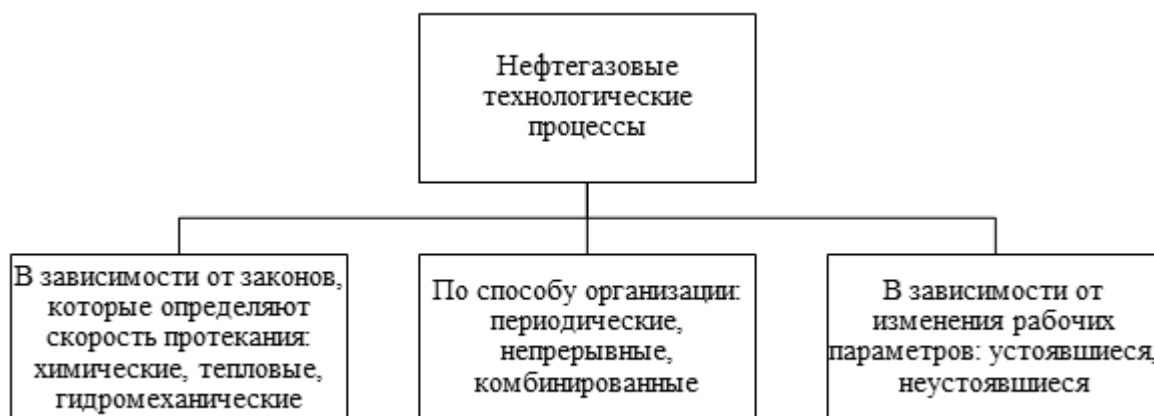


Рисунок 1 – Классификация технологических процессов в нефтегазовой отрасли

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 месторождения должен познакомиться 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.

Далее следует этап безопасного бурения скважины. До середины двадцатого века открытие месторождений сопровождалось прорывом фонтана нефти [24]. В настоящее время такое считается недопустимым, поскольку из-за фонтанирования нефти происходит колоссальное загрязнение территории и окружающей фауны и флоры [6]. При этом увеличивается многократно риск взрывов и пожаров из-за выхода газов, избежать которые позволяет буровой раствор, закачиваемый в скважину под

огромным давлением. Этот раствор с точно рассчитанной плотностью задерживает нефть в пласте, не позволяет вырваться на поверхность фонтану нефти и газам (состояние газонефтеводопроявление) [7].

Данный способ эффективен как при нежелательных и губительных выбросах, так и обеспечивает сохранность стенок самой скважины, не допуская их обрушения и прихвата бура, который замедляет или прекращает вращение. При таких аварийных ситуациях возникают угрозы потери дорогостоящего оборудования, травмирование персонала, ведущим бурение.

Изобретение противовыбросового превентора принадлежит Соединенным Штатам (1922 г.). Дж. Аберкромби (рабочий-бурильщик неоднократно попадавший под фонтаны нефти) и Г. Кэмерон (инженер и руководитель фирмы по изготовлению нефтяного оборудования) – им принадлежит это изобретение [22].

В наши дни фонтанирование нефти расценивается как чрезвычайная ситуация и на такие случаи задействуют военизированные аварийно-спасательные подразделения [27]. Любой нефтедобывающий район имеет такие формирования, обладающие высоким профессионализмом в ликвидации последствий данного вида ЧС.

Одной из первостепенной важности задач в районе буровых работ – это обеспечение безопасности водных горизонтов (питьевая вода), не допустить попадания в них из ниже расположенных пластов нефти, солевых растворов и иных загрязняющих веществ. Это удается сделать благодаря конструктивным особенностям скважин – наличие обсадных колонн, препятствующих попаданию в грунтовые воды загрязняющих веществ. Использование его эффективно на глубинах в пределах 100 – 600 м., и этой глубины вполне достаточно.

Обсадные трубы отделены от стенки скважины цементированным пространством, предотвращающим любой проникновение загрязнений. С помощью центраторов (муфта) обеспечивается точная центровка обсадных

труб относительно стенок скважины и равномерное заполнение цементным раствором пространства [17].

Так называемой превентор, о котором указывалось выше, обеспечивает безопасность. Располагается он в начале скважины (устье) и защищает от нежелательных выбросов нефти и газов на поверхности. Как правило в работе участвуют несколько превенторов различных видов: универсальный превентор обладает мощным резиновым уплотнительным кольцом, подходящим для любого диаметра бурильной трубы; планшетный превентор может сдерживать высокие давления, но применимы только к определенным диаметрам труб. Имеются превенторы полностью блокирующие скважины.

Основным хранителем скважин является противовыбросовое оборудование, состоящим из барьерного механизма – превентор (рис.2), располагаемые в створе скважины и обеспечивающие ее герметизацию. Они достаточно плотно прилегают к бурильной колонне, иногда в сложных ситуациях отрезают колонну от вышки [8].

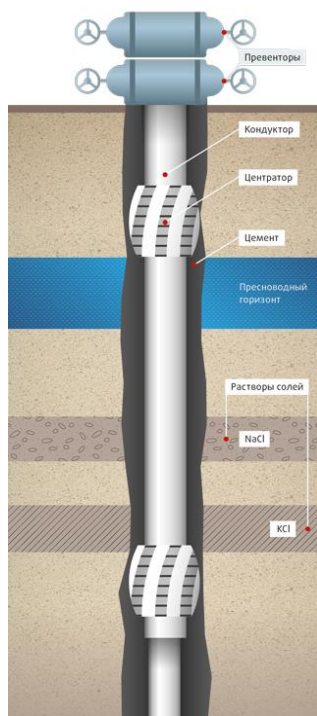


Рисунок 2 – Плашечный превентор [8]

В итоге в скважине останутся буровые приспособления, она будет закрыта наглухо, но применения в буровых работах подобного устройства необходимы и обязательны.

В последние годы чтобы обеспечить приток в скважину углеводородного сырья применяется способ гидроразрыва пласта (ГРП). При таком способе обеспечивается с высоким давлением закачка раствора, содержащего гранулы (проппант). Гранулы внедряются по трещинам, что не позволяем им соединиться и перекрывают уход сырья по ним. Кроме этого способа для вытеснения нефти из пласта применяются химические растворы. Только при верно выстроенной технологии бурения все эти соединения из растворов не поступят в почву или в водные горизонты [21]. Нефтяные скважины в последние годы имеют такое устройство, когда полностью изолируется нефтяной пласт от других пластов, расположенных выше с помощью колонны-кондуктора, превенторы находящиеся в устье скважины обеспечивают защиту от выбросов, в случае попадания в нефть используемых в работе растворов, они далее будут удалены в процессе подготовки нефти.

### **1.3 Анализ вариантов решения проблемы промышленной безопасности объектов нефтегазовых месторождений**

Объекты нефтегазовых месторождений – «особо опасные производственные объекты, поэтому для обеспечения пожаробезопасности установкой огнетушителей не ограничиваются» [2].

«Для комплексной защиты всех звеньев производственной цепочки существует масса многоуровневых средств и систем пожаротушения на предприятии. Инфраструктура любого промышленного предприятия наполнена пожаробезопасными элементами, причём они закладываются на этапе проектирования объекта» [2].



«Из-за жёстких нормативов в сфере пожарной безопасности проекты строительства промплощадок обязательно предусматривают уже схематически заложенную систему противопожарных мер. Перед строительством объект «зонируют» с учётом уровня пожаровзрывоопасности технологических процессов и сооружений. Производственные площадки обязательно имеют специальные выезды для удобства передвижения пожарной техники в случае возгорания. На территории предприятия должно быть предусмотрено не менее 2 въездов с устройством площадок для размещения пожарных машин» [2].

Безусловно, на каждом предприятии есть «простые», но временем доказавшие свою эффективность противопожарные средства: «пожарные гидранты, огнетушители, ящики с песком, индивидуальные средства защиты. По всему периметру объекта обязательно действует система сигнализации, которая мгновенно оповещает персонал о возгорании» [16].

«Для производства очень важна сеть водопроводных систем: она включает в себя насосные станции, резервуары, водозаборные сооружения. Все эти средства нужны для заполнения водой автоматических систем пожаротушения, которые устанавливаются в пожароопасных зонах предприятия. Типы систем пожаротушения: водяные, порошковые, пенные, газовые, аэрозольные» [16].

«Все установки работают по принципу распыления огнетушащего вещества под давлением. В пределах пожароопасной зоны проводится трубная разводка, оснащённая специальными оросителями. При срабатывании датчиков через них в зону горения подаётся гаситель, который перекрывает доступ к кислороду, и возгорание прекращается» [16].

«Настолько опасным в плане пожаров добывающим предприятиям недостаточно стандартного набора противопожарных средств. На производстве применяются индивидуальные решения – их выбор зависит от деятельности предприятия. Например, нефтегазовые месторождения и НПЗ нуждаются в массе дополнительных противопожарных мер из-за специфики

углеводородного сырья и продуктов его переработки, которые имеют способность легко воспламеняться» [19].

Каждое нефти- или газоперерабатывающее предприятие в обязательном порядке оснащается противопожарными системами, причем речь идет о любом оборудовании, которое используется для переработки или хранения углеводородного сырья и продуктов (установка ЭЛОУ-АВТ, ректификационная колонна, резервуар и др.).

«На месторождениях нефтяники оснащают противопожарными системами буровые установки, установки системы сбора, подготовки и транспорта нефти, резервуары и многое другое. У противопожарных систем шахт и подземных рудников своя специфика, поскольку в недрах земли таится принципиально другая опасность. В горных выработках содержится взрывоопасный газ метан – именно из-за его выбросов происходит большая часть пожаров. Уровень метана в горных выработках контролирует целая сеть систем: газоанализаторы, вакуумные насосы, разнообразные датчики» [8].

«В целях пожарной безопасности при строительстве подземных месторождений предусматривают шахтную вентиляцию, которая значительно снижает вероятность взрывов. Также в горных выработках строят каменные или бетонные перемычки с проёмами, а возле перемычек устраивают ниши для хранения песка, кирпича, глины и досок. По всем выработкам и стволам прокладываются трубопроводы с пожарными кранами, которые мгновенно устраняют распространение огня» [8].

«Оборудование, эксплуатируемое под землёй, изготавливается во взрывозащищённом исполнении, ленточные конвейеры оснащают автоматическими противопожарными установками. Также в шахтах и рудниках работают мощные комплексы систем мониторинга: хоть они не устраняют само воспламенение, зато помогают своевременно выявить внештатную ситуацию, эвакуировать горняков и оперативно ликвидировать ЧП» [8].

«Одной из главных причин пожаров в подземных выработках до сих пор является человеческий фактор, поэтому в шахтах и рудниках пристально следят за горняками. Для контроля работы персонала внедряется масса решений – системы позиционирования, видеонаблюдения, поиска людей, системы аварийной подземной связи, индивидуального средства контроля за уровнем газов» [4].

«На открытых карьерах огромное значение приобретает защита карьерной техники. Большегрузные самосвалы, погрузчики, бульдозеры очень подвержены воспламенениям – из-за практически непрерывного времени работы, высокой рабочей температуры и скопления легковоспламеняющихся продуктов. Для защиты от возгораний в спецтехнике предусмотрены огнетушители. Кроме того, широко применяют автоматические системы пожаротушения, контролирующие ключевые узлы машин» [4].

«Программно-аппаратные комплексы обычно включают в себя системы обнаружения, а также модули пожаротушения и системы дистанционного включения. Термочувствительные датчики системы мгновенно реагируют на критическое превышение температуры в той или иной части грузовика. Гасящий состав под давлением поступает в зону воспламенения, предупреждая или ликвидируя возгорание» [4].

«Перечисленные меры противопожарной безопасности далеко не всегда являются залогом полной защиты промышленного объекта от распространения пожаров. Дело в том, что большинство месторождений располагаются в удалённых районах. В случае крупного возгорания без пожарных служб не обойтись, зачастую им невозможно добраться до места оперативно» [4].

«Поэтому предприятия формируют собственные пожарные посты непосредственно на производственных объектах. Они мало чем отличаются от пожарных частей: в арсенале таких постов – полный комплекс пожарной техники и специального обученного персонала. Любое месторождение, на

котором идет добыча нефти – это большое количество трубопроводов, по которым нефть с отдельных скважин или кустовых площадок доставляется на установку подготовки нефти. Так как месторождения порой занимают десятки квадратных километров, длина трубопроводов может быть значительной, а пролегают они в не самых легкодоступных местах. Кроме того, неочищенная нефть – довольно агрессивная среда, поэтому на таких трубопроводах может достаточно быстро развиваться коррозия, приводящая к утечкам и аварийным разливам» [13]. «Если у магистральных нефтепроводов нормативный срок эксплуатации превышает 30 лет, а фактический может достигать 50, то промысловые трубопроводы разрушаются за 5–10 лет» [11].

«Чтобы избежать повреждений труб и разливов нефти, сегодня применяются разнообразные способы диагностики состояния труб и средства их защиты. Одно из таких решений – внутритрубный снаряд, устройство, которое проталкивается по трубе давлением нефти. На нем установлены специальные датчики, которые сканируют стенки трубы сантиметр за сантиметром, выявляя дефекты. Хотя внутритрубная диагностика уже давно не новость и активно применяется на магистральных нефтепроводах, для промысловых трубопроводов, диаметр которых заметно меньше, использовать ее стали не так давно» [14]. Надо отметить, что в России «Газпром нефть» – один из лидеров в этой области. «В компании даже были разработаны собственные приборы, лучше приспособленные для решения задач диагностики промысловых нефтепроводов, чем имеющиеся на рынке решения» [15].

«Также для выявления утечек сегодня используются беспилотные летательные аппараты. Беспилотник летит на определенной высоте над трубой и фиксирует возможные места утечек. Одним из главных показателей здесь является температура, ведь у добываемой нефти она выше, чем температура на поверхности. Беспилотник оборудован тепловизором, который фиксирует повышение температуры и отмечает координаты места.

Кроме того, аппарат делает видеозапись, которую просматривает оператор. Все это позволяет быстро найти утечку и ликвидировать ее последствия, пока еще не нанесен значительный вред» [20].

«Связь с некоторыми удаленными месторождениями возможна только через спутник. На случай ее аварийного прекращения существует четкий план, который позволяет обеспечить безопасность людей на вахте и уже в течение суток восстановить контроль над промыслом. Для защиты труб от коррозии и любых механических повреждений применяют специальную изоляцию, которую наносят не только снаружи, но и внутри. Кроме того, используют ингибиторы коррозии – вещества, которые закачивают в трубу для образования защитной пленки на ее стенках» [20].

«Что касается возможных утечек нефти прямо на кустовой площадке, например, в результате разгерметизации фонтанной арматуры, то на этот случай существует так называемый глиняный замок, который не позволит жидкости попасть в окружающую среду. Нефть будет скапливаться на кустовой площадке как в огромной ванне, пока добыча не будет остановлена» [20].

Итак, делая выводы по первому разделу, можно сказать, что на нефтегазовых месторождениях всегда присутствует глобальная сеть трубопроводов, по этим развязкам нефть направляется из скважин по ее добыче к установкам первичной подготовки. Длина трубопроводов варьируется от величины самого нефтяного месторождения, поэтому необходим комплекс мер, направленный на обеспечения диагностики труб и выработки средств для их защиты.

В качестве примера такого средства можно выделить внутритрубный снаряд, который может передвигаться по внутритрубному пространству под напором нефти. Передвигаясь внутри трубопровода снаряд с помощью датчиков, расположенных на нем, сканирует стенки трубопровода, сообщая о найденных дефектах. Такой способ диагностики известен достаточно давно, но он использовался в основном для магистральных трубопроводов.

Промысловые трубопроводы обладают значительно меньшим диаметром, что ранее усложняло подобный способ диагностики.

Любой производственный процесс так и процесс разработки месторождения нефти несет определенные риски, связанные с вероятными утечками нефти, аварийными ситуациями разного рода происхождения (пожар, взрыв, травмирование людей, поломки технологического оборудования и его последствия), которые в обязательном порядке будут учитываться при обеспечении промышленной безопасности.

Технологические процессы на нефтегазовой установке классифицируют в зависимости от законов:

- по скорости протекания: химические, тепловые, гидромеханические.
- по способу организации: периодические, непрерывные, комбинированные.
- в зависимости от изменения рабочих параметров: устоявшиеся, неустоявшиеся.

Несмотря на большое количество способов обеспечения противопожарной безопасности, которые можно применить на нефтегазовом месторождении, полностью застраховаться от распространения пожара нельзя. Поэтому отрицать вмешательство пожарных отрядов не имеет смысла, особенно учитывая удаленность многих месторождений.

## **2 Анализ обеспечения промышленной безопасности на объекте нефтегазового месторождения**

### **2.1 Краткая характеристика рассматриваемого объекта**

Новая система разработки нефтяного месторождения осуществляется по способу «вторичной разработки месторождения 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 месторождения относится к категории опасных производственных объектов. Объект «Площадка добывающих и паронагнетательных скважин нефтяного месторождения» признан опасным производственным объектом II типа.

Основными составляющими данного объекта являются:

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

Основными выполняемыми видами работ на производственной площадке являются: «бурение паронагнетательных 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» [19].

Обслуживание любого производственного оборудования оказывает отрицательное влияние на здоровье персонала. 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» [24].

В качестве самых опасных аварийных ситуаций в эксплуатационном процессе нефтегазовых скважин специалисты зачастую называют пожары, являющиеся последствиями разливов 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 поступает опасный газ, который может являться источником отравления организма» [23].

Резервуарный парк нефтяного месторождения имеет свою обваловку и обслуживается отдельной группой насосов, расположенных на открытых бетонных площадках (под навесом): объединены общей канализацией. Экспертиза резервуарного парка представлена в таблице 1.



Таблица 1 – Экспертиза резервуарного парка

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» [19].	Более 15 м	Не менее 15 м	СНиП 2.11.03-93	Соответствует
«Расстояние от резервуаров ЛВЖ до канализационных очистных сооружений» [19].	Более 30 м	Не менее 30 м	СНиП 2.11.03-93	Соответствует
«Расстояние от резервуаров до пожарных водоемов» [19].	20 м	Не менее 40 м	СНиП 2.11.03-93	Не соответствует
«Расстояние от резервуаров ЛВЖ до канализационных очистных сооружений» [19].	более 15 м	Не менее 15 м	СНиП 2.11.03-93	Соответствует
«Расстояние между резервуарами в соседних группах» [19].	Около 25 м	Не менее 40 м	СНиП 2.11.03-93	Не соответствует
«Наличие обваловки у групп резервуаров» [19].	«Имеется земляное обвалование: более 1 м, шириной более 0,5 м» [19].	«По периметру групп резервуаров требуется обваловка шириной по верху не менее 0,5 м и высотой не менее 1 м» [19].	СНиП 2.11.03-93	Соответствует
«Наличие четырех переходов через обвалование (на противопожарных сторонах)» [19].	«Обвалование резервуаров ЛВЖ имеет 2 переходные лестницы» [19].	«Не менее 4-х лестниц перехода» [19].	СНиП 2.11.03-93	Не соответствует
«Резервуары должны иметь не менее 2-х пеногенераторов на каждом резервуаре» [19].	«На некоторых РВС отсутствует» [19].	«Требуется не менее 2-х пеногенераторов на резервуар» [19].	СНиП 2.09.03-85	Не соответствует

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5
«Оборудование резервуарных парков дождеприемниками» [19].	Имеются	«Требуются с запорными устройствами с выводом из обвалования» [19].	СНиП 2.11.03-93	Соответствует
«Наличие теплоизоляции на резервуарах» [19].	Отсутствует	«Должна быть несгораемой» [19].	СНиП 2.11.03-93	Не соответствует
«Наличие заездов внутрь обвалований для пожарной техники» [19].	«Предусмотрены заезды в обвалование каждой группы резервуаров» [19].	«Допускается предусматривать заезды внутрь обвалований для пожарной техники» [19].	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 на нефтяном месторождении 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. Правда, если не проводить своевременный ремонт, разрушение будет увеличиваться, что гарантированно приведет к возникновению более серьезных поломок.

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

Дефекты при изготовлении элементов оборудования:

- «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» [6].

Анализ риска проектируемого объекта 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» [8].

Выделим следующие иницирующие события и основные сценария развития ЧС на рисунке 3.



Рисунок 3 – Основные сценария развития ЧС на нефтяном месторождении

Вероятными источниками разливов нефтепродуктов на нефтяном месторождении могут быть:

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

- блок технологических трубопроводов;
- запорная и регулирующая арматура» [1].

На нефтяном месторождении 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» [1].

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 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 2 проанализированы категории сооружения рассматриваемого объекта, взрывоопасные зоны нефтяного месторождения.

Таблица 2 – Категории сооружения рассматриваемого объекта, взрывоопасные зоны 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	A	B-1a	IIA-T3	1	«Зона B-1a в пределах зала; Зона B-1г (ПУЭ): 0,5м по горизонтали и вертикали от проемов» [22].
Машинный зал насосов и электродвигателей	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» [22].
Блок-бокс ССВД	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» [22].

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6
Площадка регуляторов давления	A <sub>н</sub>	B-1Г	ПА-ТЗ	12	«Зона В-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; Зона 2 (ПБ): 1,5м по вертикали 5,5м по горизонтали от зоны 1, высотой 1 м» [22].
Здание маслосистемы	B1	П	-	-	-
Блок резервуаров хранения масла	B	П	-	-	-
Резервуар для хранения дизельного топлива	A <sub>н</sub>	B-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» [22].
Резервуарный парк для хранения нефти	A <sub>н</sub>	B-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» [22].
Площадка фильтров-грязеуловителей	A <sub>н</sub>	B-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» [22].
Площадка погружных насосов	A <sub>н</sub>	B-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» [22].

Свойства опасных веществ обращающихся на объекте приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Характеристика опасных веществ

Наименование опасного вещества	Степень опасности и характер воздействия веществ на организм человека
1	2
Автомобильный бензин	<p>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. Спецдежда, 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» [25].</p>
Дизельное топливо	<p>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» [25].</p>
Масло	<p>«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» [25]. Средства защиты: Фильтрующие противогазы. В случае большой концентрации тумана – изолирующие. Спецдежда, защитные перчатки из маслостойких материалов.</p>



Продолжение таблицы 3

1	2
	<p>Меры первой помощи: Свежий воздух, покой, тепло. Успокаивающие и седативные средства. При ослаблении и остановке дыхания делать искусственное.</p>
Нефть	<p>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» [25].</p>
Широкая фракция легких углеводородов (ШФЛУ)	<p>Относится к виду опасных веществ – горючие жидкости (приложение 2 к ФЗ-116 от 27.07.97). По степени воздействия на организм человека относится ко 4 классу опасности по ГОСТ 12.1.007-88. «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. Пролиты 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» [25].</p>

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.

Для того, чтобы проанализировать последствия возможных аварийных ситуация, сценарии их развития, последовательность всех событий, которые могут произойти не нефтегазовом месторождении, рассмотрим характеристику показателей степени риска при возникновении аварийных ситуаций. Наименования самих показателей и их значения представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Характеристика показателей степени риска при возникновении аварийных ситуаций

Наименование показателя	Значение показателя
1	2
<p>Показатель приемлемого риска, год<sup>-1</sup>:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- для персонала</li> <li>- для населения, проживающего на близлежащей территории</li> </ul>	<p><math>10^{-4}10^{-6}</math></p>
<p>Характеристика наиболее опасного сценария развития чрезвычайных ситуаций, последовательность событий</p>	<p>«Резервуарный парк Частичное или полное разрушение резервуара истечение нефтепродукта -&gt; разлив нефтепродукта -&gt; ликвидация аварийной ситуации» [6].</p>
	<p>«Частичное или полное разрушение резервуара -&gt; истечение нефтепродукта разлив нефтепродукта на территории нефтяного месторождения попадание паров в зону источника зажигания воспламенение нефтепродукта возникновение пожара пролива поражение людей и объектов инфраструктуры» [6].</p>
	<p>«Частичное или полное разрушение резервуара -&gt; разлитие нефтепродукта с мгновенным воспламенением действия по локализации аварии» [6].</p>
	<p>«Частичное или полное разрушение резервуара разлитие нефтепродукта с мгновенным воспламенением -&gt; попадание в зону поражающих факторов людей и/или оборудования -&gt; действия по локализации аварии» [6].</p>
	<p>Жд цистерны «Частичное или полное разрушение ж/д цистерны -&gt; истечение нефтепродукта разлив нефтепродукта на территории нефтяного месторождения локализация и ликвидация разлива» [6].</p>
	<p>«Частичное или полное разрушение ж/д цистерны -&gt; истечение нефтепродукта разлив нефтепродукта на территории нефтяного месторождения -&gt; попадание паров в зону источника зажигания -&gt; воспламенение нефтепродукта -&gt; возникновение пожара пролива -&gt; поражение людей и объектов инфраструктуры» [6].</p>
	<p>«Частичное или полное разрушение ж/д цистерны -&gt; разлитие нефтепродукта с мгновенным воспламенением -&gt; действия по локализации аварии» [6].</p>
	<p>Технологические трубопроводы «Частичное или полное разрушение участка трубопровода истечение нефтепродукта разлив нефтепродукта на территории нефтяного месторождения -&gt; ликвидация разлива» [6]. «Частичное или полное разрушение участка трубопровода -&gt; истечение нефтепродукта разлив нефтепродукта на территории нефтяного месторождения -&gt; воспламенение нефтепродукта -&gt; возникновение пожара пролива -&gt; поражение людей и объектов инфраструктуры» [6].</p>

Продолжение таблицы 4

1	2
	<p>«Частичное или полное разрушение участка трубопровода -&gt; разлитие нефтепродукта с мгновенным воспламенением -&gt; действия по локализации аварии» [6].</p> <p>«Частичное или полное разрушение участка трубопровода разлитие нефтепродукта с мгновенным воспламенением попадание- в зону поражающих факторов людей и/или оборудования -&gt; действия по локализации аварии» [6].</p>
Размеры зон действия поражающих факторов	
При наиболее опасном сценарии развития чрезвычайных ситуаций, м	<p>1.Резервуарный парк безвозвратные потери – 9 границы безопасной для людей зоны – 61</p> <p>2.Компрессорная станция безвозвратные потери – 34,15 границы безопасной для людей зоны – 351,3</p>
Краткая характеристика наиболее вероятного сценария развития чрезвычайной ситуации, последовательность событий	<p>Пролив ЛВЖ без воспламенения при разгерметизации насосного оборудования в насосной</p> <p>Пролив ЛВЖ без воспламенения при разгерметизации насосного оборудования</p> <p>Пролив ЛВЖ без воспламенения при разгерметизации оборудования</p> <p>Пролив ЛВЖ без воспламенения при разгерметизации оборудования</p>
Показатели степени риска для персонала населения при наиболее вероятном сценарии развития чрезвычайной ситуации	
Частота наиболее вероятного сценарий развития чрезвычайной ситуации, год <sup>-1</sup> .	1,53 · 10 <sup>-4</sup>
Возможное количество погибших среди персонала, чел.;	<p>1.Резервуарный парк – отсутствуют</p> <p>2.Насосная станция – отсутствуют</p> <p>3.Транспорт – отсутствуют</p> <p>4.Трубопроводы – отсутствуют</p>
Индивидуальный риск для населения на прилегающей территории, год <sup>-1</sup>	отсутствует
Коллективный риск – ожидаемое количество пострадавших людей в результате возможных аварий за определенное время (год), чел/год	<p>Суммарный коллективный риск гибели персонала нефтяного месторождения от возможных аварий на декларируемом объекте составит 2,52*10<sup>-3</sup> чел/год. В том числе коллективный риск гибели персонала:</p> <p>резервуарный парк - 2,80·10<sup>-4</sup> чел/год.</p> <p>транспортные цеха - 2,92·10<sup>-4</sup> чел/год.</p> <p>трубопроводное хозяйство - 2 - 1,01·10<sup>-3</sup> чел/год.</p>

После анализа всех характеристик показателей риска и их значений сведем их в таблице 5.

Таблица 5 – Показатели риска на площадке нефтяного месторождения

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	2,80E-04	2,33E-05	37500	192
Насосная станция	3,22E-04	1,01E-05		
Технологические трубопроводы	4,20E-04	2,47E-05		
Компрессорный цех	3,95E-04			
Система транспорта	1,10E-03	1,89E-05		

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.

Фоновые показатели риска в России представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Фоновые показатели риска в России

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

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.

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 7 – Схемы развития типовых сценариев возможных аварий [17]

Сценарий аварии	Схема развития аварии
1	2
<b>Резервуарный парк</b>	
Сценарий 1.С1	«Частичное или полное разрушение резервуара истечение нефтепродукта -> разлив -> ликвидация аварийной ситуации» [17].
Сценарий 1.С2	«Частичное или полное разрушение резервуара -> истечение нефтепродукта разлив нефтепродукта на территории нефтяного месторождения попадание паров в зону источника зажигания воспламенение нефтепродукта возникновение пожара пролива поражение людей и объектов инфраструктуры» [17].
Сценарий 2.С3	«Частичное или полное разрушение резервуара -> разлитие нефтепродукта с воспламенением -> локализация аварии» [17].
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» [17].
<b>Железнодорожные цистерны</b>	
Сценарий 2.С1	«Частичное или полное разрушение ж/д цистерны -> истечение нефтепродукта разлив нефтепродукта на территории нефтяного месторождения локализация и ликвидация разлива» [17].
Сценарий 2.С2	«Частичное или полное разрушение ж/д цистерны -> истечение нефтепродукта разлив нефтепродукта на территории нефтяного месторождения -> попадание паров в зону источника зажигания -> воспламенение нефтепродукта -> возникновение пожара пролива -> поражение людей и объектов инфраструктуры» [17].
Сценарий 2.С3	«Частичное или полное разрушение ж/д цистерны -> разлитие нефтепродукта с мгновенным воспламенением -> действия по локализации аварии» [17].



Продолжение таблицы 7

1	2
Сценарий 2.С4	«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» [17].
Автоцистерны при заправке нефтепродуктами	
Сценарий 3.С1	«Частичное или полное разрушение автоцистерны -> истечение нефтепродукта разлив нефтепродукта на территории нефтяного месторождения -> локализация и ликвидация разлива» [17].
Сценарий 3.С2	«Частичное или полное разрушение автоцистерны истечение нефтепродукта -> разлив нефтепродукта на территории нефтяного месторождения -> попадание паров в зону источника зажигания -> воспламенение нефтепродукта возникновение пожара пролива -> поражение людей и объектов инфраструктуры» [17].
Сценарий 3.С3	«Частичное или полное разрушение автоцистерны -> разлитие нефтепродукта с мгновенным воспламенением действия по локализации аварии» [17].
Сценарий 3.С4	«Частичное или полное разрушение автоцистерны -> разлитие нефтепродукта с мгновенным воспламенением попадание в зону поражающих факторов людей и/или оборудования -> действия по локализации аварии» [17].
Технологические трубопроводы	
Сценарий 4.С1	«Частичное или полное разрушение участка трубопровода истечение нефтепродукта разлив нефтепродукта на территории нефтяного месторождения -> локализация и ликвидация разлива» [17].
Сценарий 4.С2	«Частичное или полное разрушение участка трубопровода -> истечение нефтепродукта разлив нефтепродукта на территории нефтяного месторождения -> попадание паров в зону источника зажигания воспламенение нефтепродукта -> возникновение пожара пролива -> поражение людей и объектов инфраструктуры» [17].
Сценарий 4.С3	«Частичное или полное разрушение участка трубопровода -> разлитие нефтепродукта с мгновенным воспламенением -> действия по локализации аварии» [17].
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» [17].

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 8.

Таблица 8 – Состав сил и средств для ликвидации разлива нефтепродуктов

Наименование мероприятия	Привлекаемые тех. ср-ва	Количество тех. средств - время	Состав бригады
«Сбор нефтепродукта при аварии с емкостью хранения нефтепродукта объемом 2000 м <sup>3</sup> » [21].	«Автоцистерна с насосом» [21].	«насосом - 6 часов 45 мин; насосами - 3 часа 15 минут» [21].	«Персонал нефтяного месторождения - 1-2 чел. Персонал НАСФ - 8 чел. Профессиональное АСФ. 8 чел» [21].
«Сбор нефтепродукта при аварии с автоцистерной объемом 24 м» [21].	«Автоцистерна с насосом» [21].	«1 насосом - 50 минут» [21].	«Персонал НАСФ - 3-5 чел» [21].
«Сбор нефтепродукта при аварии с ж/д цистерной объемом 120 м <sup>3</sup> » [21].	«Автоцистерна с насосом» [21].	«1 насосом - 3 часа 20 минут» [21].	«Персонал нефтяного месторождения - 1-2 чел. Персонал НАСФ - 1-3 чел» [21].
«Сбор нефтепродукта при аварии с технологическим трубопроводом. Объем разлива составит 5,27 м <sup>3</sup> » [21].	«Автоцистерна с насосом» [21].	«1 насосом - 5 минут» [21].	«Персонал месторождения - 1-2 чел. Персонал НАСФ - 1-3 чел» [21].
«Очистка почвы» [21].	«Бульдозер типа Д-606» [21].	«1 шт. - 4 часов 20 мин 2 шт. - 2 часа 10 минуты» [21].	«Персонал НАСФ - 1-3 чел» [21].
«Вывоз и утилизация загрязненного грунта» [21].	«Автомобиль типа самосвал» [21].	«1 шт. - 10 рейсов 3 шт. - 3 рейса» [21].	ГУДП ДРСУ

Итак, согласно таблице 8 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 нефтеном месторождении создана собственная добровольная пожарная дружина. Ближайшая пожарная часть находится в 2 км от месторождения.

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.

Таким образом, делая выводы по второму разделу исследовательской работы, можно сказать, что 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 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 промышленной безопасности нефтегазового месторождения

#### 3.1 Изучение способов обеспечения промышленной безопасности нефтегазового месторождения

При проведении теоретических исследований был дан анализ статистики и анализ причин аварий, произошедший на нефтегазовых месторождениях.

На рисунке 4 приведена диаграмма «со статистическими данными по количеству несчастных случаев на производстве с 2014 по 2019 г. в России, в 2014 г. в результате несчастных случаях на производстве погибло 1447 человек, в 2015 г. – 1699 человек, в 2016 г. – 1288 человек, в 2017 г. – 1290 человек, в 2018 и 2019 – 1270 и 1301 человек соответственно» [21].

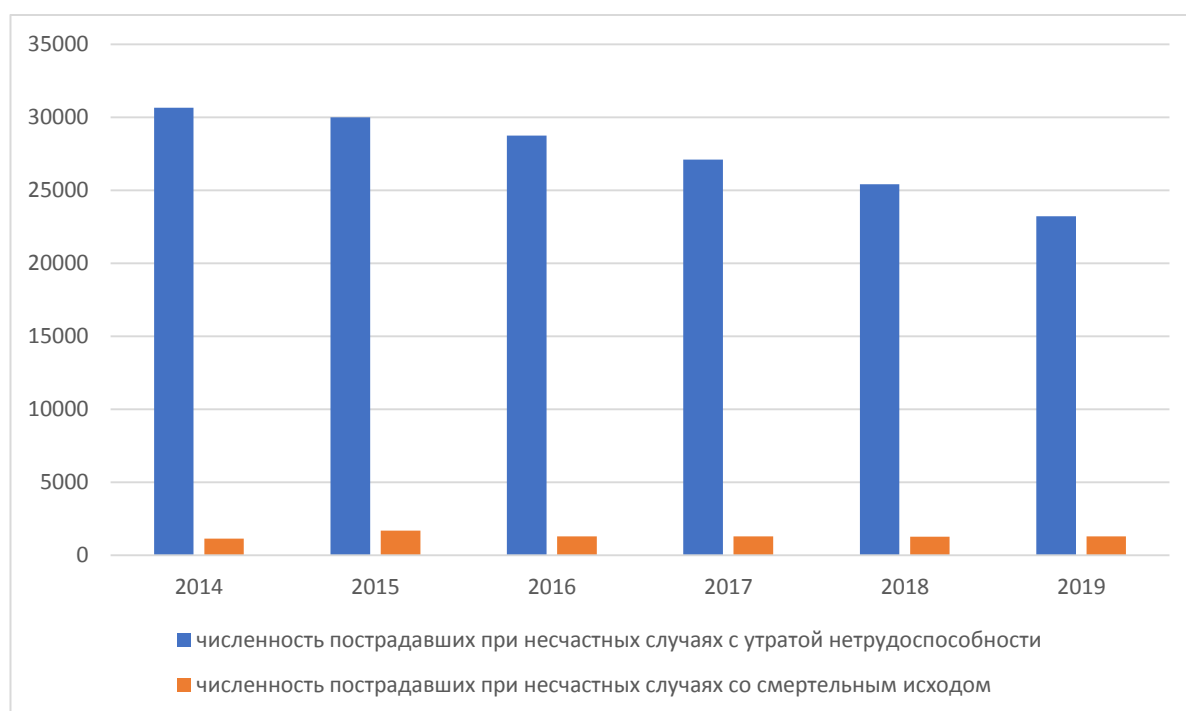


Рисунок 4 – Численность пострадавших при несчастных случаях на производстве

Рисунок 5 отражает статистику аварий непосредственно на нефтегазовых месторождениях во временном промежутке 2011-2019 годов. Как видно из рисунка в общем за восемь лет произошло 183 аварии.

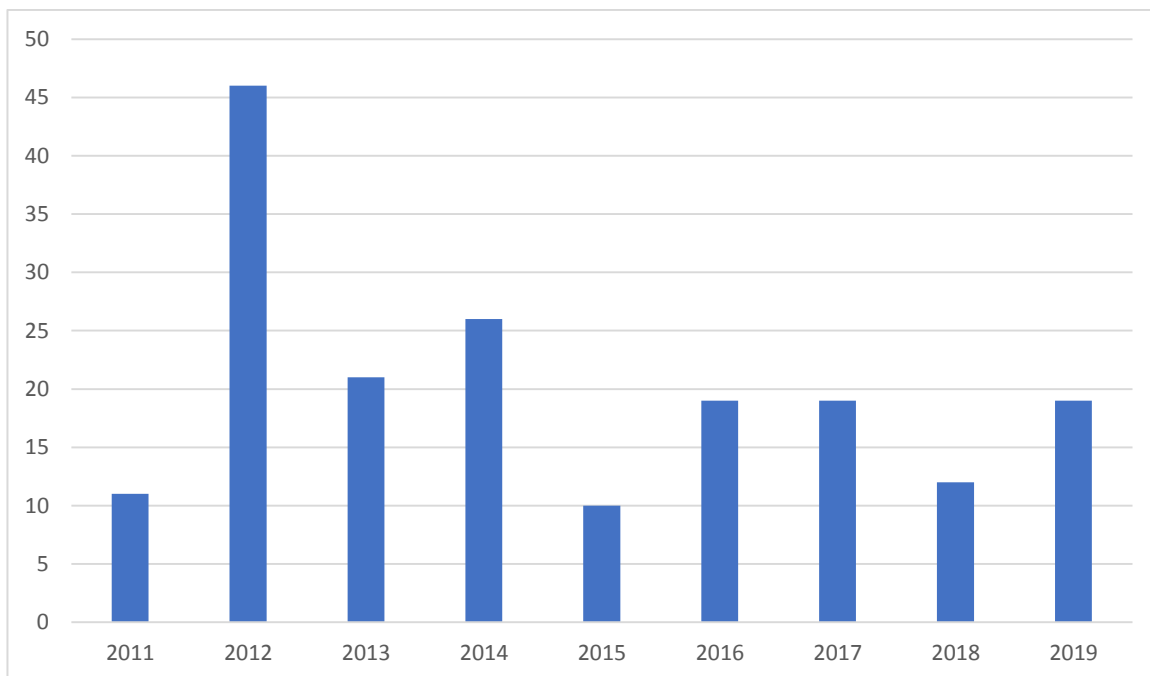


Рисунок 5 – Статистика аварий на нефтегазовых месторождениях (2011-2019 гг.)

Далее отметим, что за рассматриваемый восьмилетний период на объектах нефтегазовых месторождений зарегистрированы случаи смертельного травмирования персонала в количестве 89 человек, что отражено на рисунке 6.

Такая тенденция с 2016 года показывает устойчивое снижение. Так по итогам 2016 года, смертельных случаев было 13, в следующем 2017 году их количество упало до 12, после чего в 2018 их число снизилось еще существенней до 6. По итогам 2019 года не было зафиксировано ни одного подобного смертельного случая, что подтверждается статистикой, представленной Ростехнадзором.

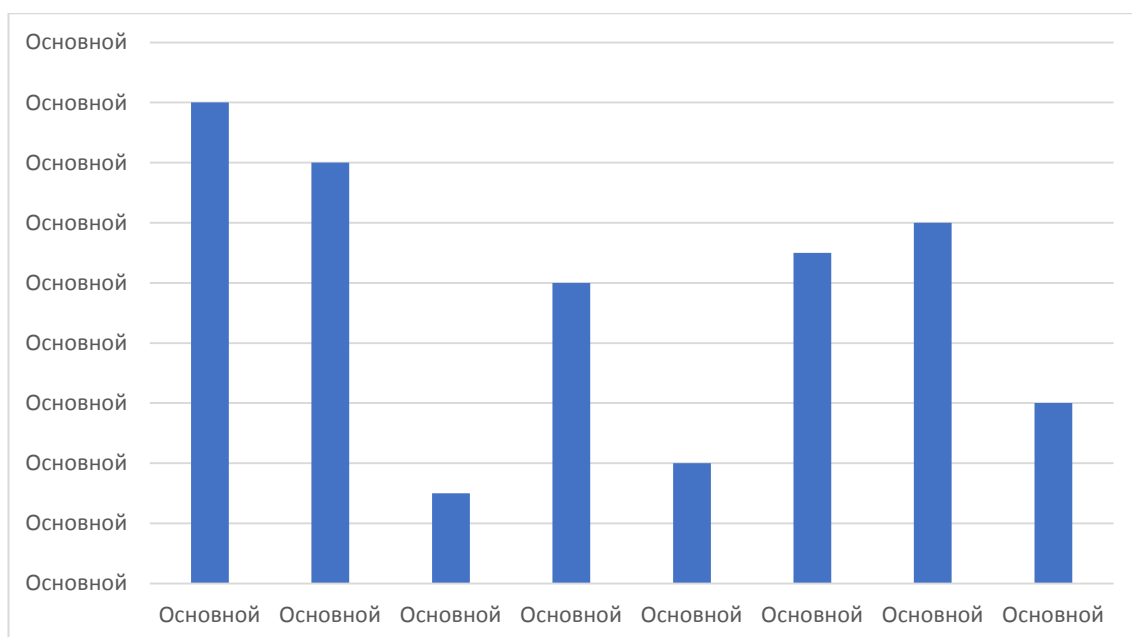


Рисунок 6 – Количество погибших людей при авариях на нефтегазовых месторождениях

Чтоб более полноценно ознакомиться с особенностями этой проблемы проведем анализ специфики наиболее крупных среди подобных аварий.

В 2016 году были зафиксированы два взрыва установок, использующихся для гидрокрекинга. В результате этого происшествия погибло шесть человек, а еще двое получили очень серьезные травмы. Организация понесла убытки в суммарном размере, равняющемся 14 миллиардам рублей.

В 2017 году в Нижнем Новгороде на объекте, принадлежащем ООО «Лукойл» случился взрыв в результате проведения стандартных процедур, связанных с монтажом на резервуарах организации. Результатом этого происшествия стала гибель 4 сотрудников. Экономические потери компании составители более двух миллионов рублей.

К числу основных факторов, оказывающих поражающее на людей воздействия, при возникновении аварийных ситуаций на подобный технический объектах, стоит отнести термические ожоги. Около 2/3 смертей, случившихся в результате таких аварий, приходится на людей, получивших ожоги, которые были не совместимы с жизнью.

Вторым по уровню распространенности отрицательным фактором воздействия являются химические отравления, встречающиеся в 10 процентах случаев. Еще 6 процентов погибших лишились жизни в результате падения со значительной высоты в момент аварии, 4 процента погибли при получении травм в результате возникновения взрывной волны. В результате обрушения зданий на объекте лишились жизни 3 процента сотрудников, еще 2 процента погибло в результате возникновения технических неполадок на оборудовании. Оставшиеся 2 процента приходится на людей. Погибших в результате возникновения прочих обстоятельств на объекте.

Анализ этих статистических данных представлен на рисунке 7.

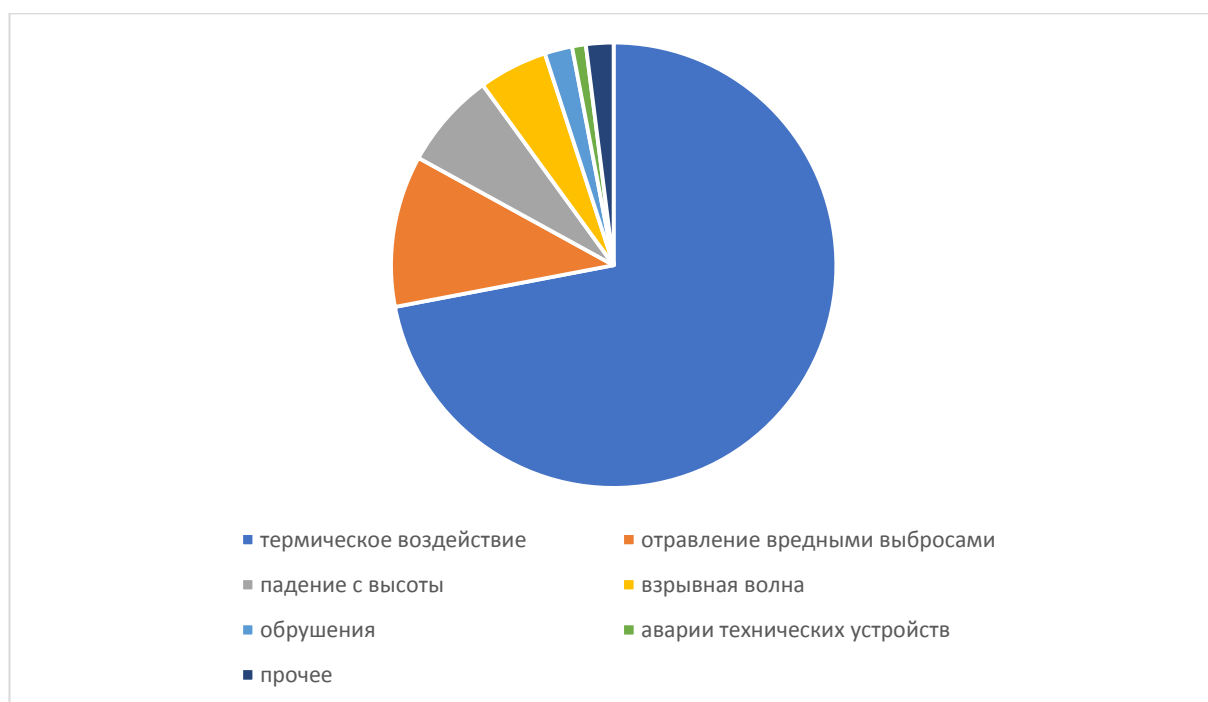


Рисунок 7 – Распределение поражающих факторов в аварийных ситуациях

Специалисты указывают на то что к основным причинам возникновения подобных техногенных авариях на объектах, расположенных на нефтяных месторождения, стоит отнести: нарушение правил и норм техники безопасности, несоблюдение рабочей дисциплины,



неудовлетворительное состояние зданий, технических помещений, оборудования нарушение базовых принципов реализации технологических производственных процессов. Учитывая данные факты, можно сделать вывод о том, что «все причины, влияющие на возникновение подобных аварий, можно условно разделить на две следующие крупные группы: технологического или организационно-управленческого характера» [28].

Отразим эту классификацию в таблице 9.

Таблица 9 – Причины аварий на нефтегазовых месторождениях, произошедших за рассматриваемый период

Технические	Организационные
<ul style="list-style-type: none"> <li>- «отсутствие на предприятии системы защиты;</li> <li>- неверно реализованная схема дистанционного управления;</li> <li>- образование взрывоопасной смеси из-за отсутствия герметичности в резервуарах;</li> <li>- применение электрифицированного переносного ручного инструмента во взрывозащищенном исполнении;</li> <li>- разгерметизация подземного участка трубопровода;</li> <li>- применение неисправного оборудования;</li> <li>- нарушение герметичности резиновых уплотнителей;</li> <li>- пролив жидкости с содержанием воспламеняющих веществ на площадке проведения огневых работ;</li> <li>- коррозия оборудования» [8].</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- «отсутствие контроля при проверке работоспособности системы блокировок и противоаварийной защиты установки;</li> <li>- несовершенство программ комплексного опробования системы блокировок и противоаварийной защиты;</li> <li>- неэффективность производственного контроля;</li> <li>- использование неисправного оборудования;</li> <li>- отсутствие контроля за порядком проведения работ или технологическим процессом;</li> <li>- необученность персонала действиям, предусмотренными планами мероприятий при локализации аварий;</li> <li>- проведение подготовительных работ, не предусмотренных нарядом-допуском на их выполнение;</li> <li>- отсутствие сигнализаторов и средств автоматического контроля и обнаружения утечек, а также датчиков предельного уровня для автоматического отключения процесса налива» [8].</li> </ul>

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. Отдельные углеводороды, находящиеся в составе паров нефти, отличаются такими концентрационными значениями для воспламенения, % (по объему), которые представлены в таблице 10.

Таблица 10 – «Концентрационные пределы воспламенения индивидуальных углеводородов, входящие в состав нефтяных паров» [28]

Вещество	Концентрационный предел воспламенения
Пропан	2.1 – 9.5
Бутан	1.9 – 9.1
Пентан	1.4 – 7.8
Гексан	1.2 – 7.5

«Большинство аварий на нефтеперерабатывающих предприятиях и происходящих по их причине несчастных случаев со смертельным исходом можно предотвратить постоянным мониторингом реального состояния опасных производственных объектов, проведением мероприятий по их техническому обслуживанию, ремонту и реконструкции, заменой физически и морально устаревшего оборудования, а также пропагандируя культуру производства и соблюдая безопасный режим работы» [24]. «Вместе с техническим расследованием причин аварий и их последствий следует проводить тщательный анализ состояния всего находящегося в эксплуатации оборудования, а также комплексную проверку соблюдения требований промышленной безопасности и контроль качества продукции» [24].

С целью минимизации вероятности возникновения несчастных случаев на производстве важно обеспечить повышение уровня персональной ответственности управленческого состава организации.

Перейдем к ознакомлению с наиболее рабочими методами, обеспечивающими минимизацию вероятности возникновения взрывов на таких промышленных объектах.

Представленная на рисунке 8 шиберная задвижка, позволяет исключить вероятность распространения взрыва внутри трубопроводной сети.

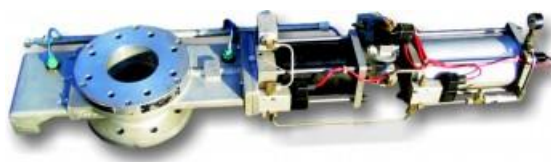


Рисунок 8 – Шиберная задвижка

Ее преимущества: «используется для размеров труб от DN 50, устойчивость к давлению до 10 бар, чрезвычайно быстрое время реакции 0,04 сек, короткое расстояние установки» [19].

Такая задвижка будет автоматически активирована при обнаружении специальным детектором взрыва в системе трубопровода. После этого, сигнал поступит на управляющую панель, которая передаст далее сигнальный импульс на механизм, отвечающий за запирание соответствующей задвижки, путем запуска пневматического механизма.

Принцип действия шиберной задвижки представлен на рисунке 9.

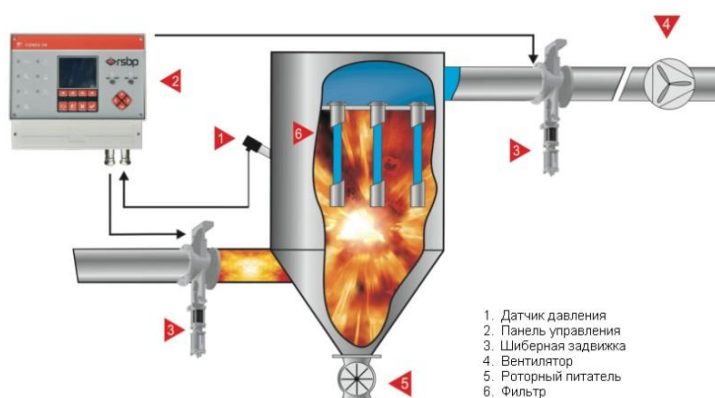


Рисунок 9 – Принцип действия шиберной задвижки

Выпускной поплачковый клапан, изображенный на рисунке 10, «предотвращает распространение пламени и давления взрыва по трубопроводу в другие части технологии производства» [19].



Рисунок 10 – Выпускной поплачковый клапан

Преимущества выпускного поплачкового клапана: «для размеров труб от DN 100, для устройств с температурой до 250°C, не нуждается в электричестве, низкое давление активации и низкие потери давления, короткое расстояние установки, простота обслуживания, соответствует EN 15 089» [19].

Представленный выпускной клапан поплачкового типа используется с целью минимизации вероятности возникновения взрывов внутри технологических трубопроводов. На рисунке 11 показан принцип работы такого клапана.

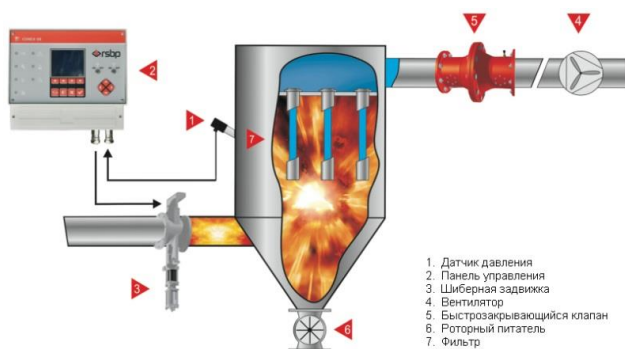


Рисунок 11 – Принцип действия выпускного поплачкового клапана

HRD барьер, изображенный на рисунке 12, характеризуется «чрезвычайно быстрым внесением огнетушащего вещества в трубопровод, подсоединённый к защищаемой технологии. В случае взрыва в первую очередь в трубопроводе распространяется взрывное давление с последующим фронтом пламени. Обе эти величины возможно определить специальными датчиками: оптическими и датчиками давления, которые разработаны для этой цели» [19].



Рисунок 12 – HRD барьер

Преимущества HRD барьера: «высокая скорость реакции системы, независимое архивирование данных с детекторов, вариабельность датчиков, устройств управления и активных элементов, высокое качество компонентов, может использоваться для внешних и внутренних установок, высокая надёжность системы, соответствует EN 15 089» [19].

Данная техническая разработка позволяет исключить распространение взрыва, который может возникнуть внутри трубопровода. На рисунке 13 показан основной принцип его работы.

Запуск такого барьера осуществляется с управляющей панели, получающей сигнал о взрыве от специального детектирующего устройства. После этого клапан моментально начинает заполнять систему специальным огнетушащим составом, формирующим надежный барьер, противостоящий взрыву.

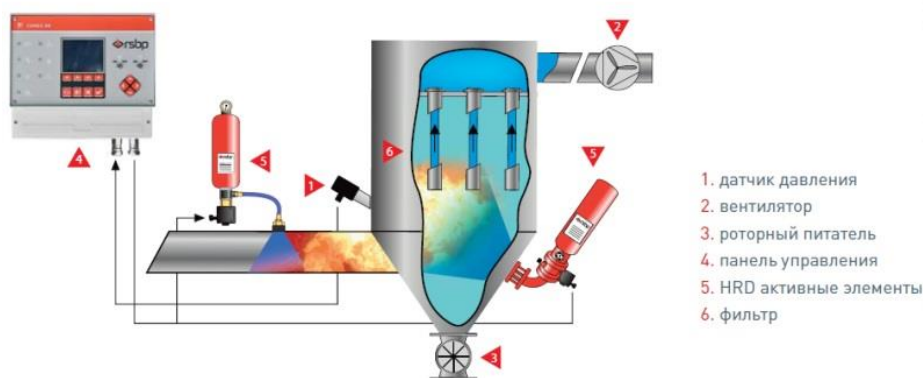


Рисунок 13 – Принцип действия HRD барьера

Клапан В-FLAP является дополнительным устройством, обеспечивающим минимизацию вероятности возникновения взрыва, а также помогает снизить отрицательные экономические эффекты, возникающие в результате аварий. Данный клапан представлен на рисунке 14.

Этот клапан автоматически закрывается при взрыве. Это не дает взрыву проникнуть в остальную часть сети трубопровода.



Рисунок 14 – Обратный клапан В-FLAP

Преимущества обратного клапана В-FLAP: «широкий спектр размеров диаметром от 100 мм до 630 мм, возможность использования для органической и неорганической пыли, механическое оборудование без необходимости в электрической энергии и системы спуска, низкие потери давления, высокая устойчивость к давлению, открытие клапана, независящее от потока внутри трубопровода, возможность использования датчика положения, простота установки, контроля и обслуживания, низкие затраты на обслуживание, механическая блокировка при закрытии клапана» [19].

Задачей этого клапана является предотвращение возможности распространения взрыва внутри технологического трубопровода. Его принцип работы показан на рисунке 15.

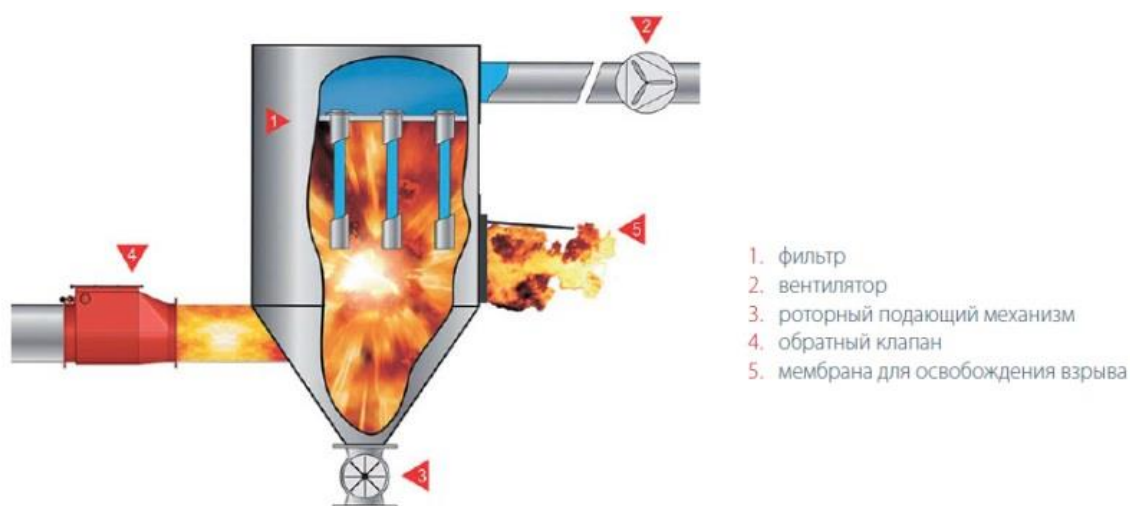


Рисунок 15 – Принцип действия обратного клапана В-FLAP

Характеристики обратного клапана В-FLAP: «материал S235JRG2 – конструкционная сталь, нержавеющей сталь, охрана поверхности, комаксит RAL 3000 – красный, В-FLAP 355 – 630: St1, В-FLAP 100 – 315: St1 а St2» [19].

На основании проведенных исследований были все рассмотренные возможные технические решения для обеспечения безопасности в ООО «СибТрансСтрой» сведены в таблицу 11.

Таблица 11 – Возможные технические решения для обеспечения взрывобезопасности в ООО «СибТрансСтрой»

Наименование	Внешний вид	Преимущества
1	2	3
Шиберная задвижка		«Используется для размеров труб от DN 50, устойчивость к давлению до 10 бар, чрезвычайно быстрое время реакции 0,04 сек, короткое расстояние установки» [19].
Выпускной поплавковый клапан		«Для размеров труб от DN 100, для устройств с температурой до 250°C, не нуждается в электричестве, низкое давление активации и низкие потери давления, короткое расстояние установки, простота обслуживания, соответствует EN 15 089» [19].
HRD барьер		«Высокая скорость реакции системы, независимое архивирование данных с детекторов, вариабельность датчиков, устройств управления и активных элементов, высокое качество компонентов, может использоваться для внешних и внутренних установок, высокая надёжность системы, соответствует EN 15 089» [19].
Обратный клапан B-FLAP		«Широкий спектр размеров от Ø 100 мм до Ø 630 мм, возможность использования для органической и неорганической пыли, механическое оборудование без необходимости в электрической энергии и системы спуска, низкие потери давления, высокая устойчивость к давлению, открытие клапана, независящее от потока внутри трубопровода, возможность использования датчика положения, простота установки, контроля и обслуживания, низкие затраты на обслуживание, механическая блокировка при закрытии клапана» [19].

На основании проведенных теоретических исследований были сформулированы выводы, далее в ходе исследования проведен патентно-



информационный поиск решений для улучшения эффективности обеспечения промышленной безопасности нефтегазового месторождения.

### 3.2 Патентно-информационный поиск решений для улучшения эффективности обеспечения промышленной безопасности нефтегазового месторождения

С целью осуществить возможность защиты внутритрубного пространства трубопровода месторождения ООО «СибТрансСтрой» 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» [12].	«Устройство содержит по меньшей мере одну секцию внутритрубного дефектоскопа, содержащую электрический источник питания приборов и устройств дефектоскопа, выключатель электрического источника питания и устройство контроля давления» [12].	«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» [12].	Недостатком данного устройства является то, что «оно не обеспечивает взрывозащиту внутритрубного дефектоскопа от всех внешних и внутренних факторов» [12].

Продолжение таблицы 12

1	2	3	4
	«Устройство соединено с датчиком давления, установленным с возможностью измерения давления в окружающей среде секцию» [12].		
«Устройство для взрывобезопасного контроля трубопроводов» [13].	«Одна из секций устройства включает в себя корпус, антенну, переднюю и заднюю крышки, образующие герметичную оболочку, герметичность которой обеспечивается уплотнительными кольцами» [13].	«Устройство содержит источник питания, датчики, чувствительные к диагностическим параметрам контролируемого трубопровода, электронные средства измерений, обработки и хранения данных измерений, а также предохранительное устройство с взрывонепроницаемым фильтром и обратным клапаном» [13].	Недостатком данного устройства является то, что «оно обеспечивает защиту внутритрубного устройства от взрыва только при перепаде внутреннего или внешнего давления» [13].
«Взрывозащищенное внутритрубное устройство» [11]	«Техническим результатом является повышение взрывобезопасности при работе внутритрубного устройства в трубопроводах» [11].	-	«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» [11].

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» [11]. 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 «СибТрансСтрой» с применением ингибиторов и метода флегматизации.

Таблица 13 – Поиск вероятных технических решений, обеспечивающих возможность повышения параметров безопасности технологических установок и устройств с применением ингибиторов и метода флегматизации

Наименование технического решения	Описание технического решения	Преимущества известных технических решений	Недостатки известных технических решений
1	2	3	4
«Способ предотвращения взрыва газовой смеси» [15].	«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» [15].	«Предварительная регистрация концентрации газовой смеси» [15].	«Недостатками аналога являются 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» [15].
«Способ для предотвращения взрывов газа в выработанном пространстве» [16].	«Способ включает периодическую подачу за механизированную крепь в выработанное пространство пены с образованием изолирующих полос» [16].	«Использование изолирующих полос» [16].	«Сложность его работы, а также невысокая надежность предотвращения взрыва газа за счет не гарантированного полного перекрытия поступления воздуха в выработанное пространство» [16].

Продолжение таблицы 13

1	2	3	4
	<p>«Изолирующие полосы создают из монтажной пены, на основе жидкого полимера с пропиленом, с последующим образованием жесткого пенополиуритана, причем первичную высоту заливки монтажной пены принимают равной половине вынимаемой мощности, а минимальную ширину изолирующей полосы принимают равной вынимаемой мощности» [16].</p>		
<p>Устройство для задержания огня и свободного прохождения газов</p>	<p>«Способ включает кассету, которая разделена на зоны, каждая из которых заполнена гранулированным телом, причем зона, заполненная дополнительным слоем гранулированного тела из микрокапсулированного огнегасящего агента, выполненного в виде микрокапсул с огнетушащим веществом, размещена со стороны поступления пламени горящих газов» [17].</p>	<p>Преимущество заключается в использовании «дополнительного слоя гранулированного тела из микрокапсулированного огнегасящего агента, выполненного в виде микрокапсул с огнетушащим веществом, которая размещена со стороны поступления пламени горящих газов» [17].</p>	<p>«Значительное изменение конструкции при его использовании, сложное восстановление работы устройства после использования, высокая стоимость огнепреграждающей кассеты» [17].</p>

Продолжение таблицы 13

1	2	3	4
	<p>«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» [17].</p>		
<p>«Установка автоматического предотвращения взрыва газовой смеси» [14].</p>	<p>«Повышение надежности устройства, предотвращение взрыва газовой смеси в случае аварии на нефтехимических производствах при падении давления внутри колонн, емкостей» [14].</p>	<p>-</p>	<p>«Применен датчик давления, с которым соединена гидроздвижка с возможностью работы в автоматическом режиме, связанная с емкостью с флегматизатором, при этом введена линия подачи пара с возможностью рассеивания парогазовой смеси, охватывающая колонну по периметру на различных уровнях» [14].</p>

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 газовой смеси. Технический результат, достигаемый в процессе функционирования исследуемой установки, подразумевает под собой локализацию газовой смеси, которое присутствует вблизи колонны, а также обеспечение поступательного падения концентрации парогазовой 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 парогазовой 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 газовоздушной 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 газовоздушной 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 в 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.

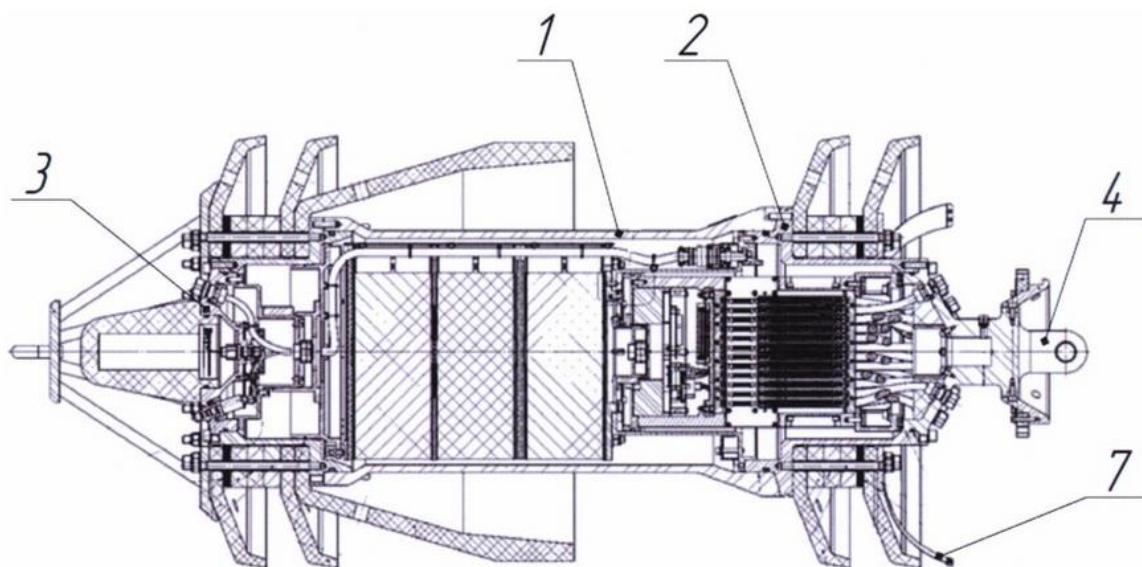


Также предложенное изобретение допускает применение сжиженного азота, выполняющего функции флегматизатора. При возникновении сбоев в процессе функционирования гидросистемы, которые могут подразумевать под собой падение или полное отсутствие давления в гидроаккумуляторе, гидрозадвижка может использоваться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

### 3.3 Утверждение предложений по улучшению взрывобезопасности нефтегазового месторождения

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» [11].

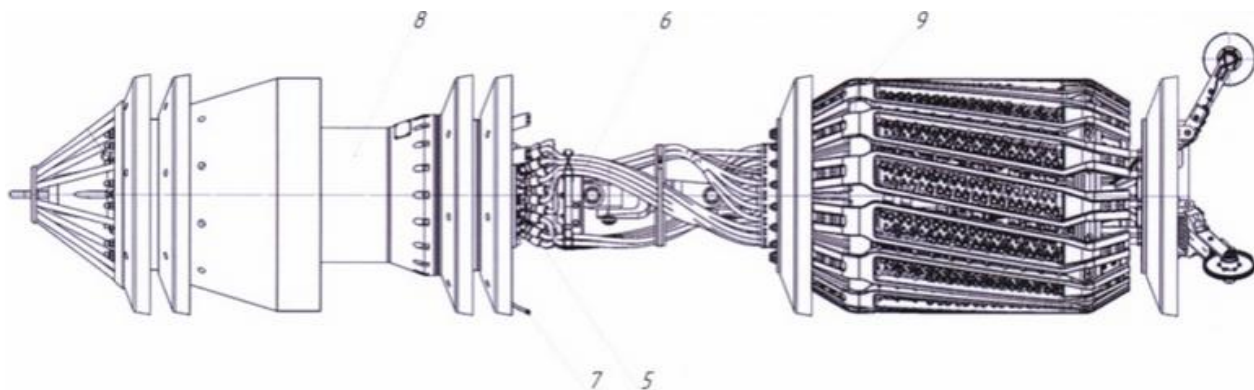
Внешний вид рассматриваемой разработки представлен на рисунке 16.



(«1 – корпус, 2 – кассета батарейная, 3 – крышка передняя, 4 – блок электроники, 7 – пружина контактная» [11])

Рисунок 16 – «Взрывозащищенное внутритрубное устройство» [11]

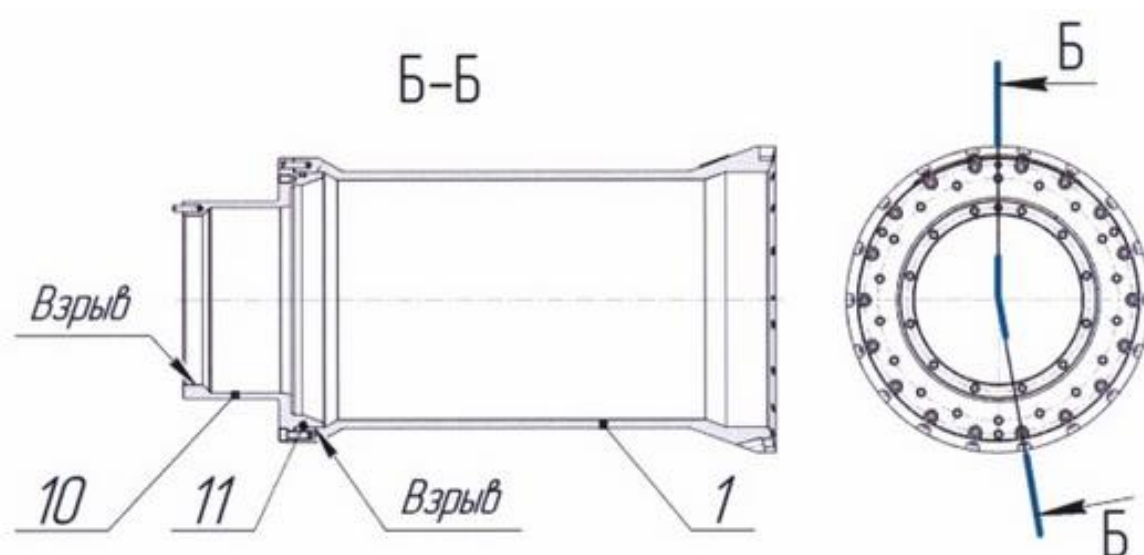
На рисунке 17 изображена «секция внутритрубного устройства с взрывонепроницаемой герметичной оболочкой с подсоединенной ультразвуковой секцией» [11].



(«5 – внешние электрические разъемы, 6 – внешние электрические кабели, 7 – пружина контактная, 8 – секция внутритрубного устройства с взрывонепроницаемой герметичной оболочкой, 9 – ультразвуковая секция» [11])

Рисунок 17 – «Секция внутритрубного устройства с взрывонепроницаемой герметичной оболочкой с подсоединенной ультразвуковой секцией» [11]

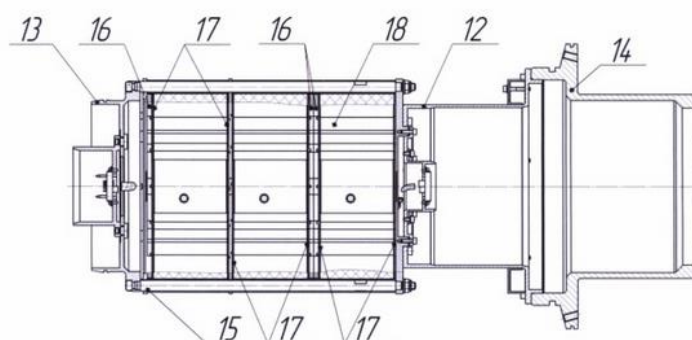
На рисунке 18 показан «корпус взрывонепроницаемой герметичной оболочки» [11].



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

Рисунок 18 – «Корпус взрывонепроницаемой герметичной оболочки» [11]

На рисунке 19 изображена кассета батарейная.

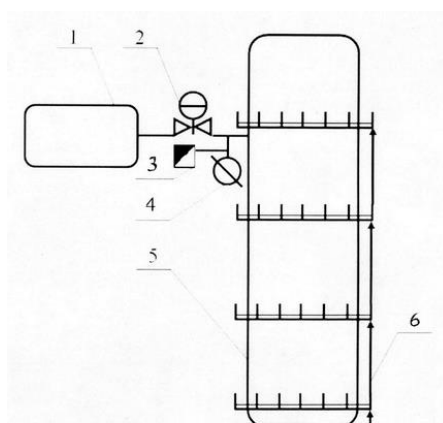


(«12 – опора кассеты батарейной, 13 – фланец, 14 – опора базовая, 15 – стойка, 16 – прокладка батарейная, 17 – прокладка, 18 – батарея электропитания» [11])

Рисунок 19 – Кассета батарейная

Также в ООО «СибТрансСтрой» 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 20.



(«1 – емкость с флегматизатором, 2 – автоматическая гидрозадвижка, 3 – звуковая сигнализация, 4 – датчик давления, 5 – колонна, 6 – парогазовоздушная смесь» [14]).

Рисунок 20 – «Схема автоматической установки предотвращения взрыва парогазовоздушной смеси подачей флегматизатора» [14]

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 газозоудушное 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 газозоудушного 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 газозоудушного облака, так как таким образом устраняются так называемый эффект домино, а также обеспечивается падение концентрации парогазозоудушной смеси. Кроме всего иного, описанного выше, создаются оптимальные условия для достижения максимально высокого уровня безопасности при эксплуатации колонн емкостей, где размещается сжиженный газ.

## Заключение

Выбранная тема магистерской диссертации: Разработка методологии обеспечения промышленной безопасности объектов нефтегазовых месторождений.

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 компаниями 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.

Итак, делая выводы по первому разделу, можно сказать, что на нефтегазовых месторождениях всегда присутствует глобальная сеть трубопроводов, по этим развязкам нефть направляется из скважин по ее добыче к установкам первичной подготовки. Длина трубопроводов варьируется от величины самого нефтяного месторождения, поэтому необходим комплекс мер, направленный на обеспечения диагностики труб и выработки средств для их защиты.

В качестве примера такого средства можно выделить внутритрубный снаряд, который может передвигаться по внутритрубному пространству под напором нефти. Передвигаясь внутри трубопровода снаряд с помощью датчиков, расположенных на нем, сканирует стенки трубопровода, сообщая о найденных дефектах. Такой способ диагностики известен достаточно давно, но он использовался в основном для магистральных трубопроводов. Промысловые трубопроводы обладают значительно меньшим диаметром, что ранее усложняло подобный способ диагностики.

Любой производственный процесс так и процесс разработки месторождения нефти несет определенные риски, связанные с вероятными утечками нефти, аварийными ситуациями разного рода происхождения (пожар, взрыв, травмирование людей, поломки технологического оборудования и его последствия), которые в обязательном порядке будут учитываться при обеспечении промышленной безопасности. Технологические процессы на нефтегазовой установке классифицируют в зависимости от законов, которые определяют скорость протекания: химические, тепловые, гидромеханические; по способу организации: периодические, непрерывные, комбинированные; в зависимости от изменения рабочих параметров: устоявшиеся, неустоявшиеся. Несмотря на большое количество способов обеспечения противопожарной безопасности, которые можно применить на нефтегазовом месторождении, полностью застраховаться от распространения пожара нельзя. Поэтому отрицать вмешательство пожарных отрядов не имеет смысла, особенно учитывая удаленность многих месторождений.

Таким образом, выводы по второму разделу работы, можно сказать, что 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 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 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 газоздушного 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 газоздушного 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. Багян А.Г. Промышленная безопасность нефтегазовых месторождений // Актуальные проблемы безопасности жизнедеятельности и экологии. 2017. № 4. С. 4–7.
2. Балдина И.В., Сарилов М.Ю., Коннова Г.В. Коррозия и методы борьбы с коррозией оборудования нефтедобычи // Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет. 2018. №4. С.14-17.
3. Бичевин В.В., Сосновская Н.Г. Защита от коррозии технологического оборудования нефтегазового месторождения // Ангарский государственный технический университет. 2020. №7. С.23-24.
4. Борин П.А., Задорожный М.Г., Цветков А.Л., Долматов В.Л. Новые источники коррозии оборудования нефтегазовых месторождений // Нефть и газ. 2020. №2. С.25-29.
5. 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: 14.02.2021).
6. 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: 15.02.2021).
7. Зарубина Л.П. Защита зданий, сооружений, конструкций и оборудования от коррозии. Биологическая защита. Материалы, технологии, инструменты и оборудование. Вологда: Инфра-Инженерия, 2017. 224 с.
8. Каменев А.О. Исследование методов, обеспечивающих снижение пожарной опасности, и разработка мер противопожарной защиты нефтедобывающего оборудования // Молодой ученый. 2020. № 22. С. 113-114.

9. Костоглотов А.И. Теория горения и взрыва : учебное пособие. Ростов н/Д, 2016. 88 с.

10. О промышленной безопасности опасных производственных объектов [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 21.07.1997 № 116-ФЗ (ред. от 08.12.2020). URL : <http://docs.cntd.ru/document/9046058> (дата обращения: 15.02.2021).

11. 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.

12. 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.

13. 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.

14. Пат. 2702788. Установка автоматического предотвращения взрыва газовой 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.

15. Пат. SU1245714A1. Способ предотвращения взрыва газовой 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.

16. 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.

17. 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.

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

19. Семенова И.В. Коррозия и защита от коррозии: учебное пособие / И.В. Семенова, Г.М. Флорианович, А.В. Хорошилов. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2016. 416 с.

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

21. Станков Д.Ю. Методы обеспечения безопасности на нефтедобывающих производствах с помощью защиты оборудования от коррозии // Точная наука. №83. 2020. С.2-4.

22. Ткачук А.Н. Проблемы ремонта взрывозащищенного электрооборудования. Донецк: АИР, 2019. 319 с.

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

24. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. URL: <https://rosstat.gov.ru/> (дата обращения: 18.02.2021).

25. Яковлев В.П. Предупреждение и ликвидация аварийных разливов нефти и нефтепродуктов // Нефть и газ. 2020. №7. С.26-31.

26. Berg E. ATEX - the new European standard explosion protected equipment // Explosion-proof equipment standards. 2017. №10. P. 34-37.

27. 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.

28. Explosionproof Equipment. National Electrical Code // National Fire Protection Association. 2020. №1. P. 54-62.

29. Lofland K. Hazardous (Classified) Locations — NEC Articles 500 through 517 // IAEI Magazine, International Association of Electrical Inspectors. 2017. №7. P. 24-29.

30. Why Explosion Proof Enclosures Are Critical For Your Business // D&F Liquidators. 2019. №4. P.14-19.