

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

Институт инженерной и экологической безопасности
(наименование института полностью)

20.04.01 Техносферная безопасность
(код и наименование направления подготовки)

Управление промышленной безопасностью, охраной труда и окружающей среды в
нефтегазовом и химическом комплексах
(направленность (профиль))

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)

на тему Предупреждение и ликвидация аварий и (или) инцидентов на объектах нефтегазовой отрасли

Обучающийся	Э. Ф. Акперов (Инициалы Фамилия)	(личная подпись)
Научный руководитель	к.и.н., О. Г. Нурова (ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы. Фамилия)	
Консультант (ы)	к.э.н., доцент Т.Ю. Фрезе (ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы. Фамилия)	

Тольятти 2022

Содержание

Введение.....	3
Термины и определения	5
Перечень сокращений и обозначений	8
1 Проведение литературного обзора по теме предупреждения и ликвидации аварий и (или) инцидентов на объектах нефтегазовой отрасли.....	9
2 Анализ статистики аварий и инцидентов, технологии и средства их предупреждения и ликвидации на объектах нефтегазовой отрасли в России и мире.....	18
2.1 Анализ статистики аварий и инцидентов на объектах нефтегазовой отрасли в России и мире	18
2.2 Технологии и средства предупреждения и ликвидации аварий, и инцидентов на объектах нефтегазовой отрасли	27
3 Разработка мероприятий по предупреждению и ликвидации аварий и (или) инцидентов на объектах нефтегазовой отрасли	43
3.1 Организационно-технические мероприятия	43
3.2 Снижение риска воздействия нефтегазовой отрасли на окружающую среду	47
4 Анализ и оценка эффективности предлагаемых мероприятий по обеспечению техносферной безопасности	57
Заключение	63
Список используемых источников	64

Введение

Нефтегазовая отрасль – это крупнейшая промышленная отрасль, в которую входит разведка нефтяных и газовых месторождений, бурение и освоение скважин, добыча и транспортировка нефти и газа. Данные процессы сопровождаются появлением большого количества рисков, опасностей и, как следствие высокой аварийностью и несчастными случаями.

Актуальная проблема для безопасного развития нефтегазовой отрасли России - обеспечение приемлемого уровня промышленной безопасности как при эксплуатации и обслуживании действующих ОПО, так и в ходе реализации новых объектов.

Современное состояние и будущее развитие российской промышленности, ее топливно-энергетической базы и нефтегазовой отрасли, требует не только обновления и модернизации основных фондов, но и серьезного отношения к подготовке, переподготовки высококвалифицированных кадров.

Основная цель анализа риска аварий - установление степени аварийной опасности ОПО и (или) его составных частей для заблаговременного предупреждения угроз причинения вреда жизни, здоровью людей, вреда животным, растениям, окружающей среде, безопасности государства, имуществу физических и юридических лиц, государственному или муниципальному имуществу, угроз возникновения аварий и (или) чрезвычайных ситуаций техногенного характера, разработки, плановой реализации и своевременной корректировки обоснованных рекомендаций по снижению риска аварий и (или) мероприятий, направленных на снижение масштаба последствий аварий и размера ущерба, нанесенного в случае аварии на ОПО, а также мер, компенсирующих отступления от требований федеральных норм и правил в области промышленной безопасности при обосновании безопасности ОПО.

На различных стадиях жизненного цикла ОПО основная цель анализа риска аварий достигается постановкой и решением соответствующих задач в зависимости от необходимой полноты анализа опасностей аварий, которая определяется требованиями разработки декларации промышленной безопасности, специальных технических условий, обоснования безопасности ОПО, отчета о количественной оценке риска аварий и иных документов, использующих результаты анализа риска аварий.

Нефтегазовая промышленность занимает одно из первых мест по количеству аварий и производственного травматизма в РФ.

Причинами этого чаще всего является человек, либо не эффективное руководство производством работ, либо не качественная подготовка и низкий уровень знаний работников.

Целью моего исследования является выполнение анализа аварий на объектах нефтегазовой отрасли: разрушение сооружений и (или) технических устройств, предложение мероприятия по предупреждению и ликвидации аварий и (или) инцидентов на объектах нефтегазовой отрасли.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- 1) выполнить анализ статистики аварий и инцидентов на объектах нефтегазовой отрасли в России и мире;
- 2) провести научно-технический анализ опасностей и угроз в российском производствах ТЭК и НТК;
- 3) разработать мероприятия по предупреждению и ликвидации аварий и (или) инцидентов на объектах нефтегазовой отрасли;
- 4) выполнить технико-экономическое обоснование предлагаемых мероприятий.

При решении поставленных задач будут использованы следующие методы исследования: общенаучный метод системного анализа и синтеза, специальные методы теории вероятностей, математической статистики, анализа опасностей и оценки риска техногенных происшествий и другие.

Термины и определения

Авария – это разрушение сооружений и (или) технических устройств, применяемых на опасном производственном объекте, неконтролируемый взрыв и (или) выброс опасных веществ [1].

Аварийно-спасательная служба – совокупность органов управления, сил и средств, предназначенных для решения задач по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций, функционально объединенных в единую систему, основу которой составляют аварийно-спасательные формирования [2].

Аварийно-восстановительные работы - первоочередные работы в зоне чрезвычайной ситуации по локализации отдельных очагов разрушений и повышенной опасности, по устранению аварий и повреждений на сетях и линиях коммунальных и производственных коммуникаций, созданию минимально необходимых условий для жизнеобеспечения населения, а также работы по санитарной очистке и обеззараживанию территории [3].

Безопасность - состояние защищённости жизненно важных интересов личности, общества, государства от внутренних и внешних угроз, либо способность предмета, явления или процесса сохраняться при разрушающих воздействиях [4].

Вещество взрывоопасное – это вещество, которое может взрываться при воздействии пламени или проявлять чувствительность к сотрясениям или трениям большую, чем денитробензол [5].

Защита от чрезвычайных ситуаций - система мероприятий по подготовке к защите и по защите населения, материальных и культурных ценностей на территории Российской Федерации от опасностей, возникающих при военных конфликтах или вследствие этих конфликтов, а также при чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера [6].

Инцидент - отказ или повреждение технических устройств,

применяемых на опасном производственном объекте, отклонение от установленного режима технологического процесса [1].

Горючая жидкость - жидкость, способная воспламеняться при воздействии источника зажигания и самостоятельно гореть после его удаления, т.е. характеризующаяся наличием температуры воспламенения. ГЖ с температурой вспышки ниже 61°C в закрытом или 66°C в открытом тигле относится к ЛВЖ [7].

Легковоспламеняющаяся жидкость - горючая жидкость с температурой вспышки не более 61°C в закрытом тигле или 66°C в открытом тигле [7].

Пожар - неконтролируемый процесс горения, сопровождающийся уничтожением ценностей и создающий опасность для жизни и здоровья людей, сельскохозяйственных животных, растений и окружающей среды. (Определение по терминологии МЧС) [7].

План мероприятий по локализации и ликвидации последствий аварий на опасных производственных объектах (ПМЛА) документ, содержащий возможные сценарии возникновения и развития аварий, а также порядок действий персонала для минимизации последствий аварий на объектах, в соответствии с требованиями, установленными федеральными нормами и правилами в области промышленной безопасности [8].

Промышленная безопасность опасных производственных объектов - состояние защищенности жизненно важных интересов личности и общества от аварий на опасных производственных объектах и последствий указанных аварий [1].

Система управления промышленной безопасностью - комплекс взаимосвязанных организационных и технических мероприятий, осуществляемых организацией, эксплуатирующей опасные производственные объекты, в целях предупреждения аварий и инцидентов на опасных производственных объектах, локализации и ликвидации последствий таких аварий [1].

Технические устройства, применяемые на опасном производственном

объекте, - машины, технологическое оборудование, системы машин и (или) оборудования, агрегаты, аппаратура, механизмы, применяемые при эксплуатации опасного производственного объекта [1].

Топливо-энергетический комплекс (ТЭК) — объединяет отрасли, связанные с добычей и переработкой энергоресурсов в различные виды топлива, преобразованием топливо-энергетических ресурсов в основные виды энергии, а также транспортировкой и распределением энергоресурсов. [9].

Установка подготовки нефти – установка предназначена для приема продукции нефтяных скважин и подготовке для транспортировки с нефтепромысла [10].

Чрезвычайная ситуация - это обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, распространения заболевания, представляющего опасность для окружающих, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей [11].

Экспертиза промышленной безопасности – это оценка соответствия объекта экспертизы предъявляемым к нему требованиям промышленной безопасности, с целью обеспечения защищенности опасных производственных объектов [12].

Перечень сокращений и обозначений

АГВТ – автомобили газоводяного тушения.

АНБЗ – аварийные надувные боновые заграждения.

ГВТ – газоводяное тушение.

ДНС – дожимная насосная станция.

ЛАРН – ликвидация аварийных разливов нефти.

МКТ – малая нефтяная компания.

МТ – магистральный трубопровод.

ННП – нефтеналивной пункт.

НПЗ – нефтеперерабатывающий завод.

НХК – нефтехимический комбинат.

ОБЗ – огнеупорное боновое заграждение.

ОПО – опасный производственный объект.

ПМЛЛА - план мероприятий по локализации и ликвидации аварий.

ППМТ - подводные переходы магистральных трубопроводов.

РВС – резервуар вертикальный стальной.

СПГ - сжиженный природный газ.

СУГ - сжиженные углеводородные газы.

УБЗ – универсальное боновое заграждение.

ЧП – чрезвычайное происшествие.

ЧС – чрезвычайная ситуация.

1 Проведение литературного обзора по теме предупреждения и ликвидации аварий и (или) инцидентов на объектах нефтегазовой отрасли

По тематике предупреждения и ликвидации аварий и (или) инцидентов на объектах нефтегазовой отрасли опубликовано много научных материалов, а также учебных пособий. Для полноты диссертационного исследования проведем их более детальный анализ.

Основным законодательным документом, действующим в РФ и устанавливающим нормы по созданию планов ликвидации аварийного разлива нефти (ПЛАРН) а также перечень действий по ликвидации аварий, является Постановление Правительства РФ от 31 декабря 2020 года № 2451 «Об утверждении Правил организации мероприятий по предупреждению и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов на территории Российской Федерации, за исключением внутренних морских вод Российской Федерации и территориального моря Российской Федерации». Данным документом сформулированы следующие вопросы:

- необходимые вопросы ПЛАРН с учетом территориальных особенностей;
- доведение до граждан информации по действиям в случае аварийного разлива нефти;
- доведение до высшего руководства информации об аварийном разливе нефти и принятие ими соответствующих решений [13].

Эти вопросы являются обязательными нормативными требованиями. Вопросы доведения до граждан и работников предприятий информации об аварийной ситуации является первостепенной задачей, все категории лиц должны знать процедуру оповещения. При обнаружении разлива нефти, в первом, кому передается информация является ответственный руководитель,

например, директор, а затем все остальные работники. Далее проводится оповещение ближайшего центра МЧС [13].

В Методических указаниях Обществ Группы ПАО «НК «Роснефть», даны определенные варианты сценариев аварий на различных ОПО [14].

В учебном пособии «Предупреждение и ликвидация осложнений, аварий и брака при строительстве скважин» Яковлева И. Г., Овчинникова В. П., и др. авторов наряду с подробным описанием всех видов соответствующих аварий отмечают также способы их предупреждения [15].

Рахимова Н. Н., Самаркина Т. С. говорят о том, что вероятность возникновения аварийных и нештатных ситуаций существует всегда.

Основными причинами подобных ситуаций могут стать:

- нарушение правил охраны труда;
- технические ошибки персонала.

Для быстрой ликвидации всех аварийных последствий на буровых площадках должны быть предусмотрены двукратные запасы химических реагентов и бурового раствора» - отмечают авторы Рахимова Н. Н., Самаркина Т. С. [16].

Проблему экологической безопасности при аварийных разливах нефти и нефтепродуктов в своих работах раскрывают Чурсин Ф.В., Горбунов С.В. [17].

Как отмечается в публикациях Хаустова А.П., Рединой М.М. «какими бы ни были современные дорогостоящие средства по ликвидации нефтяных разливов на реках, главной проблемой является скорейшее обнаружение аварии и недопущение ее развития до критических масштабов» [18]. Для этого необходимы исследования трубопроводов, постоянное наблюдение за окружающей средой с использованием современных средств и обученных работников, а также оперативные действия оперативно-спасательных служб [18].

Д. Бркича и З. Стажича указывают на то, что работы по добыче нефти и газа на море сопряжены с высоким риском взрывов, который во многих случаях может быть эффективно устранен [19].

Согласно техническому докладу ЕС «Safety Aspects of Offshore Oil and Gas Operations in Arctic and Sub-Arctic Waters» («Аспекты безопасности морских нефтегазовых операций в арктических и субарктических зонах») под авторством С. Тарантолы, А. Россотти и Э. Фильтриса «сценарий аварий - это цепочка событий, порождаемых запускающим событием или угрозой и заканчивающихся набором последствий в зависимости от поведения систем предотвращения, контроля и смягчения последствий» [20]. Последствия аварий графически представлены в виде диаграммы «галстук-бабочка». План реагирования на аварии — это окончательная мера смягчения последствий.

Требования плана реагирования на аварии можно резюмировать следующим образом:

- сотрудничество с подрядчиками, властями и передача соответствующей доступной информации;
- системы укупорки (разные техники);
- четкое определение цепочки подчинения и ответственности;
- информация о временном убежище;
- подробная информация об эвакуации и эвакуационном оборудовании;
- средства транспортировки в безопасное место.

План действий в чрезвычайных ситуациях должен:

- быть всегда доступным в случае аварии (чрезвычайной ситуации);
- четко определить иерархию структуры управления аварийными ситуациями как для берегового, так и для морского долота и обеспечить предварительную идентификацию компетентного и признанного персонала;

- включать подробную информацию об оборудовании БЩУ, а также обо всем существующем оборудовании и документации;
- предусматривать периодическую проверку всей системы связи;
- обеспечить наличие у ключевого персонала необходимыми знаниями и опытом для того, чтобы система связи работала [20].

Авторы научной статьи «Effect of well capping as a blowout risk reduction measure» («Эффект глушения скважины как меры по снижению риска выброса») В. Ванденбуше, О. Бруд и Г. Тведт «чтобы определить потенциал снижения экологических рисков за счет применения существующих технологий укупорки, был сделан ряд предположений относительно операций укупорки, которые были введены в систему OPERAto» [21].

Глушение скважины может эффективно контролировать выброс уже через 5 дней после его возникновения. Следовательно, укупорка является методом устранения выбросов длительностью более 5 дней [21].

Статистика продолжительности показывает, что примерно 40% всех подводных выбросов длятся более 5 дней.

Поскольку воздействие на окружающую среду явно зависит от продолжительности выброса, укупорка представляет собой эффективное средство предотвращения значительного ущерба окружающей среде. На примерах прибрежных скважин в Норвежском море и системы OPERAto авторы пришли к выводу о том, что успешное использование укупорочного штека при подводном выбросе способствует снижению риска, особенно для более серьезных категорий повреждений, требующих длительного времени восстановления [21].

Вопросы по теме магистерского исследования, связанные в той или иной степени с использованием его объекта и предмета, коими являются объекты нефтегазовой отрасли и предупреждение/ликвидация аварий и инцидентов на них, отражены и регулируются также российскими законодательными документами [22; 23; 24; 25; 26].

Сварочные работы в нефтеперерабатывающем производстве должны производиться в соответствии с Инструкцией. Ремонт оборудования, технических устройств может осуществлять организация с которой заключен договор на сервисное обслуживание. Работники этой организации должны соответствовать необходимым требованиям, предъявляемым требованиями промышленной безопасности. В случае выполнения реконструкции объекта проектной организации передается необходимая техническая документация [26].

Проектирование, строительство и обустройство объектов нефтяных и газовых месторождений осуществляется в соответствии с ФЗ, СП и нормативными документами по пожарной безопасности [27, 28, 34].

Некоторые документы не распространяются на объекты, расположенные на континентальном шельфе [27].

Обеспечение требований пожарной безопасности обеспечивается такими мерами как:

- организация систем, направленных на снижение риска возникновения пожароопасных ситуаций;
- выполнения комплекса мероприятий по противопожарной защите;
- организационно – технические мероприятия [34].

Кроме того, на аналогичных предприятиях устраиваются системы, позволяющие контролировать, управлять противопожарной защитой и принимать превентивные меры по снижению риска развития аварийных и пожароопасных ситуаций.

Работа таких систем позволяет своевременно отключать производственный объект и подавать сигнал на другие объекты.

Система контроля может быть на одноступенчатой. Так и двухступенчатой.

Одноступенчатая система предусматривает управление работой централизованно – диспетчером.

Двухступенчатая структура позволяет управлять отдельно каждым технологическим процессом, с передачей информации на централизованный диспетчерский пункт.

Все параметры в автоматической системе заранее программируются, например, время и порядок реагирования.

Аварийное отключение предусматривает то, что объект будет переведен в состояние, исключающее развитие аварии, здесь происходят соответствующие процессы (отсечение технологических аппаратов, сброс горючих паров и газов на факельную систему, опорожнение оборудования в закрытую дренажную систему).

С целью предотвращения риска несрабатывания контрольно-измерительных приборов, автоматики и управления системами противоаварийной защиты нельзя, чтобы они размещались над и под пожаровзрывоопасными помещениями, вентиляционными камерами, под душевыми, санузлами, помещениями с мокрыми технологическими процессами.

С целью повышения надежности систем противоаварийной защиты выполняется резервирование систем диагностики и самодиагностики, с возможностью управлять ими при возникновении различных аварийных ситуациях.

Пожаротушение и водяное орошение на объектах обустройства нефтяных и газовых месторождений должны обеспечивать:

- АУП (административно-управленческий персонал);
- стационарные установки пожаротушения и водяного орошения;
- мобильные средства пожаротушения;
- первичные средства пожаротушения.

Вспомогательные объекты нефтеподготовки вне технологического участка, оснащаются только первичными средствами и мобильными средствами пожаротушения.

На площадках ДНС с резервными емкостями типа РВС суммарной вместимостью до 10000 м при единичной вместимости резервуаров до 5000 м тушение пожаров осуществляется мобильными средствами пожаротушения при условии оборудования резервуаров стационарно установленными генераторами пены и сухими трубопроводами, расположенными за обвалованием.

Все непромышленные объекты нефтяных и газовых месторождений должны быть обеспечены первичными средствами пожаротушения и мобильными водопеночными теплозащитными экранами.

Большое значение в обеспечении пожаровзрывозащиты играют организационно-технические мероприятия, такие как:

- создание частей пожарной охраны и их сотрудничество с подразделениями Государственной противопожарной службы при тушении пожаров;
- создание систем противопожарной защиты;
- обучение персонала правилам пожарной безопасности;
- надзор за соблюдением норм и правил пожарной безопасности;
- создание инструкций по обеспечению пожарной безопасности и других документов о порядке работы с пожаровзрывоопасными веществами и материалами, о соблюдении противопожарного режима и действиях людей при возникновении пожара;
- разработка порядка эвакуации людей, транспорта, спецтехники с производственного объекта при возникновении крупных пожароопасных аварийных ситуаций (газонефтепроявления, открытые фонтаны).

Кроме того, для каждого объекта обустройства нефтяных и газовых месторождений должен быть разработан план тушения пожара [27].

Разработан ряд нормативных документов, направленных на определения риска возникновения аварий в нефтедобывающей отрасли [29, 30, 33, 35, 36, 37].

Если риск аварии является одним из показателей безопасности производственного объекта, то обязательно должен быть установлен допустимый риск, определяющий условия безопасной эксплуатации объекта [29].

Допустимый риск в данном случае является – критерием безопасности [35].

Если нет возможности определить класс опасности объекта, то выбирается «чрезвычайно опасная» степень опасности аварии на ОПО [36].

Для определения фонового риска необходимо провести анализ уже случившихся аварийных ситуаций и определить уровень риска в условиях выполнения необходимых требований [36, 37, 38, 44].

Работы по локализации и ликвидации аварий на ППМТ рекомендуется проводить в соответствии с утвержденными ПМЛЛА, ПЛРН, разрабатываемыми ЭО [33]. План ЛРН разрабатывается с учетом максимально возможного объема разлива нефти/нефтепродуктов. Расчет объемов и вероятности максимально возможного объема разлива нефти/нефтепродуктов производится с учетом наличия на объектах МТ систем обнаружения утечек нефти, единой системы управления, иных мероприятий, способствующих сокращению объемов разлива. В аварийных ситуациях, требующих безотлагательных мер для их устранения, предусматривается возможность приступать к АВР без предварительного согласования с заинтересованными организациями, приняв меры к обеспечению сохранности соседних коммуникаций технического коридора во время производства работ на ППМТ с сообщением о проведении АВР всем заинтересованным организациям. В ПМЛЛА и ПЛРН для каждого ППМТ приводятся зоны возможного распространения нефтяного/нефтепродуктового загрязнения и даются рекомендации по локализации и сбору разлившейся нефти/нефтепродуктов с поверхности реки или водоема. Подготовительные работы и мероприятия выполняются в соответствии с утвержденным ПМЛЛА и ПЛРН, инструкциями по

эксплуатации используемых технических средств, а также требованиями безопасности, установленными в действующих нормативных документах [33].

На тему предупреждения и/или ликвидации аварий и/или инцидентов на объектах нефтегазовой отрасли проводились различные исследования и к настоящему времени были выданы патенты на изобретения или полезные модели данных объектов.

Один из патентов был выдан в 2012 г. авторам изобретения под названием «Способ локализации разливов нефти в водной среде» Елагину А.А., Миронову М.А., Пономареву В.С. и Шулепову И.Д. [39].

Выводы по первой главе:

Таким образом, основываясь на все вышеупомянутые источники, можно сделать вывод о том что, степень изученности настоящего объекта и предмета диссертационной работы, а именно Предупреждения и ликвидации аварий и (или) инцидентов на объектах нефтегазовой отрасли находится на достаточно высоком уровне, но так как аварийные ситуации происходят все ещё достаточно часто, данные вопросы требуют дополнений, более подробного изучения и внедрения адресных мер, позволяющих снизить уровень производственного травматизма и аварийных ситуаций.

2 Анализ статистики аварий и инцидентов, технологий и средств их предупреждения и ликвидации на объектах нефтегазовой отрасли в России и мире

2.1 Анализ статистики аварий и инцидентов на объектах нефтегазовой отрасли в России и мире

В настоящее время в РФ функционирует более 80 тысяч опасных производственных объектов нефтегазового комплекса. В том числе, 7432 предприятий – это опасные производственные объекты нефтегазодобычи. Распределение предприятий нефтегазодобычи по классам опасности представлено в табл. 4.1. и на рис. 4.1 [41].

Таблица 1 - Распределение предприятий нефтегазодобычи по классам опасности

	Класс опасности				Всего
	Чрезвычайно опасные	Высоко опасные	Средней опасности	Низкой опасности	
Количество предприятий, ед	278	891	4117	2001	7287
Процентное соотношение, %	3,82	12,22	56,49	27,45	100

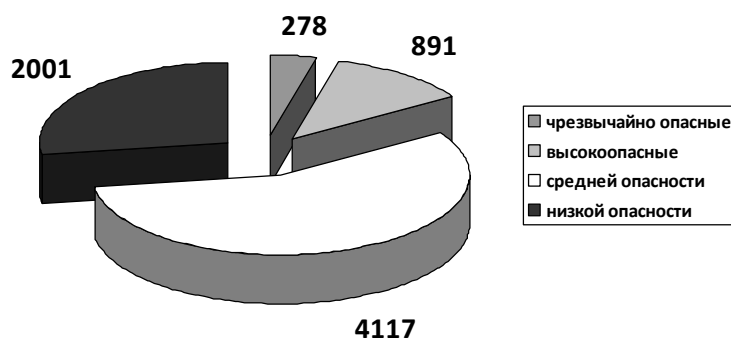


Рисунок 1 - Распределение предприятий нефтегазодобычи по классам опасности

Из таблицы 1. и рисунка 1 можно сделать вывод, что наибольшее количество предприятий нефтегазодобычи относятся к предприятиям средней опасности.

На рисунке 2 представлены результаты анализа статистических данных аварий на объектах нефтегазовой отрасли за 2017–2021 год [40, 43].

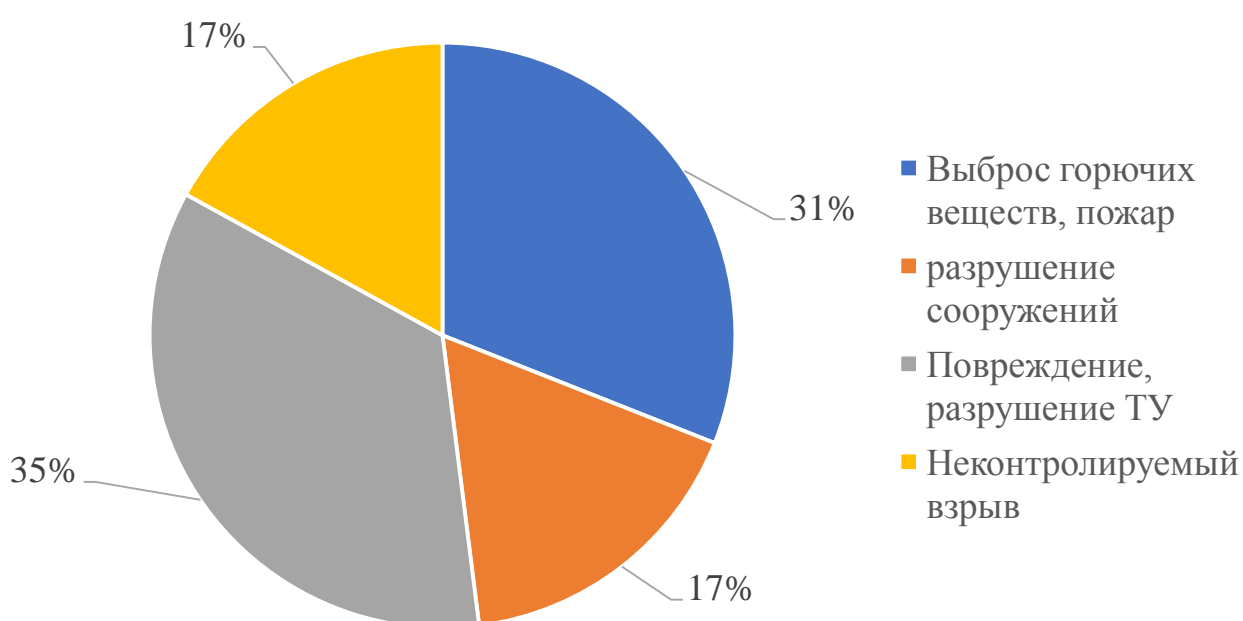


Рисунок 2 - Статистические данные аварий на объектах нефтегазовой отрасли за 2017–2021 год

В таблице 2. представлено соотношение показателей аварийности и травматизма с учетом класса опасности предприятия и причиненного ущерба (2021 г).

Таблица 2 - Показатели аварийности и травматизма с учетом класса опасности предприятия и причиненного ущерба

показатели	Класс опасности				Всего
	Чрезвычайно-опасные	Высоко опасные	Средней опасности	Низкой опасности	
Количество аварий	26	12	28	-	66
Количество смертельных случаев (%)	11 (39)	5 (18)	12 (43)	-	28
Экономический ущерб, %	2,1 (58)	0,28 (8)	1,23 (34)	-	3,6

Основными видами аварий на объектах нефтедобывающей промышленности являются: открытые фонтаны и выбросы; взрывы и пожары; падение буровых вышек; разрушение их частей; падение талевых систем при бурении и подземном ремонте скважин. Процентное соотношение данных видов аварий на объектах нефтедобывающей промышленности за 2020 – 2021 гг. представлено в таблице 3.

Таблица 3 - Виды аварий на объектах нефтедобывающей отрасли

Виды аварий, %	Год	
	2020	2021
Открытые фонтаны и выбросы	36,2	20
Взрывы и пожары	35,7	40
Падение буровых вышек, разрушение их частей	6,7	3,4
Падение талевых систем при бурении и подземном ремонте скважин	7,1	3,3
Прочие	14,3	33,3

Причины аварийных ситуаций чаще всего основаны на несоблюдении требований нормативов при выполнении технологических операций всего производственного цикла.

Так же факторами, снижающими безопасность производственных процессов, является устаревшее оборудование, отсутствие герметичности трубопроводов и др.

Источниками аварий и травмирования работников так же являются:

- плохая организация контроля за опасными объектами;
- невнимательность руководства к оборудованию;
- работа на оборудовании имеющего отклонения от исходных значений и от требований безопасности;
- применение во взрывоопасных зонах приборов без взрывозащиты.

Основные проблемы большинства организаций - неудовлетворительное состояние промышленных трубопроводов, низкие темпы их диагностики, ремонта, замены, ингибиторной защиты, замены физически и морально устаревшего оборудования.

К причинам аварий и травматизма организационного характера относятся плохой контроль со стороны сервисных и подрядных организаций, формальное обучения требованиям безопасности и охраны труда.

Основу причин несчастных случаев составляют сочетание субъективных и объективных факторов. При этом личностные качества человека и его внутренние ограничения (скорость приёма и переработки информации, недостаточный объём и устойчивость внимания, не высокая скорость моторных реакций– дополняются ужесточением режима работы, повышением темпа, монотонностью труда, нерациональным режимом труда и отдыха, повышением нагрузок при вахтово-экспедиционном методе, психофизиологическими факторами и т.д.

Рассмотрим некоторые аварии, произошедшие в данный период и их причины.

В 2017 на предприятии «РН-Туапсинский НПЗ» произошла серьезная авария. Произошел выброс промывочной жидкости (дизельное топливо) с последующим возгоранием от горячей поверхности обвязки насоса, перекачивающего нефтепродукт с температурой 350⁰С. Это случилось, когда проводились работы по подготовке на насосе вакуумного газойля к проведению на нем газоопасной работы. В результате были повреждены теплоизоляция трубопроводов, кабельные лотки, электропроводка, огнезащитное покрытие металлоконструкций, попавшие в зону термического воздействия, а экономический ущерб составил 273 тыс. руб.

Причины аварии:

- несоблюдение порядка промывки насоса, предусмотренного проектом;
- несоблюдение порядка выполнения газоопасных работ, прописанного в наряде-допуске.

В рамках мероприятий по локализации и устранению причин аварии предлагается внести изменения в проектную документацию по усовершенствованию схемы промывки насосных агрегатов, обеспечить постоянный контроль со стороны ответственных лиц за подготовку и проведение газоопасных работ, провести внеочередную аттестацию специалистов и работников организации довести до сведения специалистов и работников организации обстоятельство и причины аварии [40, 45].

Самыми крупными инцидентами на нефтегазовых объектах в России в 2017 г. являются пожары на НПЗ «ЛУКОЙЛа» под Нижним Новгородом и «Сургутнефтегаза» в Киришах (Ленинградская область), НПЗ ОАО «Славнефть-Ярославнефтеоргсинтез», где во время планового ремонта на теплообменнике установки первичной переработки нефти АВТ-3 произошло возгорание, погиб человек [41].

В 2018 году крупными авариями стали:

- задымление на резервуаре с дизельным топливом на нефтебазе в Серпухове Московской области;

- возгорание двух резервуаров для хранения мазута общим объемом восемь тонн на нефтебазе в городе Карабулак в Ингушетии;
- разлив топлива, горение открытым пламенем, взрыв одной емкости на складе нефтепродуктов «Липецкой топливной компании»;
- пожар в резервуаре с АИ-80 объемом 5000 м³ с содержимым резервуара в объеме 600 м³ на станции Семлево Смоленской области (ФГКУ комбинат «Прожектор») по причине нарушения правил безопасности;
- пожар на нефтебазе в городе Валдай Новгородской области так же из за нарушения правил безопасности;
- возгорание на территории предприятия «Нефтехимик», расположенном в Кировском районе Перми;
- пожар на насосной станции для перекачки топлива на нефтебазе «Магадан нефть»;
- возгорание на перерабатывающей установке по очистке бензина на территории ОАО «Славнефть-Янос» в Ярославле
- возгорание резервуаров на нефтебазе на Хохряковском месторождении в Нижневартовском районе Ханты-Мансийского автономного округа из-за разгерметизации одного из резервуаров при проведении плановых работ;
- возгорание одной из секций установки каталитического крекинга на нефтеперерабатывающем заводе в Москве;
- произошло возгорание во время плановых ремонтных работ из-за утечки углеводорода на трубопроводе на нефтехимическом заводе «Синтез-Каучук» в Стерлитамаке (Башкирия [42]).

В 2019 году «лидером» по числу аварий стали предприятия группы «Роснефть». Так же были зафиксированы пожары на Уфимском нефтеперерабатывающем заводе;

Самым громким происшествием 2019 года стало «загрязнение» нефти в экспортном нефтепроводе «Дружба», оператором которого является компания «Транснефть».

По предварительным итогам 2019 года экономический ущерб от аварий на российских нефтегазовых объектах превысил 1 млрд 405 млн рублей. В целом данные аварии составили около 15 % от всех аварий на промышленных объектах России. Существенная часть аварий в том году пришлось на заводы «Роснефти». По данным Министерства энергетики, на предприятиях топливно-энергетического комплекса произошло более 17 тысяч аварий с разливами нефти. Из них 10,5 тысячи случаев на нефтепроводах.

На рисунке 3 представлено распределение причин аварий.



Рисунок 3 – Анализ причин аварий на нефтедобывающих предприятиях

От общего числа причин несчастных случаев по 13 % пришлось на случаи разгерметизации резервуаров и змеевиков печей, ещё 7 % — на случаи разгерметизации насосного оборудования [43].

В 2020 г. на НПЗ «ЛУКОЙЛ-Ухта нефтепереработка», расположенном в черте города Ухта, произошел мощный взрыв, который спровоцировал возникновение пожара на установке гидродепарафинизации, площадью 1 тыс. м². Причиной взрыва стала разгерметизация одной из ёмкостей с горюче-смазочными материалами. Пожару присвоили третий уровень сложности.

В результате аварии повреждения получили как минимум 9 колонн с нефтепродуктами.

Так же произошло возгорание на Ангарском НХК, в марте два пожара было зафиксировано на Новокуйбышевском НПЗ и Комсомольском НПЗ.

В марте 2020 года на складе котельной «Примтеплоэнерго» в городе Находка (Приморский край) взорвался резервуар с топочным мазутом. В результате аварии произошёл разлив около 2,5 тыс. нефтепродуктов на площади около 1 га, часть мазута попала на озеро Солёное и его береговую линию. Из-за экологической катастрофы в Находке был объявлен режим ЧС. Чтобы не допустить распространение мазута, в пределах водоёма установили боновые заграждения. Загрязнённые грунты вывозили за пределы зоны ЧП, нефтепродукты откачивали и вычерпывали экскаватором. Часть мазута, попавшего на поверхность озера и замёрзшего в условиях низких температур, пришлось раскалывать и отвозить на полигон для сжигания.

Так же в марте 2020 года на нефтебазе «Красноярскнефтепродукта» в результате разрыв шва трубы прорвало трубопровод. Это случилось во время перекачки нефтяных продуктов в результате подвижки грунтов. Нефтепродукты образовали пятно площадью 8 тыс. м², часть дизтоплива разлилась на территории реки Ангара.

Всего в январе-ноябре 2020 года на опасных производственных объектах (ОПО) нефтегазового комплекса произошло 37 аварий, это на 9 аварий меньше, чем за аналогичный период прошлого года. Основными видами аварий стали выбросы опасных веществ - 43 % взрывы, разрушения технических устройств и сооружений - 38 %, пожары - 19 %.

Ростехнадзор указывает на три основные причины разливов нефти и нефтепродуктов:

- утечки из резервуаров хранения нефти и нефтепродуктов;
- утечки из магистральных нефтепроводов и нефтепродуктопроводов, а также промысловых трубопроводов при добыче нефти;
- утечки, возникающие в процессе нефтепроявлений на скважинах объектов добычи нефти.

Росприроднадзор отмечает среди прочих причин утечек нефти и нефтепродуктов – большой износ оборудования, разрушения материалов из которых изготовлены трубопроводы.

Так же, по мнению Росприроднадзора, причинами аварий из-за утечки нефти и нефтепродуктов является то, что на объектах нефтедобычи практически не проводится диагностика и экспертная оценка состояния оборудования, не достаточно обеспечивается безопасность и при проведении ремонта.

Это все является следствием несоблюдения требований федеральных норм и правил в области промышленной безопасности.

Организационной причиной также можно назвать и слабый производственный контроль работниками эксплуатирующих организаций при эксплуатации, несвоевременный ремонт или замена изношенного оборудования.

В январе-мае 2021 г. произошли 22 аварии, что на 40% больше, чем в январе-мае 2020 г. Так, 22 января на нефтяном предприятии в Сармановском районе Татарстана произошел взрыв на объекте малой нефтяной компании ООО «МНКТ «Малые нефтяные компании Татарстана». Погибли два человека, еще один в тяжелом состоянии был госпитализирован. По предварительным данным, во время испытания воздухом произошел разрыв емкости установки предварительного спуска воды на открытой площадке ООО «Малые нефтяные компании Татарстана» (МНКТ).

Анализ высокой аварийности и травматизма с смертельным исходом на объектах нефтегазовой отрасли подтверждают необходимость разработки новых технологий и средств предупреждения и ликвидации аварий и инцидентов на объектах нефтегазовой отрасли.

2.2 Технологии и средства предупреждения и ликвидации аварий, и инцидентов на объектах нефтегазовой отрасли

Как известно, наиболее часто происходящими на объектах нефтегазовой отрасли (буровые морские платформы, хранилища, НПЗ, танкеры и т.д.) являются пожары, взрывы и аварийные разливы нефти. Выше мы уже рассматривали правила проектирования данных объектов для обеспечения их пожаровзрывобезопасности. В данном разделе речь, в частности, пойдет о технологиях и способах ликвидации указанных аварий.

Автоматические установки пожаротушения играют решающую роль в сохранении безопасности на нефтегазовых объектах. Дренчерные системы классифицируются как активные меры противопожарной защиты и обычно применяются на всех объектах морской нефтегазовой инфраструктуры, включая плавучие установки для добычи, хранения и отгрузки нефти (FPSO), плавучие системы нефтедобычи (FPS) и стационарные платформы. Поскольку пожар на морском объекте представляет значительно более высокий риск для персонала и оборудования, чем на наземном объекте, эффективность и надежность дренчерных систем имеет первостепенное значение.

Дренчерные установки обычно состоят из трех основных компонентов: управляющего клапана, оросителя и распределительного трубопровода (рисунок 4).

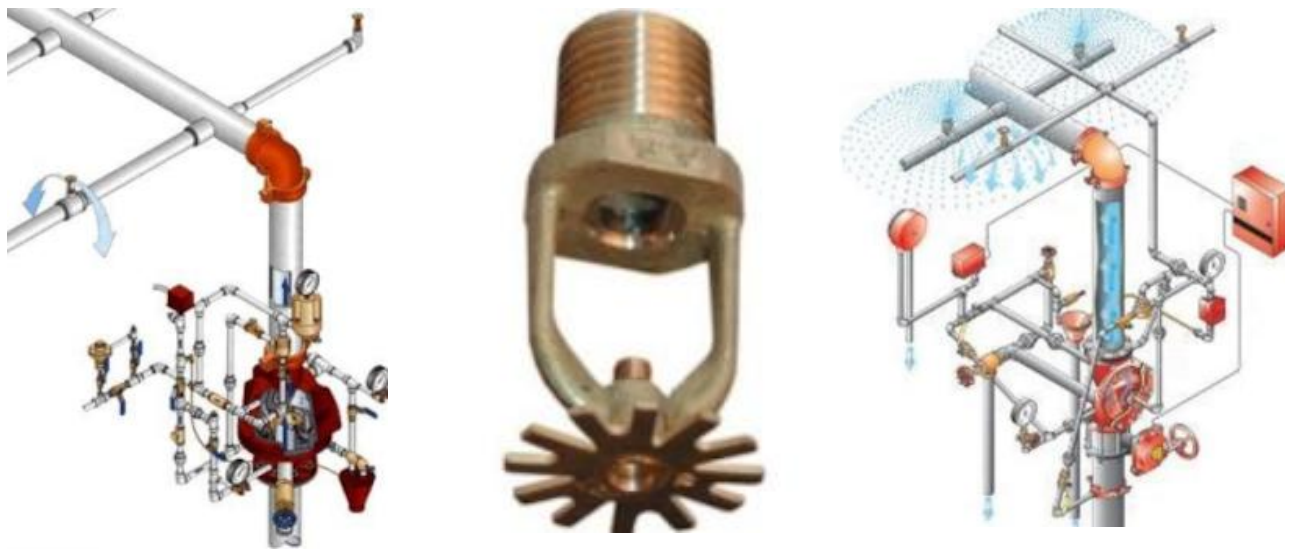


Рисунок 4 - Дренчерные установки пожаротушения

Эти установки предназначены как для тушения пожаров по площади, так и для локального тушения. В системах, предназначенных для тушения по площади помещения, основной целью является непосредственная борьба с огнем, а так же прекращение его распространения за пределы зоны, в которой он возник. С другой стороны, системы локального тушения используются для охлаждения поверхностей или критически важных частей оборудования (резервуары, работающие давлением, технологические блоки, компрессоры, трубопроводы и т. д.), чтобы предотвратить деформацию и/или разрушение несущих конструкций.

Ликвидировать пожары на скважинах можно различными способами (рисунок 5).

Закачка воды в скважину через устьевое оборудование

Аэродинамический срыв факела пламени от устья скважины

Ингибирование пламени огнетушащими порошками

Комбинированные способы

Рисунок 5 – Способы ликвидации горения на нефтяных скважинах
Ликвидация горения фонтанов газоводяными струями (рисунок 6).



Рисунок 6 - Ликвидация горения фонтанов газоводяными струями

Наибольшее распространение получил способ ликвидации горения фонтанов с помощью автомобилей газоводяного тушения (ГВТ). Автомобиль ГВТ представляет собой специализированное транспортное средство, на шасси которого установлен турбореактивный двигатель (рисунок 7).



Рисунок 7 - Автомобиль газоводяного тушения

В случае, когда автомобилей газоводяного тушения недостаточно, применяют комбинированный способ: АГВТ и водяные струи, подаваемые из лафетных стволов, при этом коэффициент использования стволов принимают равным 0,7, т.е. количество лафетных стволов увеличивают на 30 %.

Для ликвидации горения фонтанов порошковыми огнетушащими составами используют пожарные автомобили порошкового тушения, вихрепорошковый способ, пневматические порошковые пламяподавители (рисунки 8, 9).



Рисунок 8 - Автомобиль порошкового тушения АП-2(130)-148-2



Рисунок 9 - Установка пневматического порошкового пламяподавителя ППП-200

В последнее время применяется способ ликвидации горения фонтана путём натаскивания на него превентора с помощью стрелы. Основные этапы тушения представлены на рисунке 10.

- ✓ охлаждение площадки вокруг фонтанирующей скважины
- ✓ охлаждение технических средств, транспортирующих платформу со стрелой к устью скважины
- ✓ охлаждение оборудования, стрелы и тросов, удерживающих превентор

Рисунок 10 - Основные этапы тушения фонтана путем натаскивания на него превентора с помощью стрелы

Наиболее опасным этапом работы является введение превентора в струю пламени фонтана.

Сложность при тушении горения газовых фонтанов связана с большими расстояниями между объектами горения и объектами тушения, отсутствием количества воды, необходимой для тушения [44, 45].

Также рассмотрим процесс пожаротушения на нефтегазодобывающих платформах, расположенных в море (рисунок 11).



Рисунок 11 - Тушение пожара на газовом заводе - Mobile Legends

Аварийное фонтанирование часто приводит к каскадному развитию пожара. При пожаре на скважине, расположенной в море площадь выгорания, может составить до 20м. Системы автоматического пожаротушения в этом случае располагают на специальных площадках. Рекомендации по охране труда при тушении пожаров фонтанов изложены в Приказе Минтруда РФ от 11 декабря 2020 г. № 881н «Об утверждении правил по охране труда в подразделениях пожарной охраны» [46].

При тушении пожаров на кустовых скважинах необходимо учитывать следующие требования:

- скважин в кусте должно быть не более 8;
- расстояние между скважинами составляет 3 м, а между кустами не менее 50 м;
- размер площадки куста скважин 40×90 м.

Для успешной борьбы с пожарами на кусте скважин необходимо: защищать людей от теплового излучения, шума, отравления токсичными парами и газами [46].

На нефтеперерабатывающих заводах выстраивается многоэтапная система защиты от пожаров, учитывающая особенности объектов. Так, для тушения печей используются паровые завесы, позволяющие предотвратить доступ газа к нагретому оборудованию и исключить вероятность взрыва.

В компрессорных цехах чаще всего используются порошковые установки пожаротушения, так как воду здесь использовать нельзя из-за наличия большого количества электрооборудования.

Лафетные стволы защищают аппараты колонного типа.

Незначительные возгорания ликвидируются первичными средствами пожаротушения.

К пассивным мерам безопасности относятся: стены из огнестойких изоляционных материалов с температурой огнестойкости – более 1000⁰С.

К современным устройствам противопожарной защиты можно отнести автоматические комплексы, оснащенные одновременно и системой автоматического пожаротушения, и звуковой и световой сигнализацией, позволяющей работать 24 часа даже без источников электропитания. [47].

Так же к современным и эффективным технологиям и средствам тушения пожаров на нефтебазах можно отнести технологии послыного пожаротушения, использование современных огнетушащих веществ (СОТВ), установок комбинированного тушения пожаров «Пурга», установок и технологии объемного газопорошкового пожаротушения ViZone, устройства для само тушения горючих жидкостей УСП-01Ф, мягких резервуаров для перекачивания жидкости «Политехника», теплозащитных экранов «Согда» для защиты пожарных от теплового излучения и др. [48].

Система подстойного пожаротушения представляет собой внутреннюю «обвязку» резервуара трубопроводами, по которым в случае возникновения пожара по сигналу датчика происходит подача ОТВ на поверхность или в слой горючей жидкости, локализуя горение на самом начальном этапе развития (рисунок 12).

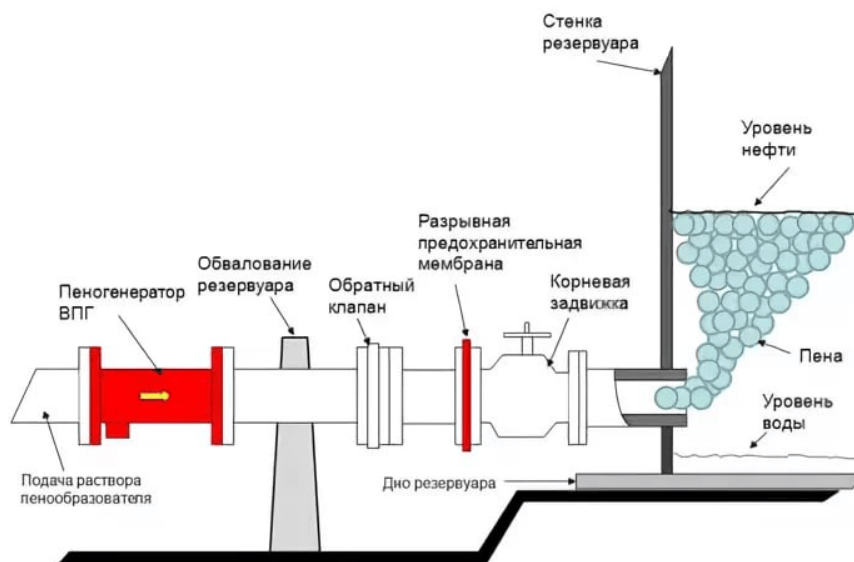


Рисунок 12 - Подслоное пожаротушение резервуаров

Основным средством тушения пожаров в резервуарах является пена средней и низкой кратности концентрации 3 или 6%.

Пена для тушения в резервуарах создается в пенногенераторе пожарной машины.

Обычным способом тушения пожаров в резервуарах

При традиционном способе тушения пожаров в вертикальных резервуарах хранения нефти используется пена средней кратности. В этом случае пена подается сверху на горящую жидкость. Такой метод называется – надслоное пожаротушение.

Ещё одним методом пожаротушения в вертикальном резервуаре является послойный способ. Когда для тушения используется пена низкой кратности способная образовывать пленку. Пену подают по напорным трубопроводам в нижний пояс резервуара с последующим распределением по всему объему резервуара и выходом пены на поверхность, где образуется устойчивый, огнестойкий и непроницаемый для воздуха пенный слой толщиной 50 мм, который в течение нескольких часов защищает поверхность нефти от повторного воспламенения. Время тушения пожара в этом случае может составлять до 5 минут.

Преимущество подслоного способа перед традиционным представлены на рисунке 13.

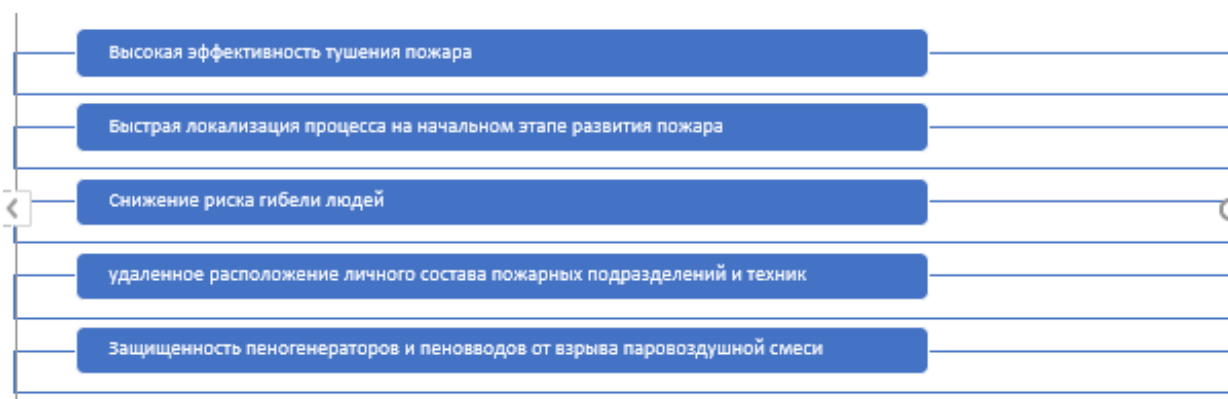


Рисунок 13 - Преимущество подслоного способа перед традиционным

Эффективным устройством пенообразования является установка «Пурга». При эксплуатации установки «Пурга» можно использовать разнообразные пены низкой и средней кратности (рисунок 14).



Рисунок 14 - Установка комбинированного пожаротушения «Пурга-100»

Стационарные или мобильные установки «Пурга» используются также в комплексе технологических решений пожаро-взрыво-предотвращения от НПО «СОПОТ» на объектах, связанных с оборотом сжиженных углеводородных газов (СУГ) и сжиженных природных газов (СПГ) в качестве устройств для подачи замороженной пены с целью купирования пожара на поверхности СУГ и СПГ [50].

Методы ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов представлены на рисунке 15.



Рисунок 15 - Методы ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов

Механический метод основан на механическом сборе нефти, наиболее эффективно это сразу после разлива, потому что в начале разлива большой слой нефти позволяет собрать её механическим способом.

Термический метод, основан на выжигании слоя нефти. Использование этого метода возможно только, когда нефти достаточно для образования

эмульсий с водой. Термический метод применяется комплексно, одновременно с другими методами.

При физико-химическом методе применяются диспергенты и сорбенты. Этот метод работает, когда слой разлившейся нефти мал, другие методы использовать нельзя, присутствует угроза экологической катастрофы.

Дополняет механический метод биологический метод.

Для очистки акваторий и ликвидации разливов нефти используются боновые заграждения, нефтесборщики, мусоросборщики и нефтемусоросборщики с различными комбинациями устройств для сбора нефти и мусора.

Боновые заграждения представлены на рисунке 16.



Рисунок 16 - Аварийные надувные боновые заграждения (АНБЗ)

Боновые заграждения позволяют нефти не распространиться по поверхности воды и направить нефть по нужному направлению, не затрагивая экологически чистые поверхности [51].

В зависимости от применения боны подразделяются на три класса:

- I класс - для защищенных акваторий (реки и водоемы);
- II класс - для прибрежной зоны (для перекрытия входов и выходов в гавани, порты, акватории судоремонтных заводов);
- III класс - для открытых акваторий [51].

Боновые заграждения бывают следующих типов:

- самонадувные - для быстрого разворачивания в акваториях;
- тяжелые надувные - для ограждения танкера у терминала;
- отклоняющие - для защиты берега, ограждений ННП;
- несгораемые - для сжигания ННП на воде;
- сорбционные - для одновременного сорбирования ННП [51].

Классификация боновых заграждений представлена на рисунке 17.



Рисунок 17 – Боновые заграждения

Аварийные надувные боновые заграждения (АБЗ) используются тогда, когда происходят аварийные ситуации на судах во внутренних водах. К внутренним водам можно отнести водохранилища, портовые акватории, реки и затоны.

Преимуществом аварийных типов заграждений является прочность и возможность их буксировки с большой скоростью.

Огнеупорные боновые заграждения (ОБЗ) используются при термическом способе удаления с водной поверхности нефтяного пятна.

Преимуществом таких типов заграждений является возможность их использования не один раз, возможность их использования при пожарах на поверхностях водной поверхности.

Универсальное боновое заграждение (УБЗ) состоит из независимых друг от друга оболочек. Располагаются они горизонтально друг над другом. Одна – заполнена воздухом. Вторая -водой. (рисунок 18).



Рисунок 18 - Универсальное вид боновое заграждение

Боновые заграждения имеют ряд положительных моментов:

- они складываются, что позволяет оптимизировать процесс перевозки и складирования;

- они легкие и имеют хорошую длину (до 250 метров/секция);
- их можно использовать и для сбора нефти, вылившейся из резервуара.

Так же для сбора нефти в отдельное безопасное место, используются дамбы, с обваловками и траншеями для организации отвода нефтепродуктов.

Решение о том какая дамба должна быть использована принимают с учетом многих факторов (количество разлившейся нефти, рельеф места, время года и т.д.). Когда нефть собрана в одном месте, её откачивают.

После того, как разлив нефтепродуктов устранен, с бонопостановщика спускают специальное устройство – скиммер. Скиммер собирает нефтепродукты в водозаполняемую оболочку. Бочка вместо воды наполняется нефтью и далее её транспортируют для уничтожения.

В реках использование бонов практически невозможно. Здесь применяются суда-экраны.

Нефтесборные устройства, или скиммеры, предназначены для сбора нефти непосредственно с поверхности воды показаны на рисунке 19.



Рисунок 19 - Нефтесборное устройство (скиммер) «Спрут-2»

Скиммеры бывают самоходными; буксируемыми и переносными; по принципу действия - пороговыми, олеофильными, вакуумными и гидродинамическими [52].

Выводы по второй главе:

Проанализировав в главе 2 аварийность и травматизм можно сделать вывод, что их число с каждым годом снижается, но экономический ущерб возрастает.

Существующие технологии и средства позволят значительно снизить число аварийных ситуаций на промышленных объектах, количество травмированных работников, но как уже отмечалось выше, эти вопросы все ещё требуют серьезного внимания и проработки.

Мы предлагаем для снижения аварийности повысить требования к организации производственного контроля, обслуживанию и ремонту оборудования, а также ввести современные способы обучения персонала [53].

3 Разработка мероприятий по предупреждению и ликвидации аварий и (или) инцидентов на объектах нефтегазовой отрасли

3.1 Организационно-технические мероприятия

Анализ условий труда работников нефтегазовой отрасли показал, что работники чаще всего подвергаются воздействию таких производственных факторов как шум, кроме того, присутствует превышение по тяжести труда.

Предлагаем рассмотреть типовую схему возникновения и развития аварии на установке первичной обработки нефти – разрушение дегидрататора ДГ-1 (рисунок 20).

Вероятность разгерметизации дегидрататора: $P=1 \times 10^{-4}$ год⁻¹.

Вероятность развития аварии составит $P = 1 \times 10^{-4} \times 2 \times 10^{-2} = 2 \times 10^{-6}$ год⁻¹.

Кроме технических решений, рассмотренных выше, для снижения риска возникновения аварийных ситуаций на объектах нефтегазовой отрасли мы также предлагаем ряд организационных мероприятий:

- увеличить контроль за состоянием оборудования, коммуникаций, арматуры, сальников и торцевых уплотнителей насосов путем использования современных датчиков мониторинга оборудования, позволяющих осуществлять не только визуальный контроль при непосредственном осмотре, но и дистанционной в любое время;
- повысить качество подготовки противоаварийной подготовки обслуживающего персонала путем:
- автоматизации с помощью современных приложений для компьютера или телефона процесса обучения персонала, имеющей возможность при необходимости обратиться к необходимым нормативно-техническим документам, оперативно проверить знания;

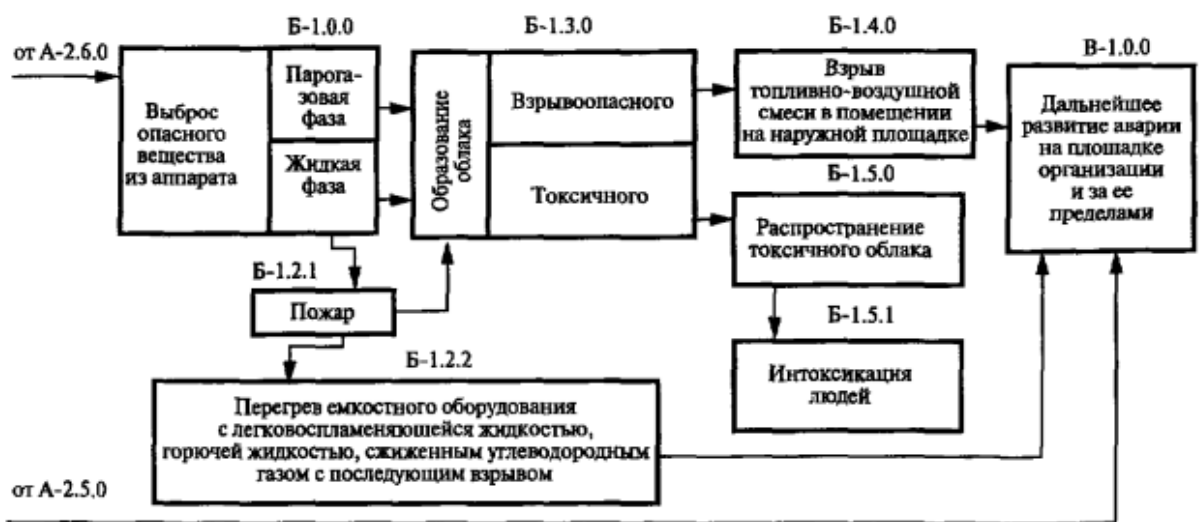


Рисунок 20 - Типовая схема возникновения и развития аварии на установке первичной обработки нефти – разрушение дегидрататора ДГ-1

- автоматизации с помощью современных приложений для компьютера или телефона процесса обучения персонала, имеющей возможность при необходимости обратиться к необходимым нормативно-техническим документам, оперативно проверить знания;
- использования компьютерных тренажеров для отработки всех возможных аварийных ситуаций, в том числе и тренажеров

виртуальной реальности, позволяющих полностью погрузиться в производственный процесс.

Данные мероприятия в совокупности с четким выполнением требований законодательных актов, использованием технических способов предотвращения и ликвидации аварий в нефтегазовой отрасли позволят снизить риски возникновения аварийных ситуаций, сократить материальных ущерб от возникших опасностей, уменьшат уровень производственного травматизма.

Использование VR – тренажеров в нефтедобывающей промышленности необходимо, так как в результате мы имеем следующие показатели:

- повышение вовлеченности работников путем погружения в похожую аварийную ситуацию;
- отработка всех возможных аварийных ситуаций путем создания 3Д-сценариев;
- максимальное погружение в исследуемую ситуацию, трехмерное пространство, интерактивное взаимодействие с объектами стопроцентно повторяющие реальные;
- полное отстранение обучающегося от внешних проблем;
- возможность преподавателя-тренера контролировать и координировать действия обучающегося.

На рисунке 21 представлен анализ аварийных ситуаций на объектах нефтегазодобычи.

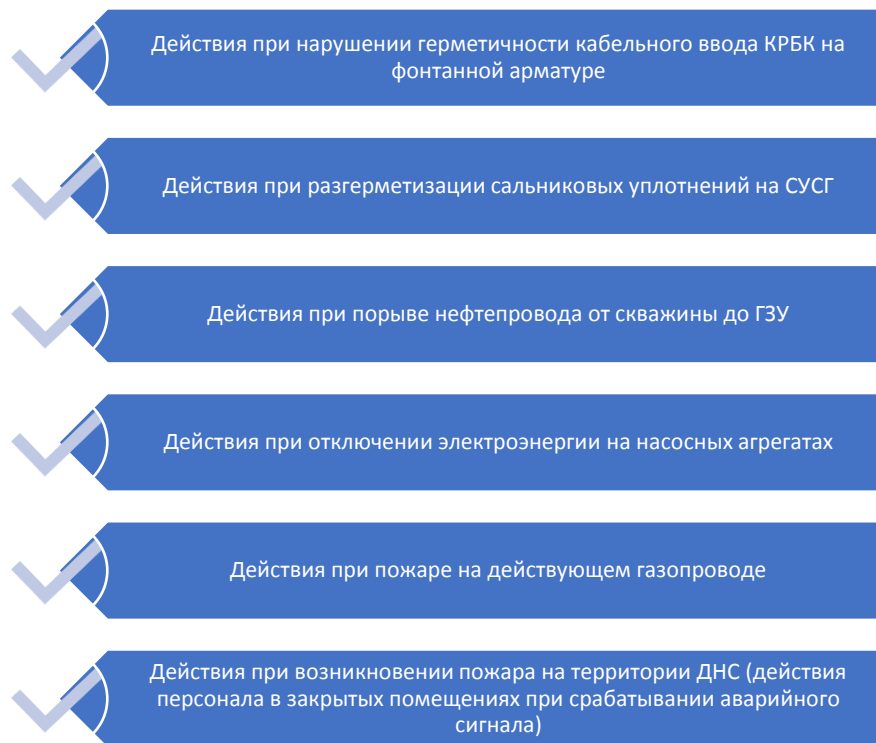


Рисунок 21 - Анализ аварийных ситуаций на объектах нефтегазодобычи

На рисунке 22 представлен пример использования VR-тренажеров при аварии на нефтепроводе.



Рисунок 22 – Аварийная ситуация на нефтепроводе при использовании VR – тренажера

Аппаратная часть включает в себя устройства сбора, обработки и отображения информации. Основной составляющей аппаратной части является связка шлема виртуальной реальности HTC Vive и контроллеров положения рук, позволяющие погрузиться в виртуальный мир и работать с оборудованием естественными движениями (рисунок 23).



Рисунок 23 - Аппаратная часть VR – тренажера

Предлагаемый к использованию VR – тренажер представляет собой комплекс технических средств, погружающих человека в виртуальную 3Dсцену, модель которой создается с помощью компьютера.

3.2 Снижение риска воздействия нефтегазовой отрасли на окружающую среду

В качестве мероприятия, снижающего риск воздействия нефтегазовой отрасли на окружающую среду, предлагаем операцию глушения.

Глушение скважины — это процесс, при котором работа скважины останавливается для осуществления в ней ремонтов и на подготовительном этапе перед проведением геолого-технических мероприятий (гидроразрыв пласта, кислотные обработки и т.д.) [55].

Глушение осуществляется посредством специальных технологических жидкостей, называемых жидкостями глушения, которые могут быть как на углеводородной, так и на водной основе с добавкой химических реагентов, придающих специфические свойства [55].

Схема расстановки техники при глушении скважины представлена на рисунке 23.

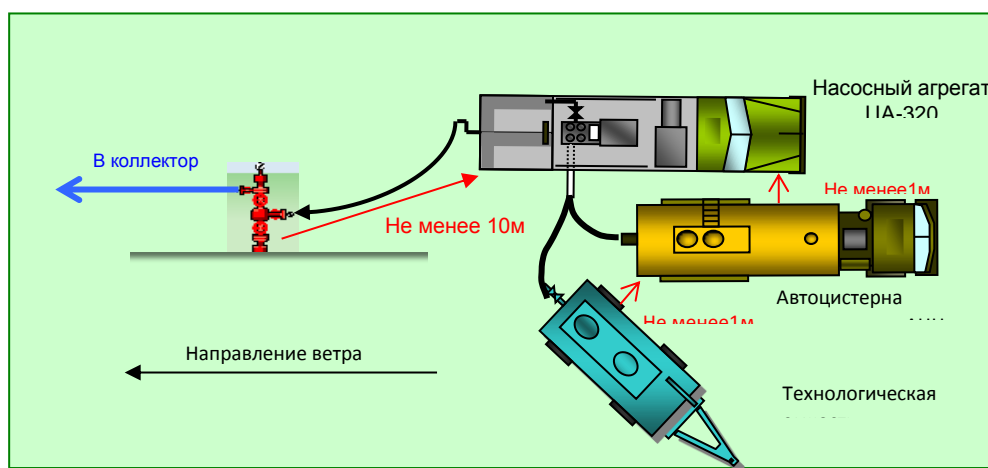


Рисунок 23 - Схема расстановки специальной техники при глушении скважины

Как и когда скважина будет готова к работе зависит от того, какая жидкость глушения использовалась.

К жидкостям глушения предъявляются определенные требования. Например:

- плотность жидкости глушения должна быть больше плотности материала воздействия;
- химический состав жидкости глушения не должен вступать в реакцию с материалов воздействия;
- жидкость глушения не должна способствовать разрушению скважинного оборудования;
- жидкость глушения должна быть устойчивой в перепады температур;

- у жидкости глушения должны отсутствовать пожар взрывоопасные свойства, токсичность;
- жидкость глушения должна иметь свойства, позволяющие её перерабатывать после использования.

Часто в качестве жидкости глушения используется раствор натрий хлора, потому что он не дорогой и растворим в воде.

Наряду с растворами NaCl, жидкостями глушения для закачивания и ремонта скважин служат растворы CaCl₂, KCl, Na₂SO₄, Na₂CO₃, K₃PO₄, NaHCO₃, CaBr₂, K₂CO₃ и их смеси.

Для соблюдения вышеперечисленных требований определим следующие параметры:

- требуемый объем жидкости глушения;
- требуемую плотность жидкости глушения,
- количество воды и жидкости-утяжелителя;
- компонентный состав жидкости глушения.

Для выполнения расчета используем данные, представленные в таблице 4.

Таблица 4 - Данные по скважине №1907 Мамонтовского месторождения

Наименование величины	Обозначение, единицы измерения
Диаметр спущенных НКТ	$d=0,073$ мм.
Внутренний диаметр	$d_1=0,062$ мм.
Глубина спуска насосно-компрессорных труб (НКТ) или насоса	$H_{сп}=2435$ м
Глубина скважины	$H=2700$ м.
Диаметр эксплуатационной колонны скважины	$D_n=0,146$ м.
Внутренний диаметр эксплуатационной колонны скважины (приложение 1)	$D=0,133$ м.
Коэффициент запаса безопасности	$P=0,05$
Пластовое давление	$P_{изб}=28,5$ МПа
Расстояние от устья до верхних отверстий перфорации	$H_{уст} -2600$ м

Рассчитаем необходимый объем жидкости глушения [49].

$$V_{\text{жг}} = (V_{\text{эк}} - V_{\text{нкт}}) \cdot 1,1, \quad (1)$$

где $V_{\text{эк}}$ – объем эксплуатационной колонны, м^3

$V_{\text{нкт}}$ – объем жидкости, вытесняемый металлом НКТ, м^3 .

Определим объем эксплуатационной колонны:

$$V_{\text{эк}} = (\pi D^2 / 4) H, \quad (2)$$

где H – глубина скважины, м^3 ;

D – внутренний диаметр эксплуатационной колонны, м .

$$V_{\text{эк}} = (3,14 \cdot 133^2 / 4) 2700 = 37,49 \text{ м}^3.$$

Объем жидкости, вытесняемый металлом насосно-компрессорной трубы:

$$V_{\text{нкт}} = (\pi \cdot (d^2 - d_1^2) / 4) H_{\text{сп}}, \quad (3)$$

где d и d_1 – соответственно внешний и внутренний диаметры насосно-компрессорной трубы, м ;

$H_{\text{сп}}$ – глубина спуска насоса, м .

$$V_{\text{нкт}} = (3,14 \cdot (0,073^2 - 0,062^2) / 4) 2435 = 2,86 \text{ м}^3.$$

Тогда требуемый объем жидкости глушения составит:

$$V_{\text{жг}} = (37,49 - 2,86) \cdot 1,1 = 38,09 \text{ м}^3.$$

Условие объема первого цикла глушения: он должен быть не менее внутреннего объема эксплуатационной колонны в интервале от глубины спуска глубинного насосного оборудования до искусственного забоя.

Условие объема второго цикла глушения: он должен быть не менее внутреннего объема эксплуатационной колонны за вычетом объема насосно-

компрессорной трубы в интервале от устья до глубины глубинного насосного оборудования.

Величина запаса жидкости глушения составляет 10% от объема.

Рассчитаем требуемую плотность жидкости глушения.

Плотность жидкости глушения, кг/м³:

$$P_{\text{ж}} = ((P_{\text{изб}}) * (1 + \Pi)) - P_{\text{ж}} / H * g * 10^{-6}, \quad (4)$$

где $P_{\text{изб}}$ - забойное давление, создаваемое столбом использованной жидкости глушения;

$P_{\text{ж}}$ - давление, создаваемое поднасосной жидкостью, МПа.

H – расстояние от устья скважины до верхних отверстий перфорации по вертикали, м.

Π – коэффициент безопасности работ, зависящий от глубины скважины, коэффициента продуктивности и газосодержащие принимается равным 0,05 (5%).

Тогда давление, создаваемое поднасосной жидкостью, составит:

$$P_{\text{н}} = P_{\text{ж}} g (H_{\text{уст}} - H_{\text{сп}}). \quad (5)$$

$$P_{\text{н}} = 1050 * 9,8 * (2600 - 2435) = 1697850 \text{ Па} = 1,69 \text{ МПа}.$$

Плотность жидкости глушения:

$$P_{\text{ж}} = (28,5 * (1 + 0,05) - 1,69) / 2600 * 9,8 * 10^{-6} = 1108,1 \text{ кг/м}^3.$$

Из приведенного расчета видно, что полученная плотность жидкости глушения позволит обеспечить надежное глушение и предотвратить фонтанирование скважины в период ремонта.

Произведем выбор компонентного состава жидкости глушения.

Для того чтобы максимально сохранить коллекторские свойства высоконапорных продуктивных пластов (за счет исключения привнесения мелких коллоидных, глинистых и пылевидных частиц и микроорганизмов в поры горных пород) и предотвратить гидратацию глинистых минералов используются водные растворы хлорида кальция (CaCl_2) и нитрата кальция (кальциевой селитры) плотностью до 1600 кг/м^3 .

Минимальная температура кристаллизации достигается растворами при соотношении компонентов-солей 1: 1, с небольшим преобладанием $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$. Плотность неочищенных рассолов примерно составляет - 1600 кг/м^3 , температуру кристаллизации в пределах от -8 до $-16 \text{ }^\circ\text{C}$ [49].

Выполним расчет компонентного состава ЖГ на основе смеси CaCl_2 и $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ полученной плотностью 1108 кг/м^3 , если температура на поверхности минус 20°C , на забое 76°C , среднегодовая температура на поверхности земли (устье) равна $(-1)^\circ\text{C}$.

Расчет компонентного состава жидкости глушения производим согласно методике [54].

Определяем среднюю температуру в скважине и необходимую плотность ЖГ на поверхности при 20°C :

$$t_{\text{cp}} = 0,5 \cdot (t_z + t_y), \quad (6)$$

где t_z - статическая температура на забое скважины, $^\circ\text{C}$;

t_y - температура на устье скважины, $^\circ\text{C}$.

$$t_{\text{cp}} = 0,5 \cdot (76 + (-1)) = 37,5 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Определим плотность ЖГ для условий ее приготовления на поверхности:

$$\rho_n = \rho + (t_{\text{cp}} - t_n) \cdot k, \quad (7)$$

где ρ_n - плотность ЖГ на поверхности при температуре t_n , кг/м^3 ;

t_n - температура на поверхности земли, $^\circ\text{C}$;

t_{cp} - средняя температура в скважине, $^\circ\text{C}$;

K - температурный поправочный коэффициент, принимается $K = 0,68$.

$$\rho_n = 1108 + (37,5 - 20) \cdot 0,68 = 1119,9 \text{ кг/м}^3.$$

Определим процентное содержание компонентов, обеспечивающее минимальную температуру кристаллизации жидкости:

CaCl_2 - 26,5 %

$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ - 28,0 %

H_2O - 45,5 %.

Определим расход материалов для определения 1 м³ жидкости глушения:

$$\text{CaCl}_2 = \frac{1119 \cdot 26,5}{100} = 296,7$$

$$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 = \frac{1119 \cdot 28}{100} = 313,32$$

$$\text{H}_2\text{O} = \frac{1119 \cdot 45,5}{100} = 509,15$$

По [36] определяем содержание влаги в применяемых солях.

Содержание влаги в солях составит CaCl_2 - 20 %, в $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ - 14%.

Определим расход солей для приготовления 1 м³ ЖГ с учетом содержания влаги в солях:

$$\text{CaCl}_2 = \frac{296,7 \cdot 100}{100 - 20} = 370,8 \text{ кг}$$

$$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 = \frac{313,32 \cdot 100}{100 - 14} = 412,23 \text{ кг}$$

$$\text{H}_2\text{O} = 1119 - (370,8 + 412,23) = 275,9 \text{ кг}$$

Определим объем скважины из условия, что средняя толщина стенки эксплуатационной колонны равна 8 мм.

$$V_{\text{СВК}} = \frac{\pi * d_{\text{ЭК}}^2}{4} * H_{\text{СП}} = \frac{3,14 * 0,130^2}{4} * 2435 = 32,30 \text{ м}^3$$

Определим необходимый объем жидкости глушения, соблюдая следующие условия:

- приготовление ЖГ равному двойному объему скважины;
- коэффициента потерь $K=1,1$

$$V_{\text{ЖГ}} = 2 \cdot V_{\text{СВК}} \cdot K = 2 \cdot 32,3 \cdot 1,1 = 71,06 \text{ м}^3$$

Тогда, количество материалов для приготовления ЖГ в объеме 71,06 м³ составит:

$$\text{CaCl}_2 = 412,23 \cdot 71,06 = 29932,6 \text{ кг};$$

$$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 = 419,6 \cdot 71,06 = 29816,7 \text{ кг};$$

$$\text{H}_2\text{O} = 275,9 \cdot 71,06 = 19605,45 \text{ м}^3$$

Таким образом, предлагаемые нами мероприятия по обеспечению охраны окружающей среды при выполнении ремонтных работ на нефтяных и газовых скважинах на примере Мамонтовского месторождения позволят:

- предупредить явление нефтегазопроявления путем глушения;
- использовать выбранную нами технологически эффективную и экологически менее опасную жидкость глушения, на основе смеси CaCl_2 и $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ плотностью - 1108 кг/м³;
- обеспечить надежное глушение и предотвратить фонтанирование скважины и значительно уменьшить негативное воздействие на окружающую среду.

Выводы по третьей главе:

Рассмотрев схему возникновения и развития аварии на установке первичной обработки нефти – разрушение дегидрататора ДГ-1 получили следующие данные:

вероятность разгерметизации дегидрататора: $P=1 \times 10^{-4} \text{ год}^{-1}$.

вероятность развития аварии составит $P = 1 \times 10^{-4} \times 2 \times 10^{-2} = 2 \times 10^{-6} \text{ год}^{-1}$.

Анализ условий труда работников нефтегазовой отрасли показал, что работники чаще всего подвергаются воздействию таких производственных факторов как шум, кроме того, присутствует превышение по тяжести труда.

Для снижения риска возникновения аварийных ситуаций на объектах нефтегазовой отрасли мы предложили организационные мероприятия, такие как:

- увеличить контроль за состоянием оборудования, коммуникаций, арматуры, сальников и торцевых уплотнителей насосов путем использования современных датчиков мониторинга оборудования, позволяющих осуществлять не только визуальный контроль при непосредственном осмотре, но и дистанционный в любое время;
- повысить качество подготовки противоаварийной подготовки обслуживающего персонала путем:

 - автоматизации с помощью современных приложений для компьютера или телефона процесса обучения персонала, имеющей возможность при необходимости обратиться к необходимым нормативно-техническим документам, оперативно проверить знания;
 - использования компьютерных тренажеров для отработки всех возможных аварийных ситуаций, в том числе и тренажеров виртуальной реальности, позволяющих полностью погрузиться в производственный процесс.

Для снижения риска негативного воздействия на окружающую среду при выполнении ремонтных работ на нефтяных и газовых скважинах мы предложили предупредить явление нефтегазопроявления путем глушения. Данное предложение подтверждается соответствующими расчетами на примере Мамонтовского месторождения.

4 Анализ и оценка эффективности предлагаемых мероприятий по обеспечению техносферной безопасности

В качестве мероприятия по предупреждению и ликвидации аварий и (или) инцидентов на объектах нефтегазовой отрасли в данной диссертационной работе я предлагаю улучшить подготовку персонала, так как именно работник чаще всего является причиной возникновения аварийных ситуаций и травматизма на производстве.

Моим предложением является использование в системе подготовки работников – VR-тренажеров, опытные исследования показывают, что использование таких методов подготовки позволяет снизить уровень аварийности и травматизма на 30%.

Преимущества VR-тренажеров:

- сокращение затрат (по сравнению с физическими тренажёрами);
- высокая эффективность (по сравнению со стандартными способами обучения);
- обучение без прерывания технологического процесса;
- значительная экономия времени сотрудников;
- возможность глубокого контроля уровня полученных знаний.

Для расчета показателей экономической эффективности предлагаемого мероприятия составим план финансового обеспечения и смету. Результаты расчетов представлены в таблицах 5 и 6.

Таблица 5 – План финансового обеспечения мероприятия

№ п/п	Наименование мероприятия	Основание	Стоимость, тыс. руб.	Срок реализации	Ответственный
1	Использование для подготовки персонала тренажера виртуальной реальности	План мероприятий по улучшению условий труда на 2022г.	800	2 кв. 2022г.	Главный инженер

Таблица 6 – Смета расходов на мероприятие (расчет для одного рабочего места)

Наименование статьи расхода	ИТОГО
Стоимость разработки проекта, руб.	400 000
Стоимость программного обеспечения, руб.	200 00
Стоимость необходимых технических средств (очки виртуальной реальности, ноутбук для работы с МК, одноразовые гигиенические накладки VR Cover – 100 шт., перчатки Noiton Hi5 VR Glove), руб.	200 000
Итоговая стоимость оснащения, руб.	800 000

Определим, насколько эффективны, разработанные нами мероприятия, с точки зрения экономики.

В нашем случае эффективность мероприятий определяется либо прибылью предприятия после внедрения предлагаемых мероприятий, либо показателями, отражающими уровень безопасности, например, снижение показателей травматизма, снижение количества аварий и инцидентов на исследуемом объекте.

Экономический эффект измеряется разностью между денежным доходом от реализации мероприятия (предотвращенный ущербом) и денежными расходами на осуществление мероприятия:

$$\mathcal{E}_r = Y - Z \quad \text{или} \quad \mathcal{E}_r = \Pi - Z, \quad (8)$$

где \mathcal{E}_r – годовой экономический эффект, руб.;

Y – величина годового ущерба, потерь организации (например, от производственного травматизма), руб.;

Π – величина полученного дохода (прибыли) от реализации мероприятия, руб.;

Z – затраты на реализацию мероприятия, руб.

Реальный экономический ущерб от производственного травматизма, оценить сложно, так как ущерб от производственного травматизма рассчитывается с учетом детальной статистической отчетности по

конкретному несчастному случаю индивидуально. Примем для расчета усредненные значения (таблица 7).

Таблица 7 – Результаты расчета экономического ущерба от производственного травматизма

Наименование статьи расходов	Сумма расходов, руб.
2	3
Непосредственные затраты и потери, возникшие в день происшествия	3000
Затраты и потери, связанные с нарушением производственного процесса	20000
Материальный ущерб, нанесенный организации вследствие порчи оборудования, инструментов, сырья, материалов, готовой продукции, зданий и сооружений	200000
Затраты организации на реорганизацию производственного процесса	250000
Затраты на проведение расследования несчастного случая	80000
Затраты на реализацию мер, направленных на предупреждение несчастных случаев на производстве, по результатам расследования	150000
Затраты, связанные с лечением и реабилитацией пострадавшего	200000
Расходы, связанные с временным переводом пострадавшего на более легкую (нижеоплачиваемую работу) работу	50000
Расходы, связанные со смертью пострадавшего	1000000
Заработная плата, не выплаченная пострадавшему	70000
Условные потери производства (добавленная стоимость недополученной продукции и услуг) в связи остановкой производственного процесса и временным или постоянным выходом из него работника в результате несчастного случая	50000
Финансовые потери, связанные с оплатой штрафных санкций, предъявленных юридическому лицу (организации) за нарушения трудового законодательства, приведших к несчастному случаю	200000
Финансовые потери, связанные с выплатами штрафов за нарушение сроков поставки произведенной продукции или услуг в результате несчастного случая и обострения проф. заболевания работника	500000
Годовые экономические потери организации от производственного травматизма	2773000

Как видим, даже единичный случай смертельного травматизма приводит к серьезным расходам организации, практически 3 млн рублей. Поэтому необходимо обращать внимание на обеспечение безопасности производственного процесса и снижения риска аварийности и травмирования работников.

Исходя из полученных результатов расчета экономического ущерба рассчитаем годовой экономический эффект:

$$\mathcal{E}_T = 2773000 - 800000 = 1973000 \text{ руб.}$$

Определим экономический эффект проекта:

$$\mathcal{E} = \frac{y}{z} = \frac{2773000}{800000} = 3,46, \quad (9)$$

где \mathcal{E} – экономическая эффективность мероприятия.

Рассчитаем чистый доход и дисконтированный доход от предлагаемых мероприятий по формулам (10) и (11) соответственно.

Чистый экономический эффект (чистый доход) представляет собой (другие названия - ЧД, Net Value, NV) сальдо денежного потока за расчетный период, т.е. превышение стоимостных оценок конечных экономических результатов над совокупными затратами трудовых, материальных, финансовых и пр. ресурсов за расчётный период и рассчитывается по формуле:

$$\text{ЧЭЭ} = \sum \mathcal{E}_t - Z_t, \quad (10)$$

где \mathcal{E}_t – результаты (эффекты, предотвращенный ущерб), достигнутые на t-ом шаге расчета; Z_t – затраты, осуществляемые на этом шаге, включая капитальные вложения.

Чистый дисконтированный доход ЧДД (другие названия - ЧДД, интегральный эффект, Net Present Value, NPV), это накопленный дисконтированный эффект за расчетный период:

$$\text{ЧДД} = \sum_{t=0}^T (\text{Э}_t - \text{З}_t + \text{А}_t) \frac{1}{(1+E)^t}, \quad (11)$$

где Э_t – результаты (эффекты, предотвращенный ущерб), достигнутые на t -ом шаге расчета; З_t – затраты, осуществляемые на этом шаге, включая капитальные вложения; А_t – амортизационные отчисления, осуществляемые на этом шаге; T – горизонт расчета; E – норма дисконта.

Чем больше ЧДД, тем эффективнее проект. При отрицательном значении ЧДД проект неэффективен.

Срок окупаемости – минимальный временной интервал (от начала осуществления мероприятия), за пределами которого ЧДД становится и в дальнейшем остается положительным:

$$T_{\text{ок}} = T - \frac{\text{ЧДД}_T}{\text{ЧДД}_{T+1} - \text{ЧДД}_T}, \quad (12)$$

где T – год, в котором значение чистого дисконтированного дохода последний раз отрицательное; ЧДД_T – последнее отрицательное значение чистого дисконтированного дохода в период времени T ; ЧДД_{T+1} – первое положительное значение чистого дисконтированного дохода.

Результаты расчета ЧЭЭ, ЧДД и срока окупаемости мероприятия представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Интегральные показатели эффективности мероприятия

Наименование показателей	Значение показателей по годам, тыс. д. е.				
	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5	6
Капитальные вложения	800	0	0	0	0
Ежегодные затраты	0	50	50	50	50
Амортизация	0	0	0	0	0

Эффект	200	200	200	200	200
--------	-----	-----	-----	-----	-----

Продолжение таблицы 8

Наименование показателей	Значение показателей по годам, тыс. д. е.				
	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5	6
ЧЭЭ	-600	-400	-200	0	200
ЧЭЭ	-600	-400	-200	0	200
Коэффициент дисконтирования	1	0,88	0,77	0,68	0,59
ЧДД с нарастающим итогом	-600	-400	-200	0	200
Ток	3	3	3	3	3

Индекс доходности ИД, или индекс рентабельности капвложений, рассчитывается как:

$$\text{ИД} = \frac{\sum_{t=0}^T (\Delta_t + A_t)(1+E)^{t-1}}{\sum_{t=0}^T K_t(1+E)^{t-1}}, \quad (13)$$

Если ИД < 1, то программа мероприятий в пределах горизонта планирования не окупается, и соответственно, проект отвергается.

Выводы по четвертой главе:

Результаты расчетов позволяют нам сделать вывод об эффективности предлагаемого решения:

$$\text{ЧДД} = 200.$$

Индекс рентабельности капвложений больше 1.

Годовой экономический эффект от реализации комплекса мероприятий по использованию в системе подготовки работников – VR-тренажеров составит 1973000 руб.

Экономический эффект = 3,46, что больше 0, следовательно, внедрение данного мероприятия экономически целесообразно и оправданно.

Период окупаемости составит 3 года.

Заключение

В результате написания выпускной квалификационной работы были проанализированы нормативные правовые документы по теме магистерской диссертации, отечественные и зарубежные научные публикации.

Проанализировав в главе 2 состояние аварийности и травматизма в нефтегазовой отрасли мы пришли к выводу, что несмотря на снижение числа аварий и несчастных случаев, их тяжесть и материальный ущерб очень высокий. Что подтверждает необходимость работы в этом направлении. Анализ технических мероприятий, направленных на снижение возникновения и последствий аварий на объектах нефтегазовой отрасли, показывает многообразие способов защиты, их эффективность. Но несмотря на это, очевидно, что для снижения аварийности и травматизма необходимо уделять огромное внимание организационным мероприятиям, обеспечивать производственный контроль, обслуживание и ремонт оборудования, повышать эффективность обучения персонала.

В главе 3 мы предложили для повышения качества обучения работников использовать VR – тренажеры. Данное мероприятие позволит повысить вовлеченность работников путем погружения в похожую аварийную ситуацию; отработать всех возможных аварийных ситуаций путем создания 3Д- сценариев; максимально погрузиться в исследуемую ситуацию, трехмерное пространство, интерактивное взаимодействие с объектами стопроцентно повторяющие реальные.

Для снижения риска негативного воздействия на окружающую среду при выполнении ремонтных работ на нефтяных и газовых скважинах мы предложили предупреждать явление нефтегазопроявления путем глушения.

Результаты технико-экономических расчетов, выполненных в главе 4 показали, что предлагаемые решения экономически эффективны, о чем свидетельствуют соответствующие показатели.

Список используемых источников

1. О промышленной безопасности опасных производственных объектов [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 21.07.97 № 116-ФЗ. URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=395128> (дата обращения: 07.11.2022)
2. Об аварийно-спасательных службах и статусе спасателей [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 22.08.1995 № 151-ФЗ (ред. от 14.07.2022) URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_7746/bb9e97fad9d14ac66df4b6e67c453d1be3b77b4c/#:~:text=Аварийно-спасательная%20служба%20-%20совокупность%20органов,основу%20которой%20составляют%20аварийн о-спасательные%20формирования (дата обращения: 07.11.2022)
3. Термины МЧС. [Электронный ресурс]: URL: <https://mchs.gov.ru/ministerstvo/o-ministerstve/terminy-mchs-rossii/term/2155> (дата обращения: 07.11.2022)
4. Пожарная безопасность технологических процессов [Электронный ресурс]: ГОСТ 12.3.047 -2012 URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200103505> (дата обращения: 07.11.2022)
5. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Техногенные чрезвычайные ситуации. Термины и определения [Электронный ресурс]: ГОСТ Р 22.0.05-2020 URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200175574> (дата обращения: 10.11.2022)
6. О гражданской обороне [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 12.02.1998 № 28-ФЗ URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_17861/ (дата обращения: 17.11.2022)
7. Энциклопедия пожарной безопасности [Электронный ресурс] : URL: <https://вдпо.рф/enc/goryuchaya-zhidkost> (дата обращения: 17.11.2022)
8. Об утверждении Положения о разработке планов мероприятий по

локализации и ликвидации последствий аварий на опасных производственных объектах [Электронный ресурс]: Постановление Правительства РФ от 15.09.2020 № 1437 URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_362449/70c4f186a3cb543ccb6629c52417f894763a6608/ (дата обращения: 17.11.2022)

9. Техническая библиотека [Электронный ресурс] : neftegaz.ru URL: <https://neftegaz.ru/tech-library/energoresursy-toplivo/505736-toplivno-energeticheskiy-kompleks-tek/> (дата обращения: 07.11.2022)

10. Установка подготовки нефти (УПН) [Электронный ресурс] : URL: <https://neftegaz.ru/tech-library/oborudovanie-dlya-sbora-i-podgotovki-nefti-i-gaza/141662-ustanovka-podgotovki-nefti-upn/> (дата обращения: 07.11.2022)

11. О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 21.12.1994 № 68-ФЗ (ред. от 04.11.2022). URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_5295/bb9e97fad9d14ac66df4b6e67c453d1be3b77b4c/ (дата обращения: 07.11.2022)

12. Экспертиза промышленной безопасности проектной документации, технических устройств, зданий и сооружений и иной документации [Электронный ресурс] : URL: <https://gaznadzor.gazprom.ru/about/working/ehkspertno-proektnaya-deyateln/ehkspertiza-pb/> (дата обращения: 07.11.2022)

13. Об утверждении Правил организации мероприятий по предупреждению и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов на территории Российской Федерации, за исключением внутренних морских вод Российской Федерации и территориального моря Российской Федерации [Электронный ресурс]: Постановление Правительства РФ от 31 декабря 2020 года № 2451 URL: <https://base.garant.ru/400170332/> (дата обращения: 07.11.2022)

14. Методические указания по порядку разработки планов мероприятий по локализации и ликвидации последствий аварий на опасных

производственных объектах Обществ Группы ПАО «НК «Роснефть». М.: Москва, 2016. 70 с.

15. Овчинников В. П. Предупреждение и ликвидация осложнений, аварий и брака при строительстве скважин: учебное пособие. Тюмень, 2014. 156 с.

16. Самаркина, Т. С. Перспективы применения систем поддержки принятия решений в МЧС России / Т. С. Самаркина, Н. Н. Рахимова // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры: Материалы Всероссийской научно-методической конференции (с международным участием), Оренбург, 23–25 января 2020 года. Оренбург: Оренбургский государственный университет. 2020. С. 1003-1006.

17. Чурсин Ф. В., Горбунов С. В., Федотова Т. В. Аварийные разливы нефти: средства локализации и методы ликвидации // Пожарная безопасность. 2004. № 3. С. 176-189.

18. Хаустов А. П. Чрезвычайные ситуации и экологическая безопасность в нефтегазовом комплексе. URL: <https://docs.cntd.ru/document/499075302> (дата обращения: 13.02.2022).

19. Brik D. Offshore Oil and Gas Safety: Protection against Explosions // Journal of Marine Science and Engineering. 2021. № 9(3). P. 331.

20. Tarantola S. Safety Aspects of Offshore Oil and Gas Operations in Arctic and Sub-Arctic Waters. [Электронный ресурс]: URL: <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC114560> (дата обращения: 13.02.2022).

21. Vandenbussche V., Brude O., Tvedt H. Effect of well capping as a blowout risk reduction measure // International Oil Spill Conference Proceedings. 2014. № 1. P. 878-889.

22. О некоторых вопросах аттестации аварийно-спасательных служб, аварийно-спасательных формирований, спасателей и граждан, приобретающих статус спасателя [Электронный ресурс] Постановление Правительства РФ от 22 декабря 2011 г. № 1091. URL:

<https://base.garant.ru/70114552/> (дата обращения: 26.11.2022).

23. Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила промышленной безопасности складов нефти и нефтепродуктов» [Электронный ресурс]: Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 15.12.2020 № 529 (ред. от 30.12.2020). URL: <https://docs.cntd.ru/document/573264122> (дата обращения: 07.11.2022).

24. Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности» [Электронный ресурс] : Приказ от 15.12.2020 № 534. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573230594> (дата обращения: 07.11.2022).

25. Об организации предупреждения и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов на континентальном шельфе Российской Федерации, во внутренних морских водах, в территориальном море и прилегающей зоне Российской Федерации [Электронный ресурс]: Постановление Правительства Российской Федерации от 30.12.2020 № 2366. URL: <https://base.garant.ru/400167836/> (дата обращения: 07.11.2022).

26. Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасного ведения газоопасных, огневых и ремонтных работ» [Электронный ресурс] Приказ Ростехнадзора от 15.12.2020 № 528. URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=380265> (дата обращения: 10.11.2022).

27. Обустройство нефтяных и газовых месторождений. Требования пожарной безопасности [Электронный ресурс]: Свод правил. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200122146>. (дата обращения: 01.11.2022).

28. Противопожарные нормы проектирования объектов Западно-Сибирского нефтегазового комплекса [Электронный ресурс]: Ведомственные нормы технологического проектирования URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200054106>. (дата обращения: 01.11.2022).

29. Методика установления допустимого риска аварии при обосновании безопасности опасных производственных объектов нефтегазового комплекса. [Электронный ресурс]: Руководство по безопасности утверждено приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 23.08.2016 г. N 349. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200138581> (дата обращения: 04.11.2022).

30. Рекомендации по порядку временного вывода из эксплуатации технических устройств и сооружений на опасных производственных объектах нефтегазового комплекса [Электронный ресурс]: Руководство по безопасности утверждено приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 15 ноября 2018 г. N 567 URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/72003596/>. (дата обращения: 11.11.2022).

31. Методика анализа риска аварий на опасных производственных объектах морского нефтегазового комплекса [Электронный ресурс]: Руководство по безопасности утверждено приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 16 сентября 2015 г. № 364. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200124163> (дата обращения: 11.11.2022).

32. Об утверждении требований к составу и оснащению аварийно-спасательных служб и (или) аварийно-спасательных формирований, участвующих в осуществлении мероприятий по ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов [Электронный ресурс]: Постановление Правительства РФ от 16 декабря 2020 г. № 2124. URL: <https://base.garant.ru/75083147/> (дата обращения: 11.11.2022).

33. Инструкция по ликвидации возможных аварий на подводных переходах магистральных нефтепроводов и нефтепродуктопроводов [Электронный ресурс]: Руководство по безопасности. URL: <https://docs.cntd.ru/document/557182511>. (дата обращения: 04.11.2022).

34. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ URL: <https://base.garant.ru/12161584/>. (дата обращения: 04.11.2022).

35. Методические рекомендации по разработке обоснования безопасности опасных производственных объектов нефтегазового комплекса [Электронный ресурс]: Руководство по безопасности утверждено приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 30.09.2015 г. № 387 URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200124797>. (дата обращения: 14.11.2022).

36. Справочник мастера по капитальному ремонту скважин. / В.А. Блажевич, В.Г. Уметбаев. М.: Недра, 1990. – С. 208

37. Методические рекомендации по проведению количественного анализа риска аварии на опасных производственных объектах магистральных нефтепроводов и нефтепродуктопроводов [Электронный ресурс]: Руководство по безопасности утверждено приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 17 июня 2016 г. № 228 URL: <https://docs.cntd.ru/document/456007201>. (дата обращения: 14.11.2022).

38. Методика оценки риска аварий на опасных производственных объектах нефтегазоперерабатывающей, нефте- и газохимической промышленности [Электронный ресурс]: Руководство по безопасности утверждено приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 29 июня 2016 г. № 272 № 228 URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200136968>. (дата обращения: 14.11.2022).

39. Елагин А. А., Миронов М. А., Пономарев В. С., Шулепов И. Д. Способ локализации разливов нефти в водной среде. [Электронный ресурс] : URL: <https://patentimages.storage.googleapis.com/16/52/2c/87952e8d188b57/RU2514645C1.pdf>. (дата обращения: 03.11.2022).

40. Полякова, С. А. Анализ аварийности на объектах нефтегазовой отрасли России / С. А. Полякова, С. С. Ильичёв. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. — 2022. — № 16 (411). — С. 115-117. — URL: <https://moluch.ru/archive/411/90471/> (дата обращения: 10.10.2022).

41. Итоги 2017: Люди как главный фактор риска в нефтепереработке. [Электронный ресурс]: URL: <https://www.Interfax.ru/business/594010> (дата обращения: 07.11.2022).

42. Короткова Т. Г. Статистика и причины аварий на объектах нефтегазодобычи // Научные труды Кубанского государственного технологического университета. 2019. № 1. С. 115-127.

43. Крупные ЧП на нефтяных платформах в 2010-2021 годах. URL: <https://ria.ru/20210703/chp-1739707240.html>. (дата обращения: 29.10.2022).

44. IOGP Annual Safety Report Sees Accident Numbers Dive. [Электронный ресурс] : URL: <https://jpt.spe.org/iogp-annual-safety-report-sees-accident-numbers-dive> (дата обращения: 30.10.2022).

45. Occupational safety and health and skills in the oil and gas industry operating in polar and subarctic climate zones of the northern hemisphere. [Электронный ресурс]: URL: [https://www.ilo.org/sector/Resources/publications/WCMS_438074/lang--en/index.htm](https://www.ilo.org/sector/Resources/publications/WCMS_438074/lang-en/index.htm) (дата обращения: 10.11.2022).

46. Об утверждении правил по охране труда в подразделениях пожарной охраны [Электронный ресурс]: Приказ Минтруда РФ от 11 декабря 2020 г. № 881н URL: <https://docs.cntd.ru/document/573191712> (дата обращения: 03.11.2022)

47. Объединение Лидеров Нефтегазового Сервиса и Машиностроения России Национальная Ассоциация Нефтегазового Сервиса. Какие крупные ЧП происходили на нефтяных платформах с 2010 года. [Электронный ресурс] : URL: <https://nangs.org/news/upstream/kakie-krupnye-chp-proishodili-na-neftyanyh-platformah-s-2010-goda>. (дата обращения: 07.11.2022).

48. 5 Ways to Prevent Oil Field Accidents. [Электронный ресурс] : URL: <https://www.patmaloney.com/blog/2021/january/5-ways-to-prevent-oil-field-accidents/> (дата обращения: 06.11.2022).

49. Буровые растворы и крепление скважин. / Т. И. Колесникова, Ю.Н. Агеев. М.: Недра, 1975.-С.232

50. Требования к составу и оснащению аварийно-спасательных служб и (или) аварийно-спасательных формирований, участвующих в осуществлении мероприятий по ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов [Электронный ресурс] : URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_371475/d396dd510da972f4187edd444ec4bed8c10c8a62/. (дата обращения: 04.11.2022).

51. Солуянов Ю. М., Козловский В.Б, Рощупкин В.В., Шевцов В.Г., Солуянов Ю. М. Вертолетное устройство для локализации разливов нефти на акваториях: патент на изобретение. [Электронный ресурс] : URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44370255/> (дата обращения: 07.11.2022).

52. Терехнев В. В. Пожарная тактика. Книга 5. Пожаротушение. Часть 3. Горючие жидкости и газы. Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, Академия Государственной противопожарной службы. [Электронный ресурс] : URL: https://academygps.ru/upload/Library_files/fragments/%D0%9A-30.pdf. (дата обращения: 30.11.2022).

53. Акперов Э.Ф. Современные технологии для оповещения населения о чрезвычайных ситуациях // Наука и образование в условиях мировой нестабильности: проблемы, новые этапы развития: материалы III международной научно-практической конференции «Трансформация мировой науки и образования в эпоху перемен: стратегии, инструменты развития» (г. Ростов-на-Дону, 31 мая 2022 г.). Ростов-на-Дону, 2022. С. 26-28. [Электронный ресурс] : URL:

https://drive.google.com/file/d/18PUXxaIglwE2RsYQWrRKUC5XZ9_iVyq7/view?usp=sharing

54. Охрана труда в нефтяной и газовой промышленности / П. В. Куцын. М.: Недра, 1987. – С. 146.

55. Садвакасова, Х. Ж. Технологические жидкости для глушения скважин / Х. Ж. Садвакасова, Н. С. Ерпанова // Вестник молодого ученого УГНТУ. – 2015. – № 4(4). – С. 36-38. – EDN VRWGSZ.