

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

Институт инженерной и экологической безопасности

(наименование института полностью)

20.03.01 Техносферная безопасность

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Пожарная безопасность

(направленность (профиль)/специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Разработка предложений по совершенствованию системы обеспечения пожарной безопасности объекта защиты

Обучающийся

С.С. Алдамбаев

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент, Е.В. Полякова

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

Консультанты

к.э.н., доцент, Т.Ю. Фрезе

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

Тольятти 2023

Аннотация

Тема работы: «Разработка предложений по совершенствованию системы обеспечения пожарной безопасности объекта защиты».

В разделе «Характеристика объекта защиты» представлены общие сведения об объекте защиты.

В разделе «Расчет пожарной опасности технологического процесса» проводилось обоснование технического решения по огнепреграждению в трубопроводах с пожаровзрывоопасными технологическими средами.

В разделе «Охрана труда» составлен реестр профессиональных рисков для рабочих мест и произведена оценка производственных рисков на рабочих местах машиниста компрессорных установок, оператора промышленных установок и линейного обходчика.

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

В разделе «Оценка эффективности технического решения по обеспечению пожарной безопасности технологического процесса» выполнен расчет эффективности предложенных мероприятий по обеспечению техносферной безопасности.

Количественная характеристика работы: объем работы составляет 64 страницы, 6 рисунков, 23 таблицы.

Содержание

Введение.....	4
Термины и определения	6
Перечень сокращений и обозначений.....	7
1 Характеристика объекта защиты.....	8
2 Расчет пожарной опасности технологического процесса.....	15
3 Охрана труда.....	31
4 Охрана окружающей среды и экологическая безопасность.....	42
5 Оценка эффективности технического решения по обеспечению пожарной безопасности технологического процесса.....	51
Заключение	58
Список используемых источников.....	61

Введение

Обеспечение пожарной безопасности объектов газотранспортной системы актуально ввиду высокой пожароопасности транспортируемых в них газов.

Наряду с развитием городского строительства и потребностей промышленности в России строится и обслуживается все больше и больше магистральных нефте- и газопроводов. Утечка нефти и газа может произойти из-за внутренних или внешних факторов во время их транспортировки. Если концентрация газовой смеси, состоящей из нефти/газа и воздуха, достигает предела горения или взрыва, то при наличии поблизости источника возгорания может произойти авария с пожаром или взрывом, приводящая к человеческим жертвам и серьезным материальным потерям. Так, например, в 5:26 утра 19 августа 2000 года, произошел разрыв трубопровода для транспортировки природного газа диаметром 30 дюймов, эксплуатируемого El Paso Natural Gas Company, рядом с рекой Пекос близ Карлсбада, штат Нью-Мексико. Выделившийся газ воспламенился и горел в течение 55 минут. Двенадцать человек погибли. Два близлежащих стальных подвесных моста для газопроводов были сильно повреждены. По данным El Paso Natural Gas Company, собственность и другие ущерб или убытки составили 998 296 долларов США.

Цель исследования – повысить эффективность системы обеспечения пожарной безопасности объекта газотранспортной системы за счёт разработки технического решения по огнепреграждению в трубопроводах.

Задачи работы:

- рассмотреть общую характеристику объекта защиты;
- произвести анализ возможности образования в горючей среде источников зажигания, причин и путей распространения пожара;
- рассмотреть методику расчета критериев пожарной опасности для горючих газов;

- выполнить расчет размеров зон распространения пламени газов, избыточного давления и импульса волны давления при сгорании смесей горючих газов с воздухом в открытом пространстве;
- разработать обоснование технического решения по огнепреграждению в трубопроводах с пожаровзрывоопасными технологическими средами;
- составить реестр профессиональных рисков для рабочих мест производственного подразделения;
- провести идентификацию опасностей, которые могут возникнуть при выполнении технологических операций (видов работ) на выбранных для анализа рабочих местах;
- определить мероприятие по устранению высокого уровня профессионального риска на рабочем месте;
- определить антропогенную нагрузку организации, технологического процесса на окружающую среду;
- оформить результаты производственного контроля в области охраны атмосферного воздуха, результаты производственного контроля в области охраны и использования водных объектов, результаты производственного контроля в области обращения с отходами;
- выполнить расчет эффективности предложенных мероприятий по обеспечению техносферной безопасности.

Термины и определения

В настоящей работе применяют следующие термины с соответствующими определениями.

Детонация – это взрыв, который распространяется со сверхзвуковой скоростью и характеризуется ударной волной.

Дефлаграция – это взрыв, который распространяется с дозвуковой скоростью [3].

Загрязнение окружающей среды – «поступление в окружающую среду вещества и (или) энергии, свойства, местоположение или количество которых оказывают негативное воздействие на окружающую среду» [6].

Пожарная безопасность объекта защиты – «состояние объекта защиты, характеризующее возможность предотвращения возникновения и развития пожара, а также воздействия на людей и имущество опасных факторов пожара» [18].

Пожарная опасность веществ и материалов – «состояние веществ и материалов, характеризующее возможность возникновения горения или взрыва веществ и материалов» [18].

Стабилизированное горение – это ровное, устойчивое горение пламени который стабилизирован на элементе пламегасителя или вблизи него [3].

Перечень сокращений и обозначений

В настоящей работе применяют следующие сокращения и обозначения:

АСПТ – автоматическая система пожаротушения.

АСПС – автоматическая система пожарной сигнализации.

АУГП – автоматическая установка газового пожаротушения.

БЭМЗ – безопасный экспериментальный максимальный зазор.

ГОС – газовое огнетушащее вещество.

ГОУ – газоперекачивающая установка.

ГПА – газоперекачивающий агрегат.

ГПВС – газо-паровоздушная смесь.

КЗ – короткое замыкание.

МГП – модуль газового пожаротушения.

ОПКС – одноразовая предельная коммутационная способность.

ПДК – предельно допустимая концентрация.

ПК – пожарный контроллер.

ПТФЭ – политетрафторэтилен.

САУ ПО – система автоматического управления производственным оборудованием

САУР – система автоматического управления и регулирования.

СОУЭ – система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре.

ТНТ – тринитротолуол.

УПТ – усилитель постоянного тока.

ФККО – федеральный классификационный каталог отходов.

1 Характеристика объекта защиты

1.1 Общие сведения об объекте защиты

Исследуемым объектом защиты в данной ВКР является компрессорная станция (КЦ-2).

В состав КЦ-2 входят 3 агрегата ГПА 10-01 № 21, 22, 23 в индивидуальных укрытиях, смонтированных и введенных в эксплуатацию в 1978 году.

Состав КЦ-2 представлен на рисунке 1.

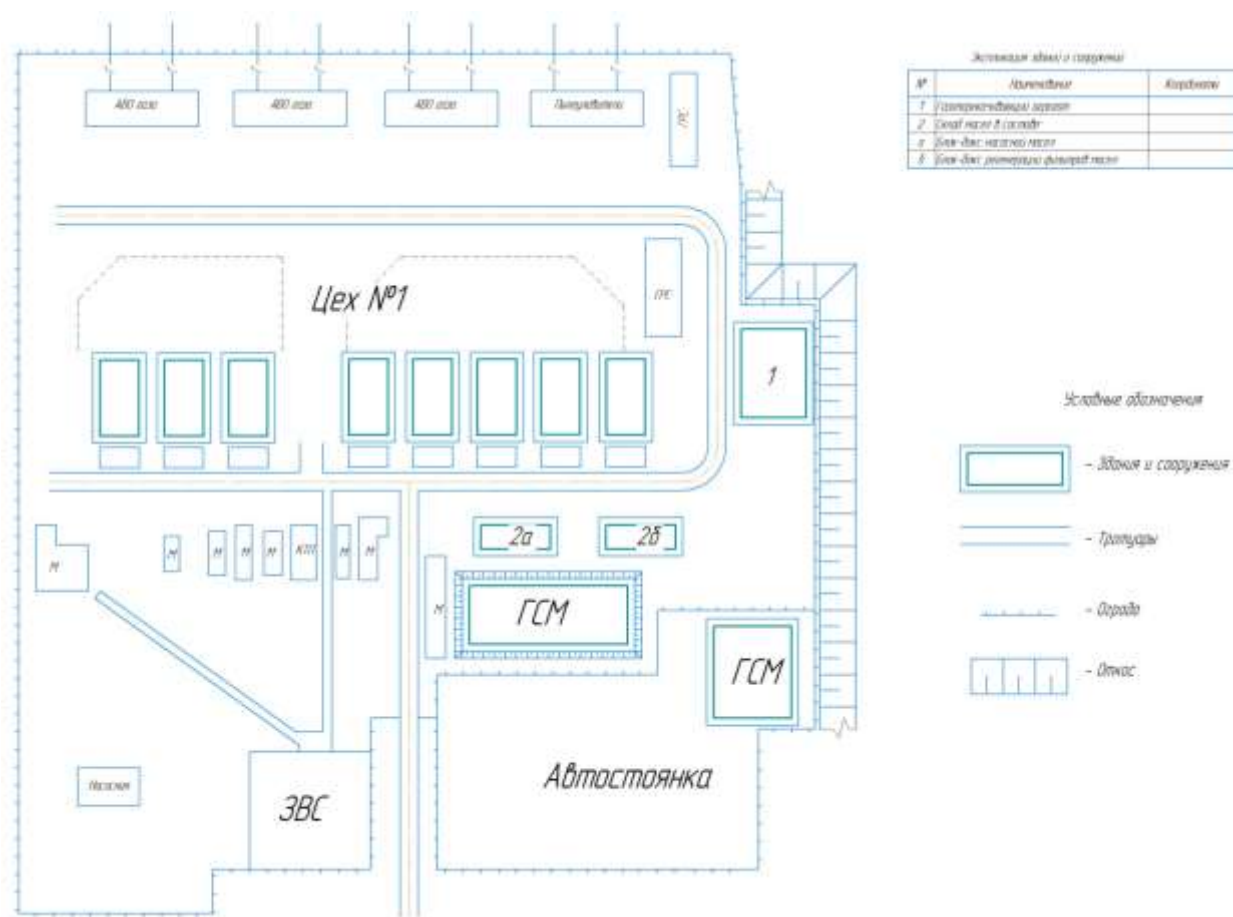


Рисунок 1 – Состав КЦ-2

Наружная отделка принята с учетом архитектурно-художественных требований и включает следующие основные виды отделки:

Приняты следующие основные виды отделки:

- для цоколя – облицовка плитами керамического гранита;
- для стен – силиконовая декоративная штукатурка «Короед» Ceresit СТ75 под колеровку;
- покрытие скатной кровли – трехслойные сэндвич-панели компании «Металл Профиль» с полимерным покрытием;
- оконные блоки – поливинилхлоридные профили по ГОСТ 30674-99 белого цвета;
- наружные дверные блоки из профилей ПВХ белого цвета по ГОСТ 30970-2002;
- металлические наружные дверные блоки по ГОСТ 31173-2003 и ворота по серии 435.2-28 с окраской износостойким покрытием в заводских условиях;
- окраска металлических элементов защитным лакокрасочным противокоррозионным покрытием Спецпротект. (ООО «Урбанстрой» г. Москва).

Внутренняя отделка принята исходя из функционального назначения помещений, с учетом санитарно-гигиенических и противопожарных требований, с использованием современных отделочных материалов.

Приняты следующие основные виды внутренней отделки стен и перегородок:

- окраска эмалью ПФ-115;
- масляная окраска МА-15.

Приняты следующие основные виды внутренней отделки для потолков – трехслойные сэндвич-панели с защитным покрытием внутренней поверхности белого цвета.

Виды внутренней отделки для покрытия полов:

- покрытие плитами керамического гранита с рельефной противоскользящей поверхностью;
- плиты фальшпола с покрытием из линолеума коммерческого антистатического Forbo Smaragd Classic,

1.2 Описание технологического процесса объекта защиты

Компрессорная станция обеспечивает перекачку газа по участку газопровода.

«Компрессорная станция – неотъемлемая и составная часть магистрального газопровода, обеспечивающая транспорт газа с помощью энергетического оборудования. КС служит управляющим элементом в комплексе сооружений, входящих в систему магистрального газопровода. Именно параметры работы станции определяют режим функционирования газовой магистрали» [1].

На объекте предусмотрена автоматическая система пожарной сигнализации (АСПС), автоматическая система пожаротушения (АСПТ), осуществляющая управление автоматической установкой газового пожаротушения (АУГП), и система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре (СОУЭ). АСПТ, АСПС и СОУЭ построены на базе пожарного контроллера (ПК) «ПК 5000» производства компании НПФ «Система-Сервис», поставляемого комплектно с блок-боксами САУ и Р ГПА I и II ступеней [2].

«Пожарная сигнализация, автоматизация пожаротушения и оповещение о пожаре выполнены в соответствии с требованиями СП 3.13130.2009 [14], СП 484.1311500.2020 [16] и СП 6.13130.2021» [15].

«Выбор типа пожарных извещателей, их количества и места установки производится в соответствии с СП 484.1311500.2020 в зависимости от назначения защищаемых отсеков и вида пожарной нагрузки, а также технической документацией завода-изготовителя» [15].

Защитой АСПТ обеспечено:

- отсек маслоагрегата, оборудованный извещателями пожарными тепловыми максимально-дифференциальными;
- отсек двигателя – извещателями пламени ИП330/3-20-А2;
- пространство под кожухом ГПА в отсеке двигателя – извещателями пожарными тепловыми максимально-дифференциальными 12-F28021-005;
- отсек нагнетателя – извещателями пламени ИП330/3-20-А2.

Для формирования сигналов на управление в автоматическом режиме установками пожаротушения и оповещения о пожаре в отсеках маслоагрегата, двигателя, нагнетателя, в пространстве под кожухом ГПА устанавливается не менее трех пожарных извещателей, включенных по логической схеме «И»: при срабатывании двух пожарных извещателей производится запуск АУГП (в соответствии с п.п. 14.1, 14.3 СП 484.1311500.2020).

Агрегаты ГПА-10 защищены двумя видами АУПТ (автоматизированная установка пожаротушения): газовая углекислота типа БАГЭ-4 в блоках двигателей ДР-59Л и пенное тушение в зале двигателя и в зале нагнетателя.

Защитой автоматическими установками газового пожаротушения оборудованы 3 агрегата ГПА 10-01 №№ 21, 22, 23 в индивидуальных укрытиях КЦ-2 КС.

Укрытие ГПА 10 состоит из зала двигателя и зала нагнетателя. В зале двигателя расположен кожух двигателя. Кожух двигателя оборудован шахтой забора охлаждающего воздуха сечением 800×800. Шахта забора воздуха не оборудована огнестойким запорным устройством (жалюзи). В зале нагнетателя расположен центробежный компрессор [4].

Комплекс технических средств включает в себя:

- автоматические установки газового пожаротушения;

- систему автоматического управления пожарообнаружением, контролем загазованности установками пожаротушения САУ ПО, КЗ и УПТ – автоматизация [17].

Технологическая часть автоматических установок газового пожаротушения предназначена для тушения и ликвидации пожара в индивидуальных укрытиях ГПА 10-01 № 21, 22, 23 (включая тушение под кожухом двигателя), размещенных на территории ОПКС.

«Система производственно-противопожарного водоснабжения предусматривается для обеспечения:

- наружного и внутреннего пожаротушения;
- технологических нужд основного и вспомогательного производств;
- поливки зеленых насаждений и твердых покрытий площадки» [2].

«Система производственно-противопожарного водоснабжения предусматривается в составе: кольцевой внутриплощадочной сети производственно-противопожарного водопровода; внутренних сетей производственно-противопожарного водопровода зданий» [2].

«Наружное пожаротушение на площадке осуществляется передвижной пожарной техникой из пожарных гидрантов, установленных на наружном кольцевом производственно-противопожарном водопроводе» [2]. Расположение пожарных гидрантов обозначено указателями, выполненными с использованием светоотражающих покрытий.

Внутреннее пожаротушение проектируемых зданий осуществляется из пожарных кранов, установленных на внутренних сетях производственно-противопожарного водопровода.

1.3 Анализ пожарной безопасности

Взрывоопасность оборудования ГПА определяется возможностью образования взрывоопасных смесей, обусловленных свойствами смазочных масел транспортируемого газа.

«Для газовых компрессорных характерно наличие большого количества горючих газов в магистральных трубопроводах, высокое давление в трубопроводах, большие объемы горючих жидкостей (смазочные материалы и абсорбенты)» [13].

«Как показывают статистика и опыт эксплуатации, пожары на компрессорных станциях происходят в основном из-за:

- воспламенения масла в компрессорных цехах при разрыве маслопроводов и попадания его на горячие поверхности газоперекачивающих агрегатов;
- разрушение обвязочных газопроводов компрессорных цехов, сопровождающихся воспламенением газа и других горючих веществ и материалов;
- попадания посторонних предметов в полость нагнетателя;
- проникновения газа к очагу пожара из-за неплотного закрытия кранов в технологической обвязке;
- нарушений требований действующих правил и инструкций во время проведения огневых и газоопасных работ, а также требований пожарной безопасности персоналом на территориях компрессорных станциях» [13].

«Пожарная опасность ГПА обусловлена высокой горючестью природного газа и турбинного масла, применяемого в системах смазки, охлаждения и уплотнения газоперекачивающих агрегатов, их энергоемкостью и наличием большого количества потенциальных источников зажигания. К ним относятся нагретые до высокой температуры поверхности ГПА. Попадание на них масла, которое циркулирует в системах смазки агрегатов под давлением, приводит к его воспламенению» [13].

«Пожарная опасность оборудования ГПА также обусловлена наличием масел, применяемых в системах смазки двигателя и нагнетателя» [2], лакокрасочных покрытий, электроизоляции, кабельной продукции и топливного газа.

Характеристики помещений рассматриваемого объекта по пожарной безопасности приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристики помещений рассматриваемого объекта по пожарной безопасности

Наименование помещения	Защищаемая площадь, м ²	Категория по взрывопожарной и пожарной безопасности	Класс взрывопожарной опасности по ПУЭ	Суммарная площадь постоянно открытых проемов, м ²
Зал нагнетателя	54,5	А	В-Іа	0,957
Отсек коробки приводов	6,23	В1	П-І	0,01
Отсек двигателя	23,2	Г	П-І	0,03
Зал двигателя	160,2	Г	П-І	0,01
Кожух двигателя	3,87	Г	П-І	0,64
Объем кожуха двигателя (без учета оборудования – 7,1 м ³ , с учетом оборудования – 15,0 м ³).				

Пожарная нагрузка в отсеках нагнетателя, двигателя, коробки приводов и кожухе двигателя компрессора > 2200 МДж/м².

Максимальная высота в зале нагнетателя – 7,6 м, в отсеках коробки приводов – 2,6, в отсеке двигателя – 2,9 м, кожуха двигателя – 3,88 м.

Минимальная температура воздуха в отсеке нагнетателя, отсеке двигателя, коробке приводов и кожухе двигателя – +5 °С. Максимальная температура + 60°С, в укрытии двигателя в штатном режиме – +60°С.

Горючие вещества – масло турбинное ТП-22с и МС-8гп.

Вывод по 1 разделу.

В разделе представлены общие сведения об объекте защиты.

Исследуемым объектом защиты в данной ВКР является компрессорная станция (КЦ-2), которая обеспечивает перекачку газа по участку газопровода. Комплекс технических средств компрессорной станции включает в себя: автоматические установки газового пожаротушения; систему автоматического управления пожарообнаружением, контролем загазованности установками пожаротушения САУ ПО, КЗ и УПТ – автоматизация.

2 Расчет пожарной опасности технологического процесса

2.1 Методика расчета критериев пожарной опасности для горючих газов

Методика расчета критериев пожарной опасности для горючих газов регламентирована Приказом МЧС РФ от 25.03.2009 № 182 (ред. от 09.12.2010) «Об утверждении свода правил «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности» (вместе с «СП 12.13130.2009...») [12].

При невозможности расчета пожарного риска выбор расчетного варианта следует осуществлять с учетом годовой частоты реализации и последствий тех или иных аварий. В качестве расчетного для вычисления критериев пожарной опасности наружных установок, в которых находятся (обращаются) горючие газы [12].

При невозможности реализации метода по В.1.1 в качестве расчетного следует выбирать наиболее неблагоприятный вариант аварии или период нормальной работы аппаратов, при котором в образовании горючих газо-, паровоздушных смесей участвует наибольшее количество газов, паров, наиболее опасных в отношении последствий сгорания этих смесей. В этом случае количество газов, паров, вышедших в атмосферу, рассчитывается в соответствии с В.1.3 – В.1.9 [12].

В случае, если использование расчетных методов не представляется возможным, допускается определение значений критериев пожарной опасности на основании результатов соответствующих научно-исследовательских работ, согласованных и утвержденных в установленном порядке [12].

Количество поступивших веществ, которые могут образовывать горючие газозоодушные, паровоздушные смеси, определяется исходя из следующих предпосылок:

- происходит расчетная авария одного из аппаратов согласно В.1.1 или В.1.2 (в зависимости от того, какой из подходов к определению расчетного варианта аварии принят за основу);
- все содержимое аппарата поступает в окружающее пространство;
- происходит одновременно утечка веществ из трубопроводов, питающих аппарат по прямому и обратному потоку в течение времени, необходимого для отключения трубопроводов [12].

Случайное воспламенение легковоспламеняющихся газов или паров из вентиляционных труб резервуара для хранения или технологической емкости представляет постоянную угрозу для установки и персонала [12].

2.2 Расчет размеров зон распространения пламени газов, избыточного давления и импульса волны давления при сгорании смесей горючих газов с воздухом в открытом пространстве

Схемы развития сценариев аварий на компрессорной станции (КЦ-2) представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Схемы развития сценариев аварий

Сценарий аварии	Развитие аварии
С ₁ Взрыв газового облака	Разгерметизация оборудования или трубопровода. Выброс технологической среды. Истечение без мгновенного воспламенения. Образование первичного газового облака на открытой площадке. Воспламенение газового облака. Взрыв газового облака Повреждение оборудования и трубопроводов соседних объектов. Травмирование персонала.
Горение газового облака	Разгерметизация оборудования или трубопровода. Выброс технологической среды. Истечение без мгновенного воспламенения. Образование первичногогазового облака на открытой площадке. Воспламенение газового облака. Горение газового облака в режиме «пожар-вспышка».

Продолжение таблицы 2

Сценарий аварии	Развитие аварии
Распространение газового облака	Разгерметизация оборудования или трубопровода. Выброс технологической среды. Истечение без мгновенного воспламенения. Образование первичного парогазового облака на открытой площадке. Распространение парогазового облака в атмосфере. Испарение углеводородных газов.
Факельное горение	Разгерметизация оборудования или трубопровода. Выброс технологической среды. Истечение с мгновенным воспламенением. Факельное горение. Тепловое воздействие на оборудование и трубопроводы соседних блоков. Травмирование персонала.
Образование «огненного шара»	Разгерметизация оборудования или трубопровода. Выброс технологической среды. Истечение с мгновенным воспламенением. Образование «огненного шара». Тепловое воздействие на оборудование и трубопроводы соседних блоков. Травмирование персонала.
Образование газового облака в помещении	Разгерметизация уплотнения оборудования или трубопровода. Выброс технологической среды. Истечение без мгновенного воспламенения. Образование газового облака в помещении. Рассеивание газового облака.
Образование газового облака в помещении	Разгерметизация уплотнения оборудования или трубопровода. Выброс технологической среды. Истечение без мгновенного воспламенения. Образование газового облака в помещении. Рассеивание газового облака. Без опасных последствий.
Взрыв внутри оборудования	Нарушение технологического процесса хранения. Появление источника воспламенения внутри емкости. Взрыв паров ПГФ внутри емкости. Поражение оборудования и персонала ударной волной. Испарение углеводородных газов.
Горение струи газа	Разгерметизация трубопровода или оборудования. Появление источника воспламенения в момент разгерметизации. Струевое горение газа. Термическое поражение оборудования и персонала.

Дерево сценариев при возникновении иницирующего события «Разрушение газопровода на открытой местности» представлено на рисунке 2.



Рисунок 2 – Дерево сценариев при возникновении инициирующего события «Разрушение газопровода на открытой местности»

Дерево сценариев при возникновении инициирующего события «Разрушение газопровода в помещении» представлено на рисунке 3.

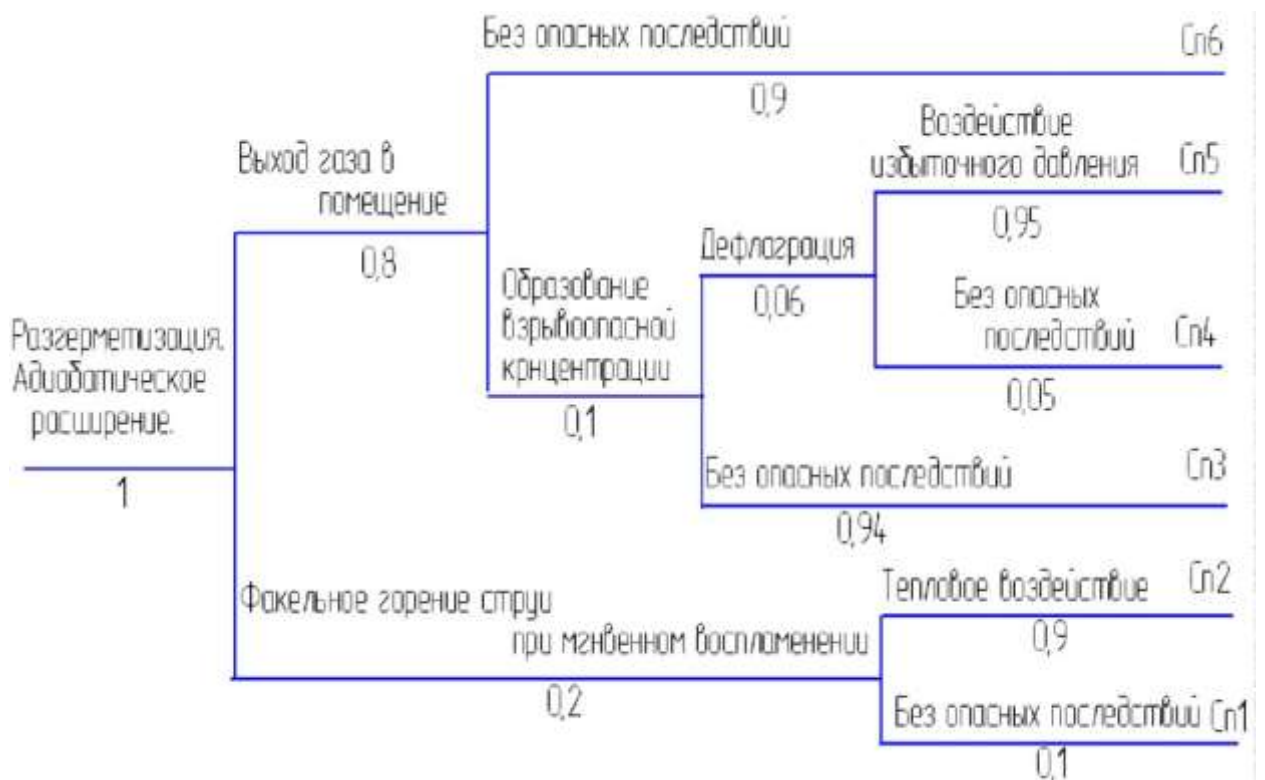


Рисунок 3 – Дерево сценариев при возникновении инициирующего события «Разрушение газопровода в помещении»

Для расчета размеров зон поражения по методике оценки, основанной на «тротиловом эквиваленте» взрыва метана входные данные представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Входные данные для расчета размеров зон поражения по методике оценки, основанной на «тротиловом эквиваленте» взрыва метана

Вид горючего вещества	Удельная теплота сгорания, кДж/кг	Масса горючих газов, кг
Природный газ	$46 \cdot 10^3$	6000

«Определяем «тротильный эквивалент» взрыва по формуле 1.

$$W_T = \frac{0,4q'}{0,9q_T} z m = \frac{0,4q'}{0,9q_T} m', \quad (1)$$

где 0,4 – доля энергии взрыва парогазовой среды, затрачиваемая непосредственно на формирование ударной волны;

0,9 – доля энергии взрыва ТНТ, затрачиваемая непосредственно на формирование ударной волны;

q' – удельная теплота сгорания парогазовой среды, кДж/кг;

q_T – удельная энергия взрыва ТНТ, кДж/кг (принимается 4520 кДж/кг)» [2].

$$W_T = \frac{0,4 \times 46000}{0,9 \times 4520} 0,5 \times 6000 = 13657 \text{ кг}$$

«Определяем радиусы зон различных классов разрушения по формуле 2.

$$R = K \sqrt[3]{W_T} \quad (2)$$

где К – безразмерный коэффициент, характеризующий воздействие взрыва на объект» [2].

Результаты расчетов радиусов зон различных классов разрушения заносим в таблицу 4.

Таблица 4 – Результаты расчетов радиусов зон различных классов

Класс зоны разрушения	K	Возможные последствия, характер повреждений зданий и сооружений	Радиус зоны разрушения, м
1	3,8	«Полное разрушение зданий с массивными стенами» [2]	90,83
2	5,6	«Разрушение стен кирпичных зданий толщиной в 1,5 кирпича; перемещение цилиндрических резервуаров; разрушение трубопроводных эстакад» [2]	133,86
3	9,6	«Разрушение перекрытий промышленных зданий; разрушение промышленных стальных несущих конструкций; деформации трубопроводных эстакад» [2]	229,47
4	28	«Разрушение перегородок и кровли зданий; повреждение стальных конструкций каркасов, ферм» [2]	669,30
5	56	«Граница зоны повреждений зданий; частичное повреждение остекления» [2]	1338,59

Если концентрация газовой смеси, состоящей из природного газа и воздуха, достигает предела горения и/или взрыва, это может привести к пожару и/или взрывной аварии.

2.3 Обоснование технического решения по огнепреграждению в трубопроводах с пожаровзрывоопасными технологическими средами

В качестве одного из таких уровней защиты обычно используются пламегасители.

«Безопасность технологической установки зависит от уровней защиты, то есть независимых мер, которые снижают вероятность неблагоприятного события или последствий такого события, если оно произойдет, путем контроля, предотвращения или смягчения последствий. Уровни защиты включают базовые системы мониторинга и автоматизации процесса,

аварийные сигналы, вызывающие вмешательство оператора, системы аварийного отключения, предохранительные клапаны и разрывные диски, ограждающие обвалования» [3].

Использование пламегасителей является одной из важнейших мер, принимаемых для предотвращения или минимизации возможных последствий. Их применение широко распространено, начиная от защиты небольших резервуаров для растворителей и заканчивая безопасностью крупных и сложных технологических установок. Основными потребителями являются нефтяная, газовая, нефтеперерабатывающая, химическая и нефтехимическая промышленность.

Пламегаситель – это устройство, которое останавливает попадание пламени в резервуар для хранения или технологическую емкость, содержащий легковоспламеняющийся газ или пары. Пламегаситель концевой типа устанавливается на крайнем конце трубопровода.

Разрядник состоит из пламегасящего элемента, содержащегося в корпусе, который включает резьбовые или фланцевые соединения для установки на трубу. Элемент часто имеет больший диаметр, чем рабочая труба, чтобы компенсировать падение давления, и поэтому корпус соответственно увеличивается.

Проводится различие между кратковременным горением (стабилизированное горение в течение определенного периода времени) и длительным горением (стабилизированное горение в течение неограниченного времени).

Проводится различие между стабильной «детонацией, которая не имеет значительных изменений скорости или давления, и нестабильной детонацией, которая представляет собой переход процесса горения от дефлаграции к стабильной детонации» [3].

«Труба, заполненная взрывоопасным газом, воспламеняется с одного конца, и пламя распространяется от источника воспламенения к другому концу трубы. Первоначально, в первой секции трубы, скорость фронта

пламени и давление взрыва низкие – это дефлаграция. Скорость волны горения и давление взрыва быстро возрастают, и дефлаграция превращается в нестабильную детонацию. Когда скорость и давление снижаются, событие становится стабильной детонацией» [20].

«Независимо от длины трубе, стабильная детонация распространяется по трубе со сверхзвуковыми скоростями» [2].

Огнепреградитель предназначен для гашения пламени и воздушной ударной волны, образовавшихся при возгорании или взрыве газопаровоздушной смеси (далее по тексту ГПВС), транспортируемой по трубопроводу.

Огнепреградителем могут оснащаться трубопроводы, по которым транспортируется ГПВС, на опасных производственных объектах.

Встроенные пламегасители устанавливаются в трубопроводных системах для защиты нижестоящего оборудования от дефлаграции.

Огнепреградитель может применяться на поверхностных и подземных газоперекачивающих установках (ГОУ) и дегазационных установках, а также в дегазационных системах с различными параметрами ГПВС, транспортируемой по трубопроводам.

Пламегасители классифицируются в зависимости от их расположения относительно оборудования, для защиты которого они предназначены.

Концевые пламегасители расположены непосредственно на выпускном патрубке сосуда или цистерны или на конце выпускной линии от выпускного патрубка. Обычно они представляют собой дефлаграционные пламегасители и обычно устанавливаются на резервуары для хранения под атмосферным давлением, технологические емкости и транспортные контейнеры. Если выпускаемые пары воспламеняются, например, от удара молнии, пламегаситель предотвратит воспламенение от распространения из внешней атмосферы внутрь сосуда.

Выбор между дефлаграционным разрядником и «детонационным разрядником» зависит от расстояния между потенциальным источником

воспламенения и разрядником (называемого расстоянием разбега и обозначаемого L), поскольку эта длина по отношению к диаметру трубы (L/D) влияет на переход дефлаграции в стабильную детонацию (рисунок 4)» [3].

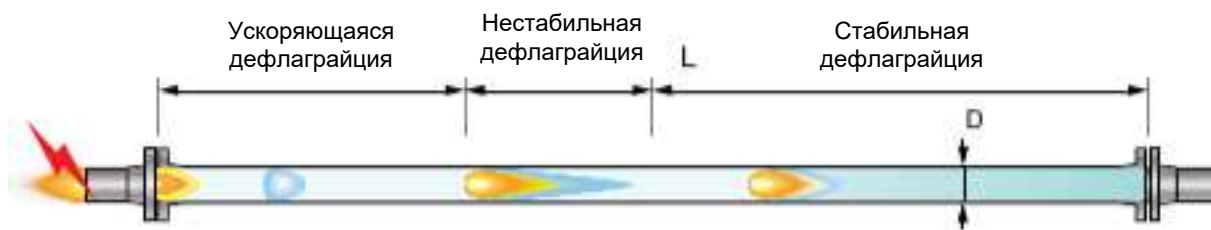


Рисунок 4 – Распространение дефлаграции внутри трубы

«Встроенные дефлаграционные пламегасители следует использовать только там, где соотношение L/D составляет менее 50 для смесей углерод/воздух и менее 30 для смесей водород/воздух; детонационные пламегасители используются большей длины или там, где расположение источника воспламенения неизвестно» [3].

«Третий тип пламегасителя, пламегаситель предварительной дефлаграции объема, используется в некоторых приложениях для защиты окружающей среды от негативных воздействий внутреннего взрыва сосуда» [3].

«Пламегасители предназначены для конкретных условий эксплуатации и должны выбираться по назначению. Чтобы убедиться в выборе эффективного пламегасителя, необходимо оценить условия, при которых он будет использоваться:

- что должно быть защищено;
- какая взрывоопасная газовая смесь может возникнуть;
- где может возникнуть взрывоопасная газовая смесь;
- где находятся потенциальные источники воспламенения;
- каковы рабочие параметры процесса (температура, давление)» [3].

«Если легковоспламеняющийся газ или смесь попадают (или воспламеняются в) узкий зазор между двумя пластинами, пламя распространяется через зазор в направлении несгоревшего газа (рисунок 5)» [3].

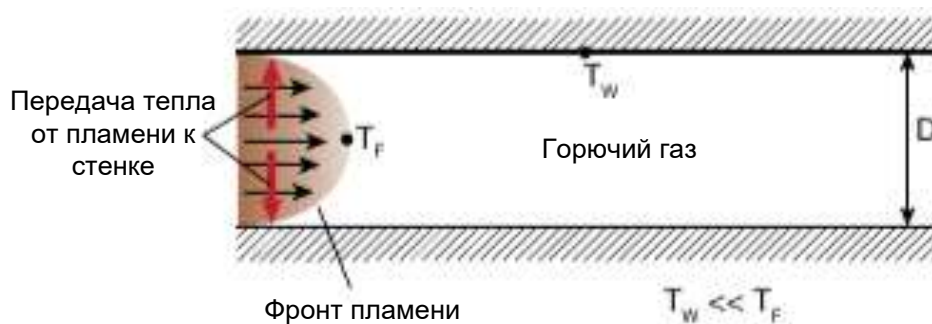


Рисунок 5 – Передача тепла от пламени к стенке пластин

«Тепло передается от фронта пламени к стенкам; чем уже и длиннее зазор, тем больше влияние холодной стенки на профиль пламени» [3]. При наличии зазора соответствующего размера такая теплопередача гасит пламя и предотвращает обратную вспышку. Таков принцип действия пламегасителя.

«Соответствующий размер зазора зависит от реакционной способности газозвушной смеси. Каждый газ или пар связан с максимальным пламегасящим зазором, называемым максимальным экспериментально безопасным зазором (БЭМЗ). БЭМЗ – это экспериментально определенное свойство газовой смеси. Он определяется как максимальный зазор между двумя параллельными металлическими поверхностями длиной 25 мм, который был найден при определенных условиях испытаний для предотвращения распространения взрыва в испытательной камере на вторичную камеру, содержащую тот же газ или пары в той же концентрации» [3].

Природный газ, относится к категории взрывоопасности ПА, соответственно $\text{БЭМЗ} > 0,9$ мм (1,16 мм для метана).

Определение категории формирует основу для выбора пламегасителей.

«Пламегасители работают за счет охлаждения пламени, проходящего через элементы пламегасителя, до такой степени, что температура газовой смеси падает ниже точки воспламенения на защищаемой стороне. Другими словами, скорость отвода тепла через пограничный слой к элементу пламегасителя намного больше, чем тепло, добавляемое в результате реакции горения» [3].

«Но сам элемент пламегасителя нагревается очень слабо, поскольку он подвергается воздействию высокой температуры в течение чрезвычайно короткого промежутка времени – нескольких микросекунд» [3].

«Теплопередача осуществляется почти исключительно за счет конвекции/диффузии» [3].

«Проводимость через элемент происходит только после того, как пламя рассеялось» [3].

«В политетрафторэтилене (ПТФЭ) это происходит медленнее, чем в нержавеющей стали, из-за более низкой теплопроводности первого» [3].

Таким образом, независимо от материала конструкции – ПТФЭ или нержавеющая сталь – элемент пламегасителя не испытывает какого-либо серьезного нагревания. Однако ПТФЭ обеспечивает защиту от коррозии и закупорки из-за полимеризации, что делает пламегасители из ПТФЭ подходящей альтернативой.

Пламегасители испытываются со смесями газов в различных группах взрывоопасности и по результатам этих испытаний утверждаются для конкретной группы газов.

Геометрическая форма объема сгорания пламегасителя определяется из следующего:

- может произойти атмосферная «дефлаграция, которая произойдет на открытом воздухе без заметного повышения давления» [3];

- «может произойти предобъемная дефлаграция, которая инициируется внутренним источником воспламенения и происходит в ограниченном объеме, например, внутри сосуда» [3];
- «может произойти линейная дефлаграция, представляющая собой ускоренный взрыв внутри трубы, который перемещается вдоль оси трубы со скоростью распространения пламени» [3].

Встроенный дефлаграционный пламегаситель должен быть установлен как можно «ближе к источнику воспламенения. Это должен быть пламегаситель дефлаграции с контролем температуры, который может обнаруживать стабилизированное пламя на пламегасящем элементе» [3].

«В качестве второго уровня защиты необходимо установить детонационный пламегаситель, установленный на одной линии с потенциальным источником воспламенения. Эти независимые меры обеспечивают высокий уровень безопасности» [3].

Рассмотрим пламегасители Groth Corporation, которые предназначены для предотвращения распространения пламени в системах газопроводов и защиты резервуаров низкого давления, содержащих легковоспламеняющиеся жидкости.

Пламегасители состоят из двух основных компонентов: основания пламегасителя и корпуса пламегасящего элемента. Основания служат соединительным интерфейсом к трубопроводной системе.

Пламегасящий элемент состоит из небольших параллельных треугольных проходов, выровненных таким образом, что приближающийся фронт пламени замедляется, а затем гасится, прежде чем он сможет распространиться на защищаемую сторону газопровода.

Пламегасящие элементы используют спирально намотанную гофрированную ленту, изготовленную из коррозионностойких материалов, для обеспечения наилучших характеристик тушения пламени при минимальном перепаде давления.

Они защищают горючий газ с низкой температурой вспышки от внешних источников тепла и воспламенения, обеспечивая повышенную противопожарную защиту и безопасность (рисунок 6).

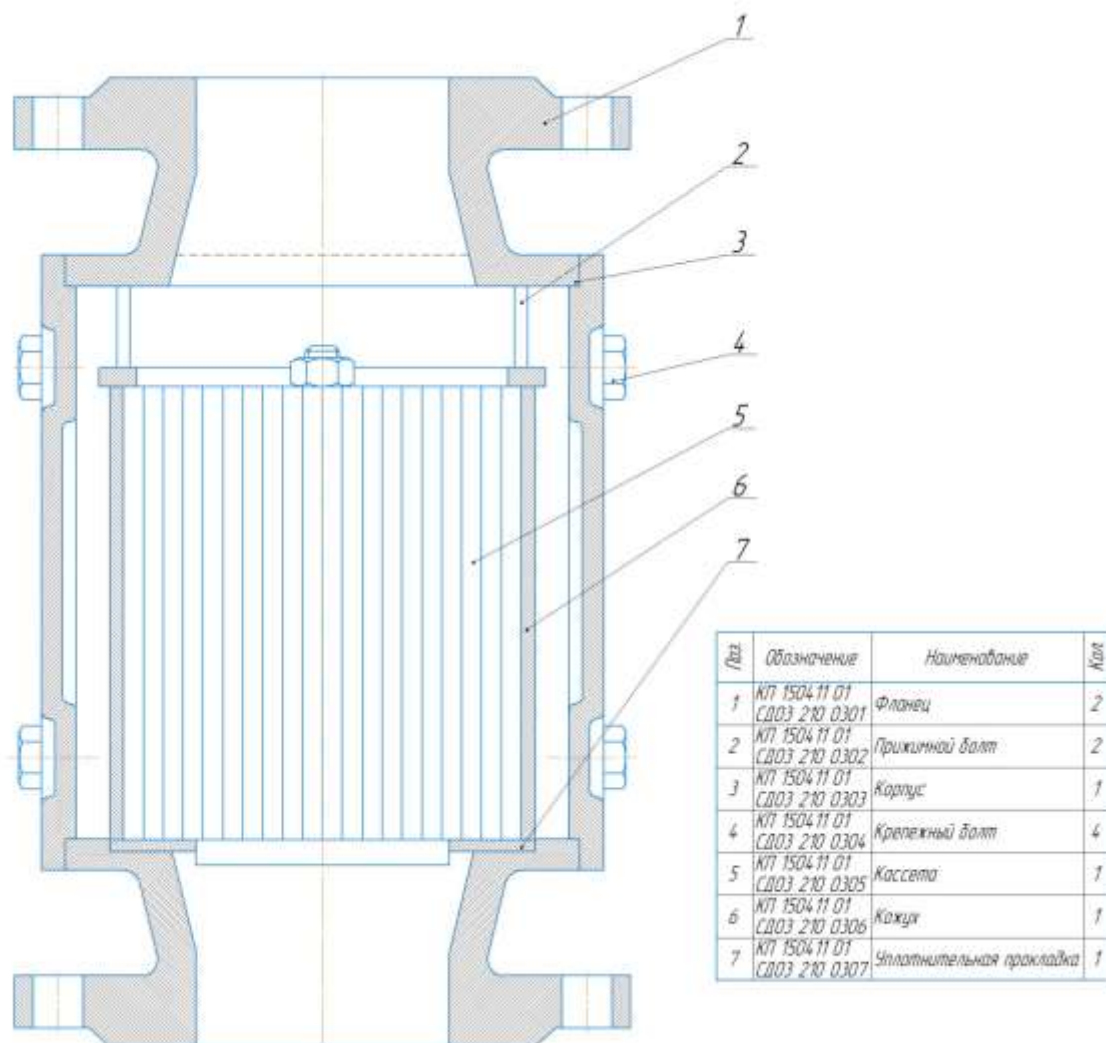


Рисунок 6 – Пламегаситель Groth Corporation

В зависимости от конструкции системы, в которой он используется, основания разрядника могут включать дополнительные порты для устройств контроля температуры или давления. Эти устройства могут активировать системы предупреждения или отключения при обнаружении ненормальных условий. Все существующее оборудование АУПТ эксплуатируется более 36 лет и на сегодняшний день не отвечает современным требованиям нормативных и ведомственных руководящих документов.

Предусмотренное на площадке ДКС-2 автоматическое газовое пожаротушение газовых перекачивающих агрегатов ГПА-Ц-6,3, является морально устаревшим и не в полной мере соответствует действующим нормам и правилам. Для доведения пожаротушения до действующих норм предлагаю произвести реконструкцию существующей и эксплуатируемой в данное время системы автоматического газового пожаротушения.

САУ ПО, КЗ и УПТ предназначена для:

- пожаробнаружения и управления установками газового пожаротушения высокого давления зданий – укрытий ГПА;
- пожарной сигнализации блок-блока САУР ГПА в укрытиях ГПА;
- оповещение о пожаре и управления эвакуацией укрытий ГПА;
- контроля загазованности зданий-укрытий ГПА;
- формированием импульсов управления вентиляцией и технологическим оборудованием укрытий ГПА.

Автоматические установки газового пожаротушения (АУПТ) агрегатов ГПА-Ц-6,3 предназначены для обнаружения, ликвидации очагов пожара, а также выдачи сигнала о пожаре дежурному персоналу.

Защите АУПТ в ГПА подлежат:

- отсек нагнетателя;
- отсек двигателя;
- отсек маслоагрегатов.

Тушение пожара в защищаемых отсеках производится методом заполнения объема газовым огнетушащим составом – двуокисью углерода (CO₂), до нормативной огнетушащей концентрации.

Предлагаемая автоматическая установка газового пожаротушения в своем составе имеет:

- модули газового пожаротушения МГП с запорно-пусковым устройством (электропуск) для хранения и адресной подачи необходимого количества газового огнетушащего вещества (ГОС);
- устройства весового контроля массы CO₂;

- магистральные и распределительные трубопроводы с необходимой арматурой;
- устройства для выпуска и распределения ГОС в защищаемые отсеки (насадки-распылители).

Принята централизованная установка пожаротушения, модули которой расположены в отсеке пожаротушения. Для восстановления работоспособности модульных установок после их срабатывания предусмотрен 100% запас огнетушащего состава. Включение установок происходит по сигналу датчиков пожарной сигнализации, в результате чего открывается клапан запорно-пускового устройства модуля газового пожаротушения, и огнегасительный состав подается в защищаемое помещение. Помимо автоматического пуска установки пожаротушения, предусматривается возможность дистанционного и ручного пуска.

Средствами автоматики предусмотрено оповещение обслуживающего персонала защищаемых агрегатов посредством звуковой и световой сигнализации о пожаре и загазованности. Оборудование для газового пожаротушения изготавливается и поставляется фирмой ЗАО «АРТСОК», г. Москва.

Вывод по второму разделу.

В разделе проводилось обоснование технического решения по огнепреграждению в трубопроводах с пожаровзрывоопасными технологическими средами.

Надежная противопожарная защита является обязательным требованием к промышленным огнепреграждающим клапанам в чувствительных областях применения, где легко могут произойти пожары. Клапаны, используемые в нефтегазовой, нефтеперерабатывающей, химической и нефтехимической промышленности, должны гарантировать надежное и безопасное отключение в случае пожара. Пожаробезопасная конструкция является важным критерием для таких промышленных клапанов. В качестве защиты газопровода необходимо предусмотреть

детонационный пламегаситель, установленный на одной линии с потенциальным источником воспламенения.

Предусмотренное на площадке ДКС-2 автоматическое газовое пожаротушение газовых перекачивающих агрегатов ГПА-Ц-6,3, является морально устаревшим и не в полной мере соответствует действующим нормам и правилам. Для доведения пожаротушения до действующих норм предлагается произвести реконструкцию существующей и эксплуатируемой в данное время системы автоматического газового пожаротушения.

Тушение пожара в защищаемых отсеках производится методом заполнения объема газовым огнетушащим составом – двуокисью углерода (CO_2), до нормативной огнетушащей концентрации. Принята централизованная установка пожаротушения, модули которой расположены в отсеке пожаротушения. Для восстановления работоспособности модульных установок после их срабатывания предусмотрен 100% запас огнетушащего состава.

3 Охрана труда

Для осуществления обязанностей по обеспечению безопасности работодателю рекомендуется проводить оценку профессионального риска работников и выполнять комплекс мероприятий, направленных на снижение существующего риска до безопасных значений [19].

Работодатель может провести оценку профессиональных рисков своими силами или привлечь организацию (экспертов). Работодателю необходимо сформировать комиссию из разных специалистов (например: специалистов по охране труда, пожарной безопасности, промышленной безопасности, специалистов по отдельным технологическим процессам), которые знакомы с методологией оценки рисков.

В «соответствии с Приказом Минтруда России от 29.10.2021 № 776н «Об утверждении Примерного положения о системе управления охраной труда» составим реестр профессиональных рисков для рабочих мест производственного подразделения, и проведём идентификацию опасностей, которые могут возникнуть при выполнении технологических операций на рассматриваемом объекте» [7].

Методика проведения оценки профессиональных рисков является рекомендованной, так что необходимо самостоятельно определить и утвердить ее.

В «соответствии с Приказом Минтруда России от 29.10.2021 № 776н «Об утверждении Примерного положения о системе управления охраной труда» составим реестр профессиональных рисков для рабочих мест производственного подразделения, и проведём идентификацию опасностей, которые могут возникнуть при выполнении технологических операций на объекте исследования» [7].

Опасности по природе воздействия подразделяются на физические, химические, биологические, психофизиологические.

Реестр опасностей (классификатор) на компрессорной станции газовом

трубопроводе представлен в таблице 5.

Таблица 5 – Реестр опасностей

№	Опасность	ID	Опасное событие
2	«Неприменение СИЗ или применение поврежденных СИЗ, не сертифицированных СИЗ, не соответствующих размерам СИЗ, СИЗ, не соответствующих выявленным опасностям, составу или уровню воздействия вредных факторов» [7]	2.1	«Травма или заболевание вследствие отсутствия защиты от вредных (травмирующих) факторов, от которых защищают СИЗ» [7]
3	«Скользкие, обледенелые, зажиренные, мокрые опорные поверхности» [7]	3.1	«Падение при спотыкании или поскользывании, при передвижении по скользким поверхностям или мокрым полам» [7]
3	«Перепад высот, отсутствие ограждения на высоте свыше 5 м» [7]	3.2	«Падение с высоты или из-за перепада высот на поверхности» [7]
		3.3	«Падение из-за отсутствия ограждения, из-за обрыва троса, в котлован, в шахту при подъеме или спуске при нештатной ситуации» [7]
		3.4	«Падение из-за внезапного появления на пути следования большого перепада высот» [7]
		3.5	«Падение с транспортного средства» [7]
6	«Обрушение наземных конструкций» [7]	6.1	«Травма в результате заваливания или раздавливания» [7]
	«Естественные природные подземные толчки и колебания земной поверхности, наводнения, пожары» [7]	6.2	«Травма в результате заваливания или раздавливания, ожоги вследствие пожара, утопление при попадании в жидкость» [7]
7	«Транспортное средство, в том числе погрузчик» [7]	7.1	«Наезд транспорта на человека» [7]
		7.2	«Травмирование в результате дорожно-транспортного происшествия» [7]
		7.3	«Раздавливание человека, находящегося между двумя сближающимися транспортными средствами» [7]
		7.4	«Опрокидывание транспортного средства при нарушении способов установки и строповки грузов» [7]

Продолжение таблицы 5

№	Опасность	ID	Опасное событие
-	-	7.5	«Опрокидывание транспортного средства при проведении работ» [7]
8	«Подвижные части машин и механизмов» [7]	8.1	«Удары, порезы, проколы, уколы, затягивания, наматывания, абразивные воздействия подвижными частями оборудования» [7]
9	«Вредные химические вещества в воздухе рабочей зоны» [7]	9.1	«Отравление воздушными взвешями вредных химических веществ в воздухе рабочей зоны» [7]
	«Воздействие на кожные покровы смазочных масел» [7]	9.2	«Заболевания кожи (дерматиты)» [7]
	«Воздействие на кожные покровы обезжиривающих и чистящих веществ» [7]	9.3	«Заболевания кожи (дерматиты)» [7]
	«Контакт с высокоопасными веществами» [7]	9.4	Отравления при вдыхании и попадании на кожу высокоопасных веществ
	«Образование токсичных паров при нагревании» [7]	9.5	Отравление при вдыхании паров вредных жидкостей, газов, пыли, тумана, дыма и твердых веществ
	«Воздействие химических веществ на кожу» [7]	9.6	«Заболевания кожи (дерматиты) при воздействии химических веществ, не указанных в пунктах 9.2 - 9.6» [7]
	«Воздействие химических веществ на глаза» [7]	9.7	«Травма оболочек и роговицы глаза при воздействии химических веществ, не указанных в пунктах 9.2 - 9.6» [7]
10	«Химические реакции веществ, приводящие к пожару и взрыву» [7]	10.1	«Травмы, ожоги вследствие пожара или взрыва» [7]
11	«Недостаток кислорода в воздухе рабочей зоны в замкнутых технологических емкостях, из-за вытеснения его другими газами или жидкостями» [7]	11.1.	«Развитие гипоксии или удушья из-за недостатка кислорода в замкнутых технологических емкостях» [7]
		11.2	«Развитие гипоксии или удушья из-за вытеснения его другими газами или жидкостями» [7]
		11.3	«Развитие гипоксии или удушья из-за недостатка кислорода в подземных сооружениях» [7]
		11.4	«Развитие гипоксии или удушья из-за недостатка кислорода в безвоздушных средах» [7]
12	«Аэрозоли преимущественно фиброгенного действия (АПФД)» [7]	12.1	«Повреждение органов дыхания частицами пыли» [7]
		12.2	«Повреждение глаз и кожных покровов вследствие воздействия пыли» [7]

Продолжение таблицы 5

№	Опасность	ID	Опасное событие
-	-	12.3	«Повреждение органов дыхания вследствие воздействия воздушных взвесей вредных химических веществ» [7]
		12.4	«Повреждение органов дыхания вследствие воздействия воздушных взвесей, содержащих смазочные масла» [7]
		12.5	«Воздействие на органы дыхания воздушных взвесей, содержащих чистящие и обезжиривающие вещества» [7]
13	«Материал, жидкость или газ, имеющие высокую температуру» [7]	13.1	«Ожог при контакте незащищенных частей тела с поверхностью предметов, имеющих высокую температуру» [7]
		13.2	«Ожог от воздействия на незащищенные участки тела материалов, жидкостей или газов, имеющих высокую температуру» [7]
		13.3	«Тепловой удар при длительном нахождении в помещении с высокой температурой воздуха» [7]
	«Энергия открытого пламени, выплесков металлов, искр и брызг расплавленного металла и металлической окалины» [7]	13.4	«Тепловой удар при длительном нахождении вблизи открытого пламени» [7]
		13.5	«Ожог кожных покровов и слизистых оболочек вследствие воздействия открытого пламени» [7]
		13.6	«Ожог роговицы глаза» [7]
		13.7	«Ожог вследствие воздействия на незащищенные участки тела материалов, жидкостей или газов, имеющих высокую температуру» [7]
	«Поверхности, имеющие высокую температуру (воздействие конвективной теплоты)» [7]	13.8	«Тепловой удар от воздействия окружающих поверхностей оборудования, имеющих высокую температуру» [7]
		13.9	«ожог кожных покровов работника вследствие контакта с поверхностью имеющую высокую температуру» [7]
	«Прямое воздействие солнечных лучей» [7]	13.10	«Тепловой удар при длительном нахождении на открытом воздухе при прямом воздействии лучей солнца на незащищенную поверхность головы» [7]

Продолжение таблицы 5

№	Опасность	ID	Опасное событие
14	«Охлажденная поверхность, охлажденная жидкость или газ» [7]	14.1	«Заболевания вследствие переохлаждения организма, обморожение мягких тканей из-за контакта с поверхностью, имеющую низкую температуру, с охлажденной жидкостью или газом» [7]
15	«Высокая влажность окружающей среды, в рабочей зоне, в том числе, связанная с климатом» [7]	15.1	«Заболевания вследствие переохлаждения организма» [7]
16	«Высокая или низкая скорость движения воздуха, в том числе, связанная с климатом» [7]	16.1	«Заболевания вследствие перегрева или переохлаждения организма» [7]
		16.2	«Травмы вследствие воздействия высокой скорости движения воздуха» [7]
20	«Повышенный уровень шума и другие неблагоприятные характеристики шума» [7]	20.1	«Снижение остроты слуха, тугоухость, глухота, повреждение мембранной перепонки уха, связанные с воздействием повышенного уровня шума и других неблагоприятных характеристик шума» [7]
		20.2	«События, связанные с возможностью не услышать звуковой сигнал об опасности» [7]
	20.3	«Обусловленные воздействием ультразвука снижение уровня слуха (тугоухость), вегетососудистая дистония, астенический синдром» [7]	
21	«Воздействие локальной вибрации при использовании ручных механизмов и инструментов» [7]	21.1	«Воздействие локальной вибрации на руки работника при использовании ручных механизмов (сужение сосудов, болезнь белых пальцев)» [7]
	«Воздействие общей вибрации (колебания всего тела)» [7]	21.2	«Воздействие общей вибрации на тело работника» [7]
22	«Груз, инструмент или предмет, перемещаемый или поднимаемый, в том числе на высоту» [7]	22.1.	«Удар работника или падение на работника предмета, тяжелого инструмента или груза, упавшего при перемещении или подъеме» [7]
23	«Физические перегрузки при чрезмерных физических усилиях при подъеме предметов и деталей, при перемещении предметов и деталей, при стереотипных рабочих движениях и при статических нагрузках, при неудобной рабочей позе, в том числе при наклонах корпуса тела работника более чем на 30°» [7]	23.1.	«Повреждение костно-мышечного аппарата работника при физических перегрузках» [7]

Продолжение таблицы 5

№	Опасность	ID	Опасное событие
24	«Монотонность труда при выполнении однообразных действий или непрерывной и устойчивой концентрации внимания в условиях дефицита сенсорных нагрузок» [7]	24.1.	Психоэмоциональные перегрузки
	«Новые, непривычные виды труда, связанные с отсутствием информации, умений для выполнения новым видам работы» [7]	24.2.	Психоэмоциональные перегрузки
	«Диспетчеризация процессов, связанная с длительной концентрацией внимания» [7]	24.4.	Психоэмоциональные перегрузки
27	«Электрический ток» [7]	27.1	«Контакт с частями электрооборудования, находящимися под напряжением» [7]
		27.2	«Отсутствие заземления или неисправность электрооборудования» [7]
		27.3	«Нарушение правил эксплуатации и ремонта электрооборудования, неприменение СИЗ» [7]
		27.4	«Воздействие электрической дуги» [7]
	«Шаговое напряжение» [7]	27.5	«Поражение электрическим током» [7]
	«Искры, возникающие вследствие накопления статического электричества, в том числе при работе во взрывопожароопасной среде» [7]	27.6	«Ожог, пожар или взрыв при искровом зажигании взрывопожароопасной среды» [7]
	«Наведенное напряжение в отключенной электрической цепи (электромагнитное воздействие параллельной воздушной электрической линии или электричества, циркулирующего в контактной сети)» [7]	27.7	«Поражение электрическим током» [7]
28	«Насилие от враждебно настроенных работников /третьих лиц» [7]	28.1.	«Психофизическая нагрузка» [7]

Составим матрицу, рекомендуемая Приказом Минтруда России от 28.12.2021 № 926 «Об утверждении Рекомендаций по выбору методов оценки уровней профессиональных рисков и по снижению уровней таких рисков»

[8]. Оценка вероятности представлена в таблице 6.

Таблица 6 – Оценка вероятности

Степень вероятности		Характеристика	Коэффициент, А
1	Весьма маловероятно	«Практически исключено» [8]. «Зависит от следования инструкции. Нужны многочисленные поломки/отказы/ошибки» [8].	1
2	Маловероятно	«Сложно представить, однако может произойти» [8]. «Зависит от следования инструкции» [8]. «Нужны многочисленные поломки/отказы/ошибки» [8].	2
3	Возможно	«Иногда может произойти» [8]. «Зависит от обучения (квалификации)» [8]. «Одна ошибка может стать причиной аварии/инцидента/несчастного случая» [8].	3
4	Вероятно	«Зависит от случая, высокая степень возможности реализации» [8]. «Часто слышим о подобных фактах» [8]. «Периодически наблюдаемое событие» [8].	4
5	Весьма вероятно	«Обязательно произойдет» [8]. «Практически несомненно» [8]. «Регулярно наблюдаемое событие» [8].	5

Оценка степени тяжести последствий представлена в таблице 7.

Таблица 7 – Оценка степени тяжести последствий

Тяжесть последствий		Потенциальные последствия для людей	Коэффициент, U
5	Катастрофическая	«Групповой несчастный случай на производстве (число пострадавших 2 и более человек)» [8]. «Несчастный случай на производстве со смертельным исходом. Авария. Пожар» [8].	5
4	Крупная	«Тяжелый несчастный случай на производстве (временная нетрудоспособность более 60 дней)» [8]. «Профессиональное заболевание» [8]. «Инцидент» [8].	4
3	Значительная	«Серьезная травма, болезнь и расстройство здоровья с временной утратой трудоспособности продолжительностью до 60 дней. Инцидент» [8].	3

Продолжение таблицы 7

Тяжесть последствий		Потенциальные последствия для людей	Коэффициент, U
2	Незначительная	«Незначительная травма – микротравма (легкие повреждения, ушибы), оказана первая медицинская помощь» [8]. «Инцидент» [8]. «Быстро потушенное загорание» [8].	2
1	Приемлемая	«Без травмы или заболевания» [8]. «Незначительный, быстроустраняемый ущерб» [8].	1

Количественная оценка риска рассчитывается по формуле 3.

$$R=A \cdot U, \quad (3)$$

где A – коэффициент вероятности;

U – коэффициент тяжести последствий.

Матрица профессиональных рисков с двумя переменными представлена в таблице 8.

Таблица 8 – Матрица рисков с двумя переменными

Риск			Вероятность				
			1	2	3	4	5
			Весьма маловероятно	Маловероятно	Возможно	Вероятно	Весьма вероятно
Тяжесть	1	Приемлемая	1	2	3	4	5
	2	Незначительная	2	4	6	8	10
	3	Значительная	3	6	9	12	15
	4	Крупная	4	8	12	16	20
	5	Катастрофическая	5	10	15	20	25

Оценка значимости рисков представлена в таблице 9.

Таблица 9 – Оценка значимости рисков

Интервал значений риска	$1 < R < 8$	$9 < R < 17$	$18 < R < 25$
Значимость риска	Низкий (незначительный)	Средний	Высокий

«По результатам проведенной идентификации на каждом рабочем месте заполняется Анкета (таблица 10) в соответствии Приказом Минтруда России от 28.12.2021 № 926 «Об утверждении Рекомендаций по выбору методов оценки уровней профессиональных рисков и по снижению уровней таких рисков» [8].

«Для каждой профессии (должности) работника предприятия оформляется карта оценки профессиональных рисков» [8].

Таблица 10 – Анкета

Рабочее место	Опасность	Опасное событие	Степень вероятности, А	Коэффициент, А	Тяжесть последствий, U	Коэффициент, U	Оценка риска, R	Значимость оценки риска
Машинист компрессорных установок	8	8.1	Возможно	3	Крупная	4	12	Средний
	27	27.1	Маловероятно	2	Крупная	4	8	Низкий
Линейный обходчик	7	7.2	Вероятно	4	Значительная	3	16	Средний
	6	6.1	Вероятно	4	Катастрофическая	5	20	Высокий
Оператор установок	3	3.1	Возможно	3	Незначительная	2	6	Низкий

«Контроль уровней профессиональных рисков включает периодическую проверку рабочих мест на предмет:

- появления новых опасностей или возможности их появления;

- соблюдения установленных организационных мер и требований безопасности;
- соблюдения установленных режимов работы технологического оборудования;
- исправности и работоспособности систем аварийной сигнализации, средств эвакуации и спасения в аварийных ситуациях;
- фактического выполнения работниками требований безопасности, организационных и технологических требований (поведенческий аудит)» [10].

Для идентифицированных опасностей определяются существующие меры управления [10].

Меры управления по результатам оценки рисков на рабочих местах представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Меры управления по результатам оценки рисков на рабочих местах

Должность/ профессия	Идентификация опасности	Какие принимаются меры	Необходимые дополнительные меры по воздействию на риск
Машинист компрессорных установок	Опасность удара вращающимися или движущимися частями оборудования	Проведение Инструктажей по безопасной работе с движущимися частями оборудования	Выполнить ограждение движущихся частей оборудования. Работы по ремонту проводить только на отключенном оборудовании. Внедрить устройства защитного отключения оборудования.
	«Опасность затягивания в подвижные части машин и механизмов» [8]		
Операторы промышленных установок	«Опасность падения из-за потери равновесия при спотыкании» [8]	Проведение Инструктажей по ОТ	Обозначить выступающие части пола сигнальными цветами (лентой)
Линейный обходчик	Опасность обрушения наземных конструкций	Проведение Инструктажей по ОТ	Разработка чек-листа по контролю за состоянием конструкций
	«Опасность травмирования в результате дорожно- транспортного происшествия» [8]	Проведение занятий по ПДД	Контроль за техническим состоянием транспортных средств

«В случае если у работников с одинаковой должностью отличается уровень контроля над риском (отличаются меры управления риском, присутствуют дополнительные опасности и прочее) на такие рабочие места оформляется самостоятельная карта оценки профессионального риска» [9].

После завершения процедуры оценки уровней профессиональных рисков в организации необходимо вести постоянную работу по контролю уровней рисков, установленных по результатам внедрения защитных мер [9].

Вывод по 4 разделу.

В разделе составлен реестр профессиональных рисков для рабочих мест и произведена оценка производственных рисков на рабочих местах машиниста компрессорных установок, оператора промышленных установок и линейного обходчика.

Предложены необходимые дополнительные меры по воздействию на профессиональные риски:

- выполнить ограждение движущихся частей оборудования;
- работы по ремонту проводить только на отключенном оборудовании;
- внедрить устройства защитного отключения оборудования;
- обозначить выступающие части пола сигнальными цветами (лентой);
- Разработка чек-листа по контролю за состоянием конструкций;
- контроль за техническим состоянием транспортных средств.

4 Охрана окружающей среды и экологическая безопасность

Проведём оценку антропогенной нагрузки компрессорной станции ДКС-2 на окружающую среду (таблица 12).

Таблица 12 – Антропогенная нагрузка на окружающую среду

Наименование объекта	Подразделение	Воздействие на атмосферный воздух (выбросы, перечислить виды выбросов)	Воздействие на водные объекты (сбросы, перечислить виды сбросов)	Отходы (перечислить виды отходов)
ПАО «Газпром»	Компрессорная станция ДКС-2	Газообразные	Бытовые сточные воды	Органические, коммунальные
Количество в год		4,892898 т	-	2,01 т

Перечень отходов и их класс опасности представлен в таблице 13.

Таблица 13 – Перечень отходов и их класс опасности

Наименование видов отходов	Код ФККО	Класс опасности	Образовано отходов, тонн	Утилизировано отходов, тонн	Обезврежено отходов, тонн
«Лампы ртутные, ртутно-кварцевые, люминесцентные, утратившие потребительские свойства» [11]	4 71 101 01 52 1	1	0,02	-	0,02
«Резиновые изделия незагрязненные, потерявшие потребительские свойства» [11]	4 31 141 01 20 4	4	0,1	0,1	-
«Отходы спецодежды и спецобуви» [11]	4 33 202 03 52 4	5	0,2	0,2	-
Смет с территории» [11]	7 33 390 01 71 4	4	0,7	0,7	-
«Мусор от офисных бытовых помещений организаций несортированный» [11]	7 33 100 01 72 4	5	0,4	0,4	-

Продолжение таблицы 13

Наименование видов отходов	Код ФККО	Класс опасности	Образовано отходов, тонн	Утилизировано отходов, тонн	Обезврежено отходов, тонн
«Бытовые отходы (исключая крупногабаритный)» [11]	7 33 100 01 72 4	5	0,25	0,25	-

Определим, соответствуют ли технологии на производстве наилучшим доступным.

Результаты анализа технологии на производстве представлены в таблице 14.

Таблица 14 – Результаты соответствия технологий на производстве

Структурное подразделение (площадка, цех или другое)		Наименование технологии	Соответствие наилучшей доступной технологии
Номер	Наименование		
1	Транспортировка газа по трубопроводам	Соответствует	ДКС-1

В процессе работы при количественном определении массы вредных веществ, выбрасываемых в атмосферу источниками предприятия, были использованы данные предприятия о среднегодовом режиме работы оборудования и машин, применяемых технологических операциях, использованных материалах, фонде рабочего времени.

Исследование состава и количества выбросов от источников загрязнения проводилось при максимальной нагрузке оборудования. Выбросы загрязняющих веществ от источников определены при помощи замеров и расчетным методом.

Список вредных веществ, их класс опасности, ПДК или ОБУВ приведены в таблице 15.

Таблица 15– Список вредных веществ, их класс опасности, ПДК или ОБУВ

Вещество		Вид ПДК	Значение ПДК (ОБУВ), мг/м ³	Класс опасности	Суммарный выброс загрязняющих веществ, т/год (за 2022 год)
код	наименование				
0143	Марганец и его соединения/в пересчете на марганец (IV) оксид/	ПДКм.р.	0,01	2	0,000632
		ПДКс.с.	0,001		
		ПДКс.г.	0,00005		
0322	Серная кислота/по молекуле H ₂ SO ₄ /	ПДКм.р.	0,3	2	3,78e ⁻⁷
		ПДКс.с.	0,1		
		ПДКс.г.	0,001		
0342	Фтористые газообразные соединения/в пересчете на фтор/: гидрофторид (Водород фторид; фтороводород)	ПДКм.р.	0,02	2	0,000146
		ПДКс.с.	0,014		
		ПДКс.г.	0,005		
0703	Бенз/а/пирен	ПДКс.с.	1,00e ⁻⁶	1	1,07e ⁻⁶
		ПДКс.г.	1,00e ⁻⁶		
Всего веществ (4):					0,000781
в том числе твердых (2):					0,000634
жидких и газообразных (2):					0,000147

Количественная и качественная характеристика загрязняющих веществ, выделяющихся (выбрасываемых) в атмосферу, приведена в таблице 16.

Таблица 16 – Характеристика выделений (выбросов) загрязняющих веществ в атмосферу

Загрязняющее вещество		Максимально разовый выброс, г/с	Годовой выброс, т/год
код	наименование		
0301	Азота диоксид (Азот (IV) оксид)	0,0374242	1,180208
0304	Азот (II) оксид (Азота оксид)	0,0060815	0,191784
0337	Углерод оксид	0,1116472	3,520905
0703	Бенз/а/пирен (3,4-Бензпирен)	3,06e ⁻⁸	9,64e ⁻⁷

Результаты контроля стационарных источников выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух представлены в таблице 17.

Результаты производственного контроля в области охраны и использования водных объектов представлены в таблице 18.

Результаты производственного контроля в области обращения с отходами представлены в таблице 19.

Таблица 17 – Результаты контроля стационарных источников выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух

№ п/п	Структурное подразделение (площадка, цех или другое)		Источник		Наименование загрязняющего вещества	Предельно допустимый выброс или временно согласованный выброс, г/с	Фактический выброс, г/с	Превышение предельно допустимого выброса или временно согласованного выброса в раз (гр. 8 / гр. 7)	Дата отбора проб	Общее количество случаев превышения предельно допустимого выброса или временно согласованного выброса	Примечание
	Номер	Наименование	Номер	Наименование							
1	1	ДКС-2	1	Трубопровод	Азота диоксид (Азот (IV) оксид)	1,180208	1,180208	-	-	-	Контроль осуществляется 1 раз в 5 лет
					Азот (II) оксид (Азота оксид)	0,191784	0,191784	-	-	-	
					Углерод оксид	3,520905	3,520905	-	-	-	
					Бенз/а/пирен (3,4-Бензпирен)	9,64e ⁻⁷	9,64e ⁻⁷	-	-	-	
Итого						4,892898	4,892898	-	-	-	-

Таблица 18 – Результаты проведения проверок работы очистных сооружений, включая результаты технологического контроля эффективности работы очистных сооружений на всех этапах и стадиях очистки сточных вод и обработки осадков

Тип очистного сооружения	Год ввода в эксплуатацию	Сведения о стадиях очистки, с указанием сооружений очистки сточных вод, в том числе дренажных, вод, относящихся к каждой стадии	Объем сброса сточных, в том числе дренажных, вод, тыс. м ³ /сут.; тыс. м ³ /год			Наименование загрязняющего вещества или микроорганизма	Дата контроля (дата отбора проб)	Содержание загрязняющих веществ, мг/дм ³			Эффективность очистки сточных вод, %	
			Проектный	Допустимый, в соответствии с разрешительным документом на право пользования водным объектом	Фактический			Проектное	Допустимое, в соответствии и с разрешением на сброс веществ и микроорганизмов в водные объекты	Фактическое	Проектная	Фактическая
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	16	17
Очистные сооружения отсутствуют												

Таблица 19 – Сведения об образовании, утилизации, обезвреживании, размещении отходов производства и потребления

№ строки	Наименование видов отходов	Код по федеральному классификационному каталогу отходов, далее - ФККО	Класс опасности отходов	Наличие отходов на начало года, тонн		Образовано отходов, тонн	Получено отходов от других индивидуальных предпринимателей и юридических лиц, тонн	Утилизировано отходов, тонн	Обезврежено отходов, тонн
				Хранение	Накопление				
1	«Лампы ртутные, ртутно-кварцевые, люминесцентные, утратившие потребительские свойства» [11]	4 71 101 01 52 1	1	0	0	0,02	0	0	0,02
2	«Резиновые изделия незагрязненные, потерявшие потребительские свойства» [11]	4 31 141 01 20 4	4	0	0	0,1	0	0,1	0
3	«Отходы спецодежды и спецобуви» [11]	4 33 202 03 52 4	5	0	0	0,2	0	0,2	0
4	«Смет с территории» [11]	7 33 390 01 71 4	4	0	0	0,7	0	0,7	0

Продолжение таблицы 19

№ строки	Наименование видов отходов	Код по федеральному классификационному каталогу отходов, далее - ФККО	Класс опасности и отходов	Наличие отходов на начало года, тонн		Образовано отходов, тонн	Получено отходов от других индивидуальных предпринимателей и юридических лиц, тонн	Утилизировано отходов, тонн	Обезврежено отходов, тонн
				хранение	накопление				
5	«Мусор от офисных бытовых помещений организаций несортированный (исключая крупногабаритный)» [11]	7 33 100 01 72 4	5	0	0	0,4	0	0,4	0
6	«Бытовые отходы (исключая крупногабаритный)» [11]	7 33 100 01 72 4	5	0	0	0,25	0	0,25	0
Передано отходов другим индивидуальным предпринимателям и юридическим лицам, тонн									
Всего	для обработки	для утилизации	для обезвреживания	для хранения		для захоронения			
11	12	13	14	15		16			
0,02	-	0,02	-	-		-			
0,1	-	-	-	-		0,1			

Продолжение таблицы 19

Всего	для обработки	для утилизации	для обезвреживания	для хранения	для захоронения		
0,2	-	-	-	-	0,2		
0,7	-	-	-	-	0,7		
0,4	-	-	-	-	0,4		
0,25	-	-	-	-	0,25		
Размещено отходов на эксплуатируемых объектах, тонн						Наличие отходов на конец года, тонн	
Всего	Хранение на собственных объектах размещения отходов, далее - ОРО	Захоронение на собственных ОРО	Хранение на сторонних ОРО	Захоронение на сторонних ОРО	Хранение	Накопление	
17	18	19	20	21	22	23	
0,02	-	-	-	0,02	-	-	
0,1	-	0,1	-	-	-	-	
0,2	-	0,2	-	-	-	-	
0,7	-	0,7	-	-	-	-	
0,4	-	0,4	-	-	-	-	
0,25	-	0,25	-	-	-	-	

Расчет выделений загрязняющих веществ выполнен в соответствии с «Методикой определения выбросов загрязняющих веществ в атмосферу при сжигании топлива в котлах производительностью менее 30 тонн пара в час или менее 20 Гкал в час.

Вывод по 4 разделу.

В разделе определена антропогенная нагрузка компрессорной станции на окружающую среду.

В ходе анализа результатов производственного контроля в области охраны атмосферного воздуха, результаты производственного контроля в области охраны и использования водных объектов, результаты производственного контроля в области обращения с отходами было составлено:

- перечень отходов и их класс опасности;
- список вредных веществ, их класс опасности, ПДК или ОБУВ;
- количественная и качественная характеристика загрязняющих веществ, выделяющихся (выбрасываемых) в атмосферу;
- анализ соответствия технологии на производстве наилучшим доступным.

5 Оценка эффективности технического решения по обеспечению пожарной безопасности технологического процесса

В работе было определено, что использование пламегасителей является одной из важнейших мер, принимаемых для предотвращения или минимизации возможных последствий загорания внутри газопровода.

На газопроводах компрессорной станции предложено использовать пламегасители Groth Corporation, которые предназначены для предотвращения распространения пламени в системах газопроводов и защиты резервуаров низкого давления, содержащих легковоспламеняющиеся жидкости.

Предусмотренное на площадке ДКС-2 автоматическое газовое пожаротушение газовых перекачивающих агрегатов ГПА-Ц-6,3, является морально устаревшим. Для доведения пожаротушения до действующих норм предложено произвести реконструкцию существующей и эксплуатируемой в данное время системы автоматического газового пожаротушения.

План реализации мероприятий по обеспечению техносферной безопасности представлен в таблице 20.

Таблица 20 – План реализации мероприятий по обеспечению техносферной безопасности

Мероприятия	Срок исполнения
Разработка проекта монтажа пламегасителей Groth Corporation	2023 год
Монтаж пламегасители Groth Corporation	2023 год
Реконструкция системы автоматического газового пожаротушения перекачивающих агрегатов ГПА-Ц-6,3	2023 год
Приёмка работ	2023 год

Пламегасители Groth Corporation защищают горючий газ с низкой температурой вспышки от внешних источников тепла и воспламенения, обеспечивая повышенную противопожарную защиту и безопасность.

Расчёт ожидаемых потерь от пожаров перекачивающих агрегатов ГПА-Ц-6,3 на площадке ДКС-2 будет производиться по двум вариантам:

- используется морально устаревшее оборудование системы газового пожаротушения, пламягасители отсутствуют;
- на газопроводах произведён монтаж пламегасители Groth Corporation и произведена реконструкция системы автоматического газового пожаротушения перекачивающих агрегатов ГПА-Ц-6,3.

Данные для расчёта ожидаемых потерь представлены в таблице 21.

Таблица 21 – Данные для расчёта ожидаемых потерь

Показатель	Измерение	Обоз.	1 вариант	2 вариант
«Площадь объекта» [5]	м ²	F	340	
«Стоимость поврежденного технологического оборудования и оборотных фондов» [5]	руб./м ²	Ст	100000	100000
«Стоимость поврежденных частей здания» [5]	руб/м ²	Ск	30000	
«Площадь пожара при отказе всех средств пожаротушения» [5]	м ²	F'' пож	340	
«Площадь пожара на время тушения первичными средствами» [5]	м ²	Fпож	4	
«Площадь пожара на время тушения автоматическими средствами тушения» [5]	м ²	F'пож	60	8
«Вероятность возникновения пожара» [5]	1/м ² в год	J	9·10 ⁻⁵	
«Вероятность тушения пожара первичными средствами» [5]	-	p1	0,79	
«Вероятность тушения пожара привозными средствами» [5]	-	p2	0,86	
«Коэффициент, учитывающий степень уничтожения объекта тушения пожара привозными средствами» [5]	-	-	0,52	
«Коэффициент, учитывающий косвенные потери» [5]	-	к	1,63	
«Линейная скорость распространения горения по поверхности» [5]	м/мин	вл	1	
«Время свободного горения» [5]	мин	Всвг	8	
«Норма текущего ремонта» [5]	%	Нт.р.	-	5
«Норма амортизационных отчислений» [5]	%	На	-	10
«Период реализации мероприятия» [5]	лет	T	10	

Рассчитаем площадь пожара при тушении привозными средствами по формуле 4:

$$F'_{\text{пож}} = \pi \times (v_{\text{л}} \cdot B_{\text{св}})^2, \text{ м}^2, \quad (4)$$

«где $v_{\text{л}}$ – линейная скорость распространения горения по поверхности, м/мин;

$B_{\text{св}}$ – время свободного горения, мин.» [5].

$$F'_{\text{пож}} = 3,14 \times (1 \cdot 8)^2 = 201 \text{ м}^2$$

Произведём расчёт ожидаемых потерь от пожаров по формуле 5.

$$M(\Pi) = M(\Pi_1) + M(\Pi_2) + M(\Pi_3) + M(\Pi_4), \quad (5)$$

«где $M(\Pi_1)$ – математическое ожидание годовых потерь от пожаров, потушенных первичными средствами пожаротушения;

$M(\Pi_2)$ – математическое ожидание годовых потерь от пожаров, ликвидированных подразделениями пожарной охраны;

$M(\Pi_3)$ – математическое ожидание годовых потерь от пожаров при отказе всех средств пожаротушения» [5]:

$$M(\Pi_2) = J \cdot F \cdot C_T \cdot F'_{\text{пож}} \cdot (1+k) \cdot p_1; \quad (6)$$

«где J – вероятность возникновения пожара, $1/\text{м}^2$ в год;

F – площадь объекта, м^2 ;

C_T – стоимость поврежденного технологического оборудования и оборотных фондов, руб./ м^2 ;

$F'_{\text{пож}}$ – площадь пожара на время тушения первичными средствами;

p_1 – вероятность тушения пожара первичными средствами;

k – коэффициент, учитывающий косвенные потери» [5].

$$M(\Pi_2) = J \cdot F \cdot (C_T \cdot F'_{\text{пож}} + C_k) \cdot 0.52 \cdot (1+k) \cdot [1 - p_1 - (1 - p_1) \times p_3] \cdot p_2 \quad (7)$$

«где p_2 – вероятность тушения пожара привозными средствами;

C_k – стоимость поврежденных частей здания, руб./м²;

$F'_{\text{пож}}$ – площадь пожара за время тушения привозными средствами»

[5].

$$M(\Pi_3) = J \cdot F \cdot (C_T \cdot F''_{\text{пож}} + C_k) \cdot (1+k) \cdot [1-p_1 - (1-p_1) \cdot p_2] \quad (8)$$

где $F''_{\text{пож}}$ – площадь пожара при отказе всех средств пожаротушения, м².

$$M(\Pi_4) = J \cdot F \cdot (C_T \cdot F''_{\text{пож}} + C_k) \cdot (1+k) \cdot \{1-p_1 - (1-p_1) \cdot p_3 - [1-p_1 - (1-p_1) \cdot p_3] \cdot p_2\} \quad (9)$$

Для первого варианта:

$$M(\Pi_1) = 9 \times 10^{-5} \times 340 \times 100000 \times 4 \times (1+1,63) \times 0,86 = 27684,43 \text{ руб./год};$$

$$M(\Pi_2) = 9 \times 10^{-5} \times 340 \times (100000 \times 60 + 30000) \times 0,52 \times (1+1,63) \times (1-0,79) \times 0,86 = \\ = 45573,84 \text{ руб./год};$$

$$M(\Pi_3) = 9 \times 10^{-5} \times 340 \times (100000 \times 201 + 30000) \times (1+1,63) \times [1-0,79 - (1-0,79) \times 0,86] = \\ = 48600,66 \text{ руб./год.}$$

$$M(\Pi_4) = 9 \times 10^{-5} \times 340 \times (100000 \times 340 + 30000) \times (1+1,63) \times \\ \times \{1-0,79 - (1-0,79) \times 0,95 - [1-0,79 - (1-0,79) \times 0,95] \times 0,86\} = 4655,73 \text{ руб./год.}$$

Для второго варианта:

$$M(\Pi_1) = 9 \times 10^{-5} \times 340 \times 100000 \times 4 \times (1+1,63) \times 0,86 = 27684,43 \text{ руб./год};$$

$$M(\Pi_2) = 9 \times 10^{-5} \times 340 \times (100000 \times 8 + 30000) \times 0,52 \times (1+1,63) \times (1-0,79) \times 0,86 = \\ = 6273,02 \text{ руб./год};$$

$$M(\Pi_3) = 9 \times 10^{-5} \times 340 \times (100000 \times 201 + 30000) \times (1+1,63) \times [1-0,79 - (1-0,79) \times 0,86] = \\ = 48600,66 \text{ руб./год.}$$

$$M(\Pi_4) = 9 \times 10^{-5} \times 340 \times (100000 \times 340 + 30000) \times (1+1,63) \times \\ \times \{1-0,79 - (1-0,79) \times 0,95 - [1-0,79 - (1-0,79) \times 0,95] \times 0,86\} = 4655,73 \text{ руб./год.}$$

Общие ожидаемые потери от пожаров составят:

- если используется морально устаревшее оборудование системы газового пожаротушения, пламягасители отсутствуют:

$$M(\Pi)_1 = 27684,43 + 22900,29 + 48600,66 + 4655,73 = 120241,64 \text{ руб./год}$$

- если на газопроводах произведён монтаж пламегасители Groth Corporation и произведена реконструкция системы автоматического газового пожаротушения перекачивающих агрегатов ГПА-Ц-6,3:

$$M(\Pi)_2 = 27684,43 + 6273,02 + 48600,66 + 4655,73 = 87213,84 \text{ руб./год.}$$

Тушение пожара в защищаемых отсеках производится методом заполнения объема газовым огнетушащим составом – двуокисью углерода (CO₂), до нормативной огнетушащей концентрации.

Предлагаемая автоматическая установка газового пожаротушения в своем составе имеет:

- модули газового пожаротушения МГП с запорно-пусковым устройством (электропуск) для хранения и адресной подачи необходимого количества газового огнетушащего вещества (ГОС);
- устройства весового контроля массы CO₂;
- магистральные и распределительные трубопроводы с необходимой арматурой;
- устройства для выпуска и распределения ГОС в защищаемые отсеки (насадки-распылители).

Принята централизованная установка пожаротушения, модули которой расположены в отсеке пожаротушения. Для восстановления работоспособности модульных установок после их срабатывания предусмотрен 100% запас огнетушащего состава.

Стоимость монтажа пламегасителей Groth Corporation и реконструкции системы автоматического газового пожаротушения перекачивающих агрегатов ГПА-Ц-6,3 представлена в таблице 22.

Таблица 22 – Стоимость монтажа пламегасителей Groth Corporation и реконструкции системы автоматического газового пожаротушения перекачивающих агрегатов ГПА-Ц-6,3

Виды работ	Стоимость, руб.
Монтаж пламегасителя Groth Corporation	50000
Реконструкция системы автоматического газового пожаротушения перекачивающих агрегатов ГПА-Ц-6,3	40000
Стоимость оборудования системы пожаротушения	100000
Итого:	190000

Экономический эффект от монтажа пламегасителей Groth Corporation и реконструкции системы автоматического газового пожаротушения перекачивающих агрегатов ГПА-Ц-6,3 составит:

$$И = \sum_{t=0}^T ([M(\Pi_1) - M(\Pi_2)] - [P_2 - P_1]) \times \frac{1}{(1+НД)^t} - (K_2 - K_1) \quad (10)$$

«где Т – горизонт расчета (продолжительность расчетного периода);

t – год осуществления затрат;

НД – постоянная норма дисконта, равная приемлемой для инвестора норме дохода на капитал.

M(Π1), M(Π2) – расчетные годовые материальные потери в базовом и планируемом вариантах, руб./год;

K1, K2 – капитальные вложения на осуществление противопожарных мероприятий в базовом и планируемом вариантах, руб.;

P1, P2– эксплуатационные расходы в базовом и планируемом вариантах в t-м году, руб./год» [5].

Расчёт денежных потоков от монтажа пламегасителей Groth Corporation и реконструкции системы автоматического газового пожаротушения

перекачивающих агрегатов ГПА-Ц-6,3 представлен в таблице 23.

Таблица 23 – Расчёт денежных потоков

Год осуществления проекта Т	$M(\Pi1)-M(\Pi2)$	P_2-P_1	$1/(1+НД)^t$	$[M(\Pi1)-M(\Pi2)-(C_2-C_1)] * 1/(1+НД)^t$	K_2-K_1	Чистый дисконтированный поток доходов по годам проекта (И)
1	39300,82	-	0,91	35763,75	190000	-154236,25
2	39300,82	-	0,83	32619,68	-	32619,68
3	39300,82	-	0,75	29475,62	-	29475,62
4	39300,82	-	0,68	26724,56	-	26724,56
5	39300,82	-	0,62	24366,51	-	24366,51
6	39300,82	-	0,56	22008,46	-	22008,46
7	39300,82	-	0,51	20043,42	-	20043,42
8	39300,82	-	0,47	18471,39	-	18471,39
9	39300,82	-	0,42	16506,34	-	16506,34
10	39300,82	-	0,39	15327,32	-	15327,32
Экономический эффект						51307,05

Вывод по разделу 5.

В разделе разработан план монтажа пламегасителей Groth Corporation и реконструкции системы автоматического газового пожаротушения перекачивающих агрегатов ГПА-Ц-6,3 на площадке компрессорной станции ДКС-2 и рассчитан экономический эффект от его реализации.

Интегральный экономический эффект от монтажа пламегасителей Groth Corporation и реконструкции системы автоматического газового пожаротушения перекачивающих агрегатов ГПА-Ц-6,3 на площадке компрессорной станции ДКС-2 за десять лет составит 51307,05 рублей.

Заключение

В первом разделе представлены общие сведения об объекте защиты.

Исследуемым объектом защиты в данной ВКР является компрессорная станция (КЦ-2), которая обеспечивает перекачку газа по участку газопровода.

Комплекс технических средств компрессорной станции включает в себя:

- автоматические установки газового пожаротушения;
- систему автоматического управления пожарообнаружением, контролем загазованности установками пожаротушения САУ ПО, КЗ и УПТ – автоматизация.

Во втором разделе проводилось обоснование технического решения по огнепреграждению в трубопроводах с пожаровзрывоопасными технологическими средами.

Надежная противопожарная защита является обязательным требованием к промышленным огнепреграждающим клапанам в чувствительных областях применения, где легко могут произойти пожары. Клапаны, используемые в нефтегазовой, нефтеперерабатывающей, химической и нефтехимической промышленности, должны гарантировать надежное и безопасное отключение в случае пожара. Пожаробезопасная конструкция является важным критерием для таких промышленных клапанов.

В качестве защиты газопровода необходимо предусмотреть детонационный пламегаситель, установленный на одной линии с потенциальным источником воспламенения.

Предусмотренное на площадке ДКС-2 автоматическое газовое пожаротушение газовых перекачивающих агрегатов ГПА-Ц-6,3, является морально устаревшим и не в полной мере соответствует действующим нормам и правилам. Для доведения пожаротушения до действующих норм

предлагается произвести реконструкцию существующей и эксплуатируемой в данное время системы автоматического газового пожаротушения.

Тушение пожара в защищаемых отсеках производится методом заполнения объема газовым огнетушащим составом – двуокисью углерода (CO₂), до нормативной огнетушащей концентрации. Принята централизованная установка пожаротушения, модули которой расположены в отсеке пожаротушения. Для восстановления работоспособности модульных установок после их срабатывания предусмотрен 100% запас огнетушащего состава.

В третьем разделе составлен реестр профессиональных рисков для рабочих мест и произведена оценка производственных рисков на рабочих местах машиниста компрессорных установок, оператора промышленных установок и линейного обходчика.

Предложены необходимые дополнительные меры по воздействию на профессиональные риски:

- выполнить ограждение движущихся частей оборудования;
- работы по ремонту проводить только на отключенном оборудовании;
- внедрить устройства защитного отключения оборудования;
- обозначить выступающие части пола сигнальными цветами (лентой);
- Разработка чек-листа по контролю за состоянием конструкций;
- контроль за техническим состоянием транспортных средств.

В четвертом разделе определена антропогенная нагрузка компрессорной станции на окружающую среду.

В ходе анализа результатов производственного контроля в области охраны атмосферного воздуха, результаты производственного контроля в области охраны и использования водных объектов, результаты производственного контроля в области обращения с отходами было составлено:

- перечень отходов и их класс опасности;
- список вредных веществ, их класс опасности, ПДК или ОБУВ;
- количественная и качественная характеристика загрязняющих веществ, выделяющихся (выбрасываемых) в атмосферу;
- анализ соответствия технологии на производстве наилучшим доступным.

В пятом разделе разработан план монтажа пламегасителей Groth Corporation и реконструкции системы автоматического газового пожаротушения перекачивающих агрегатов ГПА-Ц-6,3 на площадке компрессорной станции ДКС-2 и рассчитан экономический эффект от его реализации.

Интегральный экономический эффект от монтажа пламегасителей Groth Corporation и реконструкции системы автоматического газового пожаротушения перекачивающих агрегатов ГПА-Ц-6,3 на площадке компрессорной станции ДКС-2 за десять лет составит 51307,05 рублей.

Все задачи решены, цель работы достигнута.

Список используемых источников

1. Албука производства. Компрессорная станция [Электронный ресурс]. URL: <https://stavropol-tr.gazprom.ru/press/proekt-azbuka-proizvodstva/kompressornaya-stantsiya/?ysclid=ldbjhyf6pb980364895> (дата обращения: 13.01.2023).
2. Буданов Д. С., Горшкова Е. Е. Техническая безопасность газотранспортных объектов // Современные технологии обеспечения гражданской обороны и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. 2015. №1 (6). С. 19-21. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnicheskaya-bezopasnost-gazotransportnyh-obektov> (дата обращения: 26.12.2022).
3. Булат П. В., Есаков И. И., Грачев Л. П., Денисенко П. В., Булат М. П., Волобуев И. А. Математическое и компьютерное моделирование горения и детонации подкритическим стримерным разрядом // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2017. №4. С. 569-592. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/matematicheskoe-i-kompyuternoe-modelirovanie-goreniya-i-detonatsii-podkriticheskim-strimernym-razryadom> (дата обращения: 30.01.2023).
4. Имангазин М. К., Узакбаев Ж. С. Исследование промышленной безопасности газоперекачной компрессорной станции ТОО «Комбитрейд» // Инновационная наука. 2017. №4-3. С. 55-60. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-promyshlennoy-bezopasnosti-gazoperekachnoy-kompressornoj-stantsii-too-kombitreyd> (дата обращения: 26.12.2022).
5. Методика и примеры технико-экономического обоснования противопожарных мероприятий к СНиП 21-01-97* [Электронный ресурс] : МДС 21-3.2001. URL: http://pozhproukt.ru/nsis/Rd/Mds/21-3_2001.htm (дата обращения: 30.01.2023).

6. Об охране окружающей среды [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ. URL: <https://docs.cntd.ru/document/901808297> (дата обращения: 17.01.2023).

7. Об утверждении Примерного положения о системе управления охраной труда [Электронный ресурс]: Приказ Минтруда России от 29.10.2021 № 776н. URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=409457&ysclid=1d8jp94kat939272210> (дата обращения: 18.01.2023).

8. Об утверждении рекомендаций по выбору методов оценки уровней профессиональных рисков и по снижению уровней таких рисков [Электронный ресурс] : Приказ Минтруда России от 28.12.2021 № 926. URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=411523&ysclid=1d8jqdwcm8100411018> (дата обращения: 17.01.2022).

9. Об утверждении форм (способов) информирования работников об их трудовых правах, включая право на безопасные условия и охрану труда, и примерного перечня информационных материалов в целях информирования работников об их трудовых правах, включая право на безопасные условия и охрану труда [Электронный ресурс] : Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 29 октября 2021 г. № 773н. URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=409313&ysclid=1d8mge1c2v906255858> (дата обращения: 17.01.2023).

10. Об утверждении Рекомендаций по классификации, обнаружению, распознаванию и описанию опасностей [Электронный ресурс] : Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 31.01.2022 № 36. URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=414162&ysclid=1d8mh9t1uh805514136> (дата обращения: 02.01.2023).

11. Об утверждении Федерального классификационного каталога отходов [Электронный ресурс] : Приказ Федеральной службы по надзору в сфере природопользования от 22 мая 2017 г. № 242. URL: <http://docs.cntd.ru/document/542600531> (дата обращения: 16.01.2023).

12. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности [Электронный ресурс]: СП 12.13130.2009 URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200071156> (дата обращения: 17.01.2023).

13. Пожаротушение компрессорных станций, установок комплексной подготовки газа и других взрывоопасных объектов [Электронный ресурс]. URL: <https://www.pnx-spb.ru/catalog/explosive/?ysclid=l84sq2eo2p825173299> (дата обращения: 18.01.2023).

14. Системы противопожарной защиты. Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Требования пожарной безопасности [Электронный ресурс] : СП 3.13130.2009. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200071145> (дата обращения: 14.01.2023).

15. Системы противопожарной защиты. Электрооборудование. Требования пожарной безопасности [Электронный ресурс] : СП 6.13130.2021. URL: <https://docs.cntd.ru/document/603668016> (дата обращения: 05.01.2023).

16. Системы противопожарной защиты. Системы пожарной сигнализации и автоматизация систем противопожарной защиты. Нормы и правила проектирования [Электронный ресурс] : СП 484.1311500.2020. URL: <https://docs.cntd.ru/document/566249686> (дата обращения: 18.01.2023).

17. Системы пожаротушения на КС [Электронный ресурс]. URL: <https://carmen62.ru/sistema-pozharotusheniya-kompressornaya-ustanovka/?ysclid=l84sxj8pca743084050> (дата обращения: 19.01.2023).

18. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 22 июля 2008 года № 123-ФЗ. URL: <http://docs.cntd.ru/document/902111644> (дата обращения: 19.01.2023).

19. Трудовой кодекс Российской Федерации [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 30.12.2001 № 197-ФЗ. URL: <http://docs.cntd.ru/document/901807664> (дата обращения: 21.12.2022).

20. Халиков Р. В. Ингибирование горения в замкнутых пространствах газоконпрессорных станций // Пожары и ЧС. 2020. №4. С. 27-34. URL:

<https://cyberleninka.ru/article/n/ingibirovanie-goreniya-v-zamknutyh-prostranstvah-gazokompressornyh-stantsiy> (дата обращения: 30.01.2023).