

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 мероприятий по взрывопожарозащите на опасном
производственном объекте

Обучающийся

Д.С. Тилкуев

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., И.И. Рашоян

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

Консультант

к.э.н., доцент, Т.Ю. Фрезе

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

Тольятти 2023

Аннотация

Тема: «Разработка мероприятий по взрывопожарозащите на опасном производственном объекте».

В разделе «Характеристика опасного производственного объекта» представлена характеристика опасного производственного объекта газораспределительной станции «Калининград-1».

В разделе «Действия персонала объекта при возникновении аварий, пожара и ЧС» представлены мероприятия по предупреждению аварий в газовом хозяйстве, ликвидация локальных ЧС (аварий) и действия работников при обнаружении пожара или признаков горения.

В разделе «Анализ взрывопожароопасности опасного производственного объекта» представлено описание технических средств обнаружения пожара в защищаемых помещениях, разработано дерево наиболее пожароопасных сценариев.

В разделе «Разработка мероприятий по взрывопожарозащите на объекте» проанализирована работа пламегасителей для обеспечения взрывозащиты трубопроводов по транспортировке горючих газов, предложены размеры и характеристика пламегасителя.

В разделе «Охрана труда» рассмотрена система идентификации опасностей на рабочем месте машиниста компрессора; аккумуляторщика и оператора ГРС, по итогам которого разработаны мероприятия по контролю профрисков

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

В разделе «Оценка эффективности мероприятий по обеспечению техносферной безопасности» выполнен расчет эффективности предложенных мероприятий по обеспечению техносферной безопасности.

Количественная характеристика работы: объем работы составляет 80 страниц, 5 рисунков, 22 таблицы.

Содержание

Введение.....	4
Термины и определения	6
Перечень сокращений и обозначений.....	8
1 Характеристика опасного производственного объекта	10
1.1 Общая характеристика объекта защиты	10
1.2 Обеспечение объекта системами и средствами противопожарной защиты.....	15
2 Действия персонала объекта при возникновении аварий, пожара и ЧС.....	19
2.1 Количество и места вероятного размещения людей	19
2.2 Эвакуация и действия персонала при возникновении аварий, пожара и ЧС.....	19
3 Анализ взрывопожароопасности опасного производственного объекта.....	24
3.1 Анализ пожарной опасности выбранного технологического процесса	24
3.2 Оценка соответствия объекта требованиям пожарной безопасности ...	25
4 Разработка мероприятий по взрывопожарозащите на объекте	33
5 Охрана труда.....	43
6 Охрана окружающей среды и экологическая безопасность	52
7 Оценка эффективности мероприятий по обеспечению техносферной безопасности	65
Заключение	73
Список используемых источников.....	77

Введение

Пожар на опасных производственных объектах (на складах и базах ЛВЖ, ГЖ и горючих газов) могут сопровождаться взрывами газо- паровоздушной смеси, взрывами емкостей с образованием пожаров жидкостей и газов в виде факелов, горение жидкости в емкостях, а также жидкостей, растекающихся на территории.

В результате повреждения технологического оборудования происходит выброс в атмосферу технических газов и паров.

Развитие пожара может сопровождаться взрывами и сильным задымлением прилегающей к объекту территории округа.

Одна из самых больших опасностей, связанных с транспортировкой или хранением легковоспламеняющихся газов, заключается в том, что может произойти воспламенение легковоспламеняющихся паров и газов, что приведет к пожару или, что еще хуже, взрыву.

Заказчик ООО «Газпром Трансгаз Санкт-Петербург» объявил тендер по объекту «Газораспределительная станция г. Калининграда. Инвентарный № 21673. ГРС Калининград-1» на проведение капитального ремонта технологического оборудования ГРС Калининградского ЛПУ МГ о разработке проектной документации на техническое перевооружение объекта. ООО «Альянс-01» выполняет проектно-изыскательские работы по системам взрывозащиты строящегося отвода газопровода ГРС «Калининград-1».

Цель исследования – предложить мероприятия по взрывопожарозащите на опасном производственном объекте.

Задачи:

- описать характеристику опасного производственного объекта газораспределительной станции «Калининград-1»;

- рассмотреть мероприятия по предупреждению аварий в газовом хозяйстве, ликвидация локальных ЧС (аварий) и действия работников при обнаружении пожара или признаков горения;
- представить описание технических средств обнаружения пожара в защищаемых помещениях;
- исследовать принципы автоматизированного управления газорегуляторного пункта;
- разработано дерево наиболее пожароопасных сценариев;
- проанализировать технические устройства обеспечения взрывозащиты трубопроводов по транспортировке горючих газов на ОПО;
- составить реестр профессиональных рисков для рабочих мест производственного подразделения;
- провести идентификацию опасностей;
- 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;
- выполнить расчет эффективности предложенных мероприятий по обеспечению техносферной безопасности.

Термины и определения

В настоящей работе применяют следующие термины с соответствующими определениями.

Загрязнение окружающей среды – «поступление в окружающую среду вещества и (или) энергии, свойства, местоположение или количество которых оказывают негативное воздействие на окружающую среду» [8].

Загрязнение атмосферного воздуха – «поступление в атмосферный воздух или образование в нем вредных (загрязняющих) веществ в концентрациях, превышающих установленные государством гигиенические и экологические нормативы качества атмосферного воздуха» [8].

Класс функциональной пожарной опасности зданий, сооружений и пожарных отсеков – «классификационная характеристика зданий, сооружений и пожарных отсеков, определяемая назначением и особенностями эксплуатации указанных зданий, сооружений и пожарных отсеков, в том числе особенностями осуществления в указанных зданиях, сооружениях и пожарных отсеках технологических процессов производства» [25].

Нормативные документы по пожарной безопасности – национальные стандарты, своды правил, содержащие требования пожарной безопасности (нормы и правила), правила пожарной безопасности, а также действовавшие до дня вступления в силу соответствующих технических регламентов нормы пожарной безопасности, стандарты, инструкции и иные документы, содержащие требования пожарной безопасности.

Опасность – источник потенциального ущерба, вреда или ситуация с возможностью нанесения ущерба.

Охрана труда – «вид деятельности, неотъемлемый элемент трудовой и производственной деятельности, направленный на сохранение трудоспособности наемного работника и иных приравненных к ним лиц; и представляющий из себя систему правовых, социально-экономических,

организационно-технических, санитарно-гигиенических, лечебно-профилактических, реабилитационных и иных мероприятий» [26].

Пожарная безопасность объекта защиты – «состояние объекта защиты, характеризующее возможность предотвращения возникновения и развития пожара, а также воздействия на людей и имущество опасных факторов пожара» [25].

Пожарный извещатель – «техническое средство, предназначенное для обнаружения факторов пожара и/или формирования сигнала о пожаре» [16].

Пожарная сигнализация – «совокупность технических средств, предназначенных для обнаружения пожара, обработки, передачи в заданном виде извещения о пожаре, специальной информации и (или) выдачи команд» [16].

Профилактические меры – «заблаговременные меры (мероприятия) по устранению причины/причин потенциально возможного возникновения случаев воздействия опасных и /или вредных производственных факторов на работающего или другой нежелательной, но потенциально возможной, неблагоприятной ситуации» [17].

Система обеспечения пожарной безопасности – «совокупность сил и средств, а также мер правового, организационного, экономического, социального и научно-технического характера, направленных на борьбу с пожарами» [25].

Перечень сокращений и обозначений

В настоящей работе применяют следующие сокращения и обозначения:

АВР – автоматический ввод резерва.

АПФД – аэрозоли преимущественно фиброгенного действия.

АСПС – автоматическая система пожарной сигнализации.

АСУ – автоматизированная система управления.

АУГП – автоматическая установка газового пожаротушения.

БКЭС – блочно-комплектные электростанции и энергетические установки.

БЭМЗ – максимальный экспериментальный безопасный зазор.

ВОХР – военизированная охрана.

ВРЩ – вводно-распределительный щит.

ГГО – главная геофизическая обсерватория.

ГОТВ – газовое огнетушащее вещество.

ГРП – газораспределительный щит.

ГРС – газораспределительная станция.

ДКС – дожимная компрессорная станция.

ДЭС – дизельная электрическая станция.

КИП – контрольно-измерительные приборы.

КПП – контрольно-пропускной пункт.

ЛПУМГ – линейно-производственное управление магистральных газопроводов.

МГ – магистральный газопровод.

МИЖУ – модуль изотермический жидкой двуокиси углерода.

НМУ – неблагоприятные метеорологические условия.

НПП – научно-производственное предприятие.

НТД – научно-техническая документация.

ОПО – опасный производственный объект.

ОРО – объект размещения отходов.

ПДК – предельно допустимая концентрация.
ПЗК – предохранительно-запорные клапаны.
ППКОП – прибор приемно-контрольный охранно-пожарный.
ППР – правила противопожарного режима.
ПСК – предохранительный сбросной клапан.
ПТФЭ – политетрафторэтилен.
ПЦН – пульт центрального наблюдения.
СЗЗ – санитарно-защитная зона.
СИЗ – средства индивидуальной защиты.
СОУЭ – система оповещения и управления эвакуацией.
ТУ – технические условия.
УПИ АСП – устройства представления информации автоматической системы пожаротушения.
ФККО – федеральный классификационный каталог отходов.
ЧС – чрезвычайная ситуация.
ЩР – щит распределительный.
ЩУН – щит управления наружным освещением.

1 Характеристика опасного производственного объекта

1.1 Общая характеристика объекта защиты

Заказчик ООО «Газпром Трансгаз Санкт-Петербург» объявил тендер по объекту «Газораспределительная станция г. Калининграда. Инвентарный № 21673. ГРС Калининград-1» на проведение капитального ремонта технологического оборудования ГРС Калининградского ЛПУ МГ о разработке проектной документации на техническое перевооружение объекта. ООО «Альянс-01» выполняет проектно-изыскательские работы по системам взрывозащиты строящегося отвода газопровода ГРС «Калининград-1».

Здание ГРС выполнено из сэндвич-панелей толщиной 120 мм с пределом огнестойкости REI-90.

Общая отапливаемая площадь 190,42 м² средней высотой 3,5 м.

ГРС «Калининград-1» предназначена для подачи газа потребителям Калининградской области в заданном количестве, с определенным давлением, необходимой степенью очистки, одоризации и учетом расхода газа.

Место размещения объекта – Гурьевский городской округ Калининградской области.

Технологическое здание и сооружение относятся к взрывоопасным с зонами классов В-1а и В-1г [15].

Газораспределительные сети ГРС «Калининград-1» относятся к категории опасных производственных объектов, что обусловлено взрывопожароопасными свойствами природного газа.

На исследуемой ГРС предусматривается строительство:

- газопровода отвода к ГРС «Калининград-1» Ду700, Ру 2,0-5,4 МПа общей протяженностью 0,6 км;

- замена участков МГ «Гурьевск-Полесск» и МГ «Приморск» в соответствии с ТУ на врезку газопровода-отвода №21/11976 от 23.06.2022 г. и ТУ на устройство автодороги к ГРС № 21/15943 от 09.08.2022 г.;
- площадки кранового узла № 796-2.7;
- площадки кранового узла № 29-3.7;
- ГРС «Калининград-1»;
- линий электроснабжения ГРС;
- средств электрохимической защиты от коррозии;
- сооружений технологической связи и охранно-пожарной сигнализации;
- средств телемеханики;
- обустройство перехода подъездной автомобильной дороги к ГРС через нефтепроводы;
- проектируемых подъездных автомобильных дорог и разворотных площадок;
- временных строительных площадок и дорог для производства работ.

ГРС работает следующим образом: газ высокого давления поступает через газопровод-отвод Ду700 на площадку ГРС проходит через электроизолирующую монолитную муфту на входной управляемый кран. После входного крана для сброса газа предусмотрена свеча с управляемым краном. Отбор импульсного газа осуществляется до входного крана. После входного крана газ подается в узел очистки, состоящий из двух газовых сепараторов (один в работе и один в резерве), кранов и обвязочных трубопроводов [1].

Газовый сепаратор представляет собой вертикальный цилиндрический аппарат мультициклонного типа, принцип действия которого основан на извлечении механических и жидких примесей из потока газа под действием центробежных сил.

Для удобства проведения регламентных работ пылеуловитель снабжен люком-лазом с быстродействующим затвором. Слив отсепарированной жидкости из кубовой части производится в ручном режиме. При заполнении сборного резервуара жидкость сливается в емкость сбора конденсата, установленную на площадке ГРС.

Узел сбора конденсата состоит из ёмкости сбора конденсата объёмом 1,5 м³ и обвязочных трубопроводов. Для сброса газа из емкости предусмотрен дыхательный клапан СМДК-50 и свеча сброса газа.

Слив жидкости из емкости сбора конденсата выполняется передавливанием давлением не более 0,06 МПа. Для редуцирования газа передавливания предусмотрен одноступенчатый редуктор БКО-50-2 и два предохранительных клапана с ручными кранами. Для настройки давления газа передавливания в обвязке ёмкости предусмотрен манометр. Выход слива конденсата выведен наружу и оборудован гидравлическим полуразъёмом для слива конденсата в автоцистерну.

Очищенный газ поступает в узел подогрева газа, состоящий из четырех подогревателей природного газа типа ГПМ-ПТПГ-30, с ручными кранами на входе и выходе, и узла переключения подогревателя. Узел переключения подогревателя включает в себя входной и выходной управляемый кран на подогреватели, байпас, полнопроходной кран и задвижку для смешения холодного и горячего газа. Подогреватель предназначен для подогрева газа перед редуцированием.

Очищенный и подогретый газ поступает в узел редуцирования, разделяющий поток газа на два выхода. Линии редуцирования газа на первый выход состоят из линии постоянного расхода, которая обеспечивает 35-40% проектной производительности ГРС и трёх линии редуцирования газа (2 основные и 1 резервная).

Линия постоянного расхода выполнена по схеме: кран с пневмоприводом, нерегулируемое дроссельное устройство (задвижка), кран ручной. Каждая нитка редуцирования основного расхода выполнена по схеме: кран с

пневмогидроприводом, два регулятора давления (применяется устройство БРМ-150/100 на базе спаренных регуляторов с ограничителем расхода газа), кран (так как диаметр после редуцирования принят Ду400 используется кран с пневмоприводом). На резервной нитке редуцирования установлен прямооточный регулятор давления в комплекте с пилотом регулятора, шумоглушителем и монитором FL/150x300-SRS-R производства Tartarini.

Линии редуцирования газа на второй выход состоят из трёх линий редуцирования газа (2 основные и 1 резервная). Каждая нитка редуцирования основного расхода выполнена по схеме: кран с пневмогидроприводом, два регулятора давления (применяется устройство БРМ-100/100 на базе спаренных регуляторов ограничителем расхода газа), кран (так как диаметр после редуцирования принят Ду400 используется кран с пневмоприводом). На резервной нитке редуцирования установлен прямооточный регулятор давления в комплекте с пилотом регулятора, шумоглушителем и монитором FL/150x300-SRS-R производства Tartarini.

Колебания давления газа на выходе из узла редуцирования допускается в пределах 10% от рабочего давления. Неисправности регуляторов, вызывающие повышение или понижение рабочего давления, неполадки в работе предохранительных клапанов, а также утечки газа должны устраняться в аварийном порядке. Включение в работу регулятора давления в случае прекращения подачи газа должно производиться после выявления причины срабатывания предохранительно-запорного клапана ПЗК и принятия мер по устранению неисправности [23].

В ГРС предусматриваются продувочные и сбросные трубопроводы, которые выводятся наружу в места, обеспечивающие безопасные условия для рассеивания газа, но не менее чем на 1 м выше карниза или парапета здания [3].

В исследуемой ГРС предусматривается установка: фильтра, предохранительного запорного клапана ПЗК, регулятора давления газа, предохранительного сбросного клапана ПСК, запорной арматуры,

контрольно-измерительных приборов КИП, приборов учета расхода газа (при необходимости), а также устройство обводного газопровода (байпаса) с установкой последовательно двух отключающих устройств и продувочного трубопровода между ними на случай ремонта оборудования. Второе по ходу газа отключающее устройство на байпасае должно обеспечивать плавное регулирование [3].

Установку ПСК решено предусматривать за регулятором давления, а при наличии расходомера – после расходомера. ПСК должен обеспечивать сброс газа в атмосферу, исходя из условий кратковременного повышения давления, не влияющего на промышленную безопасность и нормальную работу газового оборудования потребителей. Перед ПСК предусматривают отключающие устройства, которые должны быть опломбированы в открытом положении. Предохранительные сбросные клапаны должны обеспечить сброс газа при превышении номинального рабочего давления после регулятора не более чем на 15% [3].

Электроснабжение ГРС «Калининград-1» осуществляется по I категории надежности электроснабжения в соответствии с техническими условиями на электрическое присоединение:

- основной ввод от микротурбинной установки типа «Capstone Microturbine» мощностью 30 кВт установленной в блок-контейнере БКЭС на площадке ГРС «Калининград-1»;
- резервный от воздушной линии ВЛ-10 кВ.

В помещении БКЭС установлен вводно-распределительный щит (ВРЩ) с блоком АВР, с возможностью автоматического переключения питания с основного ввода на резервный, в случае выхода из строя основного питания. И прокладка кабельной линии КЛ-0,4кВ от ВРЩ до щита ЩР ГРС «Калининград-1». В качестве аварийного источника электроснабжения для обеспечения особой группы электроприемников при полном отключении сетей энергосистемы применяется передвижная дизельная электростанция.

В помещении отопительных агрегатов ГРС установлены два энергонезависимых, чугунных, водогрейных газовых котла КЧМ-7 «Гном» с автоматикой САБК-8-110 тепловой мощностью 80 кВт каждый.

1.2 Обеспечение объекта системами и средствами противопожарной защиты

На ГРС используется сигнализация:

- а) предупредительная (0,5 об. %) и аварийная (1 об. %) сигнализация (световая и звуковая) по месту превышения допустимой концентрации метана в помещениях:
 - 1) редуцирования,
 - 2) отопительных агрегатов;
- б) предупредительная (20 мг/м³) и аварийная (100 мг/м³) сигнализация (световая и звуковая) превышения допустимой концентрации угарного газа в помещении отопительных агрегатов;
- в) неисправность газоанализатора.

Управление:

- формирование сигнала на закрытие электромагнитного клапана на трубопроводе подачи газа на отопительные агрегаты при аварийной загазованности по метану и угарному газу в помещении отопительных агрегатов;
- автоматическое включение аварийной вытяжной вентиляции в помещении редуцирования по сигналу загазованности по метану;
- включение поста аварийной сигнализации у входа в помещение отопительных агрегатов в случае загазованности по метану и угарному газу в предупредительном или аварийном режиме;
- включение поста аварийной сигнализации у входа в помещение редуцирования в случае загазованности по метану в предупредительном или аварийном режиме.

Сигнализация охранной и пожарной системы:

- пожарная опасность;
- пожар в помещениях ГРС;
- неисправность системы пожарной сигнализации;
- проникновение на территорию площадки ГРС;
- проникновение в помещения ГРС;
- нарушение периметра крановой площадки;
- низкий/высокий уровень воды в противопожарных резервуарах.

Управление при помощи охранной и пожарной сигнализации:

- блокировка вытяжной вентиляции при пожаре на ГРС;
- автоматический останов микротурбины по сигналу «Пожар»;
- дистанционное (с щита управления насосами и пультов установленных рядом с пожарными кранами) пожарными насосами;

На ГРС предусмотрена полностью «закрытая» система хранения одоранта и одоризации газа перед подачей его потребителю, исключая выброс одоранта в атмосферу:

- одорант хранится в надземной ёмкости;
- доставка одоранта осуществляется в специальных контейнерах, слив одоранта из которого в ёмкости хранения производится давлением передавливания 0,02 МПа;
- заполнение рабочей ёмкости одорантом производится путем передавливания его из ёмкости хранения «закрытым» способом, давлением передавливания 0,02 МПа. Сброс паров одоранта при заполнении расходной ёмкости осуществляется через узел фильтрации, состоящий из угольных фильтров, кранов и обвязочных трубопроводов в выходной трубопровод путем перепада давления создаваемого эжектором.

Для обеспечения необходимого запаса одоранта на площадке ГРС установлена надземная ёмкость хранения одоранта объёмом 12 м³,

оборудованная сигнализатором уровня и устройством заправки одоранта из автоцистерны. Для сброса паров одоранта в выходной трубопровод предусмотрен эжектор ЭО-450 производства ООО «Научно-производственное предприятие «ИМПУЛЬС».

В качестве основных мероприятий по электробезопасности электроустановок, согласно ПУЭ и проектом предусмотрено:

- защитное заземление;
- уравнивание потенциалов;
- автоматическое отключение питания.

Для предотвращения появления разности потенциалов на сторонних проводящих частях проектом предусмотрена система уравнивания потенциалов [21].

«Для приема, обработки и отображения сигналов тревоги от извещателей пожарной сигнализации, регистрации извещений о состоянии шлейфов пожарной сигнализации, автоматического контроля работоспособности и целостности линий оповещения о пожаре и выдачи сигналов на управление СОУЭ рабочей документацией предусматриваются прибор приемно-контрольный охранно-пожарный «Сигнал-20М», блоки индикации «С2000-БИ», преобразователь интерфейса «С2000-ПИ», релейные блоки «С2000-СП1», устройства контроля линии оповещения «УКЛО» [3].

«Оборудование АСПС и СОУЭ, кроме «С2000-БИ», размещается в металлическом щите в помещении центрального поста охраны существующего здания КПП. Блоки индикации устанавливаются на стене в помещении поста ВОХР» [19].

На стенах у выходов из помещений здания ГРС на высоте 1,5 м от уровня пола в местах доступных для включения при возникновении пожара устанавливаются извещатели пожарные ручные ИПР-ЗСУМ У входов в данные здания (сооружения) на стене на высоте 1,5 м от уровня входной площадки устанавливаются извещатели пожарные ручные ИП-535

«ГАРАНТ-М». Питание шлейфов пожарной сигнализации осуществляется от прибора приемно-контрольного охранно-пожарного «Сигнал-20М».

Визуальный контроль наличия питания на пожарных извещателях ИП 212-87 осуществляется устройством контроля шлейфа УКШ-1, на ручных пожарных извещателях ИПР-ЗСУМ и ИП 535 «Гарант-М» – светодиодом на лицевой панели. Устройство контроля шлейфа установлен на стене, на высоте 2,2 м от уровня пола.

Вывод по разделу.

В разделе представлена характеристика опасного производственного объекта газораспределительной станции «Калининград-1».

Согласно пункта 4 Федерального закона № 116 от 21.07.97 «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» ГРС «Калининград-1» относится к ОПО III класс опасности.

Определено, что технологическое здание и сооружение относятся к взрывоопасным с зонами классов В-1а и В-1г, газораспределительные сети относятся к категории опасных производственных объектов, что обусловлено взрыво-пожароопасными свойствами природного газа.

На объекте предусмотрена система автоматической пожарной сигнализации (АСПС) и система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре (СОУЭ).

Пожарная сигнализация и оповещение о пожаре выполнены в соответствии с требованиями СП 3.13130.2009 [18], СП 484.1311500.2020 и СП 6.13130.2013.

Комплекс технических средств включает:

- аппаратуру системы управления и контроля (пожарные контроллеры, устройства дистанционного пуска);
- оборудование первичного пожаробнаружения (извещатели пожарные тепловые, пламени);
- оборудование оповещения о работе установки пожаротушения (световые и свето-звуковые оповещатели).

2 Действия персонала объекта при возникновении аварий, пожара и ЧС

2.1 Количество и места вероятного размещения людей

Состав газовой службы ГРС следующим:

- начальник газовой службы – 1 чел.;
- оператор ГРС – 1 чел.;
- мастер – 1 чел.;
- слесарь по эксплуатации и ремонту газопроводов – 2 чел.

Работники размещаются в операторной.

Объемно-планировочные решения объекта определены функциональным назначением, габаритами оборудования, требованиями технологического процесса и пожарной безопасности.

Архитектурно-строительные решения и мероприятия по обеспечению пожарной безопасности на объектах ГРС:

- эвакуация из здания операторной предусмотрена на прилегающую территорию;
- число эвакуационных выходов из помещений соответствует проектным решениям;
- открывание дверей выполнено по направлению выхода из здания.

2.2 Эвакуация и действия персонала при возникновении аварий, пожара и ЧС

Ликвидация локальных ЧС (аварий) осуществляется по договору силами и средствами специализированного аварийно-спасательного формирования.

«План локализации и ликвидации аварий» утверждает главный инженер предприятия газового хозяйства.

Для защиты отключающей арматуры от несанкционированного доступа предусматриваются ограждения высотой не менее 2 м. Калитки ограждений должны запираются на замки.

Вводы и выводы всех подземных коммуникаций, проходящих через подземную часть наружных стен зданий и сооружений в радиусе 50 м от оси газопровода, должны быть тщательно уплотнены [10].

Каждый гражданин при обнаружении пожара или признаков горения (задымление, запах гари, повышение температуры) обязан:

- немедленно сообщить об этом в пожарный пост или непосредственно по телефону в пожарную охрану (при этом необходимо назвать адрес объекта, место возникновения пожара, а также сообщить свою фамилию);
- принять по возможности меры по эвакуации людей, тушению пожара и сохранности материальных ценностей.

Исполнители и порядок их действий представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Исполнители и порядок их действий при аварии и пожаре

Оптимальные способы противоаварийной защиты	Технические средства (системы) противоаварийной защиты	Исполнители и порядок их действий
Визуальный контроль по регистрирующему прибору ПВ10.1Э. Световая и звуковая сигнализация о превышении метана в воздухе рабочей зоны	Регулирующий клапан на трубопроводе. Газоанализаторы на содержание газа в воздухе	Первый заметивший аварийную ситуацию окриком и нажатием кнопки аварийного сигнала (40-50 с) предупреждает всех о возникновении аварийной ситуации. Сообщает мастеру смены сведения о месте и характере аварийной ситуации. Мастер смены сообщает об аварийной ситуации диспетчеру предприятия по телефону прямой связи с диспетчером. Объявляет в отделении аварийное положение и, в случае необходимости, дает команду об аварийной остановке отделения. Вызывает ПЧ по телефону 01 или нажатием кнопки пожарного извещателя, медицинскую службу по телефону 03. Диспетчер предприятия оповещает об аварийной ситуации лиц согласно списку плана ликвидации аварии.

Продолжение таблицы 1

Оптимальные способы противоаварийной защиты	Технические средства (системы) противоаварийной защиты	Исполнители и порядок их действий
-	-	<p>Технологический персонал отделения и персонал других служб, находящихся в зоне аварийной ситуации, прекращает работу и покидают зону аварийной ситуации.</p> <p>Мастер смены определяет количество людей, вышедших из зоны пожара. Выставляет посты из числа технологического персонала, а также при необходимости задействует дежурного слесаря КИПиА, дежурного электрика (при отсутствии необходимого количества людей в смене выставляет одного постового).</p> <p>Постовой встречает ПЧ, медслужбу и службу безопасности и информирует о характере и месте аварийной ситуации.</p> <p>Время прибытия и развертывания – 10 мин.</p> <p>ПЧ:</p> <ul style="list-style-type: none"> – докладывает о прибытии ответственному руководителю работ по локализации и ликвидации аварийной ситуации и получает от него задание по локализации и ликвидации аварии; – при угрозе жизни людей проводит их эвакуацию и спасение, используя все имеющиеся средства; – проводит полное боевое развертывание пожарных автомобилей с установкой на ближайшие гидранты и организует дежурство на случай возникновения пожара

Собственники имущества; лица, уполномоченные владеть, пользоваться или распоряжаться имуществом, в том числе руководители и должностные лица предприятий; лица, в установленном порядке назначенные ответственными за обеспечение пожарной безопасности, прибывшие к месту пожара, обязаны:

- продублировать сообщение о возникновении пожара в пожарную охрану и поставить в известность вышестоящее руководство, диспетчера, ответственного дежурного по объекту;
- в случае угрозы жизни людей немедленно организовать их

спасание, используя для этого имеющиеся силы и средства;

- проверить включение в работу автоматических систем противопожарной защиты (оповещения людей о пожаре, пожаротушения, противодымной защиты);
- при необходимости отключить электроэнергию (за исключением систем противопожарной защиты), остановить работу транспортирующих устройств, агрегатов, аппаратов, перекрыть сырьевые, газовые, паровые и водяные коммуникации, остановить работу систем вентиляции в аварийном и смежном с ним помещениях, выполнить другие мероприятия, способствующие предотвращению развития пожара и задымления помещений здания;
- прекратить все работы в здании (если это допустимо по технологическому процессу производства), кроме работ, связанных с мероприятиями по ликвидации пожара;
- удалить за пределы опасной зоны всех работников, не участвующих в тушении пожара;
- осуществить общее руководство по тушению пожара (с учетом специфических особенностей объекта) до прибытия подразделения пожарной охраны;
- обеспечить соблюдение требований безопасности работниками, принимающими участие в тушении пожара;
- одновременно с тушением пожара организовать эвакуацию и защиту материальных ценностей;
- организовать встречу подразделений пожарной охраны и оказать помощь в выборе кратчайшего пути для подъезда к очагу пожара;
- сообщать подразделениям пожарной охраны, привлекаемым для тушения пожаров и проведения, связанных с ними первоочередных аварийно-спасательных работ, сведения о перерабатываемых или хранящихся на объекте опасных (взрывоопасных), взрывчатых,

сильнодействующих ядовитых веществах, необходимые для обеспечения безопасности личного состава.

Вывод по второму разделу.

В разделе представлены мероприятия по предупреждению аварий в газовом хозяйстве, ликвидация локальных ЧС (аварий) и действия работников при обнаружении пожара или признаков горения.

По прибытии пожарного подразделения руководитель предприятия (или лицо, его замещающее) обязан проинформировать руководителя тушения пожара о конструктивных и технологических особенностях объекта, прилегающих строений и сооружений, количестве и пожароопасных свойствах хранимых и применяемых веществ, материалов, изделий и других сведениях, необходимых для успешной ликвидации пожара, а также организовывать привлечение сил и средств объекта к осуществлению необходимых мероприятий, связанных с ликвидацией пожара и предупреждением его развития.

Увеличение численности людей и техники, находящихся на промышленной площадке ГРС при проведении работ по строительству в условиях эксплуатации существующих опасных объектов, может привести к увеличению количества событий, инициирующих аварии.

Организационно-технические мероприятия и порядок действий персонала в аварийных ситуациях заблаговременно разрабатываются в «Плане мероприятий по локализации и ликвидации последствий аварий» и отрабатываются в процессе плановых решений.

3 Анализ взрывопожароопасности опасного производственного объекта

3.1 Анализ пожарной опасности выбранного технологического процесса

Произведём анализ пожарной опасности технологического процесса передачи газа по магистральному газопроводу.

Разгерметизация 12,5 мм газового трубопровода 800 мм – факельное горение:

- согласно таблицы П1.2 Приказа МЧС РФ от 10.07.2009 № 404 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах» при разгерметизации 12,5 мм частота разгерметизации составит $4,7 \cdot 10^{-7}$ год⁽⁻¹⁾;
- согласно таблицы П2.1 Приказа МЧС РФ от 10.07.2009 № 404 при среднем диапазоне массового расхода истечения условная вероятность мгновенного воспламенения составит – $P_1=0,035$ (приложения №2 [9]);
- согласно таблицы П2.1 Приказа МЧС РФ от 10.07.2009 № 404 при среднем диапазоне массового расхода истечения условная вероятность последующего воспламенения составит $0,036$ (приложения №2 [9]);

$$Q=Q_{\text{ав.с.}} \cdot P_1=4,7 \cdot 10^{-7} \cdot 0,035=1,65 \cdot 10^{-8} \text{ год}^{-1}.$$

$$P_2=(1-0,035) \cdot 0,036=0,03474$$

$$Q=Q_{\text{ав.с.}} \cdot P_2=4,7 \cdot 10^{-7} \cdot 0,03474=1,63 \cdot 10^{-8} \text{ год}^{-1}.$$

Дерево сценариев при возникновении инициирующего события «Разгерметизации 12,5 мм газового трубопровода – факельное горение»

изображено на рисунке 1.

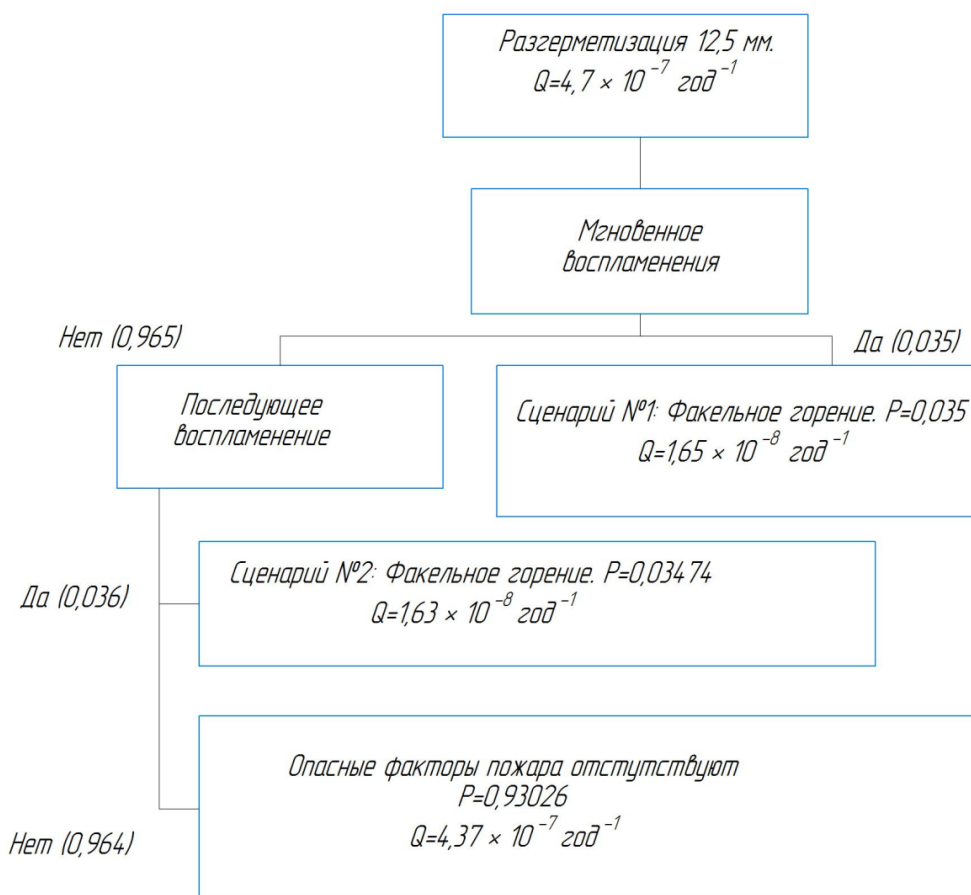


Рисунок 1 – Дерево сценариев «Разгерметизации 5 мм трубопровода – факельное горение»

Пожарная опасность газораспределительных сетей ГРС «Калининград-1» обусловлена взрыво-пожароопасными свойствами природного газа.

3.2 Оценка соответствия объекта требованиям пожарной безопасности

Эксплуатация газового хозяйства должна осуществляться в соответствии с требованиями Федерального закона № 116 от 21.07.97 «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» [7],

Федерального закона № 69 от 31.03.99г. «О газоснабжении в Российской Федерации» ст. 30-34 [6].

Для предупреждения аварий в газовом хозяйстве должен выполняться комплекс мероприятий, включая систему технического обслуживания и ремонта, обеспечивающий содержание газового хозяйства в исправном состоянии.

При эксплуатации необходимо ведение производственного контроля за соблюдением НТД промышленной безопасности в газовом хозяйстве в соответствии с требованиями актов, согласованными с территориальным органом Ростехнадзора [24].

Для контроля загазованности воздуха на наличие дозрывоопасной концентрации природного газа в помещениях редуцирования и отопительных агрегатов предусмотрен газоанализатор «Хоббит-Т» производства ООО «Информаналитика», г. Санкт-Петербург. Датчики загазованности по метану, устанавливаемые в помещении редуцирования выполнены во взрывозащищенном исполнении. Датчики загазованности по окиси углерода и метану, устанавливаемые в помещении отопительных агрегатов выполнены в общепромышленном исполнении. Степень защиты оболочкой согласно ГОСТ 14254-2015 – IP-50 для блоков индикации и IP-53 для блоков датчиков. Рабочий диапазон температур от -40 °С до +50 °С [22].

Для управления аварийным вентилятором в помещении редуцирования проектом предусматривается щит управления ЩУН производства ЗАО «ВЗЛ», г. Санкт-Петербург.

Для дистанционного управления аварийным вентилятором на входах в помещение редуцирования предусматриваются кнопочные посты управления во взрывозащищенном исполнении типа ПВКА-ВЭЛ производства ОАО «Вэлан». Вид взрывозащиты кнопочных постов – 1ExdПВТ6. Степень защиты поста от внешних воздействий – IP66 по ГОСТ 14254-2015. Рабочий диапазон температур от минус 60 °С до +45 °С.

Посты аварийной сигнализации типа ПАСО1-П, устанавливаемые на

входах в помещения операторной и помещения отопительных агрегатов выполнены в общепромышленном исполнении. Степень защиты поста от внешних воздействий – IP65 по ГОСТ 14254-2015. Рабочий диапазон температур от -45 °С до +40 °С

Для защиты датчиков давления и перепада давления от наведенного потенциала проектом предусматривается установка диэлектрических вставок фирмы Swagelok.

Для защиты обслуживающего персонала от поражения электрическим током предусмотрено защитное заземление электрооборудования согласно ПУЭ. Зануление электрооборудования выполняется металлическим соединением их корпусов с нейтралью цепи электроснабжения, для чего используются свободные нулевые жилы питающих кабелей.

Заземление прибора осуществляется путем механического соединения соответствующей клеммы прибора с клеммой «Земля» электрощита с помощью свободной жилы кабеля.

Датчик давления фиксирует давление на входе в ГРС, и преобразует сигнал для передачи на контроллер. Диапазон давления от 0 до 4.0 МПа.

Компактный вихревой расходомер с одиночным измерительным преобразователем. Датчик преобразовывает и передает данные о количестве газа проходящего через ГРС на контроллер по унифицированному сигналу. Представляет собой чувствительный элемент, помещенный в сечение газопровода, который определяет частоту последовательных завихрений образующихся за объектом в потоке. Этот нажим регистрируется, и учитывается как скачки давления двойным пьезокристаллом, помещенным внутрь чувствительного элемента. Также в расходомер интегрирован термометр, определяющий температуру рабочей среды.

Датчик перепада давления на фильтре. Рабочее давление в системе 25 бар. Устанавливается непосредственно над фильтром. Сигнал преобразуется и передается на контроллер, осуществляет сигнализацию при превышении допустимой величины перепада давления. Измеренное значение давления

действует на керамический чувствительный элемент, значение преобразуется электронно в линейный выходной сигнал.

Автоматический регулятор давления прямого действия. Регулятор давления газа осуществляет контроль проходящего давления в ГРС на заданном уровне, обеспечивает редуцирование среднего давления на низкое. С помощью импульсной трубки регулятор фиксирует изменения давления в сети и меняет проходное сечение. Закон регулирования пропорционально – интегральный.

Датчик давления. Устанавливается после регулятора давления и перед предохранительно сбросным клапаном. Преобразует выходную величину давления и передает ее на контроллер. Диапазон давления от до 10 кПа.

Датчик давления установлен на выходе из ГРС, после ПСК. Преобразует и отправляет данные о выходном давлении на контроллер. Диапазон давления от до 10 кПа.

Показывающий манометр, установленный на байпасе, предназначен для непосредственного контроля давления газа при ремонтных работах. Показывает давление, проходящее по обводной линии.

Датчик содержания метана в помещении ГРС. Выходным является аналоговый сигнал, пропорциональный содержанию газов вокруг газоанализатора. Чувствительность может быть настроена с помощью триммера на плате датчика. Сигнал поступает на контроллер, срабатывает сигнализация.

Датчик дыма в помещении ГРС. Выходным является аналоговый сигнал, пропорциональный содержанию газов вокруг газоанализатора. Чувствительность может быть настроена с помощью триммера на плате датчика. Сигнал передается непосредственно на контроллер. При задымлении в помещении срабатывает сигнализация [5].

Реле охранной сигнализации. При несанкционированном проникновении в помещение, замыкается контур и срабатывает сигнализация. Сигнал преобразуется, и регистрируется на контроллере [20].

Для оповещения персонала о пожаре, состоянии установок газового пожаротушения над дверями у входов в защищаемый АУГП отсек, устанавливаются световые оповещатели «Пожар», «Газ – не входите!» и «Автоматика отключена». Над дверями у выходов из защищаемых АУГП отсеков устанавливаются светозвуковые оповещатели «Газ – уходи!». В качестве световых и комбинированных оповещателей применены табло «ТСВ-1» и «Филин-Т» соответственно.

Формирование команд на запуск АУГП и включение оповещения выполняется в следующих режимах:

- автоматически при поступлении сигнала «Пожар» на пожарный контроллер от пожарных извещателей;
- дистанционно – со шкафов УПИ АСП или от кнопки ручной пусковой ИП 535-1В.

Оповещение и управление эвакуацией людей при пожаре выполнено по 1 типу с использованием звукового оповещателя «Маяк-24-ЗМ» и светозвуковых взрывозащищенных «ВС-07е-И(ЗК)».

В целях противопожарной защиты на объекте предусмотрена надземная установка отключающей арматуры до и после ГРС, установка кранов для отключения отдельных участков газопровода в случае утечки газа. В ГРС установлены регуляторы давления, сбросной клапан, приборы для контроля давления на входе и выходе. Расстояния от ГРС до зданий предусмотрено не менее 10 м.

Шлейфы пожарной сигнализации и СОУЭ выполнены проводом марки КСПЭнг-FRLS 1×2×0,5, цепи питания кабелем ВВГнг-LS 3×1,5. Прокладка шлейфов пожарной сигнализации выполнена по потолку и стенам, в кабель-канале или гофрорукаве. При параллельной открытой прокладке шлейфа расстояние до силовых и осветительных кабелей не менее 0,5 м. Прокладка цепей оповещения выполнена в металлорукаве.

Питание оборудования пожарной сигнализации осуществляется от блоков резервного питания «СКАТ-1200Д». В блоки резервного питания

устанавливаются релейный модуль РМ-02Р для передачи сигнала на ППКОП «Сигнал 20П SMD» об отсутствии основного электропитания.

Звуковые оповещатели установлены в охраняемых помещениях на высоте не менее 2,3 м. Оповещатели световые КОП–25 «Выход» установлены на путях эвакуации. Звуковые и световые оповещатели подключаются к блокам управления пожарными оповещателями «БУПО».

Анализ соответствия взрывопожарозащиты объекта требованиям пожарной безопасности представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Анализ соответствия взрывопожарозащиты объекта требованиям пожарной безопасности [9]

Контрольные вопросы, отражающие содержание обязательных требований, ответы на которые свидетельствуют о соблюдении или несоблюдении обязательных требований	Реквизиты нормативных правовых актов с указанием их структурных единиц	Ответы на вопросы		
		да	нет	неприменимо
Проводятся ли технологические процессы в соответствии с регламентами, правилами технической эксплуатации и другой утвержденной в установленном порядке технической и эксплуатационной документацией?	Пункт 121 Постановление Правительства Российской Федерации от 16.09.2020 № 1479 ² (далее – ППР)	+	–	–
Соответствует ли оборудование, предназначенное для использования пожароопасных и пожаровзрывоопасных веществ и материалов, технической документации изготовителя?	Пункт 121 ППР	+	–	–
Соблюдаются ли при работе с пожароопасными и пожаровзрывоопасными веществами и материалами требования маркировки и предупредительных надписей, указанных на упаковках или в сопроводительных документах?	Пункт 122 ППР	+	–	–
Исключено ли совместное применение (если это не предусмотрено технологическим регламентом), хранение и транспортировка веществ и материалов, которые при взаимодействии друг с другом способны воспламеняться, взрываться или образовывать горючие и токсичные газы (смеси)?	Пункт 122 ППР	+	–	–

Продолжение таблицы 2

Контрольные вопросы, отражающие содержание обязательных требований, ответы на которые свидетельствуют о соблюдении или несоблюдении обязательных требований	Реквизиты нормативных правовых актов с указанием их структурных единиц	Ответы на вопросы		
		да	нет	неприменимо
Обеспечено ли исправное состояние искрогасителей, искроуловителей, огнезадерживающих, огнепреграждающих, пыле- и металлоулавливающих и противовзрывных устройств, систем защиты от статического электричества, а также устройств молниезащиты, устанавливаемых на технологическом оборудовании и трубопроводах?	Пункт 125 ППР	+	-	-
Применяется ли во взрывоопасных зонах участков, цехов и помещений инструмент из безыскровых материалов или в соответствующем взрывобезопасном исполнении?	Пункт 131 ППР	+	-	-
Установлены ли сроки проведения проверок исправности огнепреградителей, очистки их огнегасящей насадки и мембранных клапанов, а также обеспечено ли их выполнение?	Пункт 134 ППР	+	-	-

На существующих сетях газопровода ГРС «Калининград-1» установлены искрогасители, искроуловители, огнезадерживающие, огнепреграждающие устройства, то есть взрывозащита соответствует требованиям нормативных документов в области обеспечения пожарной безопасности.

В проекте строящегося отвода газопровода ГРС «Калининград-1» диаметром 800 мм, с давлением газа 2,0-5,4 МПа и общей протяженностью 0,6 км на данный момент отсутствуют огнепреграждающие устройства.

Выводы по разделу.

В разделе было определено, что для предупреждения оператора о загазованности воздуха в помещениях отопительных агрегатов и редуцирования на входах в эти помещения устанавливаются посты светозвуковой сигнализации производства ОАО «Вэлан». Посты аварийной

сигнализации типа ПАСВ1-П, устанавливаемые на входах в помещение редуцирования, выполнены во взрывозащищенном исполнении. Вид взрывозащиты поста аварийной сигнализации – 1ExdПВТ6.

В качестве технических средств обнаружения пожара в защищаемых помещениях операторной и котельной выполнено:

- для обнаружения пожара в охраняемых помещениях и выдачи сигнала на ПШКОП предусмотрены извещатели пожарные дымовые ИП 212–ЗСУ. На объекте используются извещатели пожарные термо-дымовые АВРОРА-ДТН. В котельной используются взрывозащищенные пожарные дымовые извещатели ИПД-Ех, подключаемые к блоку расширения шлейфов сигнализации С2000-БРШС-Ех. Для повышения надежности работы системы и уменьшения вероятности ложного срабатывания АУПС автоматическое срабатывание установки осуществляется при сработке двух и более извещателей в одном шлейфе сигнализации.
- для подачи тревожного извещения при визуальном обнаружении пожара – извещатель пожарный ручной ИПР-ЗСУМ.

Определено, что на существующих сетях газопровода ГРС «Калининград-1» установлены искрогасители, искроуловители, огнезадерживающие, огнепреграждающие устройства, то есть взрывозащита соответствует требованиям нормативных документов в области обеспечения пожарной безопасности, однако в проекте строящегося отвода газопровода ГРС «Калининград-1» диаметром 800 мм, с давлением газа 2,0-5,4 МПа и общей протяженностью 0,6 км на данный момент отсутствуют огнепреграждающие устройства.

4 Разработка мероприятий по взрывопожарозащите на объекте

При аварии на газопроводе существует вероятность загорания или взрыва. При этом в атмосферу могут попадать углеводороды – метан и этилмеркаптан. Смертельная доза метана 235000,0 мг/м³, этилмеркаптана – 2000,0 мг/м³. При разрыве на трубопроводе выделение вредных веществ происходит кратковременно. Автоматы аварийного закрытия линейных кранов обеспечивают закрытие арматуры при темпе падения давления в газопроводе на 10-15 % в течение от 1 до 3 минут.

Основным способом прогноза возможных аварий является экспертно-расчетный метод, заключающийся в обобщении сведений об уже произошедших авариях с последующей экстраполяцией полученных результатов на новые объекты.

Аварийные повреждения газопровода могут происходить в результате:

- несоблюдения технологии строительства;
- внутренней коррозии;
- внешней коррозии (из-за дефектов в системах антикоррозийной защиты);
- внешнего механического воздействия (в результате повреждения строительными механизмами);
- структурных отказов или механических дефектов (дефекты материала, соединений или арки);
- природных катаклизмов (оседание почвы);
- ошибок операторов;
- ошибок проекта.

Как показывает анализ отечественной статистики, при разрушении газопроводов пожар возникает в 50-55 % случаев. Причем источниками воспламенения являются искры, образующиеся при соударении друг с другом фрагментов трубы или каменистых включений грунта.

«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].

Перед ООО «Альянс-01» поставлена задача по проектированию пламягасителя (огнепреградителя) строящегося отвода газопровода ГРС «Калининград-1» диаметром 800 мм, с давлением газа 2,0-5,4 МПа и общей протяженностью 0,6 км.

«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» [3].

Пламегаситель – это устройство, устанавливаемое в отверстии корпуса или на соединительном трубопроводе в системе. Они пропускают газы или пары, но препятствуют распространению пламени в случае возгорания.

Всякий раз, когда горючий газ или пар смешивается с воздухом (кислородом), существует потенциальная возможность взрыва. Случайное воспламенение легковоспламеняющейся смеси приведет к возникновению пламени, которое будет распространяться по несгоревшей смеси до тех пор, пока топливо не будет израсходовано в результате реакции.

В замкнутом пространстве, таком как сосуд или труба, значительное повышение температуры смеси, вызванное процессом горения, приведет к быстрому увеличению объема газовой смеси. В замкнутом пространстве

результатирующее повышение давления вызовет турбулентный эффект, который еще больше ускорит фронт пламени.

Пламегасители используются в качестве защиты от взрывов путем предотвращения распространения пламени и взрыва в машинах, оборудовании и установках, содержащих легковоспламеняющийся газ или паровоздушные смеси легковоспламеняющихся жидкостей. Эти автономные системы безопасности ограничивают последствия взрывов, они предназначены для обеспечения потока, но предотвращают распространение пламени.

«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» [2].

Детонация возникает там, где пламя распространяется по трубе, обычно со сверхзвуковой скоростью, и связана с ударной волной.

Обычно это происходит в результате теплового воздействия сжатия и ускорения пламени, вызванного турбулентным потоком, возникающим в результате изгибов, клапанов или изменений сечения трубы. Это также может произойти, просто позволив пламени продолжать ускоряться вдоль трубы на достаточном расстоянии. Ударная волна характеризуется ступенчатым изменением давления и плотности, при котором скорость пламени изменяется от дозвуковой до сверхзвуковой. Это называется переходом от дефлакации к детонации.

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

Выбор между дефлакационным 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 2)» [2].

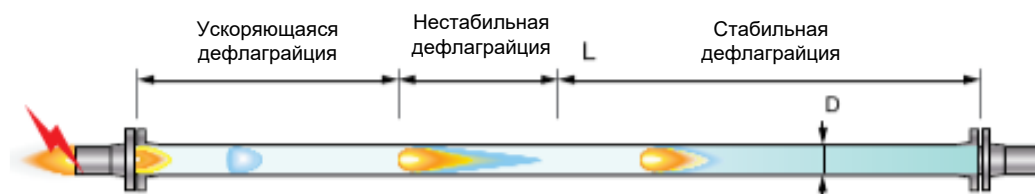


Рисунок 2 – Распространение дефлаграции внутри трубы

«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» [2].

«Третий тип пламегасителя, пламегаситель предварительной дефлаграции объема, используется в некоторых приложениях для защиты окружающей среды от негативных воздействий внутреннего взрыва сосуда» [2].

«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)» [2].

В проектируемом отводе газовой магистрали планируется защита

магистральной с газовой взрывоопасной средой (природный газ – метан), с давлением газа 2,0-5,4 МПа, от распространения пламени внутри отвода.

«Если легковоспламеняющийся газ или смесь попадают (или воспламеняются в) узкий зазор между двумя пластинами, пламя распространяется через зазор в направлении несгоревшего газа (рисунок 3)» [2].

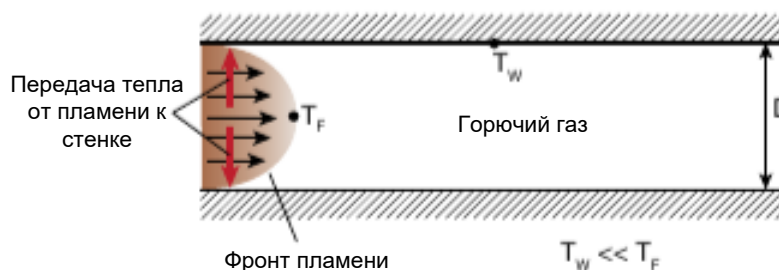


Рисунок 3 – Передача тепла от пламени к стенке пластин

«Тепло передается от фронта пламени к стенкам; чем уже и длиннее зазор, тем больше влияние холодной стенки на профиль пламени» [2]. При наличии зазора соответствующего размера такая теплопередача гасит пламя и предотвращает обратную вспышку. Таков принцип действия пламегасителя.

«Соответствующий размер зазора зависит от реакционной способности газоздушной 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» [2].

Природный газ, относится к категории взрывоопасности ПА, соответственно БЭМЗ более 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» [2].

«Но сам элемент пламегасителя нагревается очень слабо, поскольку он подвергается воздействию высокой температуры в течение чрезвычайно короткого промежутка времени – нескольких микросекунд» [2].

«Теплопередача осуществляется почти исключительно за счет конвекции/диффузии» [2].

«Проводимость через элемент происходит только после того, как пламя рассеялось. В политетрафторэтилене (ПТФЭ) это происходит медленнее, чем в нержавеющей стали, из-за более низкой теплопроводности первого» [2].

Пламенный элемент состоит из небольших параллельных треугольных проходов (рисунок 4), выровненных таким образом, что приближающийся фронт пламени замедляется, а затем гасится до того, как он сможет распространиться на защищаемую сторону устройства.



Рисунок 4 – Конструкция пламегасителя

«Геометрическая форма объема сгорания пламегасителя определяется из следующего:

- может произойти атмосферная дефлаграция, которая произойдет на открытом воздухе без заметного повышения давления;
- может произойти предобъемная дефлаграция, которая инициируется внутренним источником воспламенения, и происходит в ограниченном объеме, например, внутри сосуда;
- «может произойти линейная дефлаграция, представляющая собой ускоренный взрыв внутри трубы, который перемещается вдоль оси трубы со скоростью распространения пламени» [2].

Встроенный дефлаграционный пламегаситель должен быть установлен как можно «ближе к источнику воспламенения. Это должен быть пламегаситель дефлакации с контролем температуры, который может обнаруживать стабилизированное пламя на пламегасящем элементе» [2].

«В качестве второго уровня защиты необходимо установить детонационный пламегаситель, установленный на одной линии с потенциальным источником воспламенения. Эти независимые меры обеспечивают высокий уровень безопасности» [2].

Ключевой характеристикой пламегасителя является перепад давления или степень препятствия технологическому процессу из-за способа его изготовления.

Это может привести к проблемам, и важно, чтобы конструкция и размеры пламегасителя соответствовали технологическим расходам и перепаду давления, допустимым в системе, одновременно обеспечивая надлежащую защиту от последствий случайного воспламенения.

Определив, где находится возможный источник или источники может произойти воспламенение, и именно это необходимо защитить, тогда цель состоит в том, чтобы установить дефлаграционный ограничитель как можно ближе к источнику воспламенения.

Если позволить пламени распространяться по трубе, то, как правило,

оно будет ускоряться из-за повышения давления, возникающего в результате повышения температуры и объема сгоревших продуктов, и постепенно его будет все труднее остановить. В конечном счете, дефлаграция может перейти в детонацию и, следовательно, стать значительно более разрушительной для оборудования. Где есть один или несколько более одного источника воспламенения с каждой стороны пламегасителя.

Двунаправленный пламегаситель требуется в тех случаях, когда с каждой стороны пламегасителя имеется один или несколько источников воспламенения.

Пламегаситель нестабильной детонации может быть установлен практически в любом месте трубопроводной системы. Чтобы избежать длительного горения, детонационный ограничитель может быть установлен на некотором расстоянии от источника воспламенения.

Рассмотрим пламегасители Groth Corporation, которые предназначены для предотвращения распространения пламени в системах газопроводов.

В пламегасителях используется технический принцип «гасящего зазора». Прецизионные спиральные предохранительные элементы изготавливаются таким образом, чтобы обеспечить нормальный поток и создать барьер для распространения пламени.

Зазор для гашения пламени, выбранный для условий горения в каждом случае применения, слишком мал для прохождения пламени, и горение «приостанавливается».

Прецизионные спиральные пламегасители обеспечивают превосходную безопасность по сравнению с сетчатыми пламегасителями, которые обеспечивают меньшую стабильность гасящего зазора.

Все пламегасители корпорации Groth являются двунаправленными, и устанавливаются на систему трубопроводов с горючими газами (рисунок 5).

Пламегаситель состоит из набора труб, состоящего из спирально намотанных чередующихся слоев плоских и гофрированных листов нержавеющей стали, расположенных вокруг цельного сердечника.

Все типы пламегасителей с сухой детонацией имеют модульную конструкцию. Ряд трубок имеет множество небольших отверстий, параллельных линии потока (такая конфигурация обеспечивает максимальную способность к остановке пламени при минимальном противодавлении).

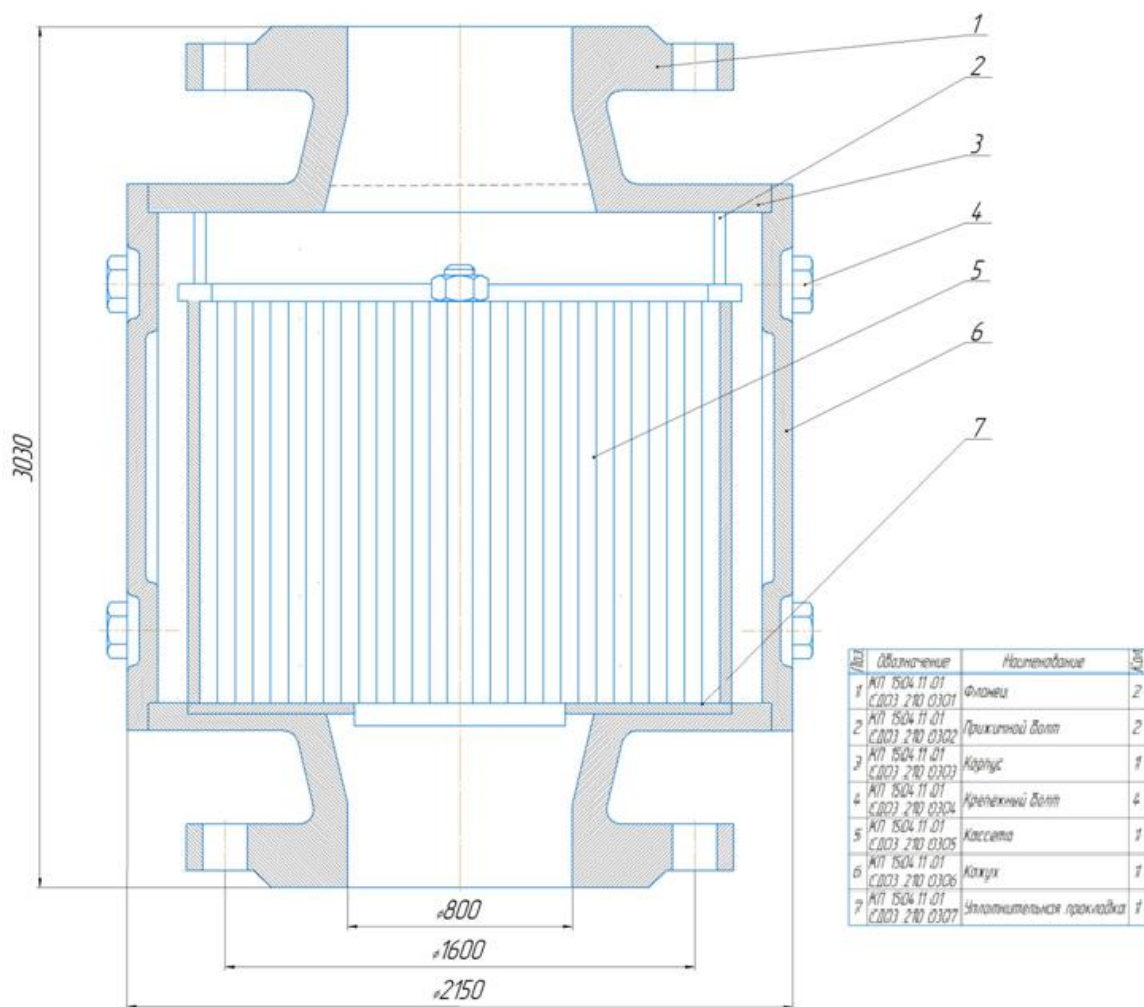


Рисунок 5 – Пламегаситель

Пламегаситель устанавливается в месте строящегося отвода газопровода ГРС «Калининград-1» диаметром 800 мм, с давлением газа 2,0-5,4 МПа.

Трубчатый элемент удерживается между двумя торцевыми секциями с фланцами и заключен в стальную наружную оболочку. Геометрия разработанного элемента пламегасителя максимизирует способность к

тушению пламени при минимальном перепаде давления.

Огнезащитный элемент из гофрированной ленты обеспечивает надежную защиту от пламени. Модульная конструкция обеспечивает простое и экономичное обслуживание:

- размер – 12";
- материал корпуса: нержавеющей сталь;
- материал пламенного элемента: нержавеющей сталь 316L;
- подходит для газовой группы ПА 1 IEC (MESG > 1,14 мм);
- сертифицирован в соответствии с EN ISO 16852:2010;
- номер сертификата: IBEхU12ATEX2017 X.

Ограничитель в сборе может быть оснащен дополнительным защитным кожухом для использования там.

Выводы по разделу.

В разделе проанализирована работа пламегасителей для обеспечения взрывозащиты трубопроводов по транспортировке горючих газов, предложены размеры и характеристика пламегасителя.

Определено, что пламегаситель не может предотвратить первоначальное воспламенение легковоспламеняющихся газов, но предназначен для предотвращения распространения пламени при использовании в пределах его конструктивных ограничений.

Пламегасители предотвращают распространение фронта пламени, создаваемого воспламеняющимся газом, с одной стороны элемента за счет поглощения и рассеивания тепла (это достигается путем тушения пламени путем снижения его температуры ниже точки воспламенения)

Рекомендуется устанавливать дефлаграционный пламегаситель как можно ближе к источнику воспламенения.

Место установки пламегасителя – в месте строящегося отвода газопровода ГРС «Калининград-1» диаметром 800 мм, с давлением газа 2,0-5,4 МПа.

5 Охрана труда

Появление системы идентификации опасностей на рабочем месте берет свое начало на ранних этапах развития охраны труда. Причиной того, что опасности стали основными элементами, касающимися безопасности и гигиены труда на рабочем месте, стало осознание того, что они представляют опасность для тех, кто находится на рабочем месте [4]. Вне всякого сомнения, центральным элементом любой организации является человеческий ресурс. Прежде всего, ключом к успешной организации охраны труда является предотвращение рисков.

Плановая оценка профессиональных рисков осуществляется 1 раз в 5 лет. Внеплановая оценка проводится, если:

- созданы новые рабочие места;
- произошли внутренние изменения – модернизировали или заменили оборудование;
- произошли внешние изменения – изменилось законодательство в сфере идентификации опасностей и профессиональных рисков, охраны труда.

Выявление опасностей является начальным и самым важным этапом оценки рисков, учитывающим недостатки в охране труда, которые могут причинить вред здоровью и безопасности людей [4].

Цель идентификации – выявление, идентификация и описание всех имеющихся на рабочем месте опасностей, исходящих от технологического процесса, опасных веществ, выполняемых работ, оборудования и инструмента, участвующего в технологическом процессе, с определением потенциального ущерба безопасных условий труда и здоровья.

Рабочие места выбираются таким образом, чтобы получить максимально достоверное представление об опасностях, существующих на данном рабочем месте. Из рабочих мест с идентичным характером выполняемых работ и аналогичными условиями труда выбирается одно-два

рабочих места.

Основные выводы оценки рисков позволят определить аспекты снижения рисков, а также их влияние на благополучие и безопасность сотрудников на рабочем месте. Опасности, связанные с вредными факторами, которые могут привести к возникновению профессиональных заболеваний, должны быть представлены в материалах специальной оценки условий труда.

В соответствии с Приказом Минтруда России от 29.10.2021 № 776н «Об утверждении Примерного положения о системе управления охраной труда» [11] составим реестр профессиональных рисков для рабочих мест:

- мастера;
- слесаря по эксплуатации и ремонту газопроводов;
- оператора ГРС.

Реестр опасностей на рабочем месте мастера представлен в таблице 3.

Таблица 3 – Реестр опасностей на рабочем месте мастера

№	Опасность	ID	Опасное событие
8	Подвижные части машин и механизмов	8.1	Удары, порезы, проколы, уколы, затягивания, наматывания, абразивные воздействия подвижными частями оборудования
9	Вредные химические вещества в воздухе рабочей зоны	9.1	Отравление воздушными взвешями вредных химических веществ в воздухе рабочей зоны
13	Материал, жидкость или газ, имеющие высокую температуру	13.1	Ожог при контакте незащищенных частей тела с поверхностью предметов, имеющих высокую температуру
20	Повышенный уровень шума и другие неблагоприятные характеристики шума	20.1	Снижение остроты слуха, тугоухость, глухота, повреждение мембранной перепонки уха, связанные с воздействием повышенного уровня шума
27	Электрический ток	27.1	Контакт с частями электрооборудования, находящимися под напряжением

Реестр опасностей на рабочем месте слесаря по эксплуатации и

ремонту газопроводов представлен в таблице 4.

Таблица 4 – Реестр опасностей на рабочем месте слесаря по эксплуатации и ремонту газопроводов

№	Опасность	ID	Опасное событие
3	Вредные химические вещества в воздухе рабочей зоны	9.1	Отравление воздушными взвешиваемыми вредными химическими веществами в воздухе рабочей зоны
8	Аэрозоли преимущественно фиброгенного действия (АПФД)	12.3	Повреждение органов дыхания вследствие воздействия воздушных взвесей вредных химических веществ
23	Физические перегрузки при чрезмерных физических усилиях при подъеме предметов и деталей, при перемещении предметов и деталей	23.1.	Повреждение костно-мышечного аппарата работника при физических перегрузках
27	Электрический ток	27.1	Контакт с частями электрооборудования, находящимися под напряжением

Реестр опасностей на рабочем месте оператора ГРС представлен в таблице 5.

Таблица 5 – Реестр опасностей на рабочем месте оператора ГРС

№	Опасность	ID	Опасное событие
2	Электрический ток	27.1	Контакт с частями электрооборудования, находящимися под напряжением
24	Диспетчеризация процессов, связанная с длительной концентрацией внимания	24.4.	Психоэмоциональные перегрузки

Оценка вероятности представлена в таблице 6.

Таблица 6 – Оценка вероятности

Степень вероятности		Характеристика	Коэффициент, А
1	Весьма маловероятно	Практически исключено. Зависит от следования инструкции. Нужны многочисленные поломки/отказы/ошибки.	1

Продолжение таблицы 6

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

Оценка степени тяжести последствий представлена в таблице 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). Несчастный случай на производстве со смертельным исходом. Авария. Пожар.	5
4	Крупная	Тяжелый несчастный случай на производстве (временная нетрудоспособность более 60 дней). Профессиональное заболевание. Инцидент.	4
3	Значительная	Серьезная травма, болезнь и расстройство здоровья с временной утратой трудоспособности продолжительностью до 60 дней. Инцидент.	3
2	Незначительная	Незначительная травма – микротравма (легкие повреждения, ушибы), оказана первая медицинская помощь. Инцидент. Быстро потушенное загорание.	2
1	Приемлемая	Без травмы или заболевания. Незначительный, быстроустраняемый ущерб.	1

Количественная оценка риска рассчитывается по формуле 1.

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

где А – коэффициент вероятности;

U – коэффициент тяжести последствий.

Оценка риска, R:

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

Расчёт оценки рисков (матрица) представлен в таблице 8.

Таблица 8 – Расчёт оценки рисков

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

По результатам проведенной идентификации на каждом рабочем месте заполняется Анкета 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» [12].

Для каждой профессии (должности) работника предприятия оформляется карта оценки профессиональных рисков (таблицы 9-11).

Таблица 9 – Карта оценки профессиональных рисков на рабочем месте машиниста компрессора

Рабочее место	Опасность	Опасное событие	Степень вероятности, А	Коэффициент, А	Тяжесть последствий, U	Коэффициент, U	Оценка риска, R	Значимость оценки риска
Мастер	Вредные химические вещества в воздухе рабочей зоны	Отравление воздушными взвешьями вредных химических веществ в воздухе рабочей зоны	Вероятно	4	Значительная	3	12	Средний
	Подвижные части машин и механизмов	Удары, порезы, проколы, уколы, затягивания, наматывания, абразивные воздействия подвижными частями оборудования	Возможно	3	Значительная	3	9	Средний
	Повышенный уровень шума и другие неблагоприятные характеристики шума	Снижение остроты слуха, тугоухость, глухота, повреждение мембранной перепонки уха, связанные с воздействием повышенного уровня шума и других неблагоприятных характеристик шума	Возможно	3	Незначительная	2	6	Низкий
	Материал, жидкость или газ, имеющие высокую температуру	Ожог при контакте незащищенных частей тела с поверхностью предметов, имеющих высокую температуру	Возможно	3	Значительная	3	9	Средний
	Электрический ток	Контакт с частями электрооборудования, находящимися под напряжением	Вероятно	4	Значительная	3	12	Средний

Таблица 10 – Карта оценки профессиональных рисков на рабочем месте слесаря по эксплуатации и ремонту газопроводов

Рабочее место	Опасность	Опасное событие	Степень вероятности, А	Коэффициент, А	Тяжесть последствий, U	Коэффициент, U	Оценка риска, R	Значимость оценки риска
Слесарь по эксплуатации и ремонту газопроводов	Электрический ток	Контакт с частями электрооборудования, находящимися под напряжением	Вероятно	4	Значительная	3	12	Средний
	Вредные химические вещества в воздухе рабочей зоны	Отравление воздушными взвешьями вредных химических веществ в воздухе рабочей зоны	Вероятно	4	Значительная	3	12	Средний
	Аэрозоли преимущественно фиброгенного действия (АПФД)	Повреждение органов дыхания вследствие воздействия воздушных взвесей вредных химических веществ	Возможно	3	Незначительная	2	6	Низкий
	Физические перегрузки при чрезмерных физических усилиях при подъеме предметов и деталей, при перемещении предметов и деталей	Повреждение костно-мышечного аппарата работника при физических перегрузках	Вероятно	4	Значительная	3	12	Средний

Таблица 11 – Карта оценки профессиональных рисков на рабочем месте оператора ГРС

Рабочее место	Опасность	Опасное событие	Степень вероятности, А	Коэффициент, А	Тяжесть последствий, U	Коэффициент, U	Оценка риска, R	Значимость оценки риска
Оператор ГРС	Электрический ток	Контакт с частями электрооборудования, находящимися под напряжением	Вероятно	4	Значительная	3	12	Средний

Продолжение таблицы 11

Рабочее место	Опасность	Опасное событие	Степень вероятности, А	Коэффициент, А	Тяжесть последствий, U	Коэффициент, U	Оценка риска, R	Значимость оценки риска
Оператор ГРС	Диспетчеризация процессов, связанная с длительной концентрацией внимания	Психоэмоциональные перегрузки	Возможно	3	Незначительная	2	6	Низкий

Сводная таблица оценки рисков на рабочих местах представлена в таблице 12.

Таблица 12 – Сводная таблица оценки рисков на рабочих местах

Должность/профессия	Идентификация опасности	Мероприятия по воздействию на риск
Мастер	Отравление воздушными взвесями вредных химических веществ в воздухе рабочей зоны	Установка газоанализаторов. Использование индивидуальных газоанализаторов
	Контакт с частями электрооборудования, находящимися под напряжением	Проведение инструктажей по охране труда при работе с оборудованием, находящимся под напряжением. Заземление производственного оборудования
Слесарь по эксплуатации и ремонту газопроводов	Контакт с частями электрооборудования, находящимися под напряжением	Проведение инструктажей по охране труда при работе с оборудованием, находящимся под напряжением. Заземление производственного оборудования.
	Отравление воздушными взвесями вредных химических веществ в воздухе рабочей зоны	Монтаж вентиляционного оборудования общей вентиляции здания. Установка местных отсосов
	Повреждение костно-мышечного аппарата работника при физических перегрузках	Использование тележек и подъёмных механизмов
Оператор ГРС	Контакт с частями электрооборудования, находящимися под напряжением	Заземление производственного оборудования. Своевременное обслуживание электрической части диспетчерского оборудования и АСУ.

Во время эксплуатации газового хозяйства необходимо организовать контроль за исправным состоянием газовых сетей и газового оборудования,

инструмента, приспособлений, а также за наличием предохранительных устройств и индивидуальных средств, обеспечивающих безопасные условия труда [5].

Средства коллективной и индивидуальной защиты работников должны использоваться по назначению в соответствии с требованиями, излагаемыми в инструкциях производителя нормативной технической документации, введенной в действие в установленном порядке. Использование средств защиты, на которые не имеется технической документации, не допускается.

Средства коллективной и индивидуальной защиты работников должны быть соответствующим образом учтены и содержаться в технически исправном состоянии с организацией их обслуживания и периодических проверок, указанных в документации производителя СИЗ.

На всех средствах коллективной и индивидуальной защиты в соответствии с установленными требованиями должны быть нанесены долговременные маркировки. Работодатель обязан организовать контроль за выдачей СИЗ работникам в установленные сроки и учет их выдачи. Выдача работникам и сдача ими СИЗ должны фиксироваться в личной карточке учета выдачи СИЗ работника.

Вывод по разделу.

В разделе разработаны мероприятия по снижению рисков.

Работа по охране труда, технике безопасности, производственной санитарии и контролю за соблюдением трудового законодательства на ГРС возложены на инженера по технике безопасности.

Не допускать эксплуатацию систем газоснабжения, а также выполнение всякого рода ремонтных газоопасных работ, если дальнейшее производство работ сопряжено с опасностью для жизни работающих.

Допускать к работе работников прошедших обучение и имеющих удостоверения на право обслуживания газового хозяйства.

6 Охрана окружающей среды и экологическая безопасность

Оценка антропогенной нагрузки ГРС «Калининград-1», технологического процесса транспортировки газа по газопроводам на окружающую среду представлена в таблице 13.

Объектом оценки является проектная документация по ГРС «Калининград-1». Режим эксплуатации – непрерывный, круглосуточный, круглогодичный.

Таблица 13 – 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)
Газораспределительная станция	Газокомпрессорная служба	Газообразные	Сточные воды	ТКО
Количество в год		22,563745 т	1110 м ³	20,032 т

Объем дымовых газов от одного работающего котла КЧМ-7 «Гном» составляет 163.7 м³/ч; Дымоудаление осуществляется через патрубок и блочный дымоход диаметром 200 мм. Котельная предназначена для выработки тепловой энергии на нужды узла подогрева газа и на отопления блок-боксов ГРС.

Оголовок трубы размещен на высоте 9.25 м от уровня пола помещения отопительных агрегатов. Дымовая труба выводится наружу через боковое ограждение выше зоны ветрового подпора.

Конструкция котла предусматривает естественное удаление дымовых газов через дымовую трубу. Температура отходящих газов 200 °С.

Перечень загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу источниками, расположенными на проектируемом объекте ГРС

«Калининград-1» представлен в таблице 14.

Таблица 14 – Перечень загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу источниками, расположенными на проектируемом объекте ГРС «Калининград-1»

Код	Наименование вещества	Используемый критерий	Значение критерия, мг/м ³	Класс опасности	Выброс вещества, г/с*	Выброс вещества, т/год
Вещества, выбрасываемые в атмосферу при эксплуатации ГРС (безаварийный режим)						
0301	Азота диоксид (азот (IV) оксид)	ПДК м/р	0,20000	3	0,2381290	7,363989
0304	Азот (II) оксид (азота оксид)	ПДК м/р	0,40000	3	0,0386960	1,196649
0328	Углерод (сажа)	ПДК м/р	0,15000	3	0,0000116	0,000031
0330	Сера диоксид (ангидрид сернистый)	ПДК м/р	0,50000	3	0,0000194	0,000059
0337	Углерод оксид	ПДК м/р	5,00000	4	0,3059110	13,782294
0410	Метан	ОБУВ	50,00000	–	46,4923088	0,216439
0703	Бенз(а)пирен (3,4-Бензпирен)	ПДК с/с	1,0×10 ⁻⁶	1	0,0000004	0,000008
1023	2,2-Оксидиэтанол (диэтиленгликоль)	ПДК с/с	0,20000	4	0,1288779	0,004210
2732	Керосин	ОБУВ	1,20000	–	0,0000347	0,000105
Всего веществ: 9				–	47,2039888	22,563784
В том числе твердых: 2				–	0,0000120	0,000039
Жидких/газообразных: 7				–	47,2039768	22,563745
Вещества, выбрасываемые в атмосферу при аварийной ситуации на ГРС						
0410	Метан	ОБУВ	50,00000	–	976,3384857	0
Всего веществ: 1				–	976,3384857	0
В том числе твердых: 0				–	0	0
Жидких/газообразных: 1				–	976,3384857	0

Сведения о применяемых на объекте технологиях и соответствие наилучшей доступной технологии представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Сведения о применяемых на объекте технологиях [6]

Структурное подразделение (площадка, цех или другое)		Наименование технологии	Соответствие наилучшей доступной технологии
Номер	Наименование		
1	Котельная	Очистка газов	Не соответствует

Расчеты приземных концентраций загрязняющих веществ произведены

в соответствии с указаниями ОНД-86 по программам УПРЗА «Эколог» (версия 3.00) и УПРЗА «Эколог-газ» (версия 3.0), разработанной фирмой «Интеграл», согласованной с ГГО им. А.И. Воейкова. Полученные результаты рассеивания загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы в период эксплуатации ГРС соответствуют требованиям санитарных норм по содержанию вредных веществ в атмосферном воздухе.

На площадке ГРС система водоснабжения отсутствует. Для обеспечения хозяйственных нужд имеется умывальник с баком объемом 15 л со встроенным электронагревателем. Вода в бак подается из переносной бочки объемом 200л с помощью ручного насоса НБУ-700. Расход воды на пользование умывальником принят условно 50% от расхода воды на одного работающего в административном здании – 2 л/час, 24 л/сут.

Результаты производственного контроля в области охраны атмосферного воздуха представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Перечень загрязняющих веществ, включенных в план-график контроля стационарных источников выбросов

Номер ЗВ	Наименование загрязняющего вещества
1	Дигидросульфид (сероводород)
2	Метан
3	Смесь природных меркаптанов (этилмеркаптан)

Согласно полученным результатам расчета уровня загрязнения атмосферного воздуха в период эксплуатации ГРС «Калининград-1» при технологическом режиме показывает, что:

- для шести загрязняющих веществ (углерод, серы диоксид, углерод оксид, бен/а/пирен, метан, керосин) расчет приземной концентрации оказался нецелесообразен;
- для одного ЗВ (азота диоксида) значение максимальной приземной концентрации в расчетной точке на границе СЗЗ составило 0,25 ПДК, а в зоне жилой застройки не превысило 0,1 ПДК. В данном

случае согласно «Методическому пособию по расчету, нормированию и контролю загрязняющих веществ в атмосферный воздух» (СПб, 2005) необходимо произвести учет фонового загрязнения атмосферного воздуха. Максимальная приземная концентрация диоксида азота с учетом фонового загрязнения атмосферы составляет значение менее 1,0 ПДК: 0,635 ПДК;

- для одного ЗВ (диэтиленгликоль) значения приземных концентраций на жилой застройке и на границе ориентировочной СЗЗ не превысили значения 0,1 ПДК.

Анализ полученных результатов расчета уровня загрязнения атмосферного воздуха по II варианту – аварийная ситуации на ГРС «Калининград-1» – показывает, что единственное загрязняющее вещество (метан) создает приземную концентрацию в расчетных точках менее 0,05 ПДК – ниже критерия целесообразности расчета.

Сведения о виде и составе отходов производства представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Сведения о виде и составе планируемых отходов производства

Наименование отхода	Класс опасности	Код отхода	Количество отходов	
			т/год	м ³ /год
Лампы ртутные, ртутно-кварцевые, люминесцентные, утратившие потребительские свойства	1	4 71 101 01 52 1	0,012	-
Отходы зачистки внутренней поверхности газопровода при обслуживании, ремонте линейной части магистрального газопровода	4	6 41 811 11 20 4	1,63	2,000
Спецодежда из натуральных, синтетических, искусственных и шерстяных волокон, загрязненная лакокрасочными материалами (содержание лакокрасочных материалов 5% и более)	3	4 02 321 11 60 3	0,001	-
Конденсат фильтров очистки газообразного топлива	3	6 43 151 11 31 3	0,222	-
Твердые отходы при чистке фильтров очистки газообразного топлива	4	6 43 153 11 20 4	0,235	-

Продолжение таблицы 17

Наименование отхода	Класс опасности	Код отхода	Количество образования отходов	
			т/год	м ³ /год
Конденсат цикла регенерации осушителя газообразного топлива	4	6 43 131 11 31 4	0,060	-
Отходы одоризации природного газа с применением хлорной извести	4	6 43 631 11 39 4	0,100	1,100
Твёрдые коммунальные отходы (счёт с территории)	4	7 33 321 11 71 4	17,772	24
Итого	–	–	20,032	27,10

Система канализации на площадке ГРС отсутствует.

Для сбора бытовых стоков на площадке предусмотрена установка накопительной емкости фирмы «Flotenk» объемом 2 м³ и уборная с выгребным колодцем объемом 3 м³.

Расход стоков равен расходу водопотребления – 24л /сут., 2 л/час.

Вывоз стоков из накопительной емкости и выгребного колодца предусматривается по мере наполнения ассенизационной машиной на очистные сооружения ГРС «Калининград-1».

Поверхностные стоки с проезжей части площадки ГРС собираются в три дождеприемных колодца и по сети по двум выпускам отводятся на рельеф.

Дождеприемник на выпуске выполнен как колодец с отстойной частью, на выпуске 2 смотровой колодец запроектирован как колодец с отстойной частью.

Перед сбросом на каждом выпуске на сети запроектированы колодцы с фильтровальными патронами диаметром 580мм, высотой 0.9м, с наполнителем из синтепона и производства НПП «Полихим» для очистки от взвешенных веществ и нефтепродуктов.

Отчёт по производственному экологическому контролю на предприятии представлен в таблицах 18-20 [14].

Таблица 18 – Результаты контроля стационарных источников выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух

Структурное подразделение (площадка, цех или другое)		Источник		Наименование загрязняющего вещества	Предельно допустимый выброс или временно согласованный выброс, г/с	Фактический выброс, г/с	Превышение предельно допустимого выброса или временно согласованного выброса в раз (гр. 8 / гр. 7)	Дата отбора проб	Общее количество случаев превышения предельно допустимого выброса или временно согласованного выброса	Примечание
номер	наименование	номер	наименование							
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	ГРС	1	Система подготовки импульсного газа	Дигидросульфид (сероводород)	0,00001	0,000005	0	22.02.2023	0	Контроль осуществляется 1 раз в 5 лет
				Метан	0,0003	0,0002	0	22.02.2023	0	Контроль осуществляется 1 раз в 5 лет
				Смесь природных меркаптанов (этилмеркаптан)	0,004	0,003	0	22.02.2023	0	Контроль осуществляется 1 раз в 5 лет
Итого					0,00431	0,00325	0	-	0	-

Таблица 19 – 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 с разрешением на сброс веществ и микроорганизмов в водные объекты	фактическое	проектная	фактическая
Очистные сооружения отсутствуют												

Таблица 20 – Сведения об образовании, утилизации, обезвреживании, размещении отходов производства и потребления за отчетный год 2022 г.

№ 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	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Лампы ртутные, ртутно-кварцевые, люминесцентные, утратившие потребительские свойства	4 71 101 01 52 1	1	0	0	0,012	0	0,012	0
2	Отходы зачистки внутренней поверхности газопровода при обслуживании, ремонте линейной части магистрального газопровода	6 41 811 11 20 4	4	0	0	1,63	0	1,63	0
3	Спецодежда из натуральных, синтетических, искусственных и шерстяных волокон, загрязненная лакокрасочными материалами (содержание лакокрасочных материалов 5% и более)	4 02 321 11 60 3	3	0	0	0,001	0	0,001	0

Продолжение таблицы 20

№ стр оки	Наименование видов отходов	Код по федеральному классификацио нному каталогу отходов, далее - ФККО	Класс опасности отходов	Наличие отходов на начало года, тонн		Образова но отходов, тонн	Получено отходов от других индивидуальны х предпринимател ей и юридических лиц, тонн	Утилизиро вано отходов, тонн	Обезврежен о отходов, тонн
				хранение	накоплен ие				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4	Конденсат фильтров очистки газообразного топлива [13]	6 43 151 11 31 3	3	0	0	0,222	0	0,222	0
5	Твердые отходы при чистке фильтров очистки газообразного топлива	6 43 153 11 20 4	4	0	0	0,235	0	0,235	0
6	Конденсат цикла регенерации осушителя газообразного топлива [13]	6 43 131 11 31 4	4	0	0	0,060	0	0,060	0
7	Отходы одоризации природного газа с применением хлорной известки [13]	6 43 631 11 39 4	4	0	0	0,100	0	0,100	0
8	Твёрдые коммунальные отходы (смет с территории) [13]	7 33 321 11 71 4	4	0	0	17,772	0	24,00	0

Продолжение таблицы 20

№ строки	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
1	0,012	0	0,012	0	0	0
2	1,63	0	1,63	0	0	0
3	0,001	0	0,001	0	0	0
4	0,222	0	0,222	0	0	0
5	0,235	0	0,235	0	0	0
6	0,060	0	0,060	0	0	0
7	0,100	0	0,100	0	0	0
8	17,772	0	17,772	0	0	00

Продолжение таблицы 20

№ строки	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
1	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0

В соответствии с паспортными данными дождеприемных колодцев НПП «Полихим» пропускная способность фильтрующих патронов (с диаметром 580 мм и высотой 900 мм) составляет 2-4 м³/час, 0,6-1,2 л/сек. Согласно проектным решениям общий объем стоков с асфальтовых покрытий составляет 6,33 м³/ч, объем стоков на 1 дождеприемный колодец – 2,11 м³/ч.

Внутренняя и наружная сеть бытовой канализации предусмотрена из полипропиленовых канализационных труб Ду50мм. Наружная сеть прокладывается на глубине 1,2 м от поверхности земли. Полипропиленовые трубы имеют совершенную коррозионную стойкость и не требуют защиты и изоляции.

Для исключения замерзания стоков в накопительной емкости предусматривается обсыпка ёмкости слоем керамзита высотой 0,5 м.

Вывод по разделу.

В разделе определена антропогенная нагрузка организации, технологического процесса на окружающую среду.

Поверхностные стоки с проезжей части площадки ГРС собираются в три дождеприемных колодца и по сети по двум выпускам отводятся на рельеф. Дождеприемник на выпуске 1 и смотровой колодец на выпуске 2 запроектированы как колодцы с отстойной частью. Перед сбросом на каждом выпуске на сети после колодцев с отстойной частью запроектированы колодцы.

Поверхностные стоки с газонов и щебеночных покрытий собираются в лотки, прокладываемые по периметру площадки и без очистки сбрасываются на рельеф.

Мероприятия по снижению отрицательного воздействия объекта на окружающую среду включают в себя соответствующие мероприятия природоохранного характера и санитарно-гигиенического характера, которые призваны обеспечить безопасность и безвредность для человека и окружающей среды влияния предприятия.

Мероприятия подразделяются на планировочные, технологические и специальные.

К планировочным мероприятиям относится установление санитарно-защитной зоны для площадки ГРС и размещение площадки таким образом, чтобы гарантировалось соблюдение санитарно-гигиенических условий проживания населения.

К технологическим мероприятиям относятся:

- применение экологически «чистого» вида топлива – природного газа;
- применение специальной системы одоризации и хранения одоранта, исключающей выбросы одоранта в атмосферу.

К специальным мероприятиям по уменьшению выбросов в атмосферу относится возможность их сокращения в период НМУ. Регулирование осуществляется с учетом прогноза НМУ на основе предупреждений Гидрометслужбы о возможном росте концентраций примесей в воздухе, с целью его предотвращения.

7 Оценка эффективности мероприятий по обеспечению техносферной безопасности

В работе определено, что технологическое здание и сооружение относятся к взрывоопасным с зонами классов В-1а и В-1г, газораспределительные сети относятся к категории опасных производственных объектов, что обусловлено взрыво-пожароопасными свойствами природного газа.

Всякий раз, когда горючий газ или пар смешивается с воздухом (кислородом), существует потенциальная возможность взрыва. Случайное воспламенение легковоспламеняющейся смеси приведет к возникновению пламени, которое будет распространяться по несгоревшей смеси до тех пор, пока топливо не будет израсходовано в результате реакции.

Определено, что пламегаситель не может предотвратить первоначальное воспламенение легковоспламеняющихся газов, но предназначен для предотвращения распространения пламени при использовании в пределах его конструктивных ограничений.

План реализации мероприятий по обеспечению техносферной безопасности представлен в таблице 21.

Таблица 21 – План реализации мероприятий по обеспечению техносферной безопасности

Мероприятия	Срок исполнения
Проектирование монтажа дефлаграционных пламегасителей в существующие газопроводы	2024 год
Монтаж дефлаграционных пламегасителей	2024 год
Пуско-наладочные работы	2024 год
Разработка программ обслуживания дефлаграционных пламегасителей	2024 год

Рекомендуется устанавливать дефлаграционный пламегаситель как можно ближе к источнику воспламенения (в пределах 50 диаметров трубы для углеводородных газов), хотя это расстояние сокращается для систем с

давлением выше атмосферного.

Ущерб от аварий на опасных производственных объектах рассчитывается по формуле 2:

$$P_a = P_{n.n.} + P_{cэ} + P_{н.в.} + P_{экол} + P_{л.а.} + P_{в.т.р.}, \quad (2)$$

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

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

$P_{cэ}$ – социально-экономические потери, руб.;

$P_{н.в.}$ – косвенный ущерб, руб.;

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

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

$P_{в.т.р.}$ – потери от выбытия трудовых ресурсов в результате гибели людей или потери ими трудоспособности, руб.» [27].

Прямые потери от аварий рассчитываются по формуле 3:

$$P_{n.n.} = P_{o.ф.} + P_{тм.ц.}, \quad (3)$$

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

$P_{тм.ц.}$ – потери предприятия в результате уничтожения или повреждения товарно-материальных ценностей, руб.» [27].

$$P_{n.n.} = 200000 + 110000000 = 110200000 \text{ руб.}$$

Потери предприятия от уничтожения или повреждения аварией его основных фондов рассчитываются по формуле 4:

$$P_{o.ф.} = P_{o.ф.у.} + P_{o.ф.н.}, \quad (4)$$

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

$\Pi_{o.ф.п.}$ – потери предприятия в результате повреждения основных фондов, руб.» [27].

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

Потери предприятия в результате уничтожения основных фондов рассчитываются по формуле 5:

$$\Pi_{o.ф.у.} = \sum_{i=1}^n (S_{oi} - (S_{mi} - S_{yi})), \quad (5)$$

где n – «число видов уничтоженных основных фондов;

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

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

S_{yi} – утилизационная стоимость i -го вида уничтоженных основных фондов, руб.» [27].

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

Потери предприятия в результате повреждения основных фондов рассчитываются по формуле 6:

$$\Pi_{o.ф.п.} = \sum_{i=1}^n S_{pi}, \quad (6)$$

где n – «число видов поврежденных основных фондов;

S_{pi} – стоимость ремонта i -го вида поврежденных основных фондов, руб.» [27].

$$\Pi_{o.ф.п.} = 50000 \text{ руб.}$$

Потери предприятия в результате уничтожения или повреждения аварией товарно-материальных ценностей рассчитываются по формуле 7:

$$П_{т.м.ц.} = \sum_{i=1}^n П_{mi} + \sum_{j=1}^m П_{cj}, \quad (7)$$

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

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

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

$П_{cj}$ – ущерб, причиненный j -му виду продукции, приобретенной предприятием, а также сырью и полуфабрикатам, руб.» [27].

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

Социально-экономические потери отсутствуют:

$$П_{сэ} = 0$$

Косвенный ущерб, вследствие аварий рассчитывается по формуле 8:

$$П_{н.в.} = П_{н.п.} + П_{з.п.} + П_{ш} + П_{н.п.т.л.}, \quad (8)$$

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

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

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

$П_{н.п.т.л.}$ – убытки третьих лиц из-за недополученной ими прибыли, руб.» [27].

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

Зарплата и условно-постоянные расходы предприятия за время простоя рассчитываются по формуле 9:

$$\Pi_{з.п.} = (V_{з.п.} \cdot A + V_{уп}) \cdot T_{пр}, \quad (9)$$

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

A – доля сотрудников, не использованных на работе;

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

$T_{пр}$ – продолжительность простоя объекта, дни» [27].

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

Недополученная прибыль в результате простоя рассчитывается по формуле 10:

$$\Pi_{н.п.} = \sum_{i=0}^n \Delta Q_i \cdot (S_i - B_i), \quad (10)$$

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

ΔQ_i – объем i -го вида продукции, недопроизведенный из-за аварии;

S_i – средняя оптовая стоимость единицы i -го недопроизведенного продукта на дату аварии, руб.;

B_i – средняя себестоимость единицы i -го недопроизведенного продукта на дату аварии» [27].

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

Экологический ущерб определяется по формуле 11:

$$\Pi_{экол} = Э_о, \quad (11)$$

где \mathcal{E}_0 – «ущерб от засорения или повреждения территории обломками, осколками, зданий, сооружений, оборудования, руб.» [27].

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

Затраты на локализацию или ликвидацию и расследование аварии рассчитывается по формуле 12:

$$P_{\text{л.а.}} = P_{\text{л}} + P_{\text{р}}, \quad (12)$$

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

$P_{\text{р}}$ – расходы на расследование аварии, руб.» [27].

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

$$P_{\text{а}} = 110200000 + 0 + 43696720 + 200000 + 3200000 + 0 = 157296720 \text{ руб.}$$

Стоимость реализации мероприятий представлены в таблице 22.

Таблица 22 – Стоимость реализации мероприятий

Мероприятие	Стоимость, руб.
Проектирование монтажа дефлаграционных пламегасителей в существующие газопроводы	200000
Закупка дефлаграционных пламегасителей	1000000
Монтаж дефлаграционных пламегасителей	500000
Пуско-наладочные работы	100000
Обслуживание дефлаграционных пламегасителей	500000
Итого	2300000

Годовой экономический эффект от проведения мероприятий по обеспечению промышленной безопасности:

$$\mathcal{E} = P - Z, \quad (13)$$

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

Π – ущерб от аварий на опасных производственных объектах, руб.» [27].

$$\Xi = 157296720 - 2300000 = 154996720 \text{ руб.}$$

Приведенные затраты:

$$Z = C + E_n \cdot K, \quad (14)$$

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

E_n – нормативный коэффициент экономической эффективности капитальных вложений;

K – инвестиции на реализацию мероприятий по обеспечению промышленной безопасности, руб.» [27].

$$Z = 500000 + 0,16 \cdot 2300000 = 868000 \text{ руб.}$$

Общая (абсолютная) экономическая эффективность приведенных затрат:

$$\Xi_3 = \frac{\Xi}{Z}. \quad (15)$$

$$\Xi_3 = \frac{154996720}{868000} = 178,57$$

Общая (абсолютная) экономическая эффективность инвестиций на реализацию мероприятий по обеспечению промышленной безопасности:

$$\Xi_k = \frac{(\Xi - C)}{K} = \frac{(154996720 - 500000)}{2300000} = 67,17 \quad (16)$$

Срок окупаемости затрат на проведение мероприятий по обеспечению промышленной безопасности:

$$T_{\text{ед}} = \frac{З}{\text{Э}}, \quad (17)$$

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

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

Э – годовой экономический эффект от проведения мероприятий по обеспечению промышленной безопасности, руб.» [27].

$$T_{\text{ед}} = \frac{868000}{154996720} = 0,005 \text{ лет}$$

Вывод по разделу 6.

В разделе разработан план монтажа дефлаграционных пламягасителей в существующие газопроводы ГРС «Калининград-1» и рассчитан экономический эффект от его реализации.

Интегральный экономический эффект от монтажа дефлаграционных пламегасителей в существующие газопроводы ГРС «Калининград-1» составит 154996720 рублей.

Заключение

В первом разделе представлена характеристика опасного производственного объекта газораспределительной станции «Калининград-1».

Согласно пункта 4 Федерального закона № 116 от 21.07.97 «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» ГРС «Калининград-1» относится к ОПО III класс опасности.

Определено, что технологическое здание и сооружение относятся к взрывоопасным с зонами классов В-1а и В-1г, газораспределительные сети относятся к категории опасных производственных объектов, что обусловлено взрыво-пожароопасными свойствами природного газа.

На объекте предусмотрена система автоматической пожарной сигнализации (АСПС) и система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре (СОУЭ).

Пожарная сигнализация и оповещение о пожаре выполнены в соответствии с требованиями СП 3.13130.2009 [18], СП 484.1311500.2020 и СП 6.13130.2013.

Комплекс технических средств включает:

- аппаратуру системы управления и контроля (пожарные контроллеры, устройства дистанционного пуска);
- оборудование первичного пожаробнаружения (извещатели пожарные тепловые, пламени);
- оборудование оповещения о работе установки пожаротушения (световые и свето-звуковые оповещатели).

Во втором разделе представлены мероприятия по предупреждению аварий в газовом хозяйстве, ликвидация локальных ЧС (аварий) и действия работников при обнаружении пожара или признаков горения.

По прибытии пожарного подразделения руководитель предприятия (или лицо, его замещающее) обязан проинформировать руководителя

тушения пожара о конструктивных и технологических особенностях объекта, прилегающих строений и сооружений, количестве и пожароопасных свойствах хранимых и применяемых веществ, материалов, изделий и других сведениях, необходимых для успешной ликвидации пожара, а также организовывать привлечение сил и средств объекта к осуществлению необходимых мероприятий, связанных с ликвидацией пожара и предупреждением его развития.

Увеличение численности людей и техники, находящихся на промышленной площадке ГРС при проведении работ по строительству в условиях эксплуатации существующих опасных объектов, может привести к увеличению количества событий, инициирующих аварии.

Организационно-технические мероприятия и порядок действий персонала в аварийных ситуациях заблаговременно разрабатываются в «Плане мероприятий по локализации и ликвидации последствий аварий» и отрабатываются в процессе плановых решений.

В третьем разделе было определено, в проекте строящегося отвода газопровода ГРС «Калининград-1» диаметром 700 мм, с давлением газа 2,0-5,4 МПа и общей протяженностью 0,6 км на данный момент отсутствуют огнепреграждающие устройства.

В четвёртом разделе проанализирована работа пламегасителей для обеспечения взрывозащиты трубопроводов по транспортировке горючих газов, предложены размеры и характеристика пламегасителя.

Определено, что пламегаситель не может предотвратить первоначальное воспламенение легковоспламеняющихся газов, но предназначен для предотвращения распространения пламени при использовании в пределах его конструктивных ограничений.

Пламегасители предотвращают распространение фронта пламени, создаваемого воспламеняющимся газом, с одной стороны элемента за счет поглощения и рассеивания тепла (это достигается путем тушения пламени путем снижения его температуры ниже точки воспламенения)

Рекомендуется устанавливать дефлаграционный пламегаситель как можно ближе к источнику воспламенения. Место установки пламегасителя – в месте строящегося отвода газопровода ГРС «Калининград-1» диаметром 800 мм, с давлением газа 2,0-5,4 МПа.

В пятом разделе разработаны мероприятия по снижению рисков.

Работа по охране труда, технике безопасности, производственной санитарии и контролю за соблюдением трудового законодательства на ГРС возложены на инженера по технике безопасности.

Не допускать эксплуатацию систем газоснабжения, а также выполнение всякого рода ремонтных газоопасных работ, если дальнейшее производство работ сопряжено с опасностью для жизни работающих.

Допускать к работе работников прошедших обучение и имеющих удостоверения на право обслуживания газового хозяйства.

В шестом разделе определена антропогенная нагрузка организации, технологического процесса на окружающую среду.

Поверхностные стоки с проезжей части площадки ГРС собираются в три дождеприемных колодца и по сети по двум выпускам отводятся на рельеф. Дождеприемник на выпуске 1 и смотровой колодец на выпуске 2 запроектированы как колодцы с отстойной частью. Перед сбросом на каждом выпуске на сети после колодцев с отстойной частью запроектированы колодцы.

Поверхностные стоки с газонов и щебеночных покрытий собираются в лотки, прокладываемые по периметру площадки и без очистки сбрасываются на рельеф.

Мероприятия по снижению отрицательного воздействия объекта на окружающую среду включают в себя соответствующие мероприятия природоохранного характера и санитарно-гигиенического характера, которые призваны обеспечить безопасность и безвредность для человека и окружающей среды влияния предприятия.

Мероприятия подразделяются на планировочные, технологические и специальные.

К планировочным мероприятиям относится установление санитарно-защитной зоны для площадки ГРС и размещение площадки таким образом, чтобы гарантировалось соблюдение санитарно-гигиенических условий проживания населения.

К технологическим мероприятиям относятся:

- применение экологически «чистого» вида топлива – природного газа;
- применение специальной системы одоризации и хранения одоранта, исключающей выбросы одоранта в атмосферу.

К специальным мероприятиям по уменьшению выбросов в атмосферу относится возможность их сокращения в период НМУ. Регулирование осуществляется с учетом прогноза НМУ на основе предупреждений Гидрометслужбы о возможном росте концентраций примесей в воздухе, с целью его предотвращения.

В седьмом разделе разработан план монтажа дефлаграционных пламегасителей в существующие газопроводы ГРС «Калининград-1» и рассчитан экономический эффект от его реализации.

Интегральный экономический эффект от монтажа дефлаграционных пламегасителей в существующие газопроводы ГРС «Калининград-1» составит 154996720 рублей.

Список используемых источников

1. Азбука производства. Компрессорная станция [Электронный ресурс]. URL: <https://stavropol-tr.gazprom.ru/press/proekt-azbuka-proizvodstva/kompressornaya-stantsiya/?ysclid=ldbjhyf6pb980364895> (дата обращения: 28.08.2023).
2. Булат П. В., 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: 30.08.2023).
3. Имангазин М. К., Узакбаев Ж. С. Исследование промышленной безопасности газоперекачной компрессорной станции // Инновационная наука. 2017. №4-3. С. 55-60. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-promyshlennoy-bezopasnosti-gazoperekachnoy-kompressornoj-stantsii-too-kombitreyd> (дата обращения: 26.08.2023).
4. Менеджмент риска. Реестр риска. Общие положения [Электронный ресурс] : ГОСТ Р 51901.21-2012. URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/54073/?ysclid=le2dn4qknc405806336> (дата обращения: 05.10.2023).
5. О безопасности объектов топливно-энергетического комплекса [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 21.07.2011 № 256-ФЗ. URL: <https://docs.cntd.ru/document/902290768?ysclid=188xwehess953879243> (дата обращения: 30.08.2023).
6. О газоснабжении в Российской Федерации [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 31.03.1999 г. № 69-ФЗ URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/13650> (дата обращения: 05.10.2023).
7. О промышленной безопасности опасных производственных объектов [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 20.07.97 № 116-ФЗ. URL:

<https://docs.cntd.ru/document/9046058?ysclid=l88y17qsl815099318> (дата обращения: 12.08.2023).

8. Об охране окружающей среды [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ. URL: <https://docs.cntd.ru/document/901808297> (дата обращения: 05.10.2023).

9. Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах [Электронный ресурс] : Приказ МЧС РФ от 10 июля 2009 г. № 404. URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=141404&ysclid=1ewcrd7gqf130327182> (дата обращения: 22.08.2023).

10. Об утверждении Правил противопожарного режима в Российской Федерации [Электронный ресурс]: Постановление правительства РФ от 16 сентября 2020 г. № 1479. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_363263 (дата обращения: 05.10.2023).

11. 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=1d8jr94kat939272210> (дата обращения: 05.10.2023).

12. Об утверждении рекомендаций по выбору методов оценки уровней профессиональных рисков и по снижению уровней таких рисков [Электронный ресурс] : Приказ Минтруда России от 28.12.2021 № 926. URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=411523&ysclid=1d8jqdwcm8100411018> (дата обращения: 05.10.2023).

13. 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: 05.10.2023).

14. Об утверждении формы отчета об организации и о результатах

осуществления производственного экологического контроля [Электронный ресурс] : Приказ Минприроды России от 14.06.2018 № 261 (ред. от 23.06.2020). URL:

<https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=377676&ysclid=1dsbgkxui183890770> (дата обращения: 05.10.2023).

15. 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: 05.10.2023).

16. Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования [Электронный ресурс] : ГОСТ 12.1.004-91. URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/3254/?ysclid=lga9r9fn5z366382597> (дата обращения: 10.08.2023).

17. Система стандартов безопасности труда. Системы управления охраной труда. Методы идентификации опасностей на различных этапах выполнения работ [Электронный ресурс] : ГОСТ 12.0.230.4-2018. URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/69666/?ysclid=le2drhy8rg837348689> (дата обращения: 05.10.2023).

18. Системы противопожарной защиты. Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Требования пожарной безопасности [Электронный ресурс] : СП 3.13130.2009. URL: <https://www.mchs.gov.ru/dokumenty/svody-pravil/675> (дата обращения: 07.08.2023).

19. 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: 05.10.2023).

20. Системы противопожарной защиты. Установки пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования [Электронный ресурс] : СП 485.1311500.2020. URL:

<https://docs.cntd.ru/document/573004280?ysclid=l6kc9vem4v317416032> (дата обращения: 18.08.2023).

21. Системы противопожарной защиты. Электрооборудование. Требования пожарной безопасности [Электронный ресурс] : СП 6.13130.2021. URL: <https://docs.cntd.ru/document/603668016> (дата обращения: 05.10.2023).

22. Степени защиты, обеспечиваемые оболочками (код IP) [Электронный ресурс]: ГОСТ 14254-2015 URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200136066?ysclid=llv1fyiib617090813> (дата обращения: 05.10.2023).

23. Страшун Ю. П. Стандарты беспроводных коммуникаций в АСУ // ГИАБ. 2013. №11. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/standarty-besprovodnyh-kommunikatsiy-v-asu> (дата обращения: 09.08.2023).

24. Техническая эксплуатация газораспределительных систем. Основные положения. Газораспределительные сети и газовое оборудование зданий. Резервуарные и баллонные установки [Электронный ресурс]: ОСТ 153-39.3-051-2003 URL: <https://gostinform.ru/otraslevye-standarty-osty/ost-153-39-3-051-2003-obj46983.html?ysclid=llv1amdhk362615447> (дата обращения: 05.10.2023).

25. 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: 19.08.2023).

26. Трудовой кодекс Российской Федерации [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 30.12.2001 № 197-ФЗ. URL: <http://docs.cntd.ru/document/901807664> (дата обращения: 05.10.2023).

27. Фрезе, Т. Ю. Методы оценки эффективности мероприятий по обеспечению техносферной безопасности: практикум : учебное пособие / Т. Ю. Фрезе. Тольятти : ТГУ, 2022. 258 с. ISBN 978-5-8259-1456-5. [Электронный ресурс]. URL: <https://e.lanbook.com/book/159637> (дата обращения: 01.08.2023).