

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

Институт инженерной и экологической безопасности
(наименование института полностью)

20.04.01 Техносферная безопасность
(код и наименование направления подготовки)

Управление пожарной безопасностью
(направленность (профиль))

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)**

на тему Оценка пожарной безопасности рабочих мест персонала компрессорных цехов
газотранспортных предприятий

Обучающийся

Д.В. Ишин

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Научный
руководитель

И.В. Дерябин

(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)

Содержание

Введение.....	3
Термины и определения.....	9
Перечень обозначений и сокращений.....	10
1 Информационно-аналитический обзор оборудования, применяемого на компрессорных станциях газотранспортных предприятий	11
1.1 Основные виды оборудования и требования пожарной безопасности.....	11
1.2 Пожарная опасность газоперекачивающих агрегатов.....	22
2 Оценка и обеспечение пожарной безопасности компрессорных цехов	27
2.1 Оценка пожарной безопасности компрессорных цехов и современные средства ее обеспечения.....	27
2.2 Разработка системы пожарной безопасности компрессорных станций.....	49
3 Исследование и анализ инновационных технических средств для повышения пожарной безопасности компрессорных цехов.....	55
3.1 Предлагаемые к внедрению методы и средства противопожарной защиты	55
3.2 Анализ и оценка эффективности предлагаемых мероприятий по обеспечению техносферной безопасности в организации.....	63
Заключение.....	71
Список используемых источников.....	74

Введение

Развитие техносферного пространства, в том числе, среди газотранспортных предприятий заставляет задуматься о совершенствовании системы обеспечения ПБ этих объектов. Здесь важны все аспекты деятельности предприятия, начиная от проектирования производственной площадки, строительства согласно нормам и требованиям ПБ, а также обеспечения безопасности и недопущения нарушений в процессе запущенного технологического процесса обращения газа.

Пожары на объектах газотранспортных предприятий могут возникать при нарушении технологического процесса, зачастую это также нарушение ПБ при проведении огневых работ. Обеспечение пожарной безопасности газотранспортных предприятий очень важно для сохранения здоровья работников в процессе трудовой деятельности.

Актуальность и научная значимость настоящего исследования обусловлена рядом таких факторов, как:

- сложность технологических линий, где характерно обращение большого количества ЛВЖ и ГЖ;
- большое количество технологических емкостей, резервуаров под высоким давлением и при высокой температуре;
- наличие разветвленных сетей технологических трубопроводов, где проводится работа с наличием большого количества запорно-пусковой арматуры и контрольно-измерительных блоков управления;
- высокая теплота сгорания технологического (рабочего) газообразного вещества.

Объект исследования – система пожарной безопасности компрессорных цехов газотранспортных предприятий.

Предмет исследования – методы обеспечения пожарной безопасности рабочих мест компрессорных цехов газотранспортных предприятий.

Цель исследования: повышение эффективности пожарной безопасности компрессорной станции путем разработки организационно-технических методов защиты.

Гипотеза исследования состоит в том, что повышение пожарной безопасности рабочих мест на объекте будет обеспечено, если:

- будут проанализирован технологический процесс и виды оборудования, применяемого на компрессорной станции газотранспортного предприятия;
- проведен анализ рабочего места и спрогнозирована неблагоприятная ситуация на объекте для последующей разработки организационно-технических методов защиты;
- исследовать и предложить к внедрению корректирующие действия по повышению эффективности пожарной безопасности компрессорной станции.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- исследование технологического процесса и видов оборудования, применяемого на компрессорной станции газотранспортного предприятия;
- анализ рабочего места и спрогнозирована неблагоприятная ситуация на объекте для последующей разработки организационно-технических методов защиты;
- разработка корректирующих действий по повышению эффективности пожарной безопасности компрессорной станции.

Теоретико-методологическую основу исследования составили: федеральные законы о требования пожарной безопасности, основы и принципы обеспечения пожарной безопасности, описанные в учебно-методических пособиях, методы и принципы работы технологического

оборудования, данные технической документации компрессорной станции газотранспортного предприятия, теоретические сведения о безопасном технологическом процессе газотранспортных предприятий, данные практического опыта по функционированию оптимального режима компрессорной станции.

Методы исследования:

- теоретический метод (описание оборудования компрессорных станций, а также требований к ним);
- системный подход, позволяющий раскрыть все элементы обеспечения ПБ, все технические средства являются элементами противопожарной защиты, а именно средствами контроля газовой среды, то есть фактически основная опасность в организации пожарной безопасности компрессорных цехов газотранспортных предприятий направлена на обнаружение газовой среды, далее аварийной ситуации;
- метод сравнения (описание плюсов и минусов средств ПБ, выбор наилучшего для выбранного объекта), метод оценки (измерение исходных параметров технологического оборудования).
- стандарт предприятия, регламентирующий технологический процесс, требования безопасности на установках комплексной подготовки газа.

Базовыми для настоящего исследования явились также:

- требования руководящих документов о безопасности процесса транспортировки газа;
- данные об объекте (газосжаточная станция газоперерабатывающего предприятия, расположенного по адресу: Самарская область, г. Кинель п. Алексеевка, ул. Северная, д.5);
- техническая документация предприятия, открытый информационный источник газотранспортного предприятия;

- нормативная документации по требованиям пожарной безопасности.

Опытно-экспериментальная база исследования: газокompрессорная станция газоперерабатывающего предприятия, расположенного по адресу: Самарская область, г. Кинель п. Алексеевка, ул. Северная, д.5.

Научная новизна магистерской диссертации:

- представленная программа аналитического обзора оборудования, применяемого на компрессорных станциях газотранспортных предприятий;
- описание сравнительных данных систем АУПТ для компрессорных станций;
- разработанная система управления техническими средствами по повышению пожарной безопасности компрессорной станции.

Теоретическая значимость исследования заключается в:

- освещении проблемы обеспечения пожарной безопасности газотранспортного предприятия с целью обеспечения безопасности работников;
- погружении в вопрос оборудования и этапов технологического процесса с целью раскрытия особенности технологического процесса;
- решении проблемы обеспечения ПБ путем проведения дополнительных профилактических мероприятий для снижения риска возникновения аварийной ситуации;
- методологической разработки организационных методов обеспечения ПБ существующего объекта путем проведения мониторинга безопасного технологического цикла и снижение рисков при эксплуатации оборудования.

Практическая значимость исследования – предложение о внедрении усовершенствованного модуля АУПТ Роса-2SL ППКОПП-2П СТД прибор

приемно-контрольный, содержащий ППКОПП-2П в составе комплекса пожарной безопасности «Роса-2SL», позволяющий осуществить 2 направления пожаротушения и предусматривающий работу с извещателями любого типа (реле, электроконтактные, активные).

Достоверность и обоснованность результатов исследования обеспечивались тем, что:

- методология исследования базируется на доказанных теоретических методах обеспечения пожарной безопасности, а также данных практического опыта существующей практики пожаротушения;
- разработка новых теоретических решений проводилась после проверки их работоспособности экспериментальным путем;
- публикация результатов проведенного исследования в рецензируемых научных изданиях;
- цитирование источников, представленных в последнем разделе ВКР.

Личное участие автора в организации и проведении исследования состоит в проведении анализа нормативных и локальных документов в области обеспечения ПБ газокompрессорной станции газоперерабатывающего предприятия, расположенного по адресу: Самарская область, г. Кинель п. Алексеевка, ул. Северная, д.5.

Предложен метод внедрения АУПТ (комплекс элементов и системы пожаротушения) на основании сравнительного анализа унифицированных современных, подобраны извещатели и элементы технической системы АУПТ при сравнении технических характеристик систем подобного типа. Также проведен мониторинг безопасного технологического процесса и этапов цикла и обработаны результаты для выявления особенностей для выбора АУПТ. Разработаны рекомендации и меры повышения ПБ.

Апробация и внедрение результатов работы предложены для объекта газокompрессорной станции, расположенной по адресу: Самарская область, г. Кинель п. Алексеевка, ул. Северная, д.5

Его результаты докладывались на следующих конференциях:

Ишин Д.В. Оценка пожарной безопасности рабочих мест персонала компрессорных цехов газотранспортных предприятий / Актуальные вопросы современной науки и образования: сборник статей XL Международной научно-практической конференции. МЦНС «Наука и просвещение» в г. Пенза. В. 2, ч. 1. С. 94-97. 2024 г.

На защиту выносятся:

- конкретизированные данные технологического процесса и видов оборудования, применяемого на компрессорной станции газотранспортного предприятия;
- прогноз неблагоприятной ситуации на объекте для последующей разработки организационно-технических методов защиты;
- разработанные корректирующие действия по повышению эффективности пожарной безопасности компрессорной станции.

Структура магистерской диссертации. Работа состоит из введения, 3 разделов, заключения, содержит 6 таблиц, список использованной литературы (32 источника). Основной текст работы изложен на 80 страницах.

Термины и определения

«Взрыв – быстрое химическое превращение среды, сопровождающееся выделением энергии и образованием сжатых газов» [19].

«Компрессор – устройство, задача которого увеличить уровень давления, а также сжатие воздуха или газа» [4].

«Объект защиты – продукция, в том числе имущество граждан или юридических лиц, государственное или муниципальное имущество (здания, сооружения, технологические установки, оборудование, агрегаты), к которой установлены или должны быть установлены требования пожарной безопасности для предотвращения пожара и защиты людей при пожаре» [19].

«Пожарная безопасность – состояние защищенности личности, имущества, общества и государства от пожаров» [6].

«Пожар – неконтролируемое горение, причиняющее материальный ущерб, вред жизни и здоровью граждан, интересам общества и государства»

«Потенциально опасный объект – это объект, на котором расположены здания и сооружения повышенного уровня ответственности, либо объект, на котором возможно одновременное пребывание более пяти тысяч человек» [5].

«Специальная оценка условий труда является единым комплексом последовательно осуществляемых мероприятий по идентификации вредных и опасных факторов производственной среды и трудового процесса и оценке уровня их воздействия на работника с учетом отклонения их фактических значений от установленных уполномоченным Правительством РФ федеральным органом исполнительной власти нормативов условий труда» [7].

«Требования пожарной безопасности – специальные условия социального и технического характера, установленные в целях обеспечения пожарной безопасности федеральными законами и иными нормативными правовыми актами Российской Федерации, а также нормативными документами по пожарной безопасности» [6].

Перечень сокращений и обозначений

АКБ – аккумуляторная батарея

АУПТ – автоматическая система пожаротушения

ГА – газовая аппаратура

ГЖ – горючая жидкость

ГМК – газомоторные поршневые компрессоры

ГПА – газоперекачивающий агрегат

ГПС – государственная противопожарная служба

ГСМ – горюче-смазочный материал

ГТУ – газотурбинные установки

ДКС – дожимная компрессорная станция

КЗ – короткое замыкание

КИПиА – контрольно-измерительные приборы и автоматика

КУП – комбинированные установки пожаротушения

КС – компрессорные станции

ЛВЖ – легковоспламеняющаяся жидкость

МГП – московский газоперерабатывающий завод

ПБ – пожарная безопасность

ЦБЖ – центробежные нагнетатели

1 Информационно-аналитический обзор оборудования, применяемого на компрессорных станциях газотранспортных предприятий

1.1 Основные виды оборудования и требования пожарной безопасности

Пожарная безопасность зданий и сооружений на сегодняшний день представляет большой интерес для рассмотрения вследствие того, что высока вероятность возникновения пожаров и необратимых его последствий. В связи с быстрым ростом рыночной экономики появляется большое количество производственных объектов. Появляется необходимость обеспечения пожарной безопасности производственного объекта, эта ответственность всецело лежит на собственнике и руководителе объекта.

Компрессорные станции относят к крупным объектам промышленного комплекса, функциями которых является повышение давления из газа, подача газа из газопровода, а также дальнейшая его транспортировка по газотранспортной системе. Компрессорные станции являются основным оборудованием по поддержанию потока и давления газа при его добыче, транспортировке по магистральям, а также в процессе хранения природного газа.

Основными видами оборудования газокomppressorной станции являются сепараторы, газомотокомпрессоры (оборудование, сочетающее в своем устройстве два компрессора это газовый и поршневой), установка очистки газа (пылеуловители, адсорберы, фильтры), аппараты воздушного охлаждения газа после компримирования перед подачей в магистральный газопровод, газоанализаторы различных типов (например, индикаторный), системы оборудования для обслуживания ГПА, системы управления процессами компримирования и подготовки газа.

«По виду работ КС делят на:

- дожимные (головные) ДКС;
- линейные КС системы МГП;
- КС ПХГ;
- нагнетательные КС обратной закачки газов в пласт» [2].

Трубопроводные системы газотранспортных предприятий проектируют с учетом возможного увеличения давления газа (в продолжение этой темы, далее будет показан термин «компримирование»). В то же время, в связи с этим условием, необходимо предусматривать и запас прочности оборудования проектируемого газопровода. Компрессорные станции или цеха являются основным элементом системы газопроводного предприятия, поскольку это необходимый участок технологического процесса для обращающегося газа по трубопроводу. Компрессорный участок – это управляющий элемент в схеме устройства газопровода, параметры которого являются базовыми для всей системы газотранспортного предприятия.

«Такие КС называют промежуточными. Компрессорные станции являются составной частью магистральных газопроводов, по которым осуществляется транспортировка природного газа от промыслов к потребителям. Они предназначены для увеличения производительности газопроводов, что достигается путём повышения давления газа на выходе из станции за счёт его сжатия. Кроме того, осуществляется очистка и охлаждение газа, так как при сжатии он нагревается» [8].

Компрессорные станции делятся на станции с газовыми моторами в компрессорах, а также с нагнетателями с электроприводом.

«На сегодняшний день общая установленная мощность КС в нашей стране составляет около 42 млн. кВт. Компрессорные станции с поршневыми газоперекачивающими агрегатами нашли широкое применение на магистральных газопроводах и станциях подземного хранения газа. В настоящее время на КС магистральных газопроводов поршневые ГПА

заменяются центробежными ГПА с авиационным приводом различных отечественных производителей» [8].

Функциональное значение компрессорной станции – это поддержание параметров рабочего давления газа при его транспортировке и температуры, поддержание показателя предела прочности в оборудовании при работе в условиях технологического процесса.

«Когда компрессорная станция не работает, газ транспортируется только по газопроводу, минуя КС, тогда запорная арматура на входе и выходе станции закрывается, а открывается проходной кран. Максимальное давление газа на входе в КС составляет 50 кгс/см², а на выходе – 75 кгс/см². Температура газа на выходе не должна превышать 70 °С. В настоящее время, для более эффективного транспорта газа температура на входе КС 10-20 °С, на выходе КС 35-40 °С, после АВО 25-30 °С. В зависимости от мощности и числа газоперекачивающих агрегатов КС способна перекачивать от 50 до 150 млн. м³ газа в сутки» [8].

Проектирование компрессорных станций зависит выбора технологического схемы процесса предприятия, где закладываются такие факторы рабочей среды, как характер рабочего вещества – газа (температура, давления, вид газа – бытовой, топливный, импульсный) [29].

Технологическая схема КС, оборудованная ГМК

«Газ, поступающий из газопровода, проходит очистку в пылеуловителях и направляется в коллектор, откуда поступает на ГМК 6. Сжатый газ направляется в нагнетательный коллектор, а затем при необходимости в оросительный холодильник или на осушку. После этого газ поступает на одоризацию и замерный участок и далее в магистральный газопровод. Для улавливания масла установлены маслоуловители. В данной схеме все ГМК подключены параллельно, и при необходимости каждый из них может быть выведен в резерв» [8].

Основное оборудование к КС – это газотурбинные установки, которые являются на 80-90% основным потребителем мощности от общей и

энергетической производительности [29]. В состав газотурбинной установки входит турбина (двигатель, с рабочим видом топлива – газом), компрессоры и редукторы, а также камеры сгорания топлива. Технологический процесс газотурбинной установки заключается в работе или пуске турбины, далее запускается компрессор благодаря имеющемуся редуктору, здесь и происходит сжатие природного газа до необходимого параметра.

«Далее сжатый воздух направляется в блок камер сгорания, где он нагревается за счёт сжигания природного газа. Продукты сгорания направляются в газовую турбину (сначала высокого, а затем низкого давления), где они расширяются. Процесс расширения сопровождается падением давления и температуры, но увеличением скорости потока газа, используемого для вращения ротора турбины. Отработавший газ через выхлопной патрубок выходит в окружающую среду. С начала 1970-х годов на отечественных магистральных газопроводах в качестве привода центробежных нагнетателей начали применять авиационные двигатели, отработавшие свой полётный ресурс» [8].

Весомым недостатком газотурбинного привода является невысокий КПД, до 35, а также большой расход топлива – бытового газа [32].

Виды КС – это головные (главные) и промежуточные.

«Объекты КС условно можно разбить на две группы: для технологических и подсобно-вспомогательных операций.

К первой группе относятся узлы: очистки газа от механических примесей и жидкости; компримирования газа; охлаждения газа. Ко второй группе относят: узел редуцирования давления пускового и топливного газов и газа на собственные нужды; трансформаторную подстанцию или электростанцию для собственных нужд; котельную; установку утилизации тепла; склад горюче-смазочных материалов; ремонтно-эксплуатационный блок; службу связи; служебно-эксплуатационный блок; объекты водоснабжения; очистные сооружения и канализация» [8].

Технологическими зданиями и сооружениями КС служат инженерные системы по водоотведению, канализации, насосные станции, котельные и электроподстанции для выработки энергии собственных нужд, мастерские, хозяйственные блоки, лаборатории для выявления нарушения технологического процесса, а самое главное – высокой загазованности рабочей среды [32].

Таким образом, на основании полученных данных по видам КС, оборудованию и данных специфики технологического процесса, конкретизируем особенности работы КС.

К особенностям в работе компрессорных станций газотранспортных предприятий относят:

- высокая производительность и функциональность (промежуточный этап транспортировки газа в КС и повышение давления для последующей его отправки по технологическому циклу);
- обеспечение бесперебойной работы (круглосуточный режим работы, следовательно повышенное внимание со стороны высококвалифицированных ИТР за обеспечением безопасности);
- для каждого элемента системы (помещение, цех, участок, производственная линия) компрессорной станции предусматривается своя система безопасности (это и аварийная система остановки агрегатов и отсоединения от газопровода, и система противопожарной защиты) [32];
- основными технологическими процессами КС являются очищение газа от примесей разной стадийности, сжатие или расширение газа, компримирование, охлаждение газа, измерение рабочих параметров среды, управление режимом газопровода;
- стремление к оптимизации работы (контроль и мониторинг по системным расчетам улучшения технологического процесса осуществляют электроэнергетические и диспетчерские службы объекта).

Далее, на основании полученных данных по особенностям работы КС, сформируем мероприятия по оптимальному режиму работы КС.

Оптимальный режим работы компрессорных станций газотранспортных предприятий достигается путем проведения следующих мероприятий:

- поддержание режима максимального параметра давления и минимальной рабочей температуры на этапе выхода из компрессорной станции для экономичности работы;
- повышение коэффициента загрузки ГПА (отношение фактической производительности к проектной производительности газопровода);
- устройство резервных элементов и деталей проточной части ЦБН, контроль по изменению частоты вращения роторов и коленчатых валов компрессоров, контроль и управление по снижению или увеличению количества работающих агрегатов, а также схемы включения для оптимизации работы компрессоров;
- контроль и уменьшение гидравлических сопротивлений и образования гидратов (мельчайшие кристаллы, состоящие из одной или нескольких молекул газа) технологических коммуникаций, включение в работу только необходимого числа агрегатов;
- проработка мер по предупреждению эрозионного износа (коррозия защитного оксидного слоя под воздействием транспортировки газа) оборудования путем обеспечения оптимального температурного режима, также смазки уплотнительными технологическими жидкостями или путем подачи циклового воздуха (который также применяется для защиты от абразивного износа);
- уменьшение расхода ГСМ путем точных расчетов квалифицированным персоналом по применению в технологическом цикле для того или иного аппарата (с учетом технических рабочих параметров по паспорту оборудования);

- своевременное обнаружение и устранение утечек через резервную (так называемую «байпасирующую») запорную арматуру путем проверки разъемных соединений, проверки герметичности, а также путем применения газоанализаторов и газоиндикаторов.

Основываясь на полученных данных по оптимальному режиму работы компрессорных станций газотранспортных предприятий, можно сделать вывод о том, что данный комплекс мероприятий также снижает аварийность работы объекта, тем самым можно усилить безопасность и повысить эффективность работы пожарной безопасности рабочих мест персонала.

Далее проанализируем требования пожарной безопасности для газотранспортных предприятий и конкретизируем их для компрессорных станций:

- к работе по обслуживанию установки компрессорной станции (ремонт техническое обслуживание, работы по реновации или реконструкции) допускаются лица, не моложе 18 лет с имеющимся техническим образованием, которые прошли соответствующую подготовку на данном предприятии и имеют удостоверение о прошедшей подготовке (удостоверение выдается только при получении положительной оценки при сдаче зачета);
- перед вводом в эксплуатацию необходимо проверять наличие и исправность установок аварийной защиты и блокировки, а также пожарной сигнализации и АУПТ (если установка попадает под критерий пожарной опасности);
- установки аварийной защиты и блокировки, а также пожарной сигнализации и АУПТ необходимо проверять не реже 1 раза в неделю;
- необходимо предусматривать в здании или помещениях компрессорной станции установку вытяжной вентиляции (не приточно-вытяжной, эти устройства должны работать автономно

друг от друга), при условии ошибок в работе вентиляционных систем работу следует останавливать;

- для того, чтобы избежать попадания трансформаторного масла (горючее вещество, попадая в производственную зону способствует образованию так называемого треугольника пожара «источник зажигания–горючее вещество–окислитель») на пол производственного помещения необходимо заранее предусматривать такие устройства;
- работа воздушных компрессоров в газовых турбинах должна производиться с учетом очистки воздуха (при его заборе) от посторонних примесей (посторонние газы, мелкодисперсная пыль) посредством установки фильтров;
- в рабочей зоне, а также производственном помещении необходимо соблюдать чистоту и порядок, конкретно для предотвращения самовозгорания, оборудование турбин и компрессоров необходимо промывать только разрешенными растворами (например, это может быть, 5%-ный раствор каустической соды – сильнодействующая щелочь, способная разъедать органические соединения, применяют в промышленности) с применением маски, перчаток и специальной одежды;
- не допускается проектирование воздуховода рядом с источниками открытого огня, сильно нагретыми элементами или предметами (температура которых выше 75 °C);
- в помещениях компрессорной станции категорически запрещается хранить ЛВЖ, ГЖ, ГСМ;
- применение ГСМ (бензин, керосин, ДТ) для промывки деталей компрессоров категорически запрещается;
- смазочные материалы допускается хранить на территории компрессорной станции, но в специально оборудованном

металлическом шкафу с наличием соответствующей надписи в количестве для суточной работы, не более того;

- работа компрессоров должна производиться только под присмотром технического персонала;
- на входной двери компрессорной станции и помещениях такого типа необходимо устанавливать таблички с надписью («Вход посторонним запрещен»).

Далее необходимо проанализировать требования безопасности в компрессорных станциях с выделением особенностей требований безопасности при оценке рабочих мест.

«Обвязочные газопроводы, находящиеся на территории и в цехах компрессорной станции, характеризуются высокими давлениями транспортируемого газа как в самих газопроводах, так и в аппаратах, установках и других коммуникациях, из которых возможен выход газа при нарушении герметичности фланцевых соединений и арматуры, а также возможными образованиями пирофорных соединений в пылеуловителях, отстойниках, емкостях и других местах. Вредными для организма человека являются повышенная температура, вибрация оборудования и шумы в компрессорных цехах, поэтому при выполнении любых работ в производственных помещениях, внутри аппаратов, сосудов и на других коммуникациях КС от персонала требуется строгое соблюдение правил техники безопасности и организация безопасных условий труда» [27].

При работе к обслуживанию компрессорных установок допускаются лица, не моложе 18 лет с имеющимся техническим образованием, которые прошли соответствующую подготовку на данном предприятии и имеют удостоверение о прошедшей подготовке (удостоверение выдается только при получении положительной оценки при сдаче зачета).

Также каждый работник должен пройти вводный, первичный и противопожарный инструктажи, которые содержат в том числе и методы оказания первой помощи, где обсуждаются не только правила охраны труда

и техники безопасности, но и данные требования для имеющегося технологического процесса. Принятые работники изучают схему технологического процесса, перечень производственных помещений, куда они могут заходить, а куда допуск им запрещен. Также изучается алгоритм работы и распорядок рабочего дня или смены. Завершающим этапом стажировки и инструктажей является сдача зачетов по пройденным темам (проверку знаний осуществляется наставник и руководитель стажировки). Таким образом, работник получает допуск к самостоятельной работе.

«Лицам, не занятым эксплуатацией или ремонтом газоперекачивающих агрегатов и их оборудования, запрещается заходить в помещения компрессорных цехов или блок-боксы контейнерного типа, на площадки стационарных коллекторов, узлы подключения КС без разрешения руководства КС. Каждый работник должен немедленно сообщить своему непосредственному начальнику о нарушениях правил и инструкций, а также о неисправностях оборудования, защитных устройств. Ответственность за соблюдение правил техники безопасности несет весь персонал КС в соответствии с выполняемыми обязанностями» [27].

Кроме того, также важное внимание уделяется обеспечению СИЗОД работников компрессорной станции.

Обеспеченность должно охватывать 100% работников и персонала компрессорной станции, причем необходимо также закупать и резервные СИЗОД на случай непредвиденных нужд. Путем выбора СИЗОД согласно типовым нормам и отраслевым документам, лицо, ответственное за ОТ выдает СИЗОД с последующим закреплением за каждым работником с записью в журналы учета СИЗОД. В рамках технологического процесса в компрессорных станциях возможно наличие примесей в воздухе паров и горючих газов. При помощи установленных устройств газового контроля (анализаторы). Но количество примесей не должно превышать 5%.

«Помещения, где возможно образование опасных газовоздушных смесей, в соответствии с проектом оборудуются сигнализаторами

довзрывоопасных концентраций газов, заблокированных с автоматикой включения аварийной вентиляции. Первый сигнал (звуковой) подается от сигнализатора при достижении содержания горючего газа в воздухе помещения или в одном из возможных мест его скопления, равной 10% его НПВ (около 0,5% по метану), при одновременном автоматическом включении аварийной вытяжной вентиляции» [27].

При подаче сигнала аварийной вентиляции необходимо принять меры по обнаружению места утечки газа. Если параметры концентрации на газоанализаторах превышают 20% горючих газов (метана свыше 1%), то производится прекращение работы оборудования. При условии работы неисправной системы газового контроля также производится (автоматическое) прекращение работы оборудования. Запрещено работать также при выключенной системе аварийной защиты. Регулярно (перед началом рабочей смены) мастером участка или инженером компрессорной станции проверяется работоспособность систем аварийной защиты (сигнализация, вентиляция) с записью в соответствующий журнал.

«Эксплуатация ГПА должна быть прекращена в случаях, оговоренных техническими инструкциями по эксплуатации отдельных типов агрегатов, в том числе при неисправности запорной и регулирующей арматуры, контрольных приборов, кнопок управления и сигнализации на щите управления, маслонасосов или масляных фильтров; снижении уровня масла в маслобаке или давления масла в системе ниже допустимого значения; значительных утечках масла или газа; отключенных автоматических защитах; в случае возгорания ГПА и других обстоятельствах, угрожающих целостности оборудования и жизни обслуживающего персонала. Обнаруженные неисправности нельзя устранять на работающем ГПА» [27].

Оборудование компрессорной станции, агрегаты по перекачке газа необходимо полностью отключать перед проведением планово-предупредительных ремонтов или технического обслуживания. При неблагоприятных погодных условиях (грозовой шквал, усиление ветра

свыше 18 м/с) необходимо приостанавливать работу оборудования КС по перекачке, а также переходить на резервные источники питания с наличием блока бесперебойного питания и устройство защиты от импульсных перенапряжений (для исключения сбоев и выходов из строя силового электрооборудования).

«Дежурный персонал КС при приеме смены обязан проверить действующие или подготовленные к пуску установки с целью обнаружения возможных неисправностей или дефектов; получить информацию от сдающих смену о технологических особенностях и режимах работы оборудования, а также сведения об исправности защитных устройств и приспособлений; немедленно сообщить вышестоящему руководителю или диспетчеру о всех замеченных нарушениях или необычных условиях работы КС или ГПА при приеме смены. Прием и сдача смены во время производимых переключений, при операциях по пуску или остановке оборудования, как правило, не разрешаются» [27].

1.2 Пожарная опасность газоперекачивающих агрегатов

В общем смысле производственного предприятия (независимо от вида технологического процесса) определим от каких факторов складывается негативное воздействие:

- от конструкции установки и ее технического состояния (год выпуска, коэффициент амортизации, качество обслуживания);
- от применяемой технологии, используемого сырья (здесь необходимо понимать, что не все зависит от собственника предприятия, в цепи полного технологического цикла присутствуют промежуточные участники и подрядные организации по поставке и потреблению сырья);

- от уровня подготовленности и квалификации инженерно-технического персонала (зачастую ошибки в работе систем происходят по этой причине);
- от уровня технологической дисциплины (так называемый «русский авось», имеет место человеческий фактор);
- от степени аварийности производства (сложности технологического процесса, который также зависит от факторов производственной среды, начиная со стадии проектирования) [26];
- от уровня правовой обеспеченности деятельности;
- от уровня знаний об окружающей среде и о возможных последствиях данного воздействия [26].

«Природный газ находится под высоким давлением, когда он проходит по МГП. Чтобы природный газ оставался под давлением, его необходимо периодически сжимать по мере продвижения по трубе. В КС газ сжимается турбиной или двигателем. На больших расстояниях трение снижает давление в МГП, и поток газа замедляется. На трассах МГП расположены КС на расстоянии примерно 80-100 км друг от друга вдоль ГТС, которые обеспечивают необходимый «прирост» газа, помогая потоку двигаться из одной точки в другую» [4].

Работа компрессорных станций осуществляется в круглосуточном режиме, где данный технологический процесс контролируют высококвалифицированные специалисты области газоснабжения. Каждая КС должна иметь систему аварийного отключения, которая останавливает компрессорные агрегаты, изолирует газопроводы от КС и отводит газ в газопровод около КС [20]. Все системы аварийного отключения ежегодно проходят полную проверку в соответствии с регламентами.

«Турбины, которые приводят в действие газовые компрессоры, используют технологию с низким уровнем выбросов и работают на природном газе, работающем на чистом горении. В США действующие федеральные правила требуют, чтобы турбины были спроектированы таким

образом, чтобы при нормальных условиях эксплуатации уровень выбросов оксида азота (NO_x) составлял 25 ч/млн (частей на 1 млн по объему, в сухом состоянии). В случае выхода природного газа из КС, во время ежегодных испытаний или во время аварийного останова, природный газ – смесь углеводородов, прежде всего метана – будет безопасно подниматься и рассеиваться, поскольку он всасывается в атмосферу, потому что метан легче воздуха. Уровень шума на КС не должен превышать средний уровень шума днем и ночью в 55 децибел в ближайшей чувствительной к шуму зоне, например, в жилых помещениях, школах, больницах» [4].

Для сравнения, посудомоечная машина шумит с уровнем 50 дБА.

Пожарная опасность ГА обусловлена большим количеством факторов рабочей среды, которые потенциально являются пожароопасными. Вероятность возникновения пожара обусловлена большим количеством природного газа, трансформаторного масла, горючесть которых является высокой [20].

Источниками пожара могут быть искры, открытое пламя, нагретые элементы оборудования, в совокупности с горючим материалом ГА – это высокий фактор возможности возникновения пожароопасной ситуации, которая в свою очередь, приводит к разгерметизации и нарушения целостности оборудования, нарушения технологического процесса, сопровождающегося взрывом. По «принципу домино» ряд вышеперечисленных причин и обстоятельств провоцирует крупную аварию [30].

«Сооружения складов сжиженных углеводородных газов и легковоспламеняющихся жидкостей должны располагаться на земельных участках, имеющих более низкие уровни по сравнению с отметками территорий соседних населенных пунктов, организаций и путей железных дорог общей сети. Допускается размещение указанных складов на земельных участках, имеющих более высокие уровни по сравнению с отметками территорий соседних населенных пунктов, организаций и путей железных

дорог общей сети, на расстоянии более 300 метров от них. На складах, расположенных на расстоянии от 100 до 300 метров, должны быть предусмотрены меры (в том числе второе обвалование, аварийные емкости, отводные каналы, траншеи), предотвращающие растекание жидкости на территории населенных пунктов, организаций и на пути железных дорог общей сети. В пределах зон жилых застроек, общественно-деловых зон и зон рекреационного назначения поселений и городских округов допускается размещать производственные объекты, на территориях которых нет зданий и сооружений категорий А, Б и В по взрывопожарной и пожарной опасности. При этом расстояние от границ земельного участка производственного объекта до жилых зданий, зданий дошкольных образовательных организаций, общеобразовательных организаций, медицинских организаций и учреждений отдыха устанавливается в соответствии с требованиями. В случае невозможности устранения воздействия на людей и жилые здания опасных факторов пожара и взрыва на взрывопожароопасных объектах, расположенных в пределах зоны жилой застройки, следует предусматривать уменьшение мощности, перепрофилирование организаций или отдельного производства либо перебазирование организации за пределы жилой застройки» [11].

Источниками аварии в КС могут быть трансформаторное масло (минеральное изоляционное масло, является ГЖ, температура вспышки варьируется в диапазоне 135 °С до 200 °С), его пары способны гореть и воспламеняться при наличии источника зажигания. Поэтому, как описывалось ранее, попадание трансформаторного масла на оборудование, пол недопустимо, в противном случае при наличии нескольких отягчающих обстоятельств (попадание трансформаторного масла на нагретое оборудование) может возникнуть пожар [30].

«Взрывоопасность оборудования определяется возможностью образования взрывоопасных смесей транспортируемого газа, а также свойствами масел, применяемых в системе смазки компрессора газотурбинного привода. В составе ГПА выделяются три зоны пожарной опасности: зоны размещения приводного газотурбинного агрегата,

нагнетателя и маслоблока. Для тушения пожаров на ГПА рекомендуется применять индивидуальные и комбинированные установки пожаротушения. [9]. КУП предполагает две очереди ввода в действие огнетушащих веществ. Первым темпом обеспечивается подавление пожара в начальной стадии развития, вторым – ликвидируется возможность повторного воспламенения» [17].

В процессе транспортировки газа через компрессорную станцию наибольшую опасность представляет собой процесс сжатия природного газа. Следовательно, рассматриваемый объект – компрессорная станция является самым опасным (кроме складов хранения ЛВЖ, ГЖ, ГСМ) в системе газотранспортного предприятия по пожарной опасности [31].

Вывод 1 раздела:

Описаны теоретические основы о работе компрессорных станций, раскрыто понятие «компрессорные станции» как элемента системы газотранспортных предприятий. Показаны функциональное значение КС, приведены их виды.

Изложены данные о видах оборудования КС и перечислены требования пожарной безопасности этих объектов. Также обозначены особенности технологического процесса с участием компрессорных станций по перекачке и транспортировке газа, сформулированы методы оптимальной работы компрессорных станций.

Пожарная опасность компрессорных станций обусловлена сложностью технологических линий, где характерно обращение большого количества ЛВЖ и ГЖ, большим количеством технологических емкостей, резервуаров под высоким давлением и при высокой температуре, наличием разветвленных сетей технологических трубопроводов, где проводится работа с наличием большого количества запорно-пусковой арматуры и контрольно-измерительных блоков управления. Для ликвидации быстроразвивающегося пожара необходимо использовать быстродействующие установки автоматического пожаротушения, способные не только потушить начавшееся горение, но и предотвратить повторное возникновение горения.

2 Оценка и обеспечение пожарной безопасности компрессорных цехов

2.1 Оценка пожарной безопасности компрессорных цехов и современные средства ее обеспечения

Анализ современного состояния пожарной безопасности промышленного предприятия согласно данным практического опыта показывает относительно низкую эффективность в работе систем профилактики и предотвращения пожара, но конкретно на каждом объекте все зависит от собственника объекта и того, как он относится к защите своего объекта [27].

Компрессорные станции являются элементом магистрального газопровода или газотранспортного предприятия, функциональным значением которого является повышение давления транспортируемого газа (при его хранении, добыче или транспортировке).

Объектом выбрана газоконпрессорная станция газоперерабатывающего предприятия, расположенного по адресу: Самарская область, г. Кинель п. Алексеевка, ул. Северная, д.5. Площадь территории 20 Га.

Категория здания компрессорной станции к категории «А» (так как используется природный газ).

Газоконпрессорный участок включает:

- здание компрессорного первого блока с открытой площадкой, категория производства «А»;
- здание компрессорного второго блока с открытой площадкой, категория производства «А»;
- здание регенерационной установки, категория производства «Д»;
- здание склада масла, категория производства «А».

Описание технологического процесса:

- очистка газа (от механических примесей, а также от частиц собирающегося конденсата) путем прохождения через сепараторы, которые не только очищают технологическое вещество, но обеспечивают оптимальное давление в системе системы клапанов, которые регулирует показатели подачи углеводорода в магистраль;
- прохождение газа в газомерный пункт [19];
- компримирование (сжатие или повышение давления) газа до промежуточного показателя давления, диапазон от 1,5 Мпа до 3,4 Мпа (используются газомотокомпрессоры 10ГКМ 1-4/16, 10 ГКМ 1-17/35);
- повторный цикл очистки газа (от сероводорода, углекислого газа) путем прохождения через центробежные пылеуловители, при показателе давления 0,4 МПа;
- прием в компрессоры;
- адсорбционная осушка (очистка от частиц алюминия, кальцинирования, сернистых соединений: адсорберы типа НУ-152, количество 12 единиц);
- охлаждение газа на узле низкотемпературного режима для получения этановой фракции;
- конечное двухфазное охлаждение газа;
- разделение фаз конденсата;
- дожим компрессоров;
- получение готового продукта – этановая фракция и широкая фракция легких углеводородов;
- распределение по трубопроводам.

Модель производственного оборудования компрессорного цеха:

- сепараторы (СГ-ТКТ-Ц-150/200-40-У1-12000, сепаратор с условным проходом входного патрубка DN150 и выходного — DN200, с условным давлением 4,0 МПа, для эксплуатации в умеренном климатическом районе, с центробежно-щелевым устройством для

сепарации газа с номинальным объёмом входного потока 12000 нм³/час, 25 единиц);

- газомотокомпрессоры (оборудование, сочетающее в своем устройстве два компрессора это газовый и поршневой, МКС-12, количество 12 единиц);
- установка очистки газа (пылеуловители ПЦТ МР РГП 50/16 (У2), количество 25 единиц);
- аппараты воздушного охлаждения газа после компримирования перед подачей в магистральный газопровод;
- газоанализатор индикаторный магнитный (тип IP55/IP65/IP66 (датчики); ExdbIICT6 Gb для датчиков АТХ; от -20°C до +50°C. количество 48 единиц);
- системы оборудования для обслуживания ГПА;
- системы управления процессами компримирования и подготовки газа.

Количество пожарной нагрузки:

- объем масла в каждом компрессоре по 100 л (масло И-20А);
- сухой газ (топливный газ), 13 емкостей по 125 м³;
- метанол, 2 емкости по 100 м³;
- широкая фракция легких углеводородов, 4 емкости по 75 м³;
- в помещении расположены 2 металлические бочки, объемом по 200 л каждая (масло И-20А).

Достоинства применения (подтверждающее обеспечение промышленной, пожарной безопасности, а также безопасности рабочих мест) имеющегося технологического оборудования:

- высокий КПД поршневого компрессора, с помощью которого осуществляется повышение или понижение давления в одну фазу при сохранении заданной мощности;

- особенность используемого поршневого компрессора также в незначительной чувствительности к плотности технологического газа;
- нейтрализаторы, скрубберы и пылеуловители, используемые при очистке примесей газа оборудованы дополнительными устройствами защиты от возможных образований пирофорных соединений;
- высокое давление транспортируемого газа в газопроводе, аппаратах, установках и других коммуникациях контролируется газомотокомпрессорами, в которых параметры давления стабилизируются до нормируемого;
- содержание горючих газов и превышение ПДК газовой среды контролируется газоанализаторами, течеискателями;
- автоматическое включение аварийной вытяжной вентиляции;
- наличие сигнализаторов довзрывоопасных концентраций газов, заблокированных с автоматикой включения аварийной вентиляции [3].

Для того, чтобы провести мероприятия по разработке системы ПБ компрессорной станции, проанализируем основные проблемы обеспечения безопасности эксплуатации и улучшения управления процессами транспортировки и хранения газа:

- определение участков аварии и мер по их ликвидации;
- жесткие временные рамки принятия решения;
- человеческий фактор при отключении автоматических систем;
- сложность информационной поддержки при контроле работоспособности системы.

Технологический процесс, осуществляемый на заводе, связан с рядом опасных факторов высокое давление, большие объемы углеводородного сырья, наличие динамического оборудования, высокое напряжение.

Углеводородные газы в смеси с атмосферным воздухом способны образовывать взрывоопасные смеси, которые при наличии огня или искры,

могут взорваться, вызвав разрушение производственных зданий, оборудования и пожары.

«Газовая отрасль играет огромную роль в формировании экономики России, являясь при этом опасным производством, поэтому возникает необходимость в усовершенствовании ее развития. При добыче, хранении, подготовке газа есть риск аварийных ситуаций с возникновением пожаров и значительной скорости их распространения, возможны и взрывы с серьезными последствиями не только по отношению к природной среде, но и по отношению к работающим на установках» [24].

Оценка пожарной безопасности компрессорных цехов складывается из:

- работы должностных лиц организации в области обеспечения пожарной безопасности;
- существующей системы безопасности технологического процесса (это ремонтпригодность, коэффициент износа оборудования, коэффициент наработки до отказа элементов и деталей) [14], [30].
- работы систем предотвращения пожаров и пожаротушения;
- данных отчетных документов по результатам проверки контрольно-надзорных мероприятий исполнительными органами государственной власти (государственный пожарный надзор, технический надзор – Ростехнадзор);
- разработки оптимальной схемы пожарной безопасности [13], [27].

Оценка пожарной безопасности компрессорных цехов – это анализ работы должностных лиц объекта и технических систем по обеспечению пожарной безопасности. При пожаре, который может возникнуть в замкнутом помещении на территории компрессорной станции негативное влияние на работников воздействуют образование дыма и продуктов горения (смерть при вдыхании до 7 минут), повышенная температура вокруг очага горения, пониженная концентрация кислорода также вокруг очага горения, открытый огонь и искры. Здесь имеет место быть обрушение части и ли всего

здания компрессорной станции (как вторичный опасный фактор пожара), поскольку в зданиях и помещениях КС обращается газ под давлением, взрывоопасные концентрации могут образовываться во время отключения трубопроводов. Оставшийся газ в трубах при смешивании с атмосферным воздухом может вызывать взрыв. Далее проведем оценку пожарной безопасности компрессорных цехов путем составления проверочного листа по пожарной безопасности, который содержит список контрольных вопросов, ответы на которые свидетельствуют о соблюдении или несоблюдении обязательных мер режимного характера [18]. Данная информация предоставлена в таблице 1.

Таблица 1 – Проверочный лист ПБ компрессорной станции

«Контрольные вопросы, отражающие содержание обязательных требований, ответы на которые свидетельствуют о соблюдении или несоблюдении контролируемым лицом обязательных требований» [8].	«Реквизиты нормативных правовых актов с указанием их структурных единиц» [8].	Ответы на вопросы			Примечание
		Да	Нет	Неприменимо	
«Исключено ли наличие на газонепроницаемых стенах, отделяющих помещения с контрольно-измерительными приборами и устройствами управления от газорегуляторных пунктов и газорегуляторных установок, сквозных отверстий и щелей?» [8].	«Пункт 157 Правил противопожарного режима в Российской Федерации, утвержденных постановлением Правительства Российской Федерации от 16.09.2020 № 1479» [7].	+	-	-	-
«Выполнена ли прокладка коммуникаций через газонепроницаемые стены только с применением специальных устройств (сальников)?» [8].	«Пункт 157 ППР» [7].	+	-	-	-
«Исключено ли проведение монтажа или ремонта оборудования при неработающей вентиляции?» [8].	«Пункт 158 ППР» [7].	+	-	-	-
«Работают ли при подаче топлива все средства обеспыливания, находящиеся на тракте топливоподачи, а также устройства по улавливанию металла, щепы и других посторонних включений из топлива?» [8].	«Пункт 158 ППР» [7].	+	-	-	-
«Соблюдается ли в помещениях тракта топливоподачи чистота, проводится ли регулярно уборка с удалением пыли со всех мест ее скопления на электростанциях?»	«Пункт 158 ППР» [7].	+	-	-	-
«Проводится ли уборка по утвержденному графику в зависимости от типа твердого топлива, его склонности к окислению и запыленности помещений на электростанциях?»	«Пункт 158 ППР» [7].	+	-	-	-

Продолжение таблицы 1

«Контрольные вопросы, отражающие содержание обязательных требований, ответы на которые свидетельствуют о соблюдении или несоблюдении контролируемым лицом обязательных требований» [8].	«Реквизиты нормативных правовых актов с указанием их структурных единиц» [8].	Ответы на вопросы			Примечание
		Да	Нет	Неприменимо	
«Убирается ли пыль на электростанциях только гидросмывом или механизированным способом?»	«Пункт 158 ППР» [7].	+	-	-	-
«Проводятся ли увлажнения пыли распыленной водой в отдельных местах на электростанции при необходимости ручной уборки?»	«Пункт 158 ППР» [7].	+	-	-	-
«Имеется ли на кабельных трассах электростанций, идущих по тракту топливоподачи, просвет между кабелями для уменьшения скопления пыли?»	«Пункт 158 ППР» [7].	+	-	-	-
«Убирается ли скопление горючих отложений под нижней ниткой конвейерных лент электростанций в течение рабочей смены?»	«Пункт 158 ППР» [7].	+	-	-	-
«Исключена ли остановка конвейеров электростанций, нагруженных топливом, без аварийных ситуаций?»	«Пункт 158 ППР» [7].	+	-	-	-
«Освобождаются ли (разгружаются ли) конвейерные ленты электростанций от топлива в случае аварийной остановки в возможно короткий срок?»	«Пункт 158 ППР» [7].	+	-	-	-
«Производится ли при переходе электростанции на длительное сжигание газа или мазута и перед капитальным ремонтом соответствующего оборудования полное опорожнение бункеров сырого топлива?»	«Пункт 158 ППР» [7].	+	-	-	-
«Определен ли от порода очистки от пыли участка не менее 10 метров вдоль ленты (при необходимости выполняется ли гидроуборка), огораживается ли этот участок щитами из негорючих материалов и обеспечивается ли первичными средствами пожаротушения перед проведением вулканизационных работ на конвейере электростанций?»	«Пункт 158 ППР» [7].	-	+	-	-
«Исключено ли устройство в помещениях и коридорах закрытых распределительных устройств и подстанций электростанций кладовых, не относящихся к распределительному устройству, а также хранение электротехнического оборудования, запасных частей, емкостей с горючими жидкостями и баллонов с различными газами?»	«Пункт 158 ППР» [7].	-	+	-	-
«Очищается ли на электростанциях немедленно теплоизоляция горячих поверхностей в случае попадания масла (горячей водой или паром), а в случае глубокой пропитки изоляции замена - участка теплоизоляции?»	«Пункт 158 ППР» [7].	-	+	-	-

Продолжение таблицы 1

«Контрольные вопросы, отражающие содержание обязательных требований, ответы на которые свидетельствуют о соблюдении или несоблюдении контролируемым лицом обязательных требований» [8].	«Реквизиты нормативных правовых актов с указанием их структурных единиц» [8].	Ответы на вопросы			Примечание
		Да	Нет	Неприменимо	
«Находятся ли на электростанциях поддоны под маслонаполненным оборудованием для сбора возможных протечек масла в исправном состоянии?»	«Пункт 158 ППР» [7].	+	-	-	-
«Проверяется ли на электростанциях в период ремонтов проходимость трубопроводов организованного отвода масла в сборный бак?»	«Пункт 158 ППР» [7].	+	-	-	-
«Исключено ли укладывание на электростанциях для сбора протечек масла из уплотнений и сальников на оборудовании тряпок и ветоши, а также использование временных лотков и противней?»	Пункт 158 ППР	+	-	-	-
«Устанавливаются ли в кабельных сооружениях не реже чем через 60 метров указатели ближайшего выхода?»	Пункт 159 ППР	+	-	-	-
«Наносятся ли в кабельных сооружениях на дверях секционных перегородок указатели (схема) движения до ближайшего выхода?»	Пункт 159 ППР	+	-	-	-
«Установлены ли у выходных люков из кабельных сооружений лестницы так, чтобы они не мешали проходу по тоннелю (этажу)?»	Пункт 159 ППР	+	-	-	-
«Исключена ли прокладка бронированного кабеля внутри помещений без снятия горючего джутового покрова?»	Пункт 159 ППР	+	-	-	-
«Фиксируются ли при эксплуатации кабельных сооружений двери секционных перегородок в закрытом положении?»	Пункт 159 ППР	+	-	-	-
«Исключено ли применение в кабельных сооружениях при проведении реконструкции или ремонта кабелей с горючей изоляцией?»	Пункт 159 ППР	+	-	-	-
«Исключено ли хранение в помещениях подпитывающих устройств маслонаполненных кабелей кабельных сооружений горючих и других материалов, не относящихся к этой установке?»	Пункт 159 ППР	+	-	-	-
«Перекрыты ли съемными плитами из негорючих материалов, оборудованными приспособлениями для быстрого их подъема ручную, кабельные каналы и двойные полы в распределительных устройствах и других помещениях кабельных сооружений?»	Пункт 159 ППР	+	-	-	-
«Исключена ли при реконструкции и ремонте прокладка через кабельные сооружения каких-либо транзитных коммуникаций и шинопроводов?»	Пункт 159 ППР	+	-	-	-
«Исключено ли при эксплуатации кабельных сооружений наличие огнезащитных кабельных покрытий и кабельных проходок с видимыми повреждениями (отслоениями, вздутиями, сколами, растрескиваниями и др.)?»	Пункт 159 ППР	+	-	-	-

Продолжение таблицы 1

«Контрольные вопросы, отражающие содержание обязательных требований, ответы на которые свидетельствуют о соблюдении или несоблюдении контролируемым лицом обязательных требований» [8].	«Реквизиты нормативных правовых актов с указанием их структурных единиц» [8].	Ответы на вопросы			Примечание
		Да	Нет	Неприменимо	
«Принимаются ли при обнаружении мест видимых повреждений огнезащитных кабельных покрытий и кабельных проходок кабельных сооружений меры по их ремонту и восстановлению?»	Пункт 159 ППР	+	-	-	-
«Исключена ли эксплуатация кабельных сооружений после прокладки дополнительных кабельных линий без восстановления требуемых нормируемых пределов огнестойкости проходок в местах прохождения кабеля через строительные конструкции?»	Пункт 159 ППР	+	-	-	-
«Содержатся ли маслоприемные устройства под трансформаторами и реакторами, маслоотводы (или специальные дренажи) в исправном состоянии для исключения при аварии растекания масла и попадания его в кабельные каналы и другие сооружения?»	Пункт 160 ППР	+	-	-	-
«Содержится ли в пределах бортовых ограждений маслоприемника гравийная засыпка в чистом состоянии?»	Пункт 161 ППР	+	-	-	-
«Осуществляется ли замена гравия при образовании на гравийной засыпке сплошного поверхностного слоя пыли и песка, замасливании его более чем на 50 процентов поверхности, а также при появлении растительности выше 0,2 метра или невозможности его очистки?»	Пункт 161 ППР	+	-	-	-
«Исключено ли использование (приспособливание) стенок кабельных каналов в качестве бортового ограждения маслоприемников трансформаторов и масляных реакторов?»	Пункт 162 ППР	+	-	-	-
«Выполнены ли бортовые ограждения маслоприемников непрерывными по всему периметру устройства?»	Пункт 162 ППР	+	-	-	-
«Оборудованы ли и обозначены ли места установки мобильной пожарной техники и места заземления, определенные специалистами энергетических объектов?»	Пункт 163 ППР	+	-	-	-

Согласно проверочному листу нарушений и замечаний нет, при выявлении даже одного замечания из данного листа, компрессорная станция была бы запрещена к эксплуатации.

Недостатки ПБ оборудования:

- нарушение в отсутствии части заземления корпуса компрессора А-1, а также воздухоборника Н-23 (12-9) (пожароопасная ситуация);
- схема нагнетательных приборов запроектирована без дренажного исполнения, что способствует образованию трансформаторного масла (от масла могут проявляться нагары);
- недостаточный контроль за качеством масла, которым производят смазку компрессоров (возможность образования горючей среды из воздуха, масла и горючих газов в рабочей среде);
- отсутствие дублирующих контрольно-измерительных приборов на компрессоре А-1 (при неисправности имеющегося манометра, информация о технологическом процессе будет недостоверна);
- возможность вибрационного действия газовой смеси рабочего вещества в трубопроводе из-за возможных потерь сопротивления и нарушения герметичности;
- нарушение работы заземления корпуса компрессора (искрообразование).

На основании практического опыта возникновения пожаров на компрессорных станциях, пожар происходит при попадании трансформаторного масла на нагретые поверхности деталей и оборудования. Масло, которое является горючей жидкостью, начинает гореть, даже без источника зажигания, это сопровождается горением других элементов, в том числе и агрегатов с обращающимся газом. Далее происходит разрушение обвязочных элементов и части трубопроводов, в полость нагнетателей попадают посторонние предметы.

Описание и выявление оптимальных режимов технологического процесса, который описан в разделе 1.2 является как бы исходными данными для последующего выявления «уязвимых мест» объекта с точки зрения ПБ.

Это объясняется тем, что с аварии (которая возникает вследствие нарушения технологического процесса) начинается схема последовательных

событий негативного характера, имеющая причинно-следственную связь. Из-за нарушения возникает авария, из-за аварии происходит утечка газа, далее образуется взрывоопасная смесь, которая является источником возникновения процесса горения, далее пожар и последующее разрушение оборудования, здания. Газ, образуя взрывоопасную смесь, распространяется и занимает объем по всему помещению компрессорной станции. Накапливаясь в замкнутых объемах, газ способен вызывать взрыв. Вблизи здания компрессорной станции образуется загазованность, здесь важное значение имеет ветер и другие метеорологические условия, которые будут влиять на дальнейший ход событий аварии или пожара.

Следовательно, в рамках обеспечения безопасности работников в компрессорных станциях, все здания и помещения классифицируются по взрывопожароопасности с указанием знаков на дверях.

В каждом цехе, на складе и других объектах на основе действующих правил пожарной безопасности должны быть разработаны противопожарные инструкции с учетом специфики производства [10].

В инструкциях по пожарной безопасности в компрессорных станциях следует предусматривать:

- требование пожарной безопасности при нахождении персонала на территории КС;
- места и порядок содержания средств пожаротушения, пожарной сигнализации и связи;
- порядок выполнения огневых и газоопасных работ на территории КС;
- порядок допуска и правила движения транспорта на территории КС;
- требования к содержанию территории, дорог, подъездов к зданиям, сооружениям и водоисточникам;
- обязанности персонала цехов при возникновении пожара, правила вызова пожарной команды, остановки и отключения оборудования;

- порядок уборки и очистки мест от пролитых горючих жидкостей, сбора, хранения и удаления промасленных обтирочных материалов, хранения спецодежды;
- выполнение мероприятий, связанных с окончанием рабочего дня.

При эксплуатации эвакуационных путей, эвакуационных и аварийных выходов запрещается загромождать эвакуационные пути и выходы различными материалами, изделиями, оборудованием, производственными отходами, мусором и другими предметами, а также блокировать двери эвакуационных выходов; устраивать в тамбурах выходов сушилки и вешалки для одежды, а также хранить (в том числе временно) инвентарь и материалы; фиксировать самозакрывающиеся двери в открытом положении, а также снимать их.

Запоры на дверях эвакуационных выходов должны обеспечивать возможность их свободного открывания изнутри без ключа.

При расстановке в помещениях технологического и другого оборудования должно обеспечиваться наличие проходов к путям эвакуации и эвакуационным выходам.

Запрещается оставлять по окончании рабочего времени необесточенными электроустановки в помещениях, в которых отсутствует дежурный персонал, за исключением систем противопожарной защиты, а также других электроустановок и электротехнических приборов, если это обусловлено их функциональным назначением и (или) предусмотрено требованиями инструкции по эксплуатации.

Запрещается:

- эксплуатировать электропровода и кабели с видимыми нарушениями изоляции;
- пользоваться электроустановочными изделиями с повреждениями;
- обертывать электролампы и светильники бумагой, тканью и другими горючими материалами, а также эксплуатировать

- светильники со снятыми колпаками (рассеивателями), предусмотренными конструкцией светильника;
- размещать (складировать) в электрощитовых (у электрощитов), у электродвигателей и пусковой аппаратуры горючие (в том числе легковоспламеняющиеся) вещества и материалы.

Перевод установок пожарной автоматики с автоматического пуска на ручной запрещается.

Не допускается устанавливать какие-либо приспособления, препятствующие нормальному закрыванию противопожарных или противоподымных дверей (устройств).

Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности технологических процессов при эксплуатации оборудования и производстве пожароопасных работ

Технологические процессы проводятся в соответствии с регламентами, правилами технической эксплуатации и другой утвержденной в установленном порядке нормативно-технической и эксплуатационной документацией, а оборудование, предназначенное для использования пожароопасных и пожаровзрывоопасных веществ и материалов, должно соответствовать конструкторской документации.

Требования пожарной безопасности, содержащиеся в инструкции КС, дополняются данными из паспортов заводов-изготовителей оборудования ГПА ответственным за ПБ, также вносятся значения оптимальных параметров измерительной аппаратуры.

Для мойки и обезжиривания оборудования, изделий и деталей применяются негорючие технические моющие средства, за исключением случаев, когда по условиям технологического процесса для мойки и обезжиривания оборудования, изделий и деталей предусмотрено применение легковоспламеняющихся и горючих жидкостей.

При выполнении планового ремонта или профилактического осмотра технологического оборудования обеспечивается соблюдение необходимых мер пожарной безопасности.

Необходимо предусматривать в здании или помещениях компрессорной станции установку вытяжной вентиляции (не приточно-вытяжной, эти устройства должны работать автономно друг от друга), при условии ошибок в работе вентиляционных систем работу следует останавливать. При подаче сигнала аварийной вентиляции необходимо принять меры по обнаружению места утечки газа. Если параметры концентрации на газоанализаторах превышают 20% горючих газов (метана свыше 1%), то производится прекращение работы оборудования. При условии работы неисправной системы газового контроля также производится (автоматическое) прекращение работы оборудования. Запрещено работать также при выключенной системе аварийной защиты. Регулярно (перед началом рабочей смены) мастером участка или инженером компрессорной станции проверяется работоспособность систем аварийной защиты (сигнализация, вентиляция) с записью в соответствующий журнал.

Поскольку не раз речь шла о нарушении технологического процесса из-за превышения параметров температуры, давления, детализируем устройства измерения.

В газотранспортных предприятиях на оборудовании компрессоров, воздухохраников и газохраников необходимо устанавливать следующие устройства измерения и предохранения:

- термометр или датчик измерения температуры (стационарные ртутные или электрические);
- манометр (измерение давления газа);
- предохранительные клапаны,
- разрывные мембраны,
- отдельные датчики измерения температуры и давления трансформаторного масла;

- приборы дистанционного контроля давления и температуры с сигнализатором превышения показаний.

Показаны приборы измерения температуры и давления и предохранения. Контроль за этими приборами также является фактором оптимального режима технологического процесса.

«Компрессор должен быть снабжен термометром, манометром, оборудован предохранительными клапанами и разрывными мембранами, а также специальным устройством, срабатывающим при резком повышении давления газа или воздуха и переводящим работу компрессора вхолостую (на себя) или полностью его восстанавливающим. Передача движения от электродвигателей к компрессорам может осуществляться через муфту, редуктор или, в виде исключения, через клиноременное устройство. Плоскоременная передача не допускается» [2].

Далее необходимо отметить, что для каждого элемента оборудования КС важным фактором бесперебойной и безопасной работы является наличие исправной запорной арматуры на входных и выходных трубопроводах. Запорная арматура должна обеспечивать безопасное отключение, а также надежную герметичность.

«При замерзании воздухопроводов или другого оборудования отогревать их разрешается только горячей водой, песком или паром. Хранение ЛВЖ, а также промывка деталей в бензине, керосине в помещении компрессорных не допускается. Все трущиеся части компрессоров необходимо смазывать, не допуская при этом растекания и разбрызгивания смазочных материалов» [2].

В здании компрессорной станции недопустимо устраивать сборные газовые коллекторы, они могут быть только при условии технологического процесса с наличием процесса конденсата газовой среды.

Допускается хранить смазочные материалы на территории компрессорной станции, но в специально оборудованном металлическом шкафу с наличием соответствующей надписи в количестве для суточной

работы, не более того, работа компрессоров должна производиться только под присмотром технического персонала.

«Смазочные масла для компрессорных установок должны удовлетворять требованиям работы в заданных условиях. Температура вспышки масел, применяемых для смазки компрессорных установок, должна быть на 75 °С выше температуры сжатого воздуха (газа). Для предотвращения подсоса горючих газов, паров, образования взрывоопасных смесей в компрессорных установках оборудование должно быть герметичным. Забор воздуха должен производиться из незагазованной зоны» [2].

По окончании рабочего времени необходимо в помещениях обесточить электроустановки, за исключением систем противопожарной защиты, а также других электроустановок и электротехнических приборов, если это обусловлено их функциональным назначением и (или) предусмотрено требованиями инструкции по эксплуатации.

Расположение мест для курения, применения открытого огня, проезда транспорта и проведения огневых или иных пожароопасных работ, в том числе временных

Запрещается курение на пожаровзрывоопасных и пожароопасных участках. Курение разрешается только в специально отведенных местах.

На проведение временных монтажных и ремонтных огневых работ (огневой разогрев битума, газо- и электросварочные работы, газо- и электрорезательные работы, бензино- и керосинорезательные работы, паяльные работы, резка металла механизированным инструментом) в производственных помещениях руководителем организации или лицом, ответственным за пожарную безопасность, оформляется наряд-допуск на выполнение огневых работ по форме, предусмотренной приложением Правил противопожарного режима в РФ.

Сравнительный анализ технических и эксплуатационных характеристик технологий, методов, средств по применимости и использованию в решении задач магистерской диссертации показал, что:

- все технические средства являются элементами противопожарной защиты, а именно средствами контроля газовой среды, то есть фактически основная опасность в организации пожарной безопасности компрессорных цехов газотранспортных предприятий направлена на обнаружение газовой среды, далее аварийной ситуации;
- все эти средства являются средствами автоматизации и могут работать как автономно, так и в системе взаимосвязанных функциональных комплексов;
- рассматриваемые средства пожарной автоматики, как элементы автоматизированных систем управления противопожарной защитой на предприятиях нефтяной и газовой промышленности.

«Необходимость применения систем автоматического пожаротушения оборудования турбоприводных газоперекачивающих агрегатов, размещенных в зданиях, блоках, отсеках и легкоборных укрытиях, определена нормативными документами, утвержденными в установленном порядке МЧС России» [22].

Пожарная опасность компрессорных цехов газотранспортных предприятий основана на возможности возникновения аварийной ситуации, связанной с разгерметизацией части или всего газопровода, а также разрушении элементов компрессора. Также может быть разгерметизация стыков и мест соединений газопроводов, а также других узлов и агрегатов систем подачи рабочего вещества.

Здесь источниками зажигания (вспомним треугольник горения: «окислитель-горючее вещество-источник зажигания») могут выступать технологические выхлопные газы, трансформаторное масло. Пожароопасными ситуациями можно считать: нарушение работы

электропроводки технологического оборудования, искрообразование, нарушение правил ПБ работниками компрессорной станции объекта нефтегазовой отрасли.

Если говорить конкретно о процессе взрывоопасности компрессорной станции, то здесь большую роль играет возможность возникновения взрывоопасной смеси, а также физико-химические свойства трансформаторного масла в системе компрессоров. Совокупность этих факторов рассматриваемой системы и является определенной картиной фактора взрыва или пожара. Принято рассматривать три различные зоны возникновения пожара в компрессорах газотранспортного предприятия: непосредственно сам агрегат, нагнетательный блок и место размещения трансформаторного масла. В качестве систем противопожарной защиты для таких объектов обычно применяют интегрированные методы тушения, а именно комбинированные установки пожаротушения (комбинирование в данном случае относится к огнетушащему веществу).

Для целесообразного выбора огнетушащих веществ определим этапы вводы в действие того или иного огнетушащего вещества, на объектах рассматриваемой категории сначала необходимо вводить ОТВ для подавления очага пожара, а затем ликвидировать полностью диффузионные факелы пламени, тлеющие и догорающие остатки горючего материала.

«В КУП используются различные комбинации ОВ – пена средней кратности, порошок, распыленная вода, газ. При выборе ОВ необходимо принимать во внимание их эксплуатационные возможности и эффективность при тушении турбинного масла, природного газа и электрических кабелей. Выбор установок пожаротушения определяется типом исполнения помещения ГПА, эксплуатационными и экономическими параметрами. За последнюю четверть века со дня выхода рекомендаций были разработаны и получили широкое применение новые огнетушащие вещества и более совершенные конструкции установок пожаротушения» [22].

«Установки тонкораспыленной воды применяются только для локального тушения по площади или объему. Отсутствие нормативных документов на проектирование данных установок, сложное и дорогое регламентное обслуживание существенно ограничивает их применение для объектов ГПА» [22].

В укрытиях блочно-контейнерного типа с газотурбинным авиационным приводом пожароопасное оборудование, двигатель, нагнетатель и маслблок, размещены в изолированных помещениях общим объемом до 300 м³.

«Для блока двигателя, учитывая небольшой его объем, герметичность, пожароопасность материалов и конструктивные особенности работы газотурбинного привода, рекомендуется баллонная установка газового пожаротушения с использованием двуокиси углерода (CO₂) в качестве огнетушащего состава. Широкое применение для ГПА получили установки газового пожаротушения производства ЗАО «Артсок» г. Москва. Рекомендации по применению газового пожаротушения в изолированных блоках газо-турбинного агрегата действуют на все типы помещений ГПА. Это вызвано тем, что конструкторы газотурбинных двигателей согласовали пожарную защиту только газовыми системами» [22].

Проведенные исследования показали, что аэрозоль также может решать эти задачи при существенном выигрыше в стоимости и простоте эксплуатации.

В блоках нагнетателя и маслосистемы возможны следующие варианты КУП.

Схемы исполнения аэрозоль-порошок и газ-порошок приблизительно одинаковы по стоимости и эффективности. Первая схема более проста в размещении, монтаже и обслуживании и значительно меньше по стоимости.

«Эти два варианта имеют существенное преимущество перед схемой газ-газ в случае, если пожароопасная ситуация сопровождается хлопком или взрывом с частичным разрушением конструктивных легких стеновых панелей. Условия герметичности нарушаются, и процесс газового или

аэрозольного тушения становится неэффективным. В этих условиях только порошковое тушение вторым темпом может обеспечить локализацию и тушение пожара в блоках. Срабатывание порошковой установки производится автоматикой САП, ручным запуском из операторной или с кнопки у дверей ГПА» [22].

Такая авария произошла в 2002 г. на ГКС «Сысерть» ООО «Уралтрансгаз» в Свердловской области. В результате взрыва в отсеке произошло раскрытие дверей, что отключило автоматический запуск газовой установки, но автоматически была запущена порошковая установка МПП (ОПАН-100), которая погасила пожар через 8 секунд.

«Наибольшее распространение получили укрытия ГПА индивидуального типа с капи-тальным или легкосборным зданием. Схема с легкосборными конструкциями является основной для проектируемых и строящихся зданий ГПА. Рабочая структура таких укрытий включает основное здание ГПА объемом от 1000 м³ до 6000 м³ и высотой помещения до 15 м, блок маслоохладителей двигателя и компрессора, и других вспомогательных блоков» [22].

В основном здании находятся компрессор с маслосистемой и блок двигателя привода. Они имеют, соответственно, категорию помещений А и Г по [1] и класс зон по ПУЭ В-1 и П-1. Остальные блоки имеют эти классификации Д и П-2а [25].

Возможны варианты исполнения укрытия с отдельным блоком маслосистемы. Системой пожаротушения оборудуются помещения блока двигателя и помещение компрессора с маслосистемой [1].

Для данных укрытий ГПА возможны схемы КУП:

- аэрозоль-порошок;
- газ-порошок;
- газ-газ [28].

Первая схема обладает существенными преимуществами по простоте конструктивного исполнения, обслуживания, надежности работы и экономическим показателям.

«Стоимость оборудования по схеме газ-порошок примерно в 5 раз, а по схеме газ-газ в 10 раз больше КУП аэрозоль-порошок. Это определяется тем, что огнетушащая концентрация газа ($CO_2 = 0,70 \text{ кг/м}^3$) в 14 раз выше чем у аэрозоля ($0,050 \text{ кг/м}^3$), что требует больших объемов газа для тушения. Конструкции установок для хранения и подачи газа габаритные, дорогие и сложные при монтаже и эксплуатации. По первой и второй схеме КУП возможна ликвидация пожара при вскрытии легкоборных конструкций укрытия от хлопка или взрыва. По схеме газ-газ эта задача невыполнима» [22].

Рассмотрим пример исполнения САП оборудования турбоприводного компрессорного агрегата 66ГЦ-1162/1.3-38 ГТУ, размещенного в блоках, отсеках и легкоборном здании. Площадь укрытия – 330 м^2 , объем – 3860 м^3 .

САП агрегата делится на две части по защищаемым помещениям:

- установка газового пожаротушения в блоке двигателя;
- КУП аэрозольного и порошкового пожаротушения компрессора и маслосистемы в укрытии ГПА [28].

«Газовая система пожаротушения блока двигателя ($V=87 \text{ м}^3$) выполнена на базе оборудования ЗАО «Артсок» г. Москва с использованием баллонов CO_2 в качестве огнетушащего состава. Комбинированный способ тушения производится ГОА АГАТ-2А-180 и порошковыми модулями МПП-100 (ОПАН-100) производства ООО «ИВЦ Техномаш» г. Пермь. Аэрозольное пожаротушение выполняется по всему объему здания $V = 3780 \text{ м}^3$ » [22].

«Расчет избыточного давления при подаче АОС в помещения укрытия производится по [1]. Параметр $A < 0,01$, установка удовлетворяет условию, где избыточное давление $P_m < P_{пред}$. Проведенные термодинамические расчеты и результаты огневых испытаний показали, что даже при

температуре в помещении + 50°C, осредненная температура смеси аэрозоля и воздуха не превышает + 60°C. Порошковое пожаротушение предусматривает локальное тушение по объему укрытия, где размещено пожароопасное оборудование» [22].

Генераторы АГАТ-2А-180 и МПП-100 (ОПАН-100) размещаются у стен укрытия в любых свободных местах [28].

«Генераторы аэрозольного пожаротушения АГАТ устанавливаются при сборке в кассету болтовым соединением их стоек. Размещение генераторов АГАТ-2А-180 и модулей ОПАН-100 с прямой подачей порошка из направляющего трубопровода. Для схемы аэрозольно-порошкового пожаротушения фирмой Инженерно- Внедренческий Центр «Техномир» г. Казань, при участии фирмы ООО «ИВЦ Техномаш» г. Пермь, выполнен проект и в 2010 году смонтирована САП на объектах АО «СибурТюменьГаз». Аналогичные схемы КУП находятся в разработке на объектах Казахстана, других стран СНГ, а также на предприятиях Китая, Индии и Турции. Несколько странным выглядит позиция ОАО «ГАЗПРОМ», – наиболее заинтересованной организации в эффективной защите ГПА. Техническая политика строится только на КУП «газ+газ», дорогих, сложных и недостаточно эффективных системах пожарозащиты взрывоопасных объектов в диапазоне температур $\pm 50^{\circ}\text{C}$ » [22].

2.2 Разработка системы пожарной безопасности компрессорных станций

Разработка системы пожарной безопасности рассматриваемой компрессорной станции включает следующие мероприятия (на основании проверочного листа):

- обеспечение противопожарных разрывов между зданием компрессорной станции и других производственных строений и зданий рассматриваемого газотранспортного предприятия;

- применение современных активных и пассивных средств защиты от пожара;
- устройство системы молниезащиты сооружения компрессорной станции;
- установка знаков пожарной безопасности, они указывают места размещения пожарной техники и первичные средства тушения пожара, направления эвакуации, пожароопасные зоны, места для курения [16], [7];
- автоматическая установка пожарной сигнализации, она обеспечивает обнаружение пожара и подачу управляющих сигналов на технические средства оповещения людей;
- защита помещений автоматическими установками пожаротушения, тип установки, способ тушения и вид огнетушащего вещества определяются организацией-проектировщиком с учётом особенностей защищаемого оборудования;
- разработка противопожарных инструкций с учётом специфики производства, также должен быть оперативный план ликвидации пожара, и проводиться систематические тренировки персонала по тушению пожара [5], [17].

Организационно-технические мероприятия включают:

- организацию пожарной охраны в соответствии с действующим
- законодательством;
- привлечение пожарно-технических средств обеспечения пожарной безопасности;
- организацию обучения работающих правилам пожарной безопасности в порядке, установленном правилами пожарной
- безопасности;
- разработку и реализацию норм и правил пожарной безопасности,

- инструкций о порядке обращения с пожароопасными веществами и материалами, о соблюдении противопожарного режима и действиях людей при возникновении пожара;
- изготовление и применение средств наглядной агитации по обеспечению пожарной безопасности [18], [21];
- определение порядка хранения веществ и материалов, тушение
- которых недопустимо одними и теми же средствами, в зависимости от их физико-химических и пожароопасных свойств;
- разработку мероприятий по действиям администрации, рабочих, служащих и населения на случай возникновения пожара и организацию эвакуации людей.

Статистика аварий, пожаров в отрасли, производстве

На рисунке 1 приведен график количества инцидентов на газотранспортных предприятиях в РФ (аварии, связанные с нарушением технологического процесса) [2].

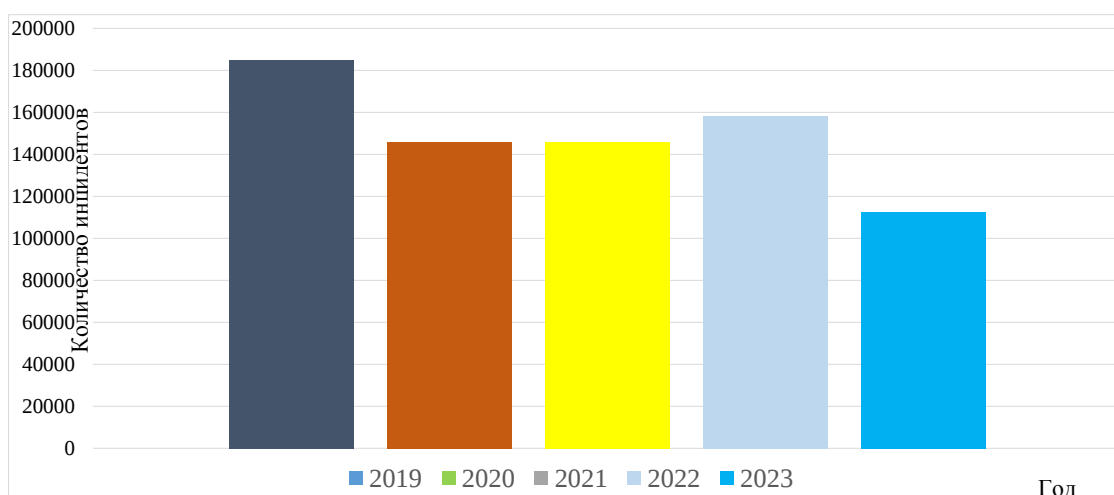


Рисунок 1 – График количества инцидентов на газотранспортных предприятиях в РФ [2]

Таким образом, мы можем наблюдать, что количество инцидентов на газотранспортных предприятиях в РФ (аварии, связанные с нарушением

технологического процесса) значительно снижается. Возможными причинами положительной динамики являются ужесточение правовых норм к работе ОПО, возможно это также стремление к здоровой конкуренции (со стороны руководителей предприятий) и стремлению выхода на мировой рынок транспортировки газа [2].

На рисунке 2 приведена диаграмма инцидентов в зданиях компрессорных станций и участков в РФ.

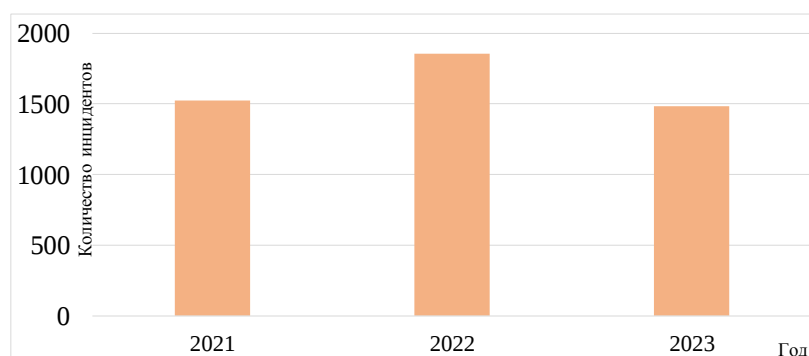


Рисунок 2 – Диаграмма инцидентов в зданиях компрессорных станций и участков в РФ [2]

Из диаграммы инцидентов в зданиях компрессорных станций и участков в РФ видно, что также за последний год снизилось количество инцидентов и аварий на КС [2].

Возможно, это из-за того, что руководители предприятий видят потенциальную опасность в технологическом процессе именно компрессорных станций в общем смысле всех зданий предприятий по транспортировке газа.

Причины нарушения технологического процесса КС:

- брак монтажа или завода-изготовителя (14%);
- неисправности контрольно-измерительных приборов (25%);
- ошибочные действия персонала (30%);
- вибрационные воздействия (19%);

– остаточные сварочные напряжения (12%) [2].

На рисунке 3 приведена диаграмма причин нарушения технологического процесса КС.



Рисунок 3 – Диаграмма причин нарушения технологического процесса КС

Наиболее вероятными местами возникновения пожара являются газокompрессорный участок [2].

Возникший пожар приведет к перегреву оборудования с ЛВЖ, ГЖ, сжиженными газами с последующим взрывом. Вследствие взрыва может произойти разрушение оборудования, аппаратов, коммуникаций, зданий, сооружений, травмирование и интоксикация людей.

Имеющееся оборудование АУПТ – Габар-Пб, модуль порошкового пожаротушения МПП (Н)-100-КД2-ГЭ-УХЛ категории 2 ТУ 4854-002-02070464-97 «ОПАН-100». Данная система является элементом противопожарной защиты, основанной на локализации и ликвидации пожара компрессоров газотранспортных предприятий. Необходимость применения такой дорогостоящей установки (порошок – одно из самых дорогих огнетушащих веществ) заключается в том, что установки газотранспортного предприятия нельзя тушить водой. Здесь обращаются такие вещества как газ

и трансформаторное масло, которые при попадании в него воды способны только кипеть, что усугубит пожароопасную ситуацию.

Существующее оборудование противопожарной защиты рассматриваемой компрессорной станции – модуль АУПТ – Габар-П6, модуль порошкового пожаротушения МПП (Н)-100-КД2-ГЭ-УХЛ кат. 2 ТУ 4854-002-02070464-97 «ОПАН-100» состоит из корпуса (в форме цилиндра), заполненного порошком, электрический привод и система подачи порошка через трубопроводную систему (обеспечивает объемное распыление).

Достоинства применения и обоснование выбора существующей АПУТ:

- электрический привод АУПТ, который обеспечивает быстрое и автоматическое срабатывание;
- импульсная активация подачи огнетушащего вещества;
- быстрое нарастание показателя давления для последующего выброса порошка;
- управление запуском осуществляется посредством системы прибора «С2000 – АСПТ».

Анализ системы:

- по сути, функция пожаротушения сохранена, но на сегодняшний день появляются более усовершенствованные виды систем пожаротушения, особенно для газотранспортных предприятий;
- основные огнетушащие вещества – порошок и газ;
- не осуществляется постоянного контроля состояния шлейфов;
- устаревшее оборудование, которое не выпускается на сегодняшний день,
- нет автоматического управления вспомогательными инженерными системами.

Вывод 2 раздела

Проведена оценка обеспечения пожарной безопасности компрессорных цехов, приведены современные средства обеспечения ПБ компрессорной

станции. Приведены данные по разработке системы пожарной безопасности компрессорных станций. Компрессорные станции являются элементом магистрального газопровода или газотранспортного предприятия, функциональным значением которого является повышение давления транспортируемого газа (при его хранении, добыче или транспортировке).

Объектом выбрана газокomppressorная станция газоперерабатывающего предприятия, расположенного по адресу: Самарская область, г. Кинель п. Алексеевка, ул. Северная, д.5. Площадь территории 20 Га.

Приведены данные по категории здания компрессорной станции к категории «А» (так как используется природный газ), оборудование газокomppressorного участка. Описан технологический процесс, приведены данные о модели производственного оборудования компрессорного цеха. Определено количество пожарной нагрузки. Приведены особенности применения (подтверждающее обеспечение промышленной, пожарной безопасности, а также безопасности рабочих мест) имеющегося технологического оборудования, в частном случае достоинства по показанию к применению. Проанализированы основные проблемы обеспечения безопасности эксплуатации и улучшения управления процессами транспортировки и хранения газа. Приведены требования, из которых складывается оценка пожарной безопасности компрессорных цехов. Далее проведена оценка пожарной безопасности компрессорных цехов путем составления проверочного листа по пожарной безопасности, который содержит список контрольных вопросов, ответы на которые свидетельствуют о соблюдении или несоблюдении обязательных мер режимного характера. На основании проверочного листа приведены недостатки ПБ оборудования.

3 Исследование и анализ инновационных технических средств для повышения пожарной безопасности компрессорных цехов

3.1 Предлагаемые к внедрению методы и средства противопожарной защиты

Пожарная опасность ГА обусловлена большим количеством факторов рабочей среды, которые потенциально являются пожароопасными. Вероятность возникновения пожара обусловлена большим количеством природного газа, трансформаторного масла, горючесть которых является высокой.

Источниками пожара могут быть искры, открытое пламя, нагретые элементы оборудования, в совокупности с горючим материалом ГА – это высокий фактор возможности возникновения пожароопасной ситуации, которая в свою очередь, приводит к разгерметизации и нарушения целостности оборудования, нарушения технологического процесса, сопровождающегося взрывом.

Развитие техносферного пространства, в том числе, среди газотранспортных предприятий заставляет задуматься о совершенствовании системы обеспечения ПБ этих объектов. Здесь важны все аспекты деятельности предприятия, начиная от проектирования производственной площадки, строительства согласно нормам и требованиям ПБ, а также обеспечения безопасности и недопущения нарушений в процессе запущенного технологического процесса обращения газа.

Актуальность изменений методов и средств противопожарной защиты на исследуемом объекте обусловлена рядом таких факторов, как:

- сложность технологических линий, где характерно обращение большого количества ЛВЖ и ГЖ;
- большое количество технологических емкостей, резервуаров под высоким давлением и при высокой температуре;

- наличие разветвленных сетей технологических трубопроводов, где проводится работа с наличием большого количества запорно-пусковой арматуры и контрольно-измерительных блоков управления;
- высокая теплота сгорания технологического вещества.

Для сотрудников компрессорной станции выявлена и спрогнозирована самая неблагоприятная ситуация на рабочем месте следующая опасность – искры, возникающие вследствие накопления статического электричества, в том числе при работе во взрывопожароопасной среде. Опасным событием является ожог, пожар или взрыв при искровом зажигании взрывопожароопасной среды, пожар, взрыв в результате разгерметизации компрессорного оборудования.

Мерами по снижению этой опасности являются:

- регулярное техническое обслуживание оборудования;
- наличие, исправность датчиков загазованности;
- наличие, исправность системы автоматического пожаротушения;
- наличие, исправность системы автоматического аварийного отключения;
- температурные датчики на подшипниках насосов ЦНС;
- техническое диагностирование методами неразрушающего контроля;
- исправная предохранительная арматура;
- наличие и исправность датчиков загазованности;
- регулярное техническое обслуживание оборудования (опрессовки).

Превентивными и профилактическими мерами для работников объекта являются установка предупредительных знаков, плакатов (надписи, планы) по действиям при возникновении аварийной ситуации. Также необходимо проводить учебно-тренировочные занятия и соблюдать инструкции по

электробезопасности. В свою очередь, для руководящего состава необходим контроль за прохождением инструктажей, а также за техническим состоянием оборудования компрессоров (р. 1 «Оборудование компрессорной станции»).

Также необходимо следить за выдачей СИЗ для холодного времени года, контролировать соблюдение режима труда и отдыха, организовывать приобретение СИЗ для ушей, также необходимо приобретение СИЗ для защиты от электрической дуги и назначение ответственных за безопасную эксплуатацию и содержание в исправном состоянии инструмента и оборудования.

Для оценки пожарной безопасности рабочих мест персонала необходимо обратить внимание на следующие аспекты.

Некоторые меры безопасности на газокomppressorных станциях:

Предотвращение физических взрывов. Для этого на нагнетательной стороне компрессоров устанавливают предохранительные клапаны.

Защита от химических взрывов. Её обеспечивают путём выбора температурных режимов сжатия газов и подбора инертных по отношению к сжимаемым газам смазочных материалов.

Необходимость проверки герметичности соединительных элементов в трубопроводе и запорной арматуре, путем проверки разъемных соединений, проверки герметичности, а также путем применения газоанализаторов и газоиндикаторов.

Защита от акустического шума. Технологическое оборудование компрессорных станций является источником акустического шума, который может оказывать вредное воздействие на здоровье обслуживающего персонала. Для решения этой задачи проводят комплекс мероприятий, например, снижают шум в источнике его возникновения, применяют коллективные средства защиты и средства индивидуальной защиты.

Также все трубопроводы компрессорной установки должны отвечать требованиям нормативно-технических документов по промышленной

безопасности. Машинный зал следует оснащать средствами оперативной, в том числе диспетчерской связи. В нём также нужно предусмотреть наличие аптечки первой помощи и питьевой воды.

Огнезащитная обработка, её состояние нужно проверять не реже раза в год.

Эвакуационные пути и выходы. Следует проверить освещённость, количество, размеры и планировку эвакуационных путей и аварийных выходов. На путях должны быть знаки безопасности.

Вентиляционные коммуникации. Нужно очистить вентиляционные камеры, циклоны, фильтры и воздухопроводы от горючих отходов.

Противопожарное водоснабжение. Проверку следует проводить не реже двух раз в год. Также важно следить за исправностью гидрантов и доступностью подъезда пожарной спецтехники.

Укомплектованность пожарных кранов. Их перекатку нужно организовывать не реже одного раза в год.

Наличие и исправность систем пожарной сигнализации и пожаротушения, необходимо регулярно проверять исправность, проводить ТО и регламентные ремонты. Проверка АПС, АУПТ осуществляется 1 раз в три месяца, это мероприятие и предлагается внедрить на объекте путем замены АУПТ (обоснование приведено выше в настоящем разделе 3.1).

Наличие огнетушителей. Нужно убедиться в исправности работающих огнетушителей, соблюдать графики их проверки и перезарядки.

Кроме того, все сотрудники должны проходить противопожарный инструктаж. Каждому новому работнику нужно провести инструктаж по специальным программам. Регулярно следует проводить повторные инструктажи и тренировочные эвакуации.

Основные причины пожаров на объектах нефтегазового комплекса:

- нарушение правил устройства и эксплуатации электрооборудования и бытовых электроприборов;
- неисправность производственного оборудования;

- нарушение технологического процесса производства;
- нарушение правил пожарной безопасности при проведении электрогазосварочных работ.

Имеющееся оборудование АУПТ – Габар-П6 – генератор огнетушащего аэрозоля.

Анализ системы:

- по сути, функция пожаротушения сохранена, но на сегодняшний день появляются более усовершенствованные виды систем пожаротушения, особенно для газотранспортных предприятий;
- основные огнетушащие вещества – порошок и газ;
- не осуществляется постоянного контроля состояния шлейфов;
- устаревшее оборудование, которое не выпускается на сегодняшний день,
- нет автоматического управления вспомогательными инженерными системами.

Предлагается для внедрения модуль пожаротушения – Роса-2SL ППКОПП-2П СТД прибор приемно-контрольный. ППКОПП-2П входит в состав комплекса пожарной безопасности «Роса-2SL» и используется совместно с приборами управления и коммутации этого комплекса, выполняет функции охранно-пожарной панели и предназначен для дистанционного запуска двух направлений пожаротушения (порошок, газ, аэрозоль).

Помимо основной функции запуска тушения, панель производит постоянный контроль состояния шлейфов, производит управление вспомогательными инженерными системами [16].

Достоинства применения:

- 2 направления пожаротушения;
- 2 пожарных и 3 сигнальных шлейфа;

- работа с извещателями любого типа (реле, электроконтактные, активные);
- запуск пожаротушения при срабатывании не менее двух извещателей в шлейфе;
- ручной или автоматический запуск пожаротушения;
- контроль исправности шлейфов (КЗ, обрыв);
- индикация неисправности (КЗ, обрыв, отсутствие питания, проблемы с АКБ);
- удобный интерфейс управления на механических кнопках;
- полностью автономная работа с выдачей звуковых и световых оповещений;
- автоматическая передача сигнала тревоги на ПЦН (в том числе сигнала неисправность и пуск тушения);
- наличие выходов для управления инженерными системами объекта;
- встроенный блок питания с АКБ, для обеспечения нормальной работы при отсутствии основного питания;
- автоматический переход на работу от АКБ;
- полный заряд АКБ обеспечивает работу в дежурном режиме не менее 24 часов, и не менее 3 часов в режиме тревоги;
- помехозащита от радиоизлучений [18];
- полное соответствие нормативным документам;
- наличие сертификатов соответствия.

Для того, чтобы выбрать какое огнетушащее вещество больше всего подходит для компрессорной станции, необходимо вспомнить горючую нагрузку (обрабатываемое вещество – газ и трансформаторное масло, газ). Примем в качестве ОТВ – хладон 125 ХП (сертификат соответствия РОСС RU. ББ02.Н01274) ТУ 2412-043-00480689-96, азот МГП-50-100 В (сертификат соответствия РОСС.RU.ББ02. В00417). Давление азота в баллоне

модуля 4,5 МПа. Озон – это нетоксичный и негорючий газ, который чаще всего используют и применяют АУПТ для газотранспортных предприятий.

Далее подобраны параметры электрического пуска МГП по напряжению постоянного тока $U=24$ В, $I=0,5-0,6$ А [15]. Расчетное время подачи огнетушащего вещества в соответствии с ГОСТ Р 59636-2021 должно быть не более 10 секунд.

В качестве огнетушащего вещества принят Хладон 125 ХП (сертификат соответствия РОСС RU. ББ02.Н01274) ТУ 2412-043-00480689-96 Изм.1.

Хладон 125 ХП является озонобезопасным ($ODP=0$), химически инертным, негорючим и нетоксичным веществом.

Расчетное время подачи огнетушащего вещества в соответствии с ГОСТ Р 59636-2021 должно быть не более 10 секунд.

Установка модульного пожаротушения включает в себя модули с огнегасящим веществом, распределительные трубопроводы с выпускными насадками-распылителями и систему управления.

Разработка системы пожарной безопасности рассматриваемой компрессорной станции включает следующие мероприятия (на основании проверочного листа):

- обеспечение противопожарных разрывов между зданием компрессорной станции и других производственных строений и зданий рассматриваемого газотранспортного предприятия;
- применение современных активных и пассивных средств защиты от пожара;
- устройство системы молниезащиты сооружения компрессорной станции;
- установка знаков пожарной безопасности, они указывают места размещения пожарной техники и первичные средства тушения пожара, направления эвакуации, пожароопасные зоны, места для курения [16], [7];

- автоматическая установка пожарной сигнализации, она обеспечивает обнаружение пожара и подачу управляющих сигналов на технические средства оповещения людей;
- защита помещений автоматическими установками пожаротушения, тип установки, способ тушения и вид огнетушащего вещества определяются организацией-проектировщиком с учётом особенностей защищаемого оборудования;
- разработка противопожарных инструкций с учётом специфики производства, также должен быть оперативный план ликвидации пожара, и проводиться систематические тренировки персонала по тушению пожара [5], [17].

3.2 Анализ и оценка эффективности предлагаемых мероприятий по обеспечению техносферной безопасности в организации

Проведем расчет возможного ущерба и сравним с произведенными затратами для определения эффекта и срока окупаемости

План мероприятий по улучшению ПБ объекта представим в таблице 2.

Таблица 2 – План мероприятий по улучшению ПБ объекта на 2024-2025 г.

Наименование структурного подразделения, рабочего места	Наименование мероприятия	Цель мероприятия	Срок выполнения	Источник финансирования мероприятия
Газокомпрессорная станция газоперерабатывающего предприятия, расположенного по адресу: Самарская область, г. Кинель п. Алексеевка, ул. Северная, д.5.	Обеспечение противопожарных разрывов между зданием компрессорной станции	Улучшение системы ПБ объекта путем соблюдения норм и требований ПБ	15.12.2024	Бюджет организации газоперерабатывающего предприятия
	Применение современных активных и пассивных средств защиты от пожара	Улучшение системы ПБ объекта	15.01.2025	Бюджет организации газоперерабатывающего
	Устройство системы молниезащиты сооружения компрессорной станции	Улучшение системы ПБ объекта	15.04.2025	Бюджет организации газоперерабатывающего предприятия
	Установка знаков пожарной безопасности, пожарной техники и первичные средства тушения пожара	Улучшение системы ПБ объекта	15.04.2025	Бюджет организации газоперерабатывающего предприятия
	Регламентное ТО автоматической установки пожарной сигнализации	Улучшение системы ПБ объекта	15.04.2025	Бюджет организации предприятия
	Защита помещений автоматическими установками пожаротушения	Улучшение системы ПБ объекта	15.05.2025	Бюджет организации газоперерабатывающего предприятия

Для расчета показателей экономической эффективности предлагаемых мероприятий необходимо предварительно составить план финансового обеспечения и смету.

Таблица 3 – План финансового обеспечения мероприятия

Наименование мероприятия	Основание	Стоимость, руб.	Срок реализации	Ответственный
Модуль пожаротушения Роса-2SL ППКОПП-2П	План мероприятий по улучшению условий труда на 2024-2025 г.	667 000	4 кв. 2024	Главный инженер

Таблица 4 – Смета расходов на мероприятие

Наименование рабочей зоны	Роса-2SL ППКОПП-2П
Стоимость оборудования, руб.	250000
Стоимость проектирования, руб.	50000
Стоимость монтажных работ, руб.	500000
Итоговая стоимость оснащения, руб.	350000

«Принимаем условие, что развитие пожара происходит по помещению компрессорной станции в пределах размещения пожарной нагрузки. Площадь пожара в этом случае определяется линейной скоростью распространения горения и временем до начала тушения» [5]:

$$F_{\text{пож.}} = \pi \times v_{\text{лин}} \times B_{\text{св.г.}}, \quad (1)$$

«где v – скорость распространения горения;

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

$$F_{\text{пож.}} = 2,74 \times 0,6 \times 40 = 75,36 \text{ м}^2$$

Расчёт показателей ожидаемых потерь от пожаров:

$$M(\Pi) = M(\Pi_1) + M(\Pi_2) + M(\Pi_3), \quad (2)$$

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

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

$M(\Pi_3)$ – математическое ожидание годовых потерь от пожаров при отказе всех средств пожаротушения» [6]:

$$M(\Pi_1) = J \cdot F \cdot C_T \cdot F_{\text{пож}}^* \cdot (1 + k) \cdot p_1, \quad (3)$$

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

F – площадь объекта, м^2 ;

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

$F_{\text{пож}}$ – площадь пожара на время тушения первичными средствами;

p_1 – вероятность тушения пожара первичными средствами;

k – коэффициент, учитывающий косвенные потери» [6].

$$M(\Pi_2) = J \cdot F \cdot (C_T \cdot F'_{\text{пож}} + C_K) \cdot 0,52 \cdot (1 + k) \times \\ \times [1 - p_1 - (1 - p_1) \times p_3] \cdot p_2 \quad (4)$$

«где p_2 – вероятность тушения пожара привозными средствами;

C_K – стоимость поврежденных частей здания, руб./ м^2 ;

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

[6].

$$M(\Pi_3) = J \cdot F \cdot (C_T \cdot F''_{\text{пож}} + C_K) \cdot (1 + k) \cdot [1 - p_1 - (1 - p_1) \cdot p_2] \quad (5)$$

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

м^2 .

$$M(\Pi_4) = J \cdot F \cdot (C_T \cdot F''_{\text{пож}} + C_K) \cdot (1 + k) \cdot \{1 - p_1 - (1 - p_1) \cdot p_3 - [1 - p_1 - (1 - p_1) \cdot p_3] \cdot p_2\} \quad (6)$$

Расчет первого варианта (без учета внедряемой установки):

$$M(\Pi_1) = 2,7 \times 10^{-6} \times 75,36 \times 50000 \times 10 \times (1 + 1,52) \times 0,74 = 37943 \text{ руб./год};$$

$$M(\Pi_2) = 2,7 \times 10^{-6} \times 75,36 \times (50000 \times 452 + 30000) \times 0,52 \times (1 + 1,52) \times (1 - 0,74) \times 0,95 = 516350 \text{ руб./год.}$$

$$M(\Pi_3) = 2,7 \times 10^{-6} \times 75,36 \times (50000 \times 6500 + 30000) \times (1 + 1,52) \times [1 - 0,74 - (1 - 0,74) \times 0,95] = 2850230 \text{ руб./год.}$$

Расчет второго варианта (с учетом замены установки пожаротушения):

$$M(\Pi_1) = 2,7 \times 10^{-6} \times 75,36 \times 50000 \times 4 \times (1 + 1,52) \times 0,74 = 40690 \text{ руб./год};$$

$$M(\Pi_2) = 2,7 \times 10^{-5} \times 75,36 \times 50000 \times 2 \times (1 + 1,52) \times (1 - 0,74) \times 0,86 = 2590 \text{ руб./год};$$

$$M(\Pi_3) = 2,7 \times 10^{-6} \times 75,36 \times (30000 \times 452 + 30000) \times (1 + 1,52) \times [1 - 0,74 - (1 - 0,79) \times 0,86] \times 0,95 = 180562 \text{ руб./год.}$$

$$M(\Pi_4) = 2,7 \times 10^{-6} \times 75,36 \times (50000 \times 6500 + 30000) \times (1 + 1,52) \times \{1 - 0,74 - (1 - 0,74) \times 0,86 - [1 - 0,74 - (1 - 0,74) \times 0,86] \times 0,95\} = 526320 \text{ руб./год.}$$

Общие ожидаемые потери объекта от пожаров составят:

– если отсутствует система пожаротушения:

$$M(\Pi)_1 = 37943 + 516350 + 2850230 = 3464223 \text{ руб./год};$$

– если смонтирована система пожаротушения:

$$M(\Pi)_2 = 40690 + 2590 + 180562 + 526320 = 750162 \text{ руб./год.}$$

Таким образом, если отсутствует система пожаротушения потери более, чем в два раза больше, чем при ее наличии.

Далее проведем расчет экономического эффекта, который равен разности денежного дохода от реализации мероприятия (внедрения установки пожаротушения на компрессорной станции) и денежным расходами на осуществление мероприятия, годовой экономический эффект:

$$\mathcal{E}_r = 3464223 - 350000 = 3114223, \quad (7)$$

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

Π – величина полученного дохода (прибыли) от реализации мероприятия, руб. (общие ожидаемые потери объекта от пожаров составляют, рассчитано 3464223);

$З$ – затраты на реализацию мероприятия, руб» [6].

Чистый экономический эффект:

$$\text{ЧЭЭ} = \sum \mathcal{E}_t - З_t, \quad (8)$$

$$\text{ЧЭЭ} = 3464223 - 350000 = 3114223,$$

где $\mathcal{E}_t$ – результаты (эффекты, предотвращенный ущерб), достигнутые на t -ом шаге расчета;

$З_t$ – затраты, осуществляемые на этом шаге, включая капитальные вложения.

Чистый дисконтированный доход ЧДД, накопленный дисконтированный эффект за расчетный период:

$$\text{ЧДД} = \sum_{t=0}^T (\mathcal{E}_t - З_t + A_t) \frac{1}{(1+E)^t}, \quad (9)$$

$$\text{ЧДД} = \sum_{t=0}^T (3114223 - 350000 + 50000) \frac{1}{(1 + 1,12)^t} = 1350827$$

где $\mathcal{E}_t$ – результаты (эффекты, предотвращенный ущерб), достигнутые на t -ом шаге расчета;

$\mathcal{Z}_t$ – затраты, осуществляемые на этом шаге, включая капитальные вложения;

A_t – амортизационные отчисления, осуществляемые на этом шаге;

T – горизонт расчета;

E – норма дисконта.

Проект эффективен, поскольку вычисленный показатель ЧДД имеет положительное значение.

Срок окупаемости:

$$T_{\text{ок}} = T - \frac{\text{ЧДД}_T}{\text{ЧДД}_{T+1} - \text{ЧДД}_T}, \quad (10)$$

$$T_{\text{ок}} = 1 - \frac{1350827}{2952500 - 1350827} = 0,19$$

где T – год, в котором значение чистого дисконтированного дохода последний раз отрицательное;

ЧДД_T – последнее отрицательное значение чистого дисконтированного дохода в период времени T ;

ЧДД_{T+1} – первое положительное значение чистого дисконтированного дохода.

Расчет ЧЭЭ, ЧДД и срок окупаемости мероприятия представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Интегральные показатели эффективности мероприятия

Наименование показателей	Значение показателей по годам, тыс. д. е.				
	1	2	3	4	5
Капитальные вложения	350000	-	-	-	-
Ежегодные затраты	617000	120000	120000	120000	120000
Амортизация	0,98	0,95	0,85	0,75	0,65
Эффект	1,8	1,6	1,5	1,2	1,1
ЧЭЭ	3114223	2396000	1232000	1452000	16321200
Коэффициент дисконтирования	1,89	1,78	1,68	1,54	1,47
ЧДД с нарастающим итогом	1350827	2952500	1952500	1252500	1244200
Ток	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19
Дисконтированные капитальные вложения	147 214,2	112 512,3	102 256,3	98 541,2	93 142,2
Дисконтированный доход	3250000	2200000	1560000	950000	830000
Индекс доходности	4,23				

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

$$ИД = \frac{\sum_{t=0}^T (\Delta_t + A_t)(1+E)^{t-1}}{\sum_{t=0}^T K_t(1+E)^{t-1}}, \quad (11)$$

$$ИД = \frac{\sum_{t=0}^T (3114223 + 50000)(1 + 1,12)^{t-1}}{\sum_{t=0}^T K_t(1 + 1,12)^{t-1}} = 4,23$$

Индекс доходности, ИД>1, проект по внедрению установки пожаротушения эффективен, в пределах горизонта планирования окупается, и соответственно, проект принимается.

Выводы по разделу 3

Мероприятия, предлагаемые к реализации, являются необходимыми затратами на обеспечение безопасности компрессорной станции газотранспортного предприятия, они позволяют снизить возможный ущерб от аварии, пожара. Сравнив с произведенными затратами, показан экономический эффект и срок окупаемости (менее года).

По результатам расчетов сделаны выводы об эффективности:

- индекс доходности, $ID > 1$, проект по внедрению установки пожаротушения эффективен;
- рассчитан показатель ЧДД (1350827);
- запуск пожаротушения при срабатывании не менее двух извещателей в шлейфе;
- полностью автономная работа с выдачей звуковых и световых оповещений;
- автоматическая передача сигнала тревоги на ПЦН (в том числе сигнала неисправность и пуск тушения);
- полное соответствие нормативным документам;
- наличие сертификатов соответствия.

Заключение

В разделе 1 описаны теоретические основы о работе компрессорных станций, раскрыто понятие «компрессорные станции» как элемента системы газотранспортных предприятий. Показаны функциональное значение КС, приведены их виды.

Пожарная опасность компрессорных станций обусловлена сложностью технологических линий, где характерно обращение большого количества ЛВЖ и ГЖ, большим количеством технологических емкостей, резервуаров под высоким давлением и при высокой температуре, наличием разветвленных сетей технологических трубопроводов, где проводится работа с наличием большого количества запорно-пусковой арматуры и контрольно-измерительных блоков управления. Для ликвидации быстроразвивающегося пожара необходимо использовать быстродействующие установки автоматического пожаротушения, способные не только потушить начавшееся горение, но и предотвратить повторное возникновение горения.

В разделе 2 проведена оценка обеспечения пожарной безопасности компрессорных цехов, приведены современные средства обеспечения ПБ компрессорной станции. Приведены данные по разработке системы пожарной безопасности компрессорных станций. Компрессорные станции являются элементом магистрального газопровода или газотранспортного предприятия, функциональным значением которого является повышение давления транспортируемого газа (при его хранении, добыче или транспортировке).

Объектом выбрана газоконпрессорная станция газоперерабатывающего предприятия, расположенного по адресу: Самарская область, г. Кинель п. Алексеевка, ул. Северная, д.5. Площадь территории 20 Га.

Приведены данные по категории здания компрессорной станции к категории «А» (так как используется природный газ), оборудование газоконпрессорного участка. Описан технологический процесс, приведены

данные о модели производственного оборудования компрессорного цеха. Определено количество пожарной нагрузки. Приведены особенности применения (подтверждающее обеспечение промышленной, пожарной безопасности, а также безопасности рабочих мест) имеющегося технологического оборудования, в частном случае достоинства по показанию к применению. Проанализированы основные проблемы обеспечения безопасности эксплуатации и улучшения управления процессами транспортировки и хранения газа. Приведены требования, из которых складывается оценка пожарной безопасности компрессорных цехов. Далее проведена оценка пожарной безопасности компрессорных цехов путем составления проверочного листа по пожарной безопасности, который содержит список контрольных вопросов, ответы на которые свидетельствуют о соблюдении или несоблюдении обязательных мер режимного характера. На основании проверочного листа приведены недостатки ПБ оборудования.

Предлагается для внедрения модуль пожаротушения – Роса-2SL ППКОПП-2П СТД прибор приемно-контрольный. ППКОПП-2П входит в состав комплекса пожарной безопасности «Роса-2SL» и используется совместно с приборами управления и коммутации этого комплекса, выполняет функции охранно-пожарной панели и предназначен для дистанционного запуска двух направлений пожаротушения (порошок, газ, аэрозоль).

В разделе 3 выявлено, что мероприятия, предлагаемые к реализации, являются необходимыми затратами на обеспечение безопасности компрессорной станции газотранспортного предприятия, они позволяют снизить возможный ущерб от аварии, пожара.

Сравнив с произведенными затратами, показан экономический эффект и срок окупаемости (менее года).

По результатам расчетов сделаны выводы об эффективности:

- индекс доходности, $ID > 1$, проект по внедрению установки пожаротушения эффективен;

- рассчитан показатель ЧДД (1350827);
- запуск пожаротушения при срабатывании не менее двух извещателей в шлейфе;
- полностью автономная работа с выдачей звуковых и световых оповещений;
- автоматическая передача сигнала тревоги на ПЦН (в том числе сигнала неисправность и пуск тушения);
- полное соответствие нормативным документам;
- наличие сертификатов соответствия.

Список используемых источников

1. Безопасная эксплуатация компрессоров и насосов [Электронный ресурс]. URL: https://moodle.kstu.ru/pluginfile.php/279885/mod_resource/content/1/%D0%9B%D0%B5%D0%BA%D1%86%D0%B8%D1%8F%20%E2%84%96%204.pdf (дата обращения: 05.05.2024).
2. Газотранспортные системы: настоящее и будущее (ГТС-2023): тезисы докладов. Казань: Газпром ВНИИГАЗ, 2023. 113 с.
3. Инструкция о мерах пожарной безопасности при работе на компрессорных установках. [Электронный ресурс]. URL: <https://fire-declaration.ru/instrukcii/instrukciya-o-merah-pozharnoy-bezopasnosti-pri-rabote-na-kompressornyh-ustanovkah-otrasl> (дата обращения: 05.05.2024).
4. Компрессорная станция [Электронный ресурс]. URL: <https://neftegaz.ru/tech-library/transportirovka-i-khranenie/141614-kompressornaya-stantsiya/> (дата обращения: 05.05.2024).
5. МДС 21-3.2001 Центральный научно-исследовательский и проектно-экспериментальный институт промышленных зданий и сооружений. [Электронный ресурс]. URL: https://pozhprouekt.ru/nsis/Rd/Mds/21-3_2001.htm (дата обращения: 02.10.2024).
6. О защите населения и территории от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 11.11.1994 № 68-ФЗ (ред от. 08.12.2020) URL: <https://rulaws.ru/laws/Federalnyy-zakon-ot-21.12.1994-N-68-FZ/> (дата обращения: 29.01.2024).
7. О пожарной безопасности [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 21.12.1994 № 69-ФЗ (ред. от 27.12.2019)URL: <https://rulaws.ru/laws/Federalnyy-zakon-ot-21.12.1994-N-69-FZ/Statya-1/> (дата обращения: 29.04.2024).

8. О специальной оценке условий труда [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 28.12.2013 № 426 (ред. 24.07.2023). – URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=455233&cwi=3978> (дата обращения: 18.04.2024).

9. Об утверждении правил устройства и безопасной эксплуатации стационарных компрессорных установок, воздухопроводов и газопроводов [Электронный ресурс]: Постановление Правительства РФ от 18.06.2003 № 60 (ред. 24.10.2023). URL: <https://predklapan.ru/files/uploads/Zakonodatelstvo/pb-03-581-03-pravila-ustroistva-i-bezopasnoi-ekspluatatsii-statcionarnykh-kompressornykh-ustanovok-vozdukhoprovodov-gazoprovodov.pdf> (дата обращения: 18.04.2024).

10. Об утверждении свода правил «Станции автомобильные заправочные. Требования пожарной безопасности» [Электронный ресурс]: Приказ МЧС России от 5 мая 2014 г. № 221 URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70570912/> (дата обращения: 18.04.2024).

11. Обеспечение пожаробезопасности компрессорных станций [Электронный ресурс]. URL: <https://studfile.net/preview/5789595/page:50/> (дата обращения: 18.10.2024).

12. Оборудование компрессорных станций [Электронный ресурс]. URL: <https://studfile.net/preview/9510005/page:9/> (дата обращения: 07.05.2024).

13. Омельчук М. В., Короткова Ю. С., Воронцова А. О. Обоснование выбора эффективной системы автоматического пожаротушения в помещении компрессорного цеха// Нефть и газ. 2018. № 2. С. 110–118.

14. Островская А. В. Экологическая безопасность газокomppressorных станций: в 2 ч. Ч. 1. Теоретические основы обеспечения экологической безопасности : учебное пособие. Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2020. 123, [1] с.

15. Пат. 2608979 Российская Федерация. Газоанализатор. / Носенко Л.Ф.; заявл. 16.06.2015; опубл. 30.01.2017. URL:

https://yandex.ru/patents/doc/RU2608979C2_20170130 (дата обращения: 18.10.2024).

16. Пат. 2235994 Российская Федерация. Датчик непрерывного определения параметров газообразующей составляющей газовой смеси / Сомов С.И.; заявл. 15.01.2003; опубл. 10.09.2004. URL: https://yandex.ru/patents/doc/RU2235994C1_20040910 (дата обращения: 18.10.2024).

17. Пат. 10270 Российская Федерация. Контроллер систем пожарной безопасности / Федоров А.В.; заявл. 04.10.2018; опубл. 16.06.2019. URL: https://yandex.ru/patents/doc/RU10270U1_19990616 (дата обращения: 18.10.2024).

18. Пат. 2666324 С2 Российская Федерация. Система автоматического обнаружения и контроля утечки газа / И. В. Семаков; заявл. 06.02.2017; опубл. 06.09.2018. URL: https://yandex.ru/patents/doc/RU2666324C2_20180906 (дата обращения: 29.10.2024).

19. Пожарная безопасность : учебник / В. А. Пучков, Ш. Ш. Дагиров, А. В. Агафонов и др. ; под общ. ред. В. А. Пучкова. М. : Академия ГПС МЧС России, 2019. 877 с.

20. Пожарная безопасность: учебное пособие к практическим занятиям / С.И. Боровик. Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2016. 160 с.

21. Пособие по определению пределов огнестойкости строительных конструкций, параметров пожарной опасности материалов. Порядок проектирования огнезащиты. Справочный материал. Собурь С. В. и др. М.: ПожСпас, 2015.

22. Принципы обеспечения пожарной безопасности зданий и сооружений [Электронный ресурс]. URL: <https://fireman.club/statyi-polzovateley/printsipyi-obespecheniya-pozharnoy-bezopasnosti-zdaniy-i-sooruzheniy/> (дата обращения: 29.04.2024).

23. Производственные услуги [Электронный ресурс] - URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200157753>(дата обращения: 29.04.2024).
24. Система стандартов безопасности труда. Системы управления охраной труда. Общие требования [Электронный ресурс] : ГОСТ 12.0.230-2007. Межгосударственный стандарт. URL: <https://legalacts.ru/doc/gost-120230-2007-mezhgosudarstvennyi-standart-sistema-standartov-bezopasnosti/> (дата обращения: 25.04.2024).
25. Соблюдение пожарной безопасности на установках комплексной подготовки газа [Электронный ресурс]. URL: <https://moluch.ru/archive/444/97492/> (дата обращения: 07.05.2024).
26. Солопова В. А. Охрана труда на предприятии: учебное пособие / Оренбург : ОГУ, 2019. 125 с.
27. Сравнительная оценка систем пожаротушения газоперекачивающих агрегатов [Электронный ресурс]. URL: <https://goo.su/WyAWv> (дата обращения: 25.04.2024).
28. Техника безопасности при работе на компрессорной станции [Электронный ресурс]. URL: <https://studfile.net/preview/9734048/page:48/> (дата обращения: 25.04.2024).
29. Advanced fire suppression technologies at fuel storage facilities [Электронный ресурс]. URL: <https://goo.su/G5vyOzp> (дата обращения: 25.11.2024).
30. Gaseous fire suppression [Электронный ресурс]. URL: <https://fire-union.ru/en/facilities/5.php> (дата обращения: 25.11.2024).
31. Gaseous Suppression [Электронный ресурс]. URL: <https://fire-protection.com.au/gaseous-suppression/> (дата обращения: 25.11.2024).
32. Protecting the Unprotected: Gaseous Fire Suppression Systems [Электронный ресурс]. URL: <https://completepumpsandfire.com.au/gaseous-fire-suppression-systems-for-greater-workplace-safety/> (дата обращения: 25.11.2024).

33. Simulation and Experimental Study of a Novel Negative-Pressure Flapper–Nozzle Mechanism [Электронный ресурс]. URL: <https://goo.su/9zQk2vU> (дата обращения: 25.11.2024).