

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
**ЮРГИНСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ**  
Федерального государственного автономного образовательного учреждения  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Институт: Юргинский технологический институт  
Направление подготовки: 20.03.01 «Техносферная безопасность»  
ООП: «Защита в чрезвычайных ситуациях»

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА БАКАЛАВРА**

| Тема работы   |
|---|
| Разработка автоматической установки газового пожаротушения в компрессорной станции<br>ОСП «ЮФЗ» |

УДК 614.844.4:621.51

Обучающийся

| Группа  | ФИО                   | Подпись | Дата |
|---------|-----------------------|---------|------|
| З-17Г81 | Рябова Алена Ивановна |         |      |

Руководитель ВКР

| Должность      | ФИО          | Ученая степень,<br>звание | Подпись | Дата |
|----------------|--------------|---------------------------|---------|------|
| Доцент ЮТИ ТПУ | Мальчик А.Г. | к.т.н.                    |         |      |

**КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

| Должность      | ФИО           | Ученая степень,<br>звание | Подпись | Дата |
|----------------|---------------|---------------------------|---------|------|
| Доцент ЮТИ ТПУ | Лизунков В.Г. | к.пед.н., доцент          |         |      |

По разделу «Социальная ответственность»

| Должность      | ФИО            | Ученая степень,<br>звание | Подпись | Дата |
|----------------|----------------|---------------------------|---------|------|
| Доцент ЮТИ ТПУ | Солодский С.А. | к.т.н.                    |         |      |

Нормоконтроль

| Должность      | ФИО          | Ученая степень,<br>звание | Подпись | Дата |
|----------------|--------------|---------------------------|---------|------|
| Доцент ЮТИ ТПУ | Мальчик А.Г. | к.т.н.                    |         |      |

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

| Руководитель ООП,<br>должность | ФИО            | Ученая степень,<br>звание | Подпись | Дата |
|--------------------------------|----------------|---------------------------|---------|------|
| Ст. преподаватель<br>ЮТИ ТПУ   | Луговцова Н.Ю. | к.т.н.                    |         |      |

Юрга – 2023 г.

**ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП  
НАПРАВЛЕНИЯ 20.03.01 – «ТЕХНОСФЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ»**

| <b>Код компетенции</b>                  | <b>Наименование компетенции</b>   |
|---|---|
| <b>Универсальные компетенции</b>        |   |
| <b>УК(У)-1</b>                          | Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач  |
| <b>УК(У)-2</b>                          | Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений  |
| <b>УК(У)-3</b>                          | Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде   |
| <b>УК(У)-4</b>                          | Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах)   |
| <b>УК(У)-5</b>                          | Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах  |
| <b>УК(У)-6</b>                          | Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни   |
| <b>УК(У)-7</b>                          | Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности  |
| <b>УК(У)-8</b>                          | Способен создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций   |
| <b>Общепрофессиональные компетенции</b> |   |
| <b>ОПК(У)-1</b>                         | Способность учитывать современные тенденции развития техники и технологий в области обеспечения техносферной безопасности, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности. |
| <b>ОПК(У)-2</b>                         | Способность использовать основы экономических знаний при оценке эффективности результатов профессиональной деятельности   |
| <b>ОПК(У)-3</b>                         | Способность ориентироваться в основных нормативно-правовых актах в области обеспечения безопасности   |
| <b>ОПК(У)-4</b>                         | Способность пропагандировать цели и задачи обеспечения безопасности человека и окружающей среды   |
| <b>ОПК(У)-5</b>                         | Готовность к выполнению профессиональных функций при работе в коллективе  |
| <b>Профессиональные компетенции</b>     |   |
| <b>ПК(У)-5</b>                          | Способность ориентироваться в основных методах и системах обеспечения техносферной безопасности, обоснованно выбирать известные устройства, системы и методы защиты человека и окружающей среды от опасностей                       |
| <b>ПК(У)-6</b>                          | Способность принимать участие в установке (монтаже), эксплуатации средств защиты  |
| <b>ПК(У)-7</b>                          | Способность организовывать и проводить техническое обслуживание, ремонт, консервацию и хранение средств защиты, контролировать состояние используемых средств защиты, принимать решения по замене (регенерации) средства защиты     |
| <b>ПК(У)-8</b>                          | Способность выполнять работы по одной или нескольким профессиям рабочих, должностям служащих  |
| <b>ПК(У)-9</b>                          | Готовность использовать знания по организации охраны труда, охраны окружающей среды и безопасности в чрезвычайных ситуациях на объектах экономики   |
| <b>ПК(У)-10</b>                         | Способность использовать знание организационных основ безопасности различных производственных процессов в чрезвычайных ситуациях  |
| <b>ПК(У)-11</b>                         | Способность организовывать, планировать и реализовывать работу исполнителей по решению практических задач обеспечения безопасности человека и окружающей среды  |
| <b>ПК(У)-12</b>                         | Способность применять действующие нормативные правовые акты для решения задач обеспечения безопасности объектов защиты  |

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
 высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт: Юргинский технологический институт  
 Направление подготовки: 20.03.01 «Техносферная безопасность»  
 Профиль: «Защита в чрезвычайных ситуациях»

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП  
 \_\_\_\_\_ Н.Ю. Луговцова  
 « \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 г.

**ЗАДАНИЕ  
 на выполнение выпускной квалификационной работы**

Обучающийся:

| Группа  | ФИО                   |
|---------|-----------------------|
| З-17Г81 | Рябова Алена Ивановна |

Тема работы:

|  |
|--|
| Разработка автоматической установки газового пожаротушения в компрессорной станции ОСП "ЮФЗ" |
|--|

|   |                            |
|---|----------------------------|
| Утверждена приказом директора (дата, номер) | от 31.01.2023 г. № 31-76/с |
|---|----------------------------|

|   |               |
|---|---------------|
| Срок сдачи студентами выполненной работы: | 10.06.2023 г. |
|---|---------------|

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

|   |  |
|---|--|
| <p><b>Исходные данные к работе:</b><br/> <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный периодический, циклический и т.д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к функционированию (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации объекта, влияния на окружающую среду, энергозатратам, экономический анализ и т.д.)</i></p>                                     | <p>Противопожарной защите автоматической установкой газового пожаротушения подлежит помещение компрессорной станции ОСП «ЮФЗ»<br/>                     Площадь помещения 648 м<sup>2</sup><br/>                     Тип модуля МПХ(55-227-50)<br/>                     Газовое огнетушащее вещество Хладон 227еа</p>   |
| <p><b>Перечень разделов пояснительной записки подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b><br/> <i>(аналитический обзор литературных источников с целью выяснения достижений мировой науки и техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе)</i></p> | <p>1. Провести обзор литературы и нормативных источников по вопросам состояния проблем обеспечения пожарной безопасности на газоконпрессорных станциях.<br/>                     2. Дать характеристику объекта защиты компрессорной станции ОСП «ЮФЗ» и оценить мероприятия объекта защиты по пожарной безопасности.<br/>                     3. Рассчитать параметры модульной установки газового пожаротушения для компрессорной станции ОСП «ЮФЗ».</p> |
| <p><b>Перечень графического материала:</b><br/> <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>   | <p>1. Технологический модуль пожаротушения<br/>                     2. Схема расположения СПС<br/>                     3. Схема расположения СОУЭ</p>  |

| <b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b><br><i>(с указанием разделов)</i> |                                 |
|--|---------------------------------|
| <b>Раздел</b>  | <b>Консультант</b>              |
| Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение                                    | Лизунков В.Г., к.пед.н., доцент |
| Социальная ответственность   | Солодский С.А., к.т.н.          |
| Нормоконтроль  | Мальчик А.Г., к.т.н.            |
| <b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языке:</b>             |                                 |
| Реферат  |                                 |

|   |               |
|---|---------------|
| <b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b> | 02.02.2023 г. |
|---|---------------|

**Задание выдал руководитель:**

| Должность      | ФИО          | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|----------------|--------------|------------------------|---------|------|
| Доцент ЮТИ ТПУ | Мальчик А.Г. | к.т.н                  |         |      |

**Задание принял к исполнению студент:**

| Группа  | ФИО         | Подпись | Дата |
|---------|-------------|---------|------|
| 3-17Г81 | Рябова А.И. |         |      |

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 77 страниц, 2 рисунка, 13 таблиц, 50 источников, 4 приложения.

Ключевые слова: ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ, ГАЗОВОЕ ПОЖАРОТУШЕНИЕ, АВТОМАТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ ПОЖАРОТУШЕНИЯ, БЕЗОПАСНОСТЬ ТУШЕНИЯ, ОГNETУШАЩИЕ ГАЗЫ.

Объектом исследования является компрессорная станция ОСП «ЮФЗ».

Целью выпускной квалификационной работы является разработка автоматической установки газового пожаротушения в помещении компрессорной станции ОСП «ЮФЗ».

В выпускной квалификационной работе проведён обзор литературы и нормативных источников по вопросам состояния проблем обеспечения пожарной безопасности на газоконпрессорных станциях, дана характеристика объекта защиты компрессорной станции ОСП «ЮФЗ» и оценены мероприятия объекта защиты по пожарной безопасности, а также рассчитаны параметры модульной установки газового пожаротушения для компрессорной станции ОСП «ЮФЗ».

## ABSTRACT

The final qualifying work contains 77 pages, 2 figures, 13 tables, 50 sources, 4 appendices.

Key words: FIRE SAFETY, GAS FIRE EXTINGUISHING, AUTOMATIC FIRE EXTINGUISHING SYSTEMS, EXTINGUISHING SAFETY, FIRE EXTINGUISHING GASES.

The object of study is the compressor station OSB «UFZ».

The purpose of the final qualifying work is the development of an automatic gas fire extinguishing installation in the compressor station of the OSB «UFZ».

In the final qualifying work, a review of the literature and regulatory sources on the state of the problems of ensuring fire safety at gas compressor stations was carried out, a description was given of the protection object of the OSP «UFZ» compressor station and the measures of the protection object for fire safety were evaluated, and the parameters of the modular gas fire extinguishing installation for the compressor station were calculated. station OSP «UFZ».

## СОДЕРЖАНИЕ

|   |    |
|---|----|
| ВВЕДЕНИЕ  | 9  |
| 1 ОСНОВНОЙ РАЗДЕЛ   | 13 |
| 1.1 Пожаровзрывобезопасность замкнутых пространств объектов газокompрессорных станций                                 | 13 |
| 1.2 Основные принципы формирования системы предупреждения аварийных и чрезвычайных ситуаций на компрессорных станциях | 19 |
| 1.3 Обоснование выбора эффективной системы автоматического пожаротушения в помещении компрессорной станции            | 22 |
| 1.4 Краткая характеристика ОСП «Юргинский ферросплавный завод»  | 25 |
| 1.4.1 Организационно-управленческая структура ОСП «ЮФЗ»   | 26 |
| 1.4.2 Продукция, производимая предприятием ОСП «ЮФЗ»  | 27 |
| 1.4.3 Описание компрессорной станции ОСП «Юргинский ферросплавный завод»  | 28 |
| 1.5 Расчет автоматической установки газового пожаротушения в компрессорной станции ОСП «ЮФЗ»                          | 33 |
| 1.5.1 Основные характеристики защищаемого помещения   | 33 |
| 1.5.2 Расчет параметров модульной установки газового пожаротушения  | 38 |
| 1.5.3 Расчет параметров трубопроводной системы и времени подачи огнетушащего газа в помещение (гидравлический расчет) | 42 |
| 1.5.4 Расчет площади дополнительного проема в помещении для сброса избыточного давления                               | 45 |
| 2 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ   | 47 |
| 2.1 Оценка прямого ущерба   | 47 |
| 2.2 Оценка косвенного ущерба  | 51 |
| 2.2.1 Расходы на ликвидацию последствий пожара  | 51 |
| 2.2.2 Расходы на расследование причин пожара  | 56 |
| 2.2.3 Расходы на восстановление производственного помещения   | 56 |
| 2.3 Расчет полного ущерба   | 58 |
| 3 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ  | 59 |
| 3.1 Анализ рабочего места оператора компрессорной станции   | 59 |
| 3.2 Анализ выявленных вредных факторов  | 59 |
| 3.2.1 Недостаточная освещенность  | 59 |
| 3.2.2 Микроклимат   | 61 |
| 3.2.3 Повышенный уровень шума на рабочем месте  | 62 |
| 3.2.4 Электромагнитное излучение  | 63 |
| 3.3 Анализ выявленных опасных факторов  | 64 |
| 3.3.1 Опасность поражения электрическим током   | 64 |
| 3.3.2 Пожарная опасность  | 65 |

|   |           |
|---|-----------|
| 3.4 Охрана окружающей среды   | 66        |
| 3.5 Защита в чрезвычайных ситуациях   | 67        |
| 3.6 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности                                     | 68        |
| 3.7 Заключение по разделу «Социальная ответственность»  | 69        |
| <b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b>   | <b>70</b> |
| <b>СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ</b>   | <b>71</b> |
| Приложение А Рисунок А.1 – Электротехническая часть автоматической установки газового пожаротушения | 78        |
| Приложение Б Рисунок Б.1 – План размещения СПС  | 79        |
| Приложение В Рисунок В.1 – План размещения СОУЭ   | 80        |
| Приложение Г Рисунок Г.1 – Технологический модуль газового пожаротушения                            | 81        |

## ВВЕДЕНИЕ

Газокомпрессорные станции (ГС) представляют собой объекты, обладающие повышенной пожаровзрывоопасностью. Ликвидация пожаров на данных объектах сопряжена с защитой личного состава от воздействия тепловых потоков, преодолением плотных зон задымления и предотвращением возникновения взрывоопасных концентраций в замкнутых объёмах помещений. Тушение осложняется наличием высоковольтных электрических сетей. Эти факторы обуславливают необходимость создания новых подходов к обеспечению пожаровзрывобезопасности в замкнутых объёмах ГС. Актуальность выбранной темы обусловлена регулярностью возникновения пожаров на газокомпрессорных станциях. На данном технологическом оборудовании обращаются газы или горючие жидкости с температурой вспышки более 60°С. Несмотря на то, что средняя площадь пожаров в замкнутых помещениях ГС меньше площади пожаров на открытых технологических установках, они требуют привлечения большего количества сил и средств для тушения. Это также является фактором, повышающим актуальность данной темы.

Актуальность проблемы обеспечения безопасности при эксплуатации компрессорных станций не вызывает сомнений, так как с каждым годом потребление газа растёт, соответственно объём его транспортировки и количество эксплуатируемого оборудования также увеличиваются. Как показывает практика, технологические системы, наполненные горючими веществами, априори являются опасными и при неправильной эксплуатации или несвоевременном обслуживании могут стать причиной аварий.

Целью выпускной квалификационной работы является разработка автоматической установки газового пожаротушения в помещении компрессорной станции ОСП «ЮФЗ», для достижения цели требуется решить следующие задачи:

1. Провести обзор литературы и нормативных источников по вопросам состояния проблем обеспечения пожарной безопасности на газокomppressorных станциях.

2. Дать характеристику объекта защиты компрессорной станции ОСП «ЮФЗ» и оценить мероприятия объекта защиты по пожарной безопасности.

3. Рассчитать параметры модульной установки газового пожаротушения для компрессорной станции ОСП «ЮФЗ».

## Обозначения, сокращения, нормативные ссылки

В работе использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда (ССБТ).

Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

ГОСТ Р 22.1.02-95. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.

Мониторинг и прогнозирование.

ГОСТ 12.1.007–76. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.

ГОСТ 12.1.019-2017 Система стандартов безопасности труда (ССБТ).

Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.

ГОСТ 12.1.038-82 Система стандартов безопасности труда (ССБТ).

Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов.

ГОСТ 12.1.004-91. Пожарная безопасность. Термины и определения.

Перечень обозначений и сокращений:

ГС – газокompрессорная станция;

КЦ – компрессорный цех;

СДУ – сигнализатор давления универсальный;

ЧС – чрезвычайная ситуация;

АУГП – автоматическая установка газового пожаротушения;

ГОТВ – газовое огнетушащее вещество;

АСДНР – аварийно-спасательные и другие неотложные работы;

ГСМ – горюче-смазочные материалы;

СОУТ – специальная оценка условий труда;

СПС – система пожарной сигнализации;

СОУЭ – система организации и управления эвакуацией;

ОПФ – основные производственные фонды;

МЧС – Министерство Российской Федерации по делам гражданской

обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий;

РСЧС – Единая государственная система предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций;

ГДЗС – газодымозащитная служба;

КЭС – коммунально-энергетические сети.

# 1 ОСНОВНОЙ РАЗДЕЛ

## **1.1 Пожаровзрывобезопасность замкнутых пространств объектов газокompрессорных станций**

Уровень надежности функционирования компрессорных станций (КС) на протяжении нескольких десятков лет остается неизменно высоким [1]. Однако известны случаи аварий на объектах данного типа. Аварии на КС, кроме экономического ущерба от простоя, потерь газа и немалых затрат на ликвидацию аварий, создают значительную угрозу для окружающей среды. В этих условиях большое значение приобретают вопросы обеспечения надежности функционирования оборудования компрессорных станций. Основными факторами, обуславливающими возникновение аварий на компрессорных станциях, являются:

- наличие большого числа арматуры, тройников, переходников, фасонных частей и т.п., т.е. мест с усложненной технологией изготовления и проведения строительно-монтажных работ, ухудшенного контроля качества сварных швов с повышенной концентрацией напряжений;

- наличие значительного числа переходов трубопроводов из подземного положения в надземное, являющихся местами повышенной коррозионной активности и концентрации напряжений;

- сложная пространственная прокладка надземных трубопроводов обвязки компрессорных агрегатов с большим числом жестких и скользящих опор, сочетающаяся со значительными переменными температурными и газодинамическими (вибрационными) нагрузками со стороны нагнетателя.

Компрессорная станция классифицируется как взрывопожароопасный объект. Опасность возникновения пожаров на компрессорной станции определяется, прежде всего, физико-химическими свойствами газов, которые при несоблюдении определенных требований безопасности взрываются, воспламеняются и приводят к техногенной аварии, связанной с

распространением пожара. Для объектов транспорта газа степень их пожарной опасности зависит от особенностей технологического процесса, а именно:

- значительных объемов горючих газов в линейной и технологической частях трубопроводов;
- высокого значения показателей рабочего давления;
- большого количества горюче-смазочных материалов (турбинного масла), необходимого для работы газоперекачивающего агрегата.

Как показывает статистика и опыт эксплуатации, среди основных причин возникновения пожаров на компрессорных станциях можно выделить следующие [2]:

- воспламенение масла в компрессорном цехе при разрывах маслопроводов и его попадания на горячие поверхности газоперекачивающего агрегата;
- разрушение обвязочных газопроводов компрессорного цеха;
- попадание посторонних предметов в полость нагнетателя;
- поступление воспламеняющихся веществ через неплотности в запорнорегулирующей арматуре;
- нарушения технологического процесса, правил пожарной безопасности обслуживающим или эксплуатационным персоналом (человеческий фактор).

Для анализа аварийности компрессорных станций необходимо выявить элементы технологического оборудования, которые наиболее подвержены авариям [3]. Наиболее тяжелые последствия связаны с разрушением элементов компрессорных установок и последующим истечением газа. Непосредственными причинами аварий и взрывов компрессорных установок, как показывает практика, могут быть:

- чрезмерное повышение температуры сжатого воздуха и перегревание частей компрессорной установки;

- пыльность и влажность засасываемого воздуха;
- разряды статического электричества;
- быстрое повышение давления воздуха в компрессорной установке выше допустимого;
- неправильный монтаж компрессорной установки;
- неправильная эксплуатация компрессорной установки и неудовлетворительный уход за ней.

Анализ основных причин отказов технологических трубопроводов показан на рисунке 1[3].



Рисунок 1 – Основные причины отказов трубопроводов на КС

Как показано на рисунке 1, большинство аварий, связанных с разгерметизацией трубопроводов на КС, происходит в результате повышенной вибрации. Источником возникновения вибрации трубопроводов являются вынужденные колебания, возникающие вследствие пульсации потока рабочей среды, а также механического воздействия на конструкцию от вибрации компрессоров. В качестве основной причины возникновения вибраций большинство специалистов на данный момент считают наличие неуравновешенных сил инерции поступательно- и вращательно-движущихся

масс [4, 5]. Кроме того, причиной повышенного уровня вибраций трубопровода может являться работа в условиях резонанса механического происхождения, то есть при совпадении собственных частот колебаний самого трубопровода с частотами возмущающих гармоник. Волновые процессы в трубопроводах нередко являются причиной помпажа центробежных нагнетателей газоперекачивающих агрегатов. Кроме того, такого рода нестационарные процессы в трубопроводе могут вызвать разрыв газопровода на полное сечение, что представляет наибольшую опасность не только при эксплуатации КС, но и всех объектов газотранспортных систем в целом. В этом случае речь идет о внутренних физических эффектах, которые определяются материалом и формой трубопровода, технологической схемой и параметрами транспорта газа, действиями обслуживающего персонала, направленными на локализацию аварий и рядом других факторов. Основными факторами, инициирующими разрушение газопроводов, являются поверхностные повреждения и дефекты, предотвратить которые в полном объеме не представляется возможным. По причинам возникновения дефекты можно разделить на:

- эксплуатационные: коррозионные (общая коррозия – потеря металла до 80 % от толщины стенки трубы, питтинговая коррозия, каверны); стресс-коррозионные;

- механические повреждения (вмятины, гофры, надрывы, оваллизация);

- строительные: дефекты поверхности (царапина, задиры и др.); дефекты сварных швов, такие как непровар (несплавление), трещины, свищ в сварном шве и др.; дефекты геометрии (кривизна труб и овальность);

- металлургические (например, расслоение).

Происхождение и характер проявления могут быть самыми различными. Так, например, механические повреждения возникают, как правило, в результате внешних силовых воздействий и проявляются либо непосредственно в момент такого воздействия, либо в течение сравнительно небольшого промежутка времени после него. Как правило, они имеют

тенденцию к накопительному росту. Период их развития может быть довольно продолжительным, однако с определенной вероятностью дефект в любой момент может достичь критических размеров, следствием чего является разрушение трубопровода. Исследования показали, что разрушение газопровода (эксплуатирующегося при кольцевых напряжениях в теле трубы ниже предела текучести) может произойти только при наличии в теле трубы сквозного дефекта (механического повреждения, трещины) с линейными размерами выше критических (примерно 0,25 диаметра). В подавляющем большинстве случаев разрушение происходит именно в результате образования трещины, распространяющейся по материалу с высокой скоростью. При этом для прохождения трещиной пути от одного сварного стыка до другого требуется (в среднем) около 0,5 с. Протяженность разрушенного участка при этом может быть различной. Истечение газа в случае разрыва трубопровода будет происходить в сверхкритическом режиме. При этом высвобождается только потенциальная энергия сжатого газа. На процесс разрушения (распространения трещины) затрачивается лишь малая ее доля, которая, по мнению многих авторов, составляет от 2 до 10 %. Основная же часть высвобождаемой энергии трансформируется в ударную волну, обладающую достаточно высокой поражающей способностью. При полном разрыве опорожнение технологических трубопроводов и емкостей в системе высокого давления происходит достаточно быстро (десятки – сотни секунд). При этом высока вероятность реализации наиболее опасного сценария аварии, связанной с возгоранием газа в случае возникновения искр в момент разрыва или в течение нескольких первых секунд (задержка воспламенения может составлять от нескольких десятых секунды до нескольких секунд). То есть происходит воспламенение уже сформировавшегося газоздушного потока (с концентрацией 5–15 % об.) с весьма высокой степенью турбулизации и неоднородной структурой. Таким образом, были рассмотрены внешние физические эффекты, имеющие место при аварийных разрывах газопроводов. В общем случае, можно выделить

следующие составляющие:

- образование первичной ударной волны сжатия за счет расширения в атмосфере газа, выброшенного из объема «мгновенно» разрушившейся части трубопровода, а также вторичных волн сжатия, образующихся при воспламенении газового «шлейфа» и расширении продуктов горения;
- образование и разлет осколков (фрагментов) разрушенного участка трубопровода;
- термическое воздействие пожара на человека и окружающую среду при воспламенении истекающего газа;
- токсическое воздействие составляющих транспортируемого продукта на живые организмы.

В зависимости от взаимного расположения противоположных концов разорвавшейся трубы, ее диаметра, глубины укладки, параметров встречных газовых потоков, геометрии земляного новообразования и ряда других факторов могут реализоваться две формы пожара: 1. Пожар в котловане – в виде близкого к вертикальному цилиндрического пламени; 2. Струевое пламя – в виде двух, направленных в разные стороны горящих труб.

Объекты газового промысла, компрессорной станции, трубопроводной системы (трубных обвязок и т.п.) по-существу являются системой динамически (в колебательном режиме) взаимодействующих между собой объектов. Такие системы должны проектироваться и управляться с учетом этих взаимодействий. Соседние сооружения и установки могут быть повреждены и выведены из строя, главным образом, за счет прямого огневого воздействия при разрыве технологического трубопровода или сосуда и возгорании истекающего газа, а также от разлета фрагментов трубопровода обвязки. Объемы веществ, способных участвовать в авариях, зависят от технологических особенностей подключения цехов к магистралям и от сценариев развития аварий.

В результате проведенного анализа, можно сказать, что наиболее подверженными авариям объектами компрессорных станций являются

трубопроводы обвязки, поэтому очень важно обеспечивать высокий уровень эксплуатации и диагностики труб для выявления дефектов и устранения таковых на ранних этапах их образования.

## **1.2 Основные принципы формирования системы предупреждения аварийных и чрезвычайных ситуаций на компрессорных станциях**

Компрессорные станции в соответствии с НПБ 105-03 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности» [6] классифицируется как взрывопожароопасные объекты. Общим недостатком существующего на данный момент нормативно-технического обеспечения безопасности компрессорных станций является подход, при котором обеспечение безопасности реализации проектов объектов трубопроводного транспорта, рассматривается только на стадии эксплуатации, исходя из конечного состояния системы. В соответствии с данным подходом считается, что безопасность опасного производственного объекта в стадии эксплуатации обеспечена, если соблюдаются все требования нормативно-технических документов и требований. В тоже время набирающие популярность «риск»-ориентированные подходы к обеспечению безопасности указывают на постоянно существующую возможность реализации аварийной и чрезвычайной ситуаций, вероятность которых выражена и определена в «карте» риска, которая может быть составлена для любого промышленного объекта, в том числе и для КС. Таким образом, в системе предупреждения аварийных и чрезвычайных ситуаций основой является разработка мероприятий по обеспечению безопасной реализации проекта и минимизации влияния негативных последствий наступления опасных событий. Предупреждение чрезвычайных ситуаций и реагирование на отрицательные последствия их возникновения производится в трех направлениях: устранение угрожающего события, т. е. устранение

потенциальных причин возникновения чрезвычайной ситуации. Невозможно устранить все риски возникновения чрезвычайных ситуаций, присущие проектам КС, но некоторые из них можно устранить с наименьшими потерями для реализации проекта; уменьшение ожидаемых потерь при чрезвычайной ситуации путем уменьшения вероятности возникновения риска чрезвычайной ситуации либо через уменьшение потенциальных потерь (например, через страхование), либо через то и другое. При использовании данного метода риски могут быть заранее существенно уменьшены через привлечение внешних организаций к проекту; принятие последствий может быть активным (через разработку мероприятий на случай наступления события возникновения чрезвычайной ситуации), или пассивным (в план закладывается большая продолжительность строительства). В процессе оценки рисков необходимо определить перечень событий, требующих внимания и оперативного реагирования, и перечень событий, на которые можно не обращать особого внимания. На основе составленного перечня, определяются методы и средства оперативного реагирования на последствия рисков событий возникновения чрезвычайной ситуации. Состав плана оперативного реагирования при возникновении аварийных или чрезвычайных ситуаций должен содержать:

- распределение ответственностей по управлению различными видами рисков и ЧС в процессе реализации проекта КС;

- мероприятия по адаптации при необходимости первоначальных оценок рисков чрезвычайных ситуаций и, соответственно, управленческих, организационных и технологических решений;

- мероприятия по реализации оперативного плана действий в чрезвычайных ситуациях;

- мероприятия по использованию резервов для предупреждения чрезвычайных ситуаций.

Проведенный анализ показал всю сложность технологической системы компрессорной станции, большое количество факторов, оказывающих

влияние на уровень риска возникновения пожаров и взрывов. Современные подходы в обеспечении безопасности До недавнего времени в нашей стране для управления безопасностью производственных объектов использовалось нормативно-правовое регулирование, с отслеживанием нарушений его применения с помощью государственных надзорных органов в лице Ростехнадзора, Рострудинспекции, Роспотребнадзора и т.д. Проведенный анализ законодательной и нормативной базы, которая используется при проектировании, строительстве и эксплуатации КС, в частности ПБ 03 – 581 – 03 «Правила устройства и безопасной эксплуатации стационарных компрессорных установок, воздухопроводов и газопроводов, воздухопроводов и газопроводов» [7], показал, что общим недостатком нормативно-регулирующего подхода к обеспечению пожарной безопасности компрессорных станций является отсутствие системной основы в управлении безопасностью. Решить эту проблему может риск-ориентированный подход, который рассматривает анализируемый объект как систему взаимосвязанных элементов, находящихся в постоянном взаимодействии с внутренней и внешней средой. Риск-ориентированный подход в области производственной безопасности и охраны труда предполагает проведение идентификации, анализа и прогнозирования опасностей, оценку риска и масштабов последствий опасных ситуаций для оптимизации и повышения эффективности необходимых организационно-технических мер предупреждения негативных событий [8]. Таким образом, через построение модели взаимодействия элементов компрессорной станции с окружающей средой, с учетом климатических, горно-геологических, социально-экономических условий, а также показателей надежности элементов оборудования, разработанной для данного объекта карты риска можно спроектировать организационно-управленческую систему предупреждения аварийных и чрезвычайных ситуаций, отвечающую конкретным условиям эксплуатации [9,10].

### **1.3 Обоснование выбора эффективной системы автоматического пожаротушения в помещении компрессорной станции**

Проблема пожаров в компрессорных цехах (КЦ) на данный момент является одной из приоритетных для службы промышленной и пожарной безопасности предприятий, так как протекающие в компрессорном цехе процессы отличаются высокими температурами, давлением и скоростями, что создает пожарную опасность объекта. В связи с этим оснащение пожароопасного объекта средствами автоматического обнаружения и ликвидации пожаров является основным условием обеспечения безопасности. При этом в различных КЦ используются разные установки автоматического пожаротушения, которые имеют между собой принципиальные отличия. Существуют объекты, где на одной территории функционируют КЦ с разными АУП по типу вещества. В данной главе проведен анализ того, какие АУП являются наиболее эффективными, и обосновывается выбор оптимальной системы [11,12].

Для предотвращения возгораний и тушения пожаров компрессорные цехи оборудуют средствами пожаротушения. На данный момент существует следующая классификация систем автоматического пожаротушения по типу огнетушащего вещества:

- порошковое пожаротушение;
- тушение водой;
- пенное пожаротушение;
- газовое пожаротушение;
- аэрозольное пожаротушение.

Следует отметить, что не все пожаротушащие системы могут быть использованы для ликвидации специфического горения газа [13].

Порошковое пожаротушение – способ тушения пожаров с помощью мелкозернистой порошковой смеси. Порошковое пожаротушение применяют для тушения пожаров класса А, В, С, а также при возгорании

электрооборудования, находящегося под напряжением. Рассмотрим преимущества порошкового пожаротушения:

- низкая стоимость: неподвижные и подвижные установки пожаротушения, оборудованные порошковым огнетушащим веществом, имеют наиболее доступную цену в своем классе;
- простота конструкции, которая существенно упрощает ее монтаж;
- универсальность: используется при ликвидации обычных и специфических пожаров, а также для тушения электроустановок под напряжением до 5 000 В;
- широкий температурный диапазон: от –50 до 50 °С;
- не требует герметизации помещения;
- экологическая безопасность: отсутствие токсичных компонентов, разрушающих озоновый слой, низкая коррозионная активность, химическая инертность, так как основой порошков являются минеральные удобрения [14, 15].

Рассмотрим недостатки порошкового пожаротушения:

- неэффективно для тушения веществ, которые способны гореть без наличия воздуха, а также веществ, горящих и тлеющих в глубине слоя (например, древесные опилки, хлопок);
- обладает химической активностью и во избежание порчи оборудования после прекращения тушения требует незамедлительного удаления с металлических поверхностей;
- отсутствие охлаждающего эффекта при тушении, что может послужить причиной к вторичному возгоранию потушенного материала от нагретых частей оборудования;
- высокая запыленность и впоследствии снижение видимости в результате образования порошкового облака при тушении [16,17].

Среди преимуществ автоматического газового пожаротушения следует отметить: отсутствие материального ущерба; простота утилизации;

длительный срок эксплуатации; высокая эффективность тушения; возможность тушения пожара в труднодоступных местах; электрическая непроводимость; возможность тушения приборов, находящихся под напряжением [18,19].

Однако наряду с преимуществами автоматического газового пожаротушения имеется ряд недостатков:

- возможное удушающее действие на людей;
- необходимость большого запаса огнетушащего вещества;
- дороговизна отдельных видов газовых огнетушащих веществ (ГОТВ);
- высокое рабочее давление [20].

Преимущества автоматического пенного пожаротушения: безопасно для человека; экологически чистое; высокая смачивающая способность; не требует одновременного перекрытия всей площади горения [21, 22].

Недостатки автоматического пенного пожаротушения:

- применяется в основном для тушения машинных залов КЦ;
- повышенная коррозионная способность;
- относительно высокая температура замерзания;
- сложность утилизации выплеснутого пенного раствора;
- нельзя применять внутри помещений с электрооборудованием под высоким напряжением [23, 24].

Несмотря на появление новых эффективных средств борьбы с огнем, автоматическая система водяного пожаротушения остается одной из самых популярных и общераспространенных установок. Преимущества тушения водой:

- универсальность: систему можно устанавливать почти в любом помещении и применять с целью тушения большинства классов и категорий пожаров;

– экономичность: вода – самый доступный тип огнетушащего вещества, кроме того, водяные установки стоят существенно дешевле, чем пенные, газовые и порошковые системы сопоставимой мощности и площади;

– гибкость применения: системы водяного пожаротушения имеют много настроек и выпускаются в различных вариациях; они могут быть применены как локально, так и в целом по зданию, возможна добавка в воду различных пожаротушащих веществ для более эффективного процесса борьбы с огнем;

– повторное использование: в отличие от некоторых одноразовых локальных модулей, для повторного приведения в полную готовность водяной системы пожаротушения необходимо всего несколько часов [25, 26].

Наряду с преимуществами водяное пожаротушение имеет ряд существенных недостатков, таких как высокая коррозионная способность, электропроводность, высокая температура замерзания, плохая смачивающая способность, ограничение по применению при тушении некоторых веществ (металлов, железа, нефти, нефтепродуктов, пыли и др.) [27].

Таким образом, газовые системы пожаротушения – единственно приемлемые и отвечающие требованиям технологической эффективности пожаротушения в помещении компрессорных станций.

#### **1.4 Краткая характеристика ОСП «Юргинский ферросплавный завод»**

На ОСП «ЮФЗ» 11 июля 2015 года ввели в эксплуатацию первую новую ферросплавную печь №61, 03 декабря 2018 года вторую ферросплавную печь №62 с газоочистками и энергетическим хозяйством. В конце октября 2019 года ввели в строй еще одну печь №63. Все они, оснащены современными газоочистными устройствами. Процесс получения происходит в рудовосстановительной дуговой электропечи непрерывным способом, при котором шихта загружается в печь непрерывно по мере ее

проплавления. Технологическая схема производства на ОСП «ЮФЗ» не отличается от классической, но имеет ряд своих особенностей, которые в большинстве случаев положительно сказываются на работе ферросплавной печи. Способ получения ферросилиция на ОСП ЮФЗ такой же, как и на ОАО «Кузнецкие ферросплавы» – электротермический с углевосстановительным процессом.

С вводом в строй ЮФЗ уже в 2015 году доля УСГМК («Урало-Сибирская горно-металлургическая компания») в производстве ферросплава в России выросло с 83 до 90%, а на сегодняшний день составляет 96%. Динамично развиваются производственная и социальная сферы. Основным поставщиком кварцита на завод является Антоновский рудник, коксовой орешек с КМК и ЗСМК, уголь слабоспекающийся, стальная стружка с предприятий вторчермета. Шихтовые материалы поступают на завод железнодорожным транспортом в шихтовые дворы цехов, или общезаводской склад.

#### **1.4.1 Организационно-управленческая структура ОСП «ЮФЗ»**

Организационно-управленческая структура ферросплавного завода ОСП «ЮФЗ» является многоуровневой, что типично для большой организации. Между подразделениями имеется как административное, так и функциональное подчинение. Отсюда следует, что структура завода является линейно-функциональной.

Главным ответственным лицом ОСП «ЮФЗ» является исполнительный директор. Ему административно подчиняются все основные подразделения ОСП «ЮФЗ», в том числе:

- главный инженер;
- заместитель директора по производственно-техническим вопросам;
- начальник отдела по делам ГОЧС и спецработе;
- юрисконсульт;

- бюро информационных технологий;
- главная бухгалтерия;
- главный экономист;
- отдел материально-технического снабжения;
- хозяйственный отдел;
- отдел кадров.

Главный инженер ОСП «ЮФЗ» является начальником энергомеханического отдела, а также ему административно и функционально подчиняются ремонтно-механический и электрический участок, электромеханического цеха и котельный цех. Главный инженер только административно управляет: проектно-конструкторским отделом, отделом капитального строительства, отделом охраны труда и промышленной безопасности, аналитической лабораторией, ремонтно-строительным участком электромеханического цеха, цехом контрольно-измерительных приборов и автоматики. Заместитель исполнительного директора ОСП «ЮФЗ» по производственно-техническим вопросам является начальником производственно-технического отдела, а также имеет в административном подчинении бюро технического контроля и транспортное бюро. Главный экономист ОСП «ЮФЗ» является начальником планово-экономического отдела, а также административно управляет отделом труда и заработной платы и финансовым бюро. Отдел материально-технического снабжения административно и функционально управляет участком обеспечения производства. Транспортное бюро руководит транспортным цехом, а производственно-технический отдел руководит цехом ферросплавного производства.

#### **1.4.2 Продукция, производимая предприятием ОСП «ЮФЗ»**

Основной сферой деятельности предприятия является производство ферросилиция и микрокремнезема. Побочными продуктами в процессе

производства являются металлургический шлак (с содержанием  $\text{FeSi} = 25\text{-}30\%$ ) и ПУД (продукт улавливания от дробления, с содержанием  $\text{FeSi} = 75,2\%$ ).

Ферросилиций – этот ферросплав, главные компоненты которого железо и кремний. Процесс производства ферросилиция основан на восстановлении кремнезёма. Ферросилиций используют в качестве раскисляющих и легирующих добавок для выплавки электротехнических, рессорно-пружинных, коррозионно- и жаростойких сталей.

Ферросилиций используется для раскисления и легирования стали, в машиностроении – для модификации чугуна и в химической промышленности – для получения водорода.

Микрокремнезем – представляет собой ультрадисперсный материал, состоящий из частиц сферической формы, получаемый в процессе газоочистки печей при производстве кремнийсодержащих сплавов.

Основным компонентом материала является диоксид кремния аморфной модификации. Микросилика является важнейшим компонентом при производстве бетонов с высокими эксплуатационными свойствами. Шлаки ферросплавных производств (ферромарганца, феррованадия и др.) в зависимости от их состава используют в производстве вяжущих материалов.

### **1.4.3 Описание компрессорной станции ОСП «Юргинский ферросплавный завод»**

Компрессорная станция ОСП «ЮФЗ» предназначена для подачи сжатого воздуха с номинальным давлением 0,7 МПа подразделениям завода. В состав оборудования компрессорной станции входят:

- винтовой компрессор – 3 шт;
- осушитель сжатого воздуха – 4 шт;
- воздухосборник  $V = 16 \text{ м}^3$ ;
- насосная станция обратного водоохлаждения компрессоров.

Все агрегаты компрессорной станции соединены между собой трубопроводами в единую цепь, замыкающуюся на рамке управления, что является залогом бесперебойного обеспечения подразделений завода сжатым воздухом. На подразделения завода после рамки управления сжатый воздух подается по 2-м магистралям Ду 150 мм.

Бесперебойность работы компрессорной станции обеспечивается не только наличием резервного оборудования и единой сетью коммуникаций, но также бесперебойной подачей электроэнергии. Подача электроэнергии на компрессорную станцию производится по двум кабельным линиям от независимых источников питания.

Винтовой компрессор является машиной объемного типа и предназначен для адиабатического сжатия маслянно-воздушной смеси до рабочего давления с последующим отделением масел на маслосепараторе. После отделения масла от воздуха сжатый воздух через фильтр-влагоотделитель подается на осушитель сжатого воздуха состоящий из двух попеременно отключаемых колонн, наполненных адсорбентом осушающим сжатый воздух (адсорбент периодически регенерируется путем нагрева колонн электронагревателем).

Для охлаждения компрессоров служит насосная станция оборотного водоохлаждения.

Взрыв компрессоров может быть следствием перегрева его стенок, повышения рабочего давления, возникновения на корпусе зарядов статического электричества, загорания и взрыва смеси паров смазочного материала с воздухом, гидравлического удара (в цилиндрах компрессоров холодильных установок).

Опасность перегрева элементов конструкции компрессора связана, прежде всего с тем, что при сжатии воздуха их температура повышается и тем больше, чем больше степень сжатия. Кроме того, она обусловлена образованием «нагара» на стенках цилиндра, клапанных устройств и трубопроводов, представляющего собой смеси твердых продуктов

разложения смазочных масел. Особенно это сказывается на работе промежуточных, устанавливаемых между ступенями сжатия и конечных холодильниках поршневых компрессоров. Процесс теплообмена между охлаждающей жидкостью и сжатым воздухом резко ухудшается, что приводит к повышению рабочих температур практически всей конструкции компрессора. Интенсивность этого процесса резко возрастает при загрязнении сжимаемого газа пылью, окалиной, продуктами коррозии. Нагар увеличивает трение и приводит к местным перегревам, инициирующим взрыв.

Превышение рабочего давления чаще всего объясняется отсутствием или неисправностью контрольно-измерительной аппаратуры, нарушением правил эксплуатации компрессора. Отметим, что превышение рабочего давления, с одной стороны, увеличивает нагрузки на цилиндры, а с другой – приводит к повышению температуры их стенок сверх допустимой. Образование зарядов статического электричества связано с наличием в сжимаемых газах загрязнений, в том числе капель смазочного материала, паров. В компрессорах холодильных установок возможны конденсация используемых в цилиндре легкосжимаемых газов и возникновение гидравлического удара, что может быть причиной его разрушения [28, 29].

Безопасность эксплуатации компрессоров достигается строгой регламентацией вида применяемого смазочного материала, устройством систем охлаждения и очистки рабочих тел.

Для смазывания механизмов (кроме рабочих цилиндров) применяют обычные масла; при этом должна быть исключена возможность попадания масла из картерного пространства в цилиндры и сжимаемых газов в картерное пространство. Перед пуском компрессоров обязательно проверяют наличие смазки. Для смазывания цилиндров воздушных компрессоров применяют компрессорные смазочные масла с температурой вспышки 216-242 °С и температурой самовоспламенения 400 °С (АК-22, МС-20).

Водяное охлаждение применяют в компрессорах высокого давления.

Если степень сжатия газов превышает 6, устанавливают несколько холодильников (после каждой ступени сжатия). Системы водяного охлаждения включают до пуска компрессора. При прекращении подачи воды компрессор должен быть немедленно остановлен. На крупных установках используют систему сигнализации, срабатывающую в том случае, если температура воды на выходе из холодильника выше допустимой. При этом блокировочное устройство отключает компрессор [30].

Для очистки рабочих тел от взвешенных частиц, а также брызг масла их пропускают через фильтры и скрубберы.

Для поддержания необходимого давления используют предохранительные устройства – клапаны открытого и закрытого типа. Первые применяют в основном на воздушных компрессорах, которые производят сброс избыточного рабочего тела в окружающую среду, вторые используют на компрессорах, работающих на различных газах. Они направляют избыток рабочего тела во всасывающую линию компрессора или «шунтовую» емкость.

Все движущиеся части компрессора с приводом ограждают. Для снижения вибраций рабочих мест вращающиеся элементы компрессора балансируют. Аккумуляторы и ресиверы необходимо располагать вне производственных помещений (на улице).

Для исключения ошибочных действий обслуживающего персонала к обслуживанию компрессоров допускаются машинисты и аппаратчики, прошедшие специальную подготовку, сдавшие экзамены и имеющие соответствующие удостоверения.

Оперативно-тактическая характеристика здания компрессорной станции представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Оперативно тактическая характеристика здания

|    |   |                         |
|----|---|-------------------------|
| 1. | Назначение здания   | Компрессорная станция   |
| 2. | Степень огнестойкости здания  | II                      |
| 3. | Количество находящихся людей в здании:<br>в дневное время<br>в ночное время | 5 человек<br>2 человека |

Продолжение таблицы 1

|    |   |   |
|----|---|---|
| 4. | Строительные и конструктивные особенности здания:<br>этажность<br>общая высота<br>размеры (геометрические)<br>наличие подвала<br>наличие чердака, тех. этажа  | 1 этаж<br>9,00 м<br>36×18 м<br>нет<br>нет   |
| 5. | Строительный материал основных несущих и иных элементов здания (сооружения) и вид исполнения:<br>стены<br>перегородки<br>перекрытия<br><br>кровля<br>лестничные клетки  | кирпичные<br>кирпичные<br>ж/б плиты по ж/б фермам<br>мягкая рубероидная<br>нет                                  |
| 6. | Пути эвакуации.   | - через центральные ворота;<br>- по стационарной пож. лестнице.   |
| 7. | Места отключения электроэнергии, вентиляции, дымоудаления.  | - эл. рубильник слева от входа<br>- эл. щит у входа в цех №31   |
| 8. | Противопожарное водоснабжение:<br>количество пожарных водоемов, их емкость<br>пожарный водопровод, его вид, расход воды,<br>количество гидрантов<br>наличие и количество внутренних пожарных кранов<br>тип соединения и диаметр внутренних пожарных кранов<br>требуемый расход воды на нужды пожаротушения<br>способы подачи воды | нет<br>К-200, 90 л/с<br>ПГ-24 (25м) и ПГ-25 (35м)<br>нет<br>нет<br>40 л/с<br>от автоцистерны с установкой на ПГ |
| 9. | Наличие СПС, АУП  | Отсутствуют   |

Вывод – так как в компрессорной отсутствуют СПС и АУП, то необходимо предусмотреть все требования по обеспечению пожарной безопасности. В следующей главе будет предложен проект СОУЭ, пожарной сигнализации и газового пожаротушения для компрессорной станции ОСП «Юргинский ферросплавный завод».

## 1.5 Расчет автоматической установки газового пожаротушения в компрессорной станции ОСП «ЮФЗ»

### 1.5.1 Основные характеристики защищаемого помещения

Противопожарной защите автоматической установкой газового пожаротушения подлежит помещение компрессорной станции.

Основные геометрические характеристики помещения компрессорной станции, защищаемой автоматической модульной установкой газовой пожаротушения, приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Характеристики помещения компрессорной станции

| № п/п | Наименование защищаемых помещений | Занимаемая площадь, м <sup>2</sup> | Высота, м | Защищаемый объем, м <sup>3</sup> |
|-------|-----------------------------------|------------------------------------|-----------|----------------------------------|
| 1     | Компрессорная станция             | 648                                | 9,0       | 5832                             |

Газовые автоматические установки пожаротушения предназначены для ликвидации очагов возгорания за счет применения газового огнетушащего вещества, а также для выдачи сигнала пожарной тревоги в помещение охраны с круглосуточным пребыванием дежурного персонала.

Для защищаемого помещения компрессорной станции, запроектирована автоматическая модульная установка газового пожаротушения. В качестве газового огнетушащего вещества (ГОТВ) используется Хладон 227ea.

Автоматические установки газового пожаротушения (АУГП) имеют в своем составе два и более модуля, содержащих газовое огнетушащее вещество, трубные разводки и насадки. Выявление огня и включение установки происходит при помощи специальной противопожарной сигнализации, являющейся составной частью оборудования.

Автоматическая установка газового пожаротушения состоит из двух функциональных частей:

- технологической, состоящей из модуля пожаротушения, трубной

разводки и насадков. Оборудование предназначается для хранения, выпуска ГОТВ и распыления огнетушащего вещества в защищаемое помещение;

– электротехнической, состоящей из устройства обнаружения возгорания и формирования командного импульса на вскрытие запорно-пускового устройства модуля, а также контроля состояния установки в дежурном режиме. Электротехническая часть управления установкой пожаротушения состоит из прибора приемно-контрольного и управления пожарного ППКУП «С2000-АСПТ», дымового оптико-электронного точечного автономного пожарного извещателя ИП 212-45 и извещателя пожарного ручного ИПР 513-10 (Приложение А).

Система пожарной сигнализации. Для защиты помещений согласно НПБ 110-03, НПБ 88-01 применены следующие виды извещателей пожарной сигнализации [31, 32]:

- извещатель пожарный дымовой «ИП212-45»;
- извещатель пожарный ручной «ИПР-ЗСУМ».

Извещатели пожарные дымовые «ИП212-45» устанавливать под перекрытием не менее двух согласно нормам, на данный тип извещателей (по СП 484.1311500.2020 пункт 6.6.18 расстояние между оптической осью извещателя и стеной должно составлять не более 4,5 м, между оптическими осями – не более 9,0 м) [33]. Извещатели пожарные ручные «ИПР-ЭСУМ» устанавливать на стене у эвакуационных выходов на высоте 1,5 м от уровня пола. Пожарные извещатели следует устанавливать на расстоянии не менее одного метра от отверстий приточной и вытяжной вентиляции.

Автоматическая пожарная сигнализация выполнена на базе приемно-контрольного охранно-пожарного блока «Сигнал-10». Прибор «Сигнал-10» обеспечивает контроль состояния шлейфов сигнализации, а также запуск светозвукового оповещения при получении тревожного сообщения "Пожар". Информация о состоянии шлейфов сигнализации по интерфейсу RS-485 передается на пульт контроля и управления «С2000».

Извещатели разбиваются на шлейфы (зоны) и подключаются к

ППКОП, количество извещателей на один шлейф (зону) исходя из расчета нагрузочной способности ППКОП («Сигнал-10» не более 3 мА на один шлейф). К релейным выходам ППКОП подключаются цепи управления системой оповещения. Для локальной обработки тревог используется С2000К.

Система оповещения и управления эвакуацией при пожаре. Оповещение компрессорной станции выполнено по 2 типу (светозвуковое). В качестве оповещателей используются: светозвуковой «Маяк-12К», звуковые «Маяк- 12- ЭМ» и световые «Молния-12» (надпись «ВЫХОД»).

Выбор типа звуковых оповещателей произведен на основе расчета требуемого значения электрической мощности, обеспечивающей нормативно установленное превышение звукового давления в наиболее удаленной точке озвучиваемой площадки над уровнем фона на 15 дБ. Оповещатели крепятся на стене на высоте не менее 2,3 м от уровня пола, но расстояние от потолка до оповещателя должно быть не менее 150 мм.

Звуковые оповещатели должны обеспечивать равномерное звуковое давление во всех частях объекта. Световые оповещатели устанавливаются у эвакуационных выходов и работают в следующем порядке: дежурный режим – «включено», тревожный режим (пожар) – «мигающий режим». План размещения СПС и СОУЭ представлены в приложении Б и В.

Электроуправление установкой пожаротушения обеспечивает:

- автоматический пуск;
- отключение и восстановление режима автоматического пуска;
- электроснабжение от встроенного аккумулятора при исчезновении напряжения на рабочем вводе;
- контроль целостности цепи пуска пожаротушения, включение предупредительной тревожной сигнализации;
- контроль табло звуковой и световой сигнализации;
- отключение звуковой сигнализации.

Пуск установки пожаротушения с последующей подачей ГОТВ

производится:

– в режиме автоматического пуска, при получении сигнала «ПОЖАР» от прибора приемно-контрольного и управления пожарного, при срабатывании не менее двух дымовых пожарных извещателей типа ИП - 212-45, установленных в защищаемом объеме;

– ручной дистанционный пуск установки пожаротушения осуществляется от кнопки «ПУСК» располагаемой на корпусе извещателя пожарного ручного ИПР 513-10, установленного у входа в защищаемое помещение, а также с пульта контроля и управления.

В случае возникновения пожара в защищаемом помещении, при срабатывании одного пожарного извещателя в шлейфе, прибор приемно-контрольный ППКУП «С2000 – АСПТ» формирует сигнал «ВНИМАНИЕ», при срабатывании второго или двух одновременно пожарных извещателей «ПОЖАР», с одновременным формированием релейного сигнала «ПОЖАР».

Тревожный сигнал от извещателей поступает на пожарные шлейфы прибора приемно-контрольного и управления пожаротушением С2000-АСПТ. От него сигнал по интерфейсу передается на пульт контроля и управления С2000М. От пульта С2000М сигнал передается на блок управления системы пожаротушения С2000-ПТ.

При этом в защищаемом помещении включаются светозвуковые табло «ГАЗ УХОДИ», установленные над выходами из защищаемого помещения. При этом ГОТВ из баллонов модуля поступает в трубопровод, далее к насадкам, располагаемым в защищаемых помещениях. При поступлении ГОТВ в трубную разводку, срабатывает сигнализатор давления СДУ (сигнализатор давления универсальный).

После получения сигнала от СДУ, выдается сигнал на отключение светозвукового табло «ГАЗ УХОДИ» и на включение светового табло «ГАЗ НЕ ВХОДИ», установленного над входами в защищаемые помещения. Ручной дистанционный пуск установки пожаротушения осуществляется обслуживающим персоналом. При открывании двери в защищаемое

помещение, установка автоматически переходит в ручной режим пуска.

При этом табло «Автоматика отключена» загорается, а в помещении охраны должен пройти сигнал «Автоматика отключена». При закрывании двери, установка остается в режиме «Ручной пуск». Восстановление автоматического режима пуска установки осуществляется после покидания помещения обслуживающим персоналом, закрытой двери со считывателя, установленного у входа в защищаемое помещение и с пульта контроля управления, установленного в помещении охраны. В случае возникновения пожара ручной пуск установки пожаротушения осуществляется обслуживающим персоналом при покидании защищаемого помещения и закрытой двери, путем ручного нажатия кнопки «Пуск» на извещателе пожарном ручном, расположенном у входа в защищаемое помещение.

При ручном нажатии кнопки «Пуск» на извещателе пожарном ручном, сигнал поступает на приемно-контрольный прибор Е2000-АЕПТ, который формирует сигнал на пуск установки пожаротушения по алгоритму «автоматический пуск».

Согласно правилам устройства электроустановок, установки пожарной сигнализации в части обеспечения надежности электроснабжения отнесены к электроприёмникам 1-ой категории, поэтому электропитание установки осуществляется от 2-х независимых источников электрического тока.

Необходимое электропитание, подаваемое на приборы – С2000-АСПТ от автоматического резерва напряжением – 220В, с частотой 50 Гц, с мощностью 0,3 кВт. Электропитание автоматической установки газового пожаротушения предусмотрено от двух независимых источников электроснабжения. Вторым источником электроснабжения проектом предусмотрена аккумуляторная батарея, обеспечивающая работоспособность установки не менее 24 часов в дежурном режиме и не менее 3 часов в режиме пожара или неисправности.

## 1.5.2 Расчет параметров модульной установки газового пожаротушения

Расчет массы ГОТВ и количества модулей. Расчет массы ГОТВ при тушении огнетушащим веществом типа Хладон 227еа, являющимся сжиженным газом, производится согласно приложения Д СП 485.1311500.2020 [34] исходные данные представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Исходные данные для расчета

|  |   |
|--|---|
| Площадь защищаемого помещения                                    | $S_p = 648 \text{ м}^2$                         |
| Высота помещения над полом                                       | $h = 9,0 \text{ м}$                             |
| Дополнительный объем для тушения                                 | $d_{opv} = 0 \text{ м}^3$                       |
| Минимальная температура в помещении                              | $t_m = 20^\circ \text{C}$                       |
| Высота помещения над уровнем моря                                | $h_m = \text{от } 0 \text{ до } 1000 \text{ м}$ |
| Площадь открытых проемов в помещении                             | $F_H = 3,0 \text{ м}^2$                         |
| Параметр П, учитывающий расположение проемов по высоте помещения | $p_{aramp} = 0,4$                               |
| Максимально допустимое избыточное давление в помещении           | $p_{iz} = 0,003 \text{ МПа}$                    |
| Газовое огнетушащее вещество(ГОТВ)                               | Хладон 227еа                                    |
| Плотность паров огнетушащего газа                                | $p_0 = 7,28 \text{ кг/м}^3$                     |
| Нормативное время подачи ГОТВ                                    | $t_p = 10 \text{ с}$                            |
| Класс ожидаемого пожара в помещении                              | A2  |
| Норма огнетушащей концентрации паров ГОТВ                        | $C_H = 7,2\%(\text{об})$                        |
| Тип модуля газового пожаротушения                                | МПХ(55-227-50)                                  |
| Коэффициент загрузки баллона модуля, кг/л                        | $k_z = 1,1$                                     |

$$M_p = V_p \cdot p_1 \cdot (1 + K_2) \cdot \frac{C_H}{100 - C_H} \quad (1)$$

Где,  $M_p$  – масса ГОТВ, предназначенная для создания в объеме помещения огнетушащей концентрации при отсутствии искусственной вентиляции воздуха, кг;

$V_p$  – расчетный объем защищаемого помещения,  $\text{м}^3$ ;

$p_1$  – плотность газового огнетушащего вещества с учетом высоты защищаемого объекта относительно уровня моря для минимальной температуры в помещении,  $\text{кг/м}^3$ ;

$K_2$  – коэффициент, учитывающий потери газового огнетушащего вещества через проемы помещения;

$C_H$  – нормативная объемная концентрация, % (об.).

Плотность газового огнетушащего вещества с учетом высоты защищаемого объекта относительно уровня моря для минимальной температуры в помещении определяется по формуле 2:

$$\rho_1 = \rho_0 \cdot \frac{T_0}{T_M} \cdot K_3 \quad (2)$$

Где  $\rho_0$  – плотность паров газового огнетушащего вещества при температуре  $T_0 = 293$  К (20 °С) и атмосферном давлении 101,3 кПа, кг/м<sup>3</sup>;

$T_M$  – минимальная температура воздуха в защищаемом помещении, К;

$K_3$  – поправочный коэффициент, учитывающий высоту расположения объекта относительно уровня моря,  $K_3 = 1$ .

$$\rho_1 = 7,28 \cdot \frac{293}{293} \cdot 1 = 7,28 \text{ кг/м}^3$$

Коэффициент, учитывающий потери газового огнетушащего вещества через проемы помещения, определяется по формуле 3:

$$K_2 = \Pi \cdot \delta \cdot t_p \cdot \sqrt{h} \quad (3)$$

Где  $\Pi$  – параметр, учитывающий расположение проемов по высоте защищаемого помещения, при примерно равномерном распределении площади проемов по всей высоте, м<sup>0,5</sup>·с<sup>-1</sup>;

$\delta$  – параметр негерметичности помещения, м<sup>-1</sup>;

$t_p$  – нормативное время подачи ГОТВ в защищаемое помещение, с;

$h$  – высота помещения над полом, м.

$$K_2 = 0,4 \cdot 0,0012 \cdot 10 \sqrt{9} = 0,0144$$

Параметр негерметичности помещения определяется по формуле 4:

$$\delta = \frac{\sum F_H}{V_p} \quad (4)$$

где  $F_H$  – площадь открытых проемов в помещении, м<sup>2</sup>;

$$\delta = \frac{3,0}{5832} = 0,00051 \text{ м}^{-1}$$

Таким образом, количество ГОТВ, которое необходимо подать в защищаемое помещение, равно:

$$M_p = 5832 \cdot 7,28 \cdot (1 + 0,0144) \cdot \frac{7,2}{100 - 7,2} = 3316,26 \text{ кг}$$

Расчетная масса ГОТВ, которая должна храниться в установке, определяется по формуле 5:

$$M_r = K_1 \cdot (M_p + M_{\text{тр}} + M_6 \cdot n) \quad (5)$$

где  $M_r$  – расчетная масса ГОТВ, которая должна храниться в установке, кг;

$K_1$  – коэффициент, учитывающий утечки газового огнетушащего вещества из сосудов,  $K_1 = 1,05$ ;

$M_p$  – масса ГОТВ, предназначенная для создания в объеме помещения огнетушащей концентрации при отсутствии искусственной вентиляции воздуха, кг;

$M_{\text{тр}}$  – масса остатка ГОТВ в трубопроводах, кг;

$M_6$  – масса остатка ГОТВ в модулях установки, кг;

$n$  – количество модулей, шт.

Масса остатка ГОТВ в трубопроводах определяется по формуле 6:

$$M_{\text{тр}} = V_{\text{тр}} \cdot \rho_{\text{ГОТВ}} / 1000 \quad (6)$$

где  $V_{\text{тр}}$  – суммарный объем трубопроводной разводки и объем сосудов (баллонов), из которых подается ГОТВ, м<sup>3</sup>;

$\rho_{\text{ГОТВ}}$  – плотность остатка ГОТВ при давлении, которое имеется в трубопроводе после окончания истечения массы газового огнетушащего вещества в защищаемое помещение.

$$M_{\text{тр}} = 468,43 \cdot 36,4 / 1000 = 16,8 \text{ кг}$$

Величина  $\rho_{\text{ГОТВ}}$  определяется по формуле 7:

$$\rho_{\text{ГОТВ}} = \frac{p_1 \cdot P_H}{2 \cdot P_a} \quad (7)$$

Где  $P_H$  – минимальное допустимое давление перед насадкой, принятое в методике гидравлического расчета, МПа;

$P_a$  – атмосферное давление (0,1 МПа).

$$p_{\text{ГОТВ}} = \frac{7,28 \cdot 1}{2 \cdot 0,1} = 36,4 \text{ кг/м}^3$$

Масса остатка ГОТВ в модулях установки рассчитывается по формуле 8:

$$M_6 = V/1000 \cdot p_1 \quad (8)$$

где  $V$  – вместимость баллона, м<sup>3</sup>.

$$M_6 = 227/1000 \cdot 7,28 = 1,6 \text{ кг}$$

Количество модулей типа МПХ (55-227-50) вместимостью  $V=227$ л/с учетом коэффициента загрузки для ГОТВ типа Хладон 227еа  $k_z = 1,1$  кг/л определяется по формуле 9:

$$n = \frac{M_p}{V \cdot k_z} \quad (9)$$

$$n = \frac{3316,26}{227 \cdot 1,1} = 13,2 \approx 13 \text{ шт}$$

Таким образом, расчетная масса ГОТВ, которая должна храниться в установке, будет равна:

$$M_r = 1,05 \cdot (3316,26 + 16,8 + 1,6 \cdot 13) = 3624,7 \text{ кг}$$

Исходя из количества модулей, для выпуска в помещение с учетом утечек из модулей в дежурном режиме и остатков газа в модулях и трубах предназначено ГОТВ в количестве определяется по формуле 10:

$$M_{pv} = (M_r / K_1) - M_{tr} - M_6 \cdot n \quad (10)$$

$$M_{pv} = (3624,7/1,05) - 16,8 - 1,6 \cdot 13 = 3325,2 \text{ кг}$$

Поскольку это значение не меньше нормативного значения  $M_p = 3316,26$  кг, нормативное тушение пожара в защищаемом помещении обеспечивается.

### 1.5.3 Расчет параметров трубопроводной системы и времени подачи огнетушащего газа в помещение (гидравлический расчет)

Гидравлический расчет установки позволяет определить время выпуска заданной массы ГОТВ из заданного количества модулей газового пожаротушения через трубопроводы заданной конфигурации. В процессе гидравлического расчета осуществляется корректировка параметров трубопроводной разводки для обеспечения требуемого времени выпуска газа. Исходные данные для гидравлического расчета представлены в таблице 4.

Гидравлический расчет включает в себя два этапа:

– проектный расчет, при котором определяют ориентировочные диаметры трубопроводов и площадь выпускных отверстий насадков;

– поверочный расчет, при котором определяют пропускную способность разводки трубопроводов и оценивают соответствие времени подачи ГОТВ нормативному значению.

Таблица 4 – Исходные данные для расчета параметров трубопроводной системы и времени подачи огнетушащего газа в помещение

|   |                       |
|---|-----------------------|
| Общий защищаемый объем, м <sup>3</sup>          | S <sub>p</sub> = 5832 |
| Расчетная масса огнетушащего газа в модулях, кг | 3624,7                |
| Количество модулей газового пожаротушения, шт   | 13                    |
| Газ-вытеснитель в модулях                       | Азот                  |
| Насадки типа                                    | РГС-360-1/2В-50       |

При проектировании установки осуществляется проектный расчет. При этом определяются диаметры трубопроводов и площади поперечного сечения насадков. Суммарная площадь проходных сечений насадков АУГПТ F<sub>сн</sub> определяется по формуле 11:

$$F_{сн} = \frac{M_p}{J \cdot \mu \cdot t_p} \quad (11)$$

где F<sub>сн</sub> – суммарная площадь проходных сечений насадков АУГПТ, м<sup>2</sup>;

J – приведенный расход газового состава, кг/м<sup>2</sup>·с, для Хладона 227еа

J=12000 кг/м<sup>2</sup>·с;

$\mu$  – коэффициент расхода насадков,  $\mu=0,6$ ;

$$F_{\text{сн}} = \frac{3316,26}{12000 \cdot 0,6 \cdot 10} = 0,046 \text{ м}^2$$

Общее количество насадков на установке рассчитывается по формуле 12:

$$N = \frac{F_{\text{сн}}}{F_{\text{н}}} \quad (12)$$

где  $F_{\text{н}}$  – площадь поперечного сечения одного насадка,  $\text{м}^2$ .

$$N = \frac{0,046}{0,0008} = 45,2 \approx 45 \text{ шт}$$

Площадь поперечного сечения ряда, на котором установлены насадки определяется по формуле 13:

$$F_{\text{р}} = A_{\text{р}} \cdot F_{\text{н}} \cdot N \quad (13)$$

Где  $F_{\text{р}}$  – площадь поперечного сечения ряда, на котором установлены насадки,  $\text{м}^2$ ;

$A_{\text{р}}$  – коэффициент, принимаемый равным от 1,1 до 1,25.

$$F_{\text{р}} = 1,25 \cdot 0,046 \cdot 45 = 3,33 \text{ м}^2$$

Площадь магистрального трубопровода рассчитывается по формуле 14:

$$F_{\text{м}} = A_{\text{м}} \cdot \sum F_{\text{р}} \quad (14)$$

где  $F_{\text{м}}$  – площадь магистрального трубопровода,  $\text{м}^2$ ;

$A_{\text{м}}$  – коэффициент, принимаемый равным от 1,0 до 1,1.

$\sum F_{\text{р}}$  – суммарная площадь поперечного сечения всех распределительных трубопроводов (рядков) в установке,  $\text{м}^2$ .

$$F_{\text{м}} = 1,1 \cdot 3,33 = 3,66 \text{ м}^2$$

В поверочной части расчета определяется пропускная способность разводки трубопроводов. По формулам 13 и 14 определяется площадь поперечного сечения распределительных трубопроводов и магистрального трубопровода. Исходя из полученного значения площади поперечного сечения, определяется диаметр магистрального трубопровода и диаметр

распределительного трубопровода по формулам 15, 16.

$$D_m = \left( \frac{4 \cdot F_m}{\pi} \right)^{0,5} \quad (15)$$

где  $D_m$  – диаметр магистрального трубопровода, м.

$$D_p = \left( \frac{4 \cdot F_p}{\pi} \right)^{0,5} \quad (16)$$

где  $D_p$  – диаметр распределительного трубопровода, м.

$$D_m = \left( \frac{4 \cdot 3,66}{3,14} \right)^{0,5} = 2,15 \text{ м}$$

$$D_p = \left( \frac{4 \cdot 3,33}{3,14} \right)^{0,5} = 2,05 \text{ м}$$

Расчетное время подачи в помещение 95% массы расчетного значения огнетушащего газа определяется по формуле 17:

$$t_{\text{расч}} = \frac{M_p}{G_{\Sigma}} \quad (17)$$

Где  $t_{\text{расч}}$  – расчетное время подачи в помещение 95% массы расчетного значения огнетушащего газа, с;

$G_{\Sigma}$  – суммарный массовый расход газового состава, кг/с.

Суммарный массовый расход газового состава определяется по формуле 18:

$$G_{\Sigma} = J \cdot \mu \cdot F_{\text{сн}} \quad (18)$$

Суммарный расход газового состава:

$$G_{\Sigma} = 12000 \cdot 0,6 \cdot 0,046 = 331,2 \text{ кг/с}$$

Таким образом, расчетное время подачи огнетушащего газа равно:

$$t_{\text{расч}} = \frac{3316,26}{331,2} \approx 10,01 \text{ с}$$

Таблица 5 – Результаты расчета трубопровода

| Номер участка | Труба участка                |          |                |
|---------------|------------------------------|----------|----------------|
|               | Обозначение по ГОСТ 8734- 75 | Длина, м | Объем трубы, л |
| 1             | 50x2,8                       | 15       | 160,2          |
| 2             | 32x2,8                       | 99       | 279,4          |
| 3             | 25x2,8                       | 18       | 28,83          |

В таблице 5 представлены результаты расчета трубопровода для монтажа автоматической установки газового пожаротушения.

Таким образом, суммарный объем труб  $V_{тр}$  равен 468,43 л. Технологический модуль пожаротушения с указанием номеров участков приведен в приложении Г.

#### 1.5.4 Расчет площади дополнительного проема в помещении для сброса избыточного давления

Площадь дополнительного проема для сброса избыточного давления определяется по приложению Ж СП 485.1311500.2020 [34] по формуле 19:

$$F_c \geq \frac{K_2 \cdot K_3 \cdot M_p}{0,7 \cdot K_1 \cdot t_{расч} \cdot P_1} \cdot \sqrt{\frac{P_B}{7 \cdot 10^6 \cdot P_a \cdot \left[ \left( \frac{P_{пр} + P_a}{P_a} \right)^{0,2857} - 1 \right]}} - \sum F_s \quad (19)$$

где  $F_c$  – площадь дополнительного проема для сброса избыточного давления, м<sup>2</sup>;

$K_2$  – коэффициент запаса, принимаемый равным 1,2;

$K_3$  – коэффициент, учитывающий изменение давления при его подаче;

$P_B$  – плотность воздуха в условиях эксплуатации защищаемого помещения, кг/м<sup>3</sup>;

$P_a$  – атмосферное давление, МПа;

$P_{пр}$  – предельно допустимое избыточное давление, которое определяется из условия сохранения прочности строительных конструкций защищаемого помещения или размещенного в нем оборудования, МПа;

$\sum F$  – площадь постоянно открытых проемов (кроме сбросного проема) в ограждающих конструкциях помещения, м<sup>2</sup>.

$$F_c \geq \frac{1,2 \cdot 1 \cdot 154,19}{0,7 \cdot 1,05 \cdot 10 \cdot 7,28} \cdot \sqrt{\frac{1,2}{7 \cdot 10^6 \cdot 0,1 \cdot \left[ \left( \frac{0,003 + 0,1}{0,1} \right)^{0,2857} - 1 \right]}} - 0,09$$

$$= -0,071 \text{ м}^2$$

Поскольку расчетное значение площади проема отрицательное, то устройство дополнительного проема для сброса избыточного давления не требуется.

Расчетное время эвакуации людей из помещений и зданий устанавливается по расчету времени движения одного или нескольких людских потоков через эвакуационные выходы от наиболее удаленных мест размещения людей. Время эвакуации людей из защищаемого помещения определяется по ГОСТ 12. 1. 004 – 91[35]. При плотности людского потока  $D \leq 0,06$  скорость движения людей  $V = 100$  м/мин.

Время эвакуации из помещения определяется по формуле 20:

$$t = \frac{L}{V} \quad (20)$$

Где  $L$  – максимальная длина пути эвакуации, м,  $L = 20$  м;

$V$  – скорость движения людей, м/мин,  $V = 100$  м/мин.

$$t = \frac{20}{100} = 0,2 \text{ мин} = 12 \text{ с}$$

В соответствии с ГОСТ 12.3.046-91 и СП 485.1311500.2020, учитывая параметры инженерного оборудования, время задержки выпуска огнетушащего вещества принимается 30 секунд [36, 34].

Вывод: в результате расчета параметров модульной установки газового пожаротушения для помещения компрессорной станции было получено, что необходимо 13 модулей типа МПХ (55-227-50) вместимостью  $V=227$ л/с с ГОТВ Хладон 227еа, сорок шесть насадков-распылителей типа РГС-360-1/2В- 50. Исходя из гидравлического расчета суммарный объем труб  $V_{тр}$  равен 468,43 л.

## 2 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Рассмотрим пример расчёта ущерба от возможной ЧС, которая может произойти на компрессорной станции ОСП «Юргинский ферросплавный завод». Возникновение аварии связано с нарушением правил работы с оборудованием, находящемся под давлением, данная авария влечет за собой ущерб жизни людей, окружающей природной среде, потери материальных ценностей и затраты на проведение аварийно-спасательных и восстановительных работ.

Возможный полный ущерб (ПУ) на объекте будет определяться прямыми ущербами (УПР), затратами на локализацию (ликвидацию последствий) пожара, косвенным ущербом (УК) [37].

### 2.1 Оценка прямого ущерба

Оценка прямого ущерба представляет собой сумму ущерба, который наносится основным производственным фондам (ОПФ) и оборотным средствам (ОС) и определяется по формуле (21):

$$U_{\text{пр}} = C_{\text{опф}} + C_{\text{ос}}, \text{ руб.} \quad (21)$$

Где  $C_{\text{опф}}$  – ущерб основных производственных фондов, руб.;

$C_{\text{ос}}$  – стоимость пострадавших оборотных средств, руб.

В результате аварии никто не пострадал, ущерб оборотным средствам не нанесен.

Основные фонды производственных предприятий складываются из производственных, материально-вещественных ценностей, которые действуют в процессе производства, необходимые для выполнения производственными предприятиями своих функций, в данном случае это технологическое оборудование, коммунально-энергетические сети и

производственное помещение, где произошёл пожар.

Ущерб основных производственных фондов находим по формуле (22):

$$C_{\text{ОПФ}} = C_{\text{ТО}} + C_{\text{кэс}} + C_{\text{з}}, \text{ руб.} \quad (22)$$

Где  $C_{\text{ТО}}$  – ущерб, нанесённый технологическому оборудованию, руб.;

$C_{\text{кэс}}$  – ущерб, нанесённый коммунально-энергетическим сетям, руб.;

$C_{\text{з}}$  – ущерб, нанесённый производственному помещению, руб.

Ущерб, нанесённый технологическому оборудованию, находим по формуле (23):

$$C_{\text{ТО}} = \sum G_{\text{ТО}} \cdot C_{\text{ТО.ост.}}, \text{ руб} \quad (23)$$

Определение относительной стоимости при пожаре, рассчитывается как отношение площади пожара к общей площади помещения объекта по формуле (24):

$$G_{\text{ТО}} = \frac{F_{\text{п}}}{F_{\text{о}}} \quad (24)$$

где  $F_{\text{п}}$  – площадь пожара, м<sup>2</sup>;

$F_{\text{о}}$  – площадь объекта, м<sup>2</sup>.

$$G_{\text{ТО}} = \frac{250}{648} = 0,386$$

Остаточная стоимость технологического оборудования рассчитывается по формуле (25):

$$C_{\text{ТО.ост.}} = n_{\text{ТО}} \cdot C_{\text{ТО.б.}} \cdot \left(1 - \frac{N_{\text{а.ТО}} \cdot T_{\text{ТО.ф}}}{100}\right), \quad (25)$$

где  $C_{\text{ТО.ост.}}$  – остаточная стоимость технологического оборудования, руб.;

$n_{\text{ТО}}$  – количество технологического оборудования, ед.;

$C_{\text{ТО.б.}}$  – балансовая стоимость технологического оборудования, руб.;

$N_{\text{а.ТО}}$  – норма амортизации технологического оборудования, %;

$T_{\text{ТО.ф}}$  – фактический срок эксплуатации технологического оборудования, год.

Норма амортизации технологического оборудования рассчитывается по формуле (26):

$$N_{a.то} = \frac{1}{T_{то.ф.}} \cdot 100 \quad (26)$$

$$N_{a.то} = \frac{1}{5} \cdot 100 = 20\%$$

По формуле (25) производим расчет остаточной стоимости технологического оборудования.

$$C_{то.ост.} = 2 \cdot 275587 \cdot \left(1 - \frac{0,2 \cdot 7}{100}\right) = 543458 \text{ руб.}$$

По формуле (23) рассчитываем ущерб, нанесенный технологическому оборудованию.

$$C_{то} = 0,386 \cdot 543458 = 209775 \text{ руб.}$$

Ущерб, нанесенный коммунально-энергетическим сетям (КЭС) рассчитывается по формуле (27)

$$C_{кэс} = \sum G_{кэс} \cdot C_{кэс.ост.}, \text{ руб.} \quad (27)$$

Относительная величина ущерба при пожарах определяется путем соотнесения площади пожара к общей площади помещения объекта, и рассчитывается по формуле (28).

$$G_{кэс} = \frac{F_{п}}{F_{о}} = \frac{250}{648} = 0,386 \quad (28)$$

Остаточная стоимость коммунально-энергетических сетей рассчитывается по формуле (29):

$$C_{кэс.ост.} = n_{щ} \cdot C_{кэс.б.} \cdot \left(1 - \frac{N_{a.кэс} \cdot T_{кэс.ф.}}{100}\right), \quad (29)$$

Где  $C_{кэс.ост.}$  – остаточная стоимость коммунально-энергетических сетей, руб.;

$n_{щ}$  – количество электрощитов, подлежащих замене, ед.;

$C_{кэс.б.}$  – балансовая стоимость коммунально-энергетических сетей руб.;

$N_{a.кэс}$  – норма амортизации коммунально-энергетических сетей, %;

$T_{кэс.ф.}$  – фактический срок эксплуатации коммунально-энергетических сетей, год.

Норма амортизации коммунально-энергетических сетей рассчитывается по формуле (30):

$$H_{\text{а.кэс}} = \frac{1}{T_{\text{кэс.ф.}}} \cdot 100 \quad (30)$$

$$H_{\text{а.кэс}} = \frac{1}{5} \cdot 100 = 20\%$$

По формуле (29) производим расчёт остаточной стоимости коммунально-энергетических сетей.

$$C_{\text{кэс.ост.}} = 3 \cdot 176000 \cdot \left(1 - \frac{0,2 \cdot 7}{100}\right) = 520608 \text{ руб.}$$

По формуле (27) найдем ущерб, нанесенный коммунально-энергетическим сетям.

$$C_{\text{кэс}} = 0,386 \cdot 520608 = 200955 \text{ руб.}$$

Ущерб, нанесённый производственному помещению, находится по формуле (31):

$$C_3 = \sum G_3 \cdot C_{3.\text{ост.}} \text{ руб} \quad (31)$$

где  $G_3$  – относительная величина ущерба, причинённого цеху металлообработки и покраски;

$C_{3.\text{ост.}}$  – остаточная стоимость производственного помещения, руб.

Остаточная стоимость производственного помещения рассчитывается по формуле (32):

$$C_{3.\text{ост.}} = C_{3.б} \cdot \left(1 - \frac{H_{\text{а.з.}} \cdot T_{3.\text{ф.}}}{100}\right) \quad (32)$$

где  $C_{3.б}$  – балансовая стоимость производственного помещения, руб.;

$H_{\text{а.з.}}$  – норма амортизации производственного помещения, %;

$T_{3.\text{ф.}}$  – фактический срок эксплуатации производственного помещения, год.

$$H_{\text{а.з.}} = \frac{1}{5} \cdot 100 = 20\%$$

$$C_{3.\text{ост.}} = 35000000 \cdot \left(1 - \frac{0,2 \cdot 7}{100}\right) = 34510000 \text{ руб.}$$

По формуле (31) рассчитываем ущерб, нанесённый производственному помещению.

$$C_3 = 0,386 \cdot 34510000 = 13320860 \text{ руб.}$$

По формуле (23) находим ущерб основных производственных фондов.

$$C_{\text{опф}} = Y_{\text{пр}} = 209775 + 200955 + 13320860 = 13731590 \text{руб.}$$

## 2.2 Оценка косвенного ущерба

Расчет косвенного ущерба сложнее, чем прямого, поскольку некоторые его составляющие могут проявляться неявно и часто не сразу после ЧС. С учетом видимых составляющих выражение для косвенного ущерба может быть представлено в виде формулы:

$$Y_{\text{к}} = C_{\text{чс}} + C_{\text{лпчс}} \quad (33)$$

где  $C_{\text{лпчс}}$  – средства, необходимые для ликвидации ЧС, руб.;

$C_{\text{лпчс}}$  – средства, необходимые для ликвидации последствий ЧС, руб.

Затраты на ликвидацию последствий ( $P_{\text{л}}$ ) пожара определяются как:

- расходы на ликвидацию последствий пожара ( $P_{\text{л}}$ );
- расходы на расследование причин пожара ( $P_{\text{р}}$ ).

К основным расходам, составляющим затраты на ликвидацию последствий пожара, относят:

- затраты на питание ликвидаторов пожара ( $Z_{\text{п}}$ );
- затраты на оплату труда ликвидаторов пожара ( $Z_{\text{фзп}}$ );
- затраты на топливо и горюче-смазочные материалы ( $Z_{\text{гсм}}$ );
- амортизацию используемого оборудования, технических средств, аварийно-спасательного инструмента ( $Z_{\text{а}}$ ).

### 2.2.1 Расходы на ликвидацию последствий пожара

Затраты на питание ликвидаторов пожара ( $Z_{\text{п}}$ ) рассчитывают, исходя из суточных норм обеспечения питанием спасателей, в соответствии с режимом работ:

$$Z_{\text{Псут}} = \sum (Z_{\text{Псут}} \cdot \text{Ч}_i), \quad (34)$$

– где  $Z_{\text{Псут}}$  – затраты на питание личного состава формирований в сутки;

–  $Z_{\text{Псут } i}$  – суточная норма обеспечения питанием, рублей/(сутки на человека.);

–  $Ч_i$  – численность личного состава формирований, проводящих работы по ликвидации последствий ЧС.

Расчет сил и средств, для ликвидации пожара выполнен на основе расчетов возможной максимальной площади пожара. При расчете сил и средств учитываются следующие условия – время ликвидации пожара (принимается равным одному дню).

Общие затраты на питание определяются по формуле 35:

$$Z_{\text{п.}} = (Z_{\text{Псут. спас.}} \cdot Ч_{\text{спас.}} + Z_{\text{Псут. др.ликв.}}) \cdot Д_{\text{н}}, \quad (35)$$

где  $Д_{\text{н}}$  – продолжительность ликвидации пожара, в данном случае 1 день.

К работе в зоне ЧС привлекаются: 12 человек из них 6 человек выполняют тяжелую работу (звено ГДЗС), а остальные 6 человек – работу средней и легкой тяжести. Затраты на питание личного состава формирований, выполняющих работы различной степени тяжести приведены в таблице 6. Нормы установлены приказом МЧС РФ от 24 апреля 2013 г. № 290 «Об утверждении категорий военнослужащих, проходящих военную службу по контракту в МЧС России, сотрудников федеральной противопожарной службы Государственной противопожарной службы, федеральных государственных гражданских служащих и работников МЧС России, имеющих право на продовольственное обеспечение в период несения дежурства, участия в полевых учениях, проведения аварийно-спасательных и других неотложных работ, нахождения в служебных командировках на территориях иностранных государств для ликвидации последствий стихийных бедствий и чрезвычайных ситуаций, норм и порядка их продовольственного обеспечения» [38].

Таблица 6 – Затраты на питание личного состава формирований, выполняющих работы различной степени тяжести

| Наименование продукта   | Работы средней тяжести        |                                 | Тяжелые работы                |                                 |
|-------------------------|-------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|
|                         | Суточная норма, г/(чел.·сут.) | Суточная норма, руб/(чел.·сут.) | Суточная норма, г/(чел.·сут.) | Суточная норма, руб/(чел.·сут.) |
| Хлеб белый              | 300                           | 21                              | 600                           | 42                              |
| Крупа разная            | 80                            | 9                               | 100                           | 11                              |
| Макаронные изделия      | 30                            | 3                               | 40                            | 4                               |
| Молоко и молокопродукты | 300                           | 29                              | 500                           | 48                              |
| Мясо                    | 80                            | 40                              | 100                           | 50                              |
| Рыба                    | 40                            | 8                               | 60                            | 12                              |
| Жиры                    | 40                            | 19                              | 50                            | 24                              |
| Сахар                   | 60                            | 5                               | 70                            | 6                               |
| Картофель               | 400                           | 14                              | 500                           | 18                              |
| Овощи                   | 150                           | 5                               | 180                           | 6                               |
| Соль                    | 25                            | 1                               | 30                            | 1                               |
| Чай                     | 1,5                           | 2                               | 2                             | 2                               |
| Итого:                  | -                             | 156                             | -                             | 224                             |

По формуле 35 рассчитываем, что затраты на питание личного состава формирований составят:

$$Z_{п.} = (224 \cdot 6 + 156 \cdot 6) \cdot 1 = 2280 \text{ руб}$$

Общие затраты на обеспечение питанием спасательных формирований составят  $Z_{п.} = 2280$  руб.

Затраты на оплату труда ликвидаторов пожара. Расчет затрат на оплату труда проводят дифференцированно для каждой из групп участников ликвидации последствий ЧС в зависимости от величины их заработной платы и количества отработанных дней.

Расчет суточной заработной платы сотрудников ликвидации ЧС выполняется по формуле 36:

$$Z_{фзп.сут} = (\text{мес. оклад} / 30) \cdot 1,15 \cdot Ч_i, \quad (36)$$

где  $Ч_i$  – количество участников ликвидации ЧС  $i$ -ой группы.

Время ликвидации аварии составляет один день.

Результаты расчета сил и средств, при максимально выгоревшей площади пожара приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Результаты расчета сил и средств, при максимально выгоревшей площади пожара

| Вид техники             | Количество |
|-------------------------|------------|
| Пожарная машина АЦ-7-40 | 2 ед.      |

Таким образом, суммарные затраты на оплату труда всем группам участникам ликвидации последствий ЧС по формуле (36) составят:

$$Z_{\text{фзп.}} = \sum Z_{\text{фзп}i} = 15172 + 2272,4 = 17444,4 \text{ руб.}$$

В результате проведенных расчетов получим, что фонд заработной платы на оплату труда личного состава формирований РСЧС составит:

$$Z_{\text{фзп.}} = 17444,4 \text{ руб.}$$

Затраты на оплату труда участников ликвидации последствий ЧС, связанных с пожаром согласно обзору статистики зарплат, в Кемеровской области, представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Затраты на оплату труда участников ликвидации ЧС

| Наименование групп участников ликвидации | Заработная плата с учетом РК, руб./месяц | Численность, чел | ФЗП сут, руб./чел. | ФЗП за период проведения работ для i-ой группы, руб. |
|--|--|------------------|--------------------|--|
| Пожарные подразделения                   | 39580                                    | 10               | 1517,2             | 15172  |
| Водители различных т/с                   | 29640                                    | 2                | 1136,2             | 2272,4   |
| Итого:                                   |  |                  |                    | 17444,4  |

Расчет затрат на горюче-смазочные материалы ( $Z_{\text{ГСМ}}$ ) определяется по формуле:

$$Z_{\text{ГСМ}} = V_{\text{диз.т.}} \cdot C_{\text{диз.т.}} + V_{\text{мот.м.}} \cdot C_{\text{мот.м.}} + V_{\text{транс.м.}} \cdot C_{\text{транс.м.}} + V_{\text{спец.м.}} \cdot C_{\text{спец.м.}} + V_{\text{пласт.см.}} \cdot C_{\text{пласт.м.}} \quad (37)$$

где  $C_{\text{бенз.}}$ ,  $C_{\text{диз.т.}}$ ,  $C_{\text{мот.м.}}$ ,  $C_{\text{транс.м.}}$ ,  $C_{\text{спец.м.}}$ ,  $C_{\text{пласт.м.}}$  – стоимость горюче-

смазочных материалов, л/руб.

Цены (за 1 л) на топливо и горюче-смазочные материалы:

- дизельное топливо – 55 руб.;
- моторное масло – 950 руб.;
- пластичные смазки – 1000руб.;
- трансмиссионное масло – 175 руб.;
- специальное масло – 500 руб.

В таблице 9 приведен перечень используемых транспортных средств и нормы расхода горюче-смазочных материалов техники.

Таблица 9 – Техника и нормы расхода горюче-смазочных материалов

| Тип автомобиля                | Кол- во | Расход дизельного топлива, л | Расход моторного/ транс-го/ спец. масел, л | Расход смазки, кг |
|-------------------------------|---------|------------------------------|--|-------------------|
| Пожарная автоцистерна АЦ-7-40 | 2       | 160                          | 2,2/0,3/0,1                                | 0,1               |

Общие затраты на ГСМ по формуле (37) составят:

$$Z_{\text{гсм.}} = 160 \cdot 55 + 2,2 \cdot 950 + 0,3 \cdot 175 + 0,1 \cdot 500 + 0,1 \cdot 1000 = 11092,5 \text{ руб.}$$

На обеспечение техники горюче-смазочными материалами требуется:

$$Z_{\text{гсм.}} = 11092,5 \text{ руб.}$$

Затраты на амортизацию используемого оборудования и технических средств. Величина амортизации используемого оборудования, технических средств определяется, следуя из их стоимости, нормы амортизации и количества дней, в течение которых оборудование используется, по формуле (38):

$$Z_{\text{а.}} = [(N_{\text{а}} \cdot C_{\text{ст}} / 100) / 360] \cdot D_{\text{н}} , \quad (38)$$

- где  $N_{\text{а}}$  – годовая норма амортизации данного вида ОПФ, %;
- $C_{\text{ст}}$  – стоимость ОПФ, руб.;
- $D_{\text{н}}$  – количество отработанных дней.

Расчет величины амортизационных отчислений для используемой

техники представлен в таблице 10.

Таблица 10 – Расчет величины амортизационных отчислений для используемой техники

| Наименование использованной техники | Стоимость, руб. | Кол-во, ед. | Кол-во отраб. дней | Годовая норма амортизации, % | Аморт. отчисления, руб. |
|-------------------------------------|-----------------|-------------|--------------------|------------------------------|-------------------------|
| Пожарная автоцистерна АЦ-7-40       | 1500000         | 5           | 1                  | 10                           | 2080                    |

Результаты расчетов затрат за использование оборудования и технических средств, необходимых для ликвидации ЧС на объекте составляют:  $Z_a = 2080$  руб.

Расходы на ликвидацию последствий пожара рассчитываем по формуле 39:

$$P_{л} = Z_{п} + Z_{фзп} + Z_{гсм} + Z_a \quad (39)$$

$$P_{л} = 2280 + 17444,4 + 11092,5 + 2080 = 32896,9 \text{ руб.}$$

### 2.2.2 Расходы на расследование причин пожара

Затраты на расследование причин пожара принимаем в размере 30 % от расходов на ликвидацию последствий пожара:

$$P_{пп} = 9869 \text{ руб.}$$

Таким образом затраты на ликвидацию последствий пожара составят:

$$P_{л.} = P_{л.} + P_p \quad (40)$$

По формуле (40) рассчитываем:

$$P_{л.} = 32896,9 + 9869 = 42765,9 \text{ руб.}$$

### 2.2.3 Расходы на восстановление производственного помещения

Вследствие пожара закоптится покрытие пола на общей площади  $250 \text{ м}^2$ , и пострадают электрощиты в количестве 3 шт., а 65 пог.м электропровода подлежит замене, следовательно,

$$C_B = C_{B/э} + C_{B/щ} + C_{B/п}, \text{ руб.} \quad (41)$$

Где  $C_{B/э}$  – затраты, связанные с монтажом электропроводки;

$C_{B/щ}$  – затраты, связанные с монтажом электрощитов;

$C_{B/п}$  – затраты, по замене полов.

Затраты связанные с монтажом электропроводки находим по формуле (42):

$$C_{B/э} = (C_э \cdot V_э) + (V_э \cdot R_э), \text{ руб.} \quad (42)$$

где  $C_э$  – стоимость электропроводки, 90 руб./пог.м;

$V_э$  – объём работ, необходимый по замене электропроводки, 65 пог.м;

$R_э$  – расценка за выполнение работ по замене электропроводки 120 руб./м.

$$C_{B/э} = (90 \cdot 65) + (65 \cdot 120) = 13650 \text{ руб.}$$

Затраты, связанные с монтажом электрощитов, рассчитаем по формуле (43):

$$C_{B/щ} = (C_{щ} \cdot V_{щ}) + (V_{щ} \cdot R_{щ}), \text{ руб.} \quad (43)$$

где  $C_{щ}$  – стоимость одного электрощита, 166000 руб./шт.;

$V_{щ}$  – количество электрощитов, подлежащих замене, 3 шт.;

$R_{щ}$  – расценка за выполнение работ по замене электрощита 1850 руб./шт.

$$C_{B/щ} = (166000 \cdot 3) + (3 \cdot 1850) = 503550 \text{ руб.}$$

Затраты, связанные с заменой покрытия, находим по формуле (44):

$$C_{B/п} = (C_п \cdot V_п) + (V_п \cdot R_п), \text{ руб.} \quad (44)$$

где  $C_п$  – стоимость материальных ресурсов, необходимых для проведения работ, 1700 руб./м<sup>2</sup>;

$V_п$  – объём работ по замене покрытия, 250 м<sup>2</sup>;

$R_п$  – расценка по замене 1 м<sup>2</sup> покрытия, 750 руб./м<sup>2</sup>.

$$C_{B/п} = (1700 \cdot 250) + (250 \cdot 750) = 612500 \text{ руб.}$$

По формуле (41) рассчитаем затраты, связанные с восстановлением производственного помещения.

$$C_B = 13650 + 503550 + 612500 = 1129700 \text{ руб.}$$

Сумму косвенного ущерба равна:

$$Y_K = 42765,9 + 1129700 = 1172466 \text{ руб.}$$

### 2.3 Расчет полного ущерба

В итоге произведем расчёт полного ущерба:

$$ПУ = 13731590 + 1172466 = 14904056 \text{ руб.}$$

Основные расчеты и результаты по разделу финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение представлены в таблице 11.

Пожар на площади 250 м<sup>2</sup>, который произошёл в производственном помещении компрессорной станции ОСП «Юргинский ферросплавный завод», нанёс ущерб равный 14904056 рублей.

Таблица 11 – Результаты расчетов полного ущерба от аварии

| Наименование                                       | Стоимость/руб. |
|--|----------------|
| Прямой ущерб                                       | 13731590       |
| Ущерб, нанесённый технологическому оборудованию    | 209775         |
| Ущерб, нанесённый коммунально-энергетическим сетям | 200955         |
| Ущерб, нанесённый производственному помещению      | 13320860       |
| Косвенный ущерб                                    | 1172466        |
| Средства, необходимые для ликвидации ЧС            | 42765,9        |
| Затраты, связанные с восстановлением помещения     | 1129700        |
| Общий ущерб  | 14904056       |

Вывод: в компрессорной станции ОСП «ЮФЗ» произошел пожар. В результате вычислений прямой ущерб составил 13731590 руб., косвенный ущерб составил 1172466 руб. Общая сумма ущерба составила 14904056 руб. [39]

Исходя из получившегося результата можем сделать вывод, что пожары сопровождаются большими материальными убытками.

## 3 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

### 3.1 Анализ рабочего места оператора компрессорной станции

Объектом исследования является помещение оператора компрессорной станции ОСП «Юргинский ферросплавный завод». Рабочими объектами оператора являются: машинный зал и операторская. Площадь помещения составляет 20,16 м<sup>2</sup>, высотой 4 м. Рабочее место оборудовано персональным ЭВМ, одно окно ПВХ, люминесцентные лампы, водяная система центрального отопления, летом кондиционер, вытяжная вентиляция.

В помещении работает 1 человек. При проведении работ на персональном компьютере или в машинном зале в соответствии с требованиями Приказа Минтруда России от 24.01.2014г., № 33н [40] вредные производственные факторы классифицируются как: недостаточность или отсутствие естественного освещения, недостаточное искусственное освещение рабочей зоны, высокая или низкая влажность воздуха, повышенный уровень шума, электромагнитные излучения. К опасным факторам относятся: поражение электрическим током, пожарная опасность.

### 3.2 Анализ выявленных вредных факторов

#### 3.2.1 Недостаточная освещенность

Недостаточное освещение влияет на функционирование зрительного аппарата, психику человека, его эмоциональное состояние. Вопрос освещенности рабочих мест, оборудованными компьютерами, излагается СП 2.2.3670-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда» [41]. Расчет освещения производится для помещения площадью 20,16 м<sup>2</sup>, длина которого 5,76 м, ширина 3,5 м, высота 4 м, по методу светового потока. Наиболее подходящий для данного помещения тип

осветительного прибора является закрытый одноламповый светодиодный светильник. При расчете по данному методу световой поток лампы  $F$  рассчитывается по формуле 45:

$$F = \frac{E \cdot k \cdot S \cdot Z}{n \cdot \eta}, \quad (45)$$

где  $F$  – световой поток каждой из ламп, лм;

$E$  – минимальная освещенность, лк,  $E = 300$  лк (по данным СП 52.13330.2016: при выполнении зрительных работ высокой точности общая освещенность должна составлять 300 лк [42]);

$Z$  – коэффициент минимальной освещенности, значение для люминесцентных ламп:  $Z = 1,1$ ;

$k$  – коэффициент запаса,  $k = 1,5$ ;

$n$  – число ламп в помещении;

$\eta$  – коэффициент использования светового потока ламп;

Для определения коэффициента использования светового потока  $\eta$  находят индекс помещения  $i$ .

Индекс помещения определяется по следующей формуле:

$$i = \frac{S}{h \cdot (A+B)}, \quad (46)$$

$$h = h_2 - h_1, \quad (47)$$

где  $A, B$  – размеры помещения,  $A = 5,76$  м,  $B = 3,5$  м;

$h$  – высота светильников над рабочей поверхностью;

$h_2$  – наименьшая допустимая высота подвеса над полом;  $h_2 = 2,5$  м.

$h_1$  – высота рабочей поверхности над полом  $h_1 = 0,7$  м.

Используя формулой (47) получаем:

$$h = 2,5 - 0,7 = 1,8 \text{ м}$$

Расстояние между соседними светильниками или рядами:

$$L = 1,2 \cdot 1,8 = 2,16 \text{ м}$$

Расстояние от стен помещения до крайних светильников:  $l = 0,72$  м;

Исходя из размеров помещения  $A=5,76$  м и  $B=3,5$  м определяем, что светильников должно быть 4. Пользуясь формулой (46), получаем:

$$i = \frac{20,16}{1,8 \cdot (5,76 + 3,5)} = 1,2$$

Принимаем значение коэффициентов отражения потолка ( $\rho_{\text{п}} = 50\%$ ) и стен ( $\rho_{\text{с}} = 70\%$ )

В качестве источника света будем использовать люминесцентные лампы, для них:  $\eta = 0,43$ .

$$F = \frac{300 \cdot 1,5 \cdot 20,16 \cdot 1,1}{4 \cdot 0,43} = 5800 \text{ лм.}$$

Схема расположения светильников на потолке приведена на рисунке 2.

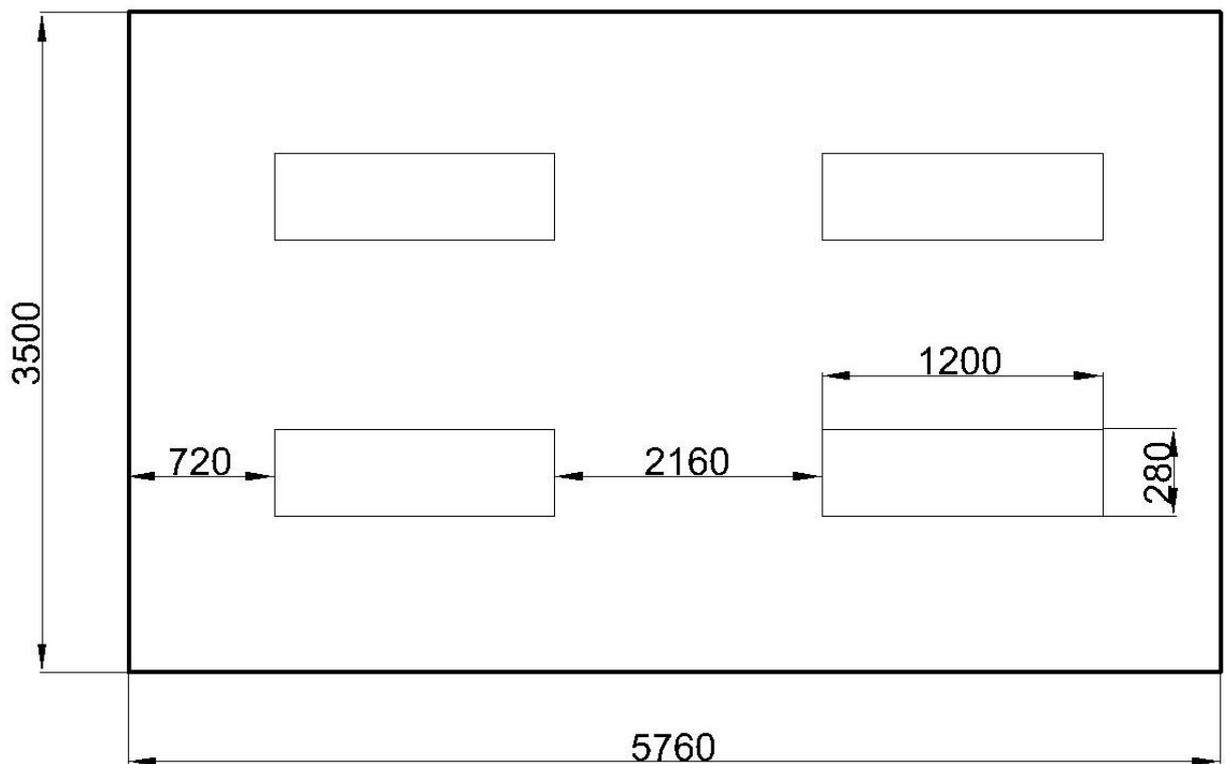


Рисунок 2 – Схема расположения светильников на потолке

Таким образом, система общего освещения помещения должна состоять из 4 одноламповых светильников In Home SPO-110 Prizma.

### 3.2.2 Микроклимат

Параметры микроклимата являются основой для высокого уровня работоспособности. Допустимые и оптимальные значения параметров микроклимата определены на основании ГОСТ 12.1.005-88 «Система

стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. [43]. На условия работы в помещении влияют такие параметры, как температура, относительная влажность, скорость движения воздуха. Нормы параметров микроклимата для помещения приведены в таблице 12.

Таблица 12 – Оптимальные и допустимые нормы микроклимата

| Период года | Температура воздуха, °С |       | Результирующая температура, °С |       | Относительная влажность, % |      | Скорость движения воздуха, м/с |      |
|-------------|-------------------------|-------|--------------------------------|-------|----------------------------|------|--------------------------------|------|
|             | опт.                    | доп.  | опт.                           | доп.  | опт.                       | доп. | опт.                           | доп. |
| холодный    | 19–21                   | 18–23 | 18–20                          | 17–22 | 45–30                      | 60   | 0,2                            | 0,3  |
| теплый      | 23–25                   | 18–28 | 22–24                          | 19–27 | 60–30                      | 65   | 0,3                            | 0,5  |

В операторской применяется водяная система центрального отопления. Она обеспечивает постоянное и стабильное нагревание воздуха в холодный период года и составляет +23°С. Относительная влажность 45 %. Скорость движения воздуха 0,1–0,2 м/с. В теплый период температура воздуха поддерживается благодаря установленному кондиционеру и составляет +25°С. Относительная влажность 55 %. Скорость движения воздуха 0,1–0,2 м/с. Эти данные микроклимата соответствуют нормам.

### 3.2.3 Повышенный уровень шума на рабочем месте

При выполнении работ в машинном зале оператор может подвергаться уровням шума от работающего компрессора. Помимо этого, источниками шума на рабочем месте могут быть и компьютер, и кондиционер.

Шум негативно сказывается на нервной системе. В результате шумового воздействия могут появиться головные боли, бессонница, нервные расстройства. Это все влияет на работоспособность.

Допустимый уровень шума на производстве регламентируется ГОСТ 12.1.003-2014. ССБТ. «Шум. Общие требования безопасности» [44]. Допустимое значение уровня шума 80 дБ. Уровень шума от работающего ПК

может достигать 45 дБ, а от работающего компрессора 70дБ. Это ниже допустимого значения, так как это оборудование находится в разных помещениях. Таким образом, данная шумовая нагрузка не будет оказывать вредного воздействия на работников.

### 3.2.4 Электромагнитное излучение

Одним из вредных факторов, воздействию которого подвергается человек при работе за компьютером, является электромагнитное излучение. Воздействие электромагнитного излучения характеризуется повышением утомляемости, ухудшением зрения, а также способствует ослаблению памяти. В таблице 13 представлены санитарные нормы параметров электромагнитных полей на рабочих местах с ПЭВМ согласно СП 2 . 2. 3670 - 20 [41].

Таблица 13 – Санитарные нормы параметров электромагнитных полей

| Наименование параметров  | Частотный диапазон | Санитарная норма |
|--|--------------------|------------------|
| Напряженность электрического поля  | 5 Гц - 2 кГц       | 25 В/м           |
|  | 2 кГц - 400 кГц    | 2,5 В/м          |
| Напряженность электростатического поля (Е)                                 | 0 Гц               | 15 кВ/м          |
| Индукция магнитного поля (В)   | 5 Гц - 2 кГц       | 250 нТл          |
|  | 2 кГц - 400 кГц    | 25 нТл           |
| Фоновый уровень напряженности электрического поля промышленной частоты (Е) | 50 Гц              | 500 В/м          |
| Фоновый уровень индукции магнитного поля промышленной частоты (В)          | 50 Гц              | 5 мкТл           |

Для снижения вредного влияния электромагнитного излучения при работе с ПК соблюдаются следующие общие гигиенические требования:

– длительность работы без перерыва не более 2 ч. В процессе работы меняется содержание и тип деятельности. Согласно требованиям санитарных норм, предусмотрены обязательные перерывы при работе за компьютером,

во время которых рекомендовано делать упражнения для глаз, рук и опорно-двигательного аппарата;

– рабочее место с компьютером располагается по отношению к окну таким образом, что лучи света падали слева. Оптимальным расстоянием между экраном монитора и глазами работника является 60 – 70см, но не ближе 50 см.

### **3.3 Анализ выявленных опасных факторов**

#### **3.3.1 Опасность поражения электрическим током**

Проходя через организм человека, электрический ток вызывает термическое, электролитическое и биологическое воздействие. Термическое действие тока вызывает ожоги отдельных участков тела, нагрев кровеносных сосудов, нервов, крови. Электролитическое действие тока выражается в разложении крови и других органических жидкостей организма и вызывает значительные нарушения их физико-химического состава. Биологическое действие тока проявляется как раздражение и возбуждение живых тканей организма, что сопровождается непроизвольными судорожными сокращениями мышц, легких и сердца.

По опасности поражения током операторская относится к помещениям без повышенной опасности. Чтобы исключить опасность поражения необходимо соблюдать следующие правила электробезопасности:

– перед включением прибора в сеть необходимо визуально проверить его электропроводку на отсутствие возможных видимых нарушений изоляции, а также на отсутствие замыкания токопроводящих частей на корпус;

– при появлении признаков замыкания необходимо сразу отключить от электрической сети устройство и устранить неисправность;

– запрещается при включенном устройстве одновременно прикасаться к приборам, имеющим естественное заземление (например, радиаторы отопления, водопроводные краны и др.);

– запрещается включать и выключать устройство при помощи штепсельной вилки.

В рассматриваемом помещении соблюдены следующие способы защиты от поражения током в электроустановках: установлены предохранительные устройства, защитные заземления, применяются устройств защитного отключения (УЗО) и зануления. Выполняются все требования и предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов в соответствии с ГОСТ 12.1.038-82 [45]. Процент влажности находится в пределах нормы. Содержание химически-опасных веществ и реагентов, разрушающих изоляцию и токоведущие части электрооборудования, в данном помещении отсутствуют. В помещении бетонные полы, что не является проводником электрического тока.

Персональный компьютер имеет надежную изоляцию токоведущих частей оборудования, соединения, которые могут вызвать искры, отсутствуют. При работе в операторской прикосновение с металлическими конструкциями, с приборами, не имеющего заземления при поврежденной изоляции токоведущих частей, отсутствует, что подтверждает соблюдение и выполнение всех требований ГОСТ 12.1.019-2017 «ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты» [46]. Соответственно, операторская является помещением без повышенной опасности поражения людей электрическим током.

### **3.3.2 Пожарная опасность**

Пожар – один из самых частых и опасных явлений, приносящий материальный ущерб. Под пожарной безопасностью понимается состояние объекта, при котором исключается возможность пожара, а в случае его

возникновения предотвращается воздействие на людей опасных факторов пожара и обеспечивается защита материальных ценностей.

В помещении операторской не исключается возможность возникновения пожаров. В связи с этим на производстве строго соблюдаются требования ГОСТ 12.1.004-91, Федеральных законов № 123 и № 69. Согласно этим нормативным документам, пожарная безопасность в помещении обеспечивается системами предотвращения пожара (использование заземления для защиты от статического напряжения, контроль состояния изоляции), системами пожарной защиты (СПС, СОУЭ, наличия первичных средств тушения пожара), организационно-техническими мероприятиями (проведение инструктажей в области пожарной безопасности).

Объект обеспечен первичными средствами пожаротушения в соответствии с СП 9.13130.2009 (ОП-4) [47]. Места размещения первичных средств обозначены знаками пожарной безопасности, огнетушители располагаются на видных местах вблизи выхода на высоте 1,5 м.

В качестве возможных причин пожаров в рассматриваемом помещении можно указать следующие: короткие замыкания; перегрузка сетей, влекущая за собой сильный нагрев токоведущих частей и загорание изоляции. Нередко пожары происходят при пуске оборудования после ремонта, для предупреждения пожаров от короткого замыкания, перегрузок в данном помещении соблюдается режим эксплуатации электросетей.

### **3.4 Охрана окружающей среды**

Согласно Федеральному закону от 10.01.2002 № 7-ФЗ (ред. от 26.03.2022) «Об охране окружающей среды» анализируемый объект признан объектом I категории [48]. Документация предприятия по охране окружающей среды составляет: отчет о производственном экологическом контроле; отчет о выполнении нормативов утилизации; паспорта отходов и др. В своей деятельности предприятие руководствуется следующей

нормативной документацией в области охраны окружающей среды: федеральный закон «Об охране окружающей среды», федеральный закон «Об отходах производства и потребления».

На территории ферросплавного завода согласно Федеральному закону "О водоснабжении и водоотведении" от 07.12.2011 № 416-ФЗ водоотведение осуществляется в городскую сеть канализации в соответствии с техническими условиями на подключение к коммунальным системам водоснабжения и водоотведения, тем самым, исключая загрязнение подземных вод и почвы [49].

В процессе эксплуатации производственного помещения происходят выбросы оксида серы ( $\text{SO}_2$ ) и оксида азота ( $\text{NO}_2$ ), а также угарного газа ( $\text{CO}$ ). Для очистки воздуха от оксидов серы, азота и угарного газа используются абсорбция в мокрых скрубберах, сухая адсорбция, карбамидная нейтрализация и каталитическая очистка.

Складирование пищевых и непищевых отходов происходит в установленных местах в мусорные контейнеры, которые вывозятся коммунальными службами на полигон твердых коммунальных отходов.

### **3.5 Защита в чрезвычайных ситуациях**

Наиболее вероятной чрезвычайной ситуацией, которая может возникнуть в компрессорной является пожар. В связи с возможностью возникновения пожара разработан следующий план действий:

– немедленно сообщить о пожаре в пожарную охрану по городскому телефону "01" или по сотовому телефону "112" (при этом необходимо четко назвать адрес организации, место возникновения пожара, а также сообщить свою должность и фамилию);

– известить о пожаре руководителя организации или заменяющего его работника;

– задействовать систему оповещения людей о пожаре (нажать кнопку извещателя пожарного ручного, приступить самому и привлечь других лиц к эвакуации из здания в безопасное место согласно плану эвакуации);

– при необходимости отключить электроэнергию, приостановить работу отдельных агрегатов и участков, способствующих развитию пожара и задымлению помещений здания; оценить обстановку и приступить к тушению очага возгорания имеющимися средствами пожаротушения (огнетушителями), для ликвидации его на ранней стадии;

– организовать встречу пожарных подразделений (выделить для встречи пожарных подразделений лицо, хорошо знающее расположение подъездных путей и водоисточников).

### **3.6 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

На работах с вредными или опасными условиями труда, а также на работах, выполняемых в особых температурных условиях или связанных с загрязнением, выдаются прошедшие обязательную сертификацию или декларирование соответствия средства индивидуальной защиты в соответствии с типовыми нормами, утвержденными в порядке, установленном статьей 221 Трудового кодекса Российской Федерации [50].

Для предупреждения заболеваний, связанных с работой в компрессорной есть рациональная организация труда и отдыха, которая нормируется в соответствии с санитарными правилами СП 2.2.3670-20. При организации рабочего места учтены эргономические нормы и требования.

Согласно Трудовому кодексу Российской Федерации на предприятии предусмотрены следующие виды льгот и компенсаций за вредные условия труда:

- дополнительный оплачиваемый отпуск не менее семи дней;
- доплату 4% от окладной части;

– льготная пенсия.

Согласно ст. 91 Трудового кодекса РФ, продолжительность рабочего времени слесаря-ремонтника не превышает 36 часов в неделю и составляет 8 часов в день.

### **3.7 Заключение по разделу «Социальная ответственность»**

В работе проведен анализ рабочего места оператора компрессорной станции на наличие вредных (недостаточная освещенность, микроклимат, повышенный уровень шума на рабочем месте, электромагнитное излучение) и опасных (поражения электрическим током, пожарная опасность) производственных факторов, влияющих на здоровье и работоспособность. В результате проведенного анализа опасных и вредных производственных факторов можно сделать вывод, что для исследуемого рабочего места большинство факторов, потенциально представляющих опасность для здоровья сотрудников, соответствуют нормативным значениям.

Произведен расчет освещения, световой поток составил 2900 лм. На основании этого принято решение об установке 4 двухламповых светильников типа ШОД с люминесцентными лампами ЛХБ мощностью 40 Вт. Гигиенические требования к микроклимату данного помещения выполнены. В целях защиты от поражения током в помещении выполнено необходимое заземление. Для предупреждения возникновения пожара принят комплекс мероприятий.

Данный комплекс мер будет способствовать эффективной работоспособности, сохранять жизнь, обеспечивать безопасность работников организации и беречь имущество от повреждения.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Компрессорная станция – опасный производственный объект и пожар на таком объекте очень опасен и может иметь тяжелые последствия. Обеспечение пожарной безопасности газораспределительных агрегатов – одно из важнейших направлений по безопасности. Оснащение агрегатов системой пожарной сигнализации для раннего обнаружения пожара и установка систем пожаротушения на базе новейших технологий в этой области – вот основа пожарной безопасности объекта, а значит и сохранение жизни и здоровья людей, а также сохранение имущества.

В результате проделанной работы можно сделать следующие выводы:

– на основании литературных источников выявлены проблемы обеспечения пожарной безопасности на компрессорных станциях;

– проведен расчет параметров модульной установки газового пожаротушения для компрессорной станции ОСП «ЮФЗ»; было получено, что необходимо 13 модулей типа МПХ (55-227-50) вместимостью  $V=227\text{л/с}$  с ГОТВ Хладон 227еа, 46 насадков-распылителей типа РГС-360-1/2В-50. Исходя из гидравлического расчета суммарный объем труб  $V_{\text{тр}}$  составил 468,43 л;

– произведены расчеты ущерба и материальных затрат на локализацию и ликвидацию пожара. Общая сумма затрат составила – 14904056 руб.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Годовые отчеты о деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору. URL: [http://www.gosnadzor.ru/public/annual\\_reports/](http://www.gosnadzor.ru/public/annual_reports/) (дата обращения: 06.02.2023).

2. Диагностическое обслуживание магистральных газопроводов: Учебное пособие/ А.М. Ангалев, Б.Н. Антипов, С.П. Зарицкий, А.С. Лопатин. – М.: МАКС Пресс, 2009. – 112 с.

3. Бутусов О.Б., Мешалкин В.П. Компьютерное моделирование нестационарных потоков в сложных трубопроводах. – М.: ФИЗМАТГИЗ, 2005. – 550 с.

4. Ревазов А.М. Анализ чрезвычайных и аварийных ситуаций на объектах магистрального газопроводного транспорта и меры по предупреждению их возникновения и снижению последствий//Управление качеством в нефтегазовом комплексе. – 2010. – № 1. – С. 68–72.

5. Ангалев А.М., Соколинский Л.И., Лопатин А.С. Исследования вибрации и пульсации газа в системах «центробежный нагнетатель – трубопровод»//Труды Российского государственного университета нефти и газа им. И.М. Губкина. – 2009. – № 4. – С. 74–85.

6. НПБ 105-03 Нормы пожарной безопасности определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности  
<https://docs.cntd.ru/document/1200032102?ysclid=lhxcb2pos3247893330> (дата обращения 29.04.2023). – Текст: электронный.

7. ПБ 03-581-03 Правила устройства и безопасной эксплуатации стационарных компрессорных установок, воздухопроводов и газопроводов.

8. Динамика аварийности объектов магистральных трубопроводов, эксплуатируемых на территории сибирского и дальневосточного/А.М.

Ревазов, Н.В. Чухарева, А.В. Рудаченко, В.В. Дмитриенко//Управление качеством в нефтегазовом комплексе. – 2012. – № 2. – С. 35–38.

9. Пожары и пожарная безопасность в 2021 году. Статистический сборник / под общ. ред. В. И. Климкина. М.: ВНИИПО МЧС России, 2021. 137 с.

10. Быков А. И. Методика оценки массы природного газа, участвующего в образовании огненного факела при разрыве магистрального газопровода // Пожаровзрывобезопасность. 2015. Т. 24, № 9. С. 48–54. DOI: 10.18322/PVB.2015.24.09.48-54

11. Пожаркова И. Н., Елфимова М. В., Лагунов А. Н. Моделирование пожаров в машинных отделениях объектов теплоэнергетического комплекса // Сибирский пожарно-спасательный вестник. 2019. № 1. С. 39–45.

12. Storesund K. L. Fire incidents and potential fire incidents on Norwegian oil and gas installations [Электронный ресурс] // SPFR Report, 2015. Режим доступа:

[https://www.researchgate.net/publication/325869491\\_Fire\\_incidents\\_and\\_potential\\_fire\\_incidents\\_on\\_Norwegian\\_oil\\_and\\_gas\\_installations](https://www.researchgate.net/publication/325869491_Fire_incidents_and_potential_fire_incidents_on_Norwegian_oil_and_gas_installations) (дата обращения 06.02.2023)

13. Мурзинов В. Л. Моделирование средней температуры в помещении с вентиляцией в начальной стадии пожара // Комплексная безопасность. 2017. № 1. С. 37–42.

14. Роечко В. В., Пряничников А. В., Бондарев Е. Б. Применение температурно-активированной воды для тушения пожаров турбинных масел на объектах теплоэнергетики [Электронный ресурс] // Технологии техносферной безопасности. 2015. Вып. 4 (62). С. 84–93. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25846407> (дата обращения 06.02.2023).

15. Кошмаров Ю. А., Лапшин С. С., Тараканов Д. В. Оценка влияния величины скорости выгорания на расчёт динамики ОФПна объектах энергетики // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. 2009. № 2. С. 40–44.

16. Богомаз А. М., Дикенштейн И. Ф. Влияние воздушноводяной смеси на температуру в помещении // Научный вестник НИИГД «Респиратор». 2016. № 3 (53). С. 23–35.

17. Дорофеев А. А., Ягодников Д. А., Чертков К. О. Особенности расчёта состава и температуры продуктов сгорания переобогащённого кислород-метанового топлива // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. 2015. № 10. С. 84–94.

18. Халиков Р. В. Объёмное тушение пожаров твёрдых углеводородов // Пожарная и техносферная безопасность: проблемы и пути совершенствования, 2019. № 3 (4). С. 201–203.

19. Вершинина К. Ю., Глушков Д. О., Стрижак П. А. Характеристики зажигания капель органоводоугольных топлив на основе отработанных и индустриальных масел // Химия твёрдого топлива. 2017. № 3. С. 63–69. DOI: 10.7868/S0023117717030100

20. Азатян В. В., Шебеко Ю. Н., Болодьян И. А., Навценя В. Ю. Влияние разбавителей различной химической природы на концентрационные пределы распространения пламени в газовых смесях // Физика горения и взрыва. 2006. Т. 42. № 6. С. 96–102.

21. Азатян В. В., Сайкова Г. Р., Балаян Г. В., Пугачёв Д. В. Зависимость воспламеняемости водородо-воздушных смесей от химических и физических свойств примесей // Журнал физической химии. 2015. Т. 89. № 3. С. 385–387. DOI: 10.7868/S0044453715030048

22. Диагностическое обслуживание магистральных газопроводов: учеб. пособие / А.М. Ангалев, Б.Н.Антипов, С.П. Зарицкий, А.С. Лопатин. – М.: МАКС Пресс, 2009. – 112 с.

23. Ревазов, А.М. Анализ чрезвычайных и аварийных ситуаций на объектах магистрально газопроводного транспорта и меры по предупреждению их возникновения и снижению последствий / А.М. Ревазов // Управление качеством в нефтегазовом комплексе. – 2010. – № 1. – С. 68.

24. Ангалев, А.М. Исследования вибрации и пульсации газа в системах «центробежный нагнетатель – трубопровод» / А.М. Ангалев, Л.И. Соколинский, А.С. Лопатин. // Труды Российского государственного университета нефти и газа им. И.М. Губкина. – 2009. – № 4. – С. 74 – 85.

25. Ревазов, А.М. Анализ аварийности на компрессорных станциях магистральных газопроводов / А.М. Ревазов, И.А. Леонович // Труды Российского государственного университета нефти и газа имени И.М. Губкина. – 2014. – № 2. – с. 26 – 33

26. ГОСТ Р 27.310-93 Анализ видов, последствий и критичности отказов. Основные положения. – М.: Госстандарт, 1993

27. ГОСТ Р 12.3.047-2012 Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля. – М.: Стандартинформ, 2014. – 65 с.

28. Методические указания по проведению анализа риска опасных промышленных объектов (РД 08-120-96) [Электронный ресурс]: [Постановление Госгортехнадзора РФ: от 12.07.1996 № 29]. – Режим доступ: [www.consultant.ru](http://www.consultant.ru)

29. Кушнарёва О.В. Риск-ориентированное мышление студентов технического вуза как условие современного профессионального образования // Наука сегодня: вызовы и решения. Материалы международной научно-практической конференции, г. Вологда, 31 января 2018 г.: в 2 частях. Часть 2. – Вологда: ООО «Маркер», 2018. – 176 с. ISBN 978-5-906850-98-0

30. Гражданкин А.И. К риск-ориентированной промбезопасности // Контроль качества продукции. – 2012. – № 7. – с. 18-23.

31. НПБ 110-03 Об утверждении норм пожарной безопасности "Перечень зданий, сооружений, помещений и оборудования, подлежащих защите автоматическими установками пожаротушения и автоматической пожарной сигнализацией".

32. НПБ 88-2001 Нормы пожарной безопасности. Установки пожаротушения и сигнализации. нормы и правила проектирования.

33. СП 484.1311500.2020 «Системы противопожарной защиты. Системы пожарной сигнализации и автоматизация систем противопожарной защиты. Нормы и правила проектирования».

34. СП 485.1311500.2020. Свод правил. Системы противопожарной защиты. Установки пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования"

35. ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.

36. ГОСТ 12.3.046-91 ССБТ. Установки пожаротушения автоматические. Общие технические требования.

37. РД 03-496-02 Методические рекомендации по оценке ущерба от аварий на опасных производственных объектах. Утверждены постановлением Госгортехнадзора России от 29.10.02 № 63.

38. Приказ Об утверждении категорий военнослужащих, проходящих военную службу по контракту в МЧС России, сотрудников федеральной противопожарной службы Государственной противопожарной службы, федеральных государственных гражданских служащих и работников МЧС России, имеющих право на продовольственное обеспечение в период несения дежурства, участия в полевых учениях, проведения аварийно-спасательных и других неотложных работ, нахождения в служебных командировках на территориях иностранных государств для ликвидации последствий стихийных бедствий и чрезвычайных ситуаций, норм и порядка их продовольственного обеспечения: Приказ МЧС России № 290: [принят Министерством РФ по делам ГО и ЧС: 29 апреля 2013 года]. – Москва, ред. 2019. – 23 с.

39. Лизунков А.Г. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение часть ВКР: методические указания по выполнению экономической части выпускной квалифицированной работы для студентов 20.03.01 Техносферная безопасность, Специализация (профиль) «Защита в чрезвычайных ситуациях» (всех форм обучения) - ЮТИ ТПУ, 2023. – 42 с.

40. Приказ Минтруда России №33н от 24 января 2014 г. «Об утверждении Методики проведения специальной оценки условий труда, Классификатора вредных и (или) опасных производственных факторов, формы отчета о проведении специальной оценки условий труда и инструкции по ее заполнению».

41. СП 2.2.3670-20 Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда. СП № 2.2.3670-20: дата введения 2020.12.02. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/573230583?section=status> (дата обращения 29.04.2023). – Текст: электронный.

42. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. СП № 52.13330.2016: дата введения 2016.11.07. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/456054197?section=status> (дата обращения 29.04.2023). – Текст: электронный.

43. ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. № 12.1.005-88: дата введения 1988.09.29. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200003608?section=status> (дата обращения 29.04.2023). – Текст: электронный.

44. ГОСТ 12.1.003-2014. ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.

45. ГОСТ 12.1.038-82 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов.

46. ГОСТ 12.1.019-2017 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты. № 12.1.019-2017: дата введения 2018.11.07. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200161238?section=status> (дата обращения 29.04.2023). – Текст: электронный.

47. СП 9.13130.2009 Техника пожарная. Огнетушители. Требования к эксплуатации.

48. Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 № 7-ФЗ.

49. Федеральный закон «О водоснабжении и водоотведении» от 07.12.2011 № 416-ФЗ.

<https://docs.cntd.ru/document/902316140?ysclid=lhxd4j7gy0185831472> (дата обращения 29.04.2023). – Текст: электронный.

50. Трудовой кодекс Российской Федерации

<https://docs.cntd.ru/document/901807664?ysclid=lhxd67gnnd3048305> (дата обращения 29.04.2023). – Текст: электронный.

Приложение А  
(обязательное)

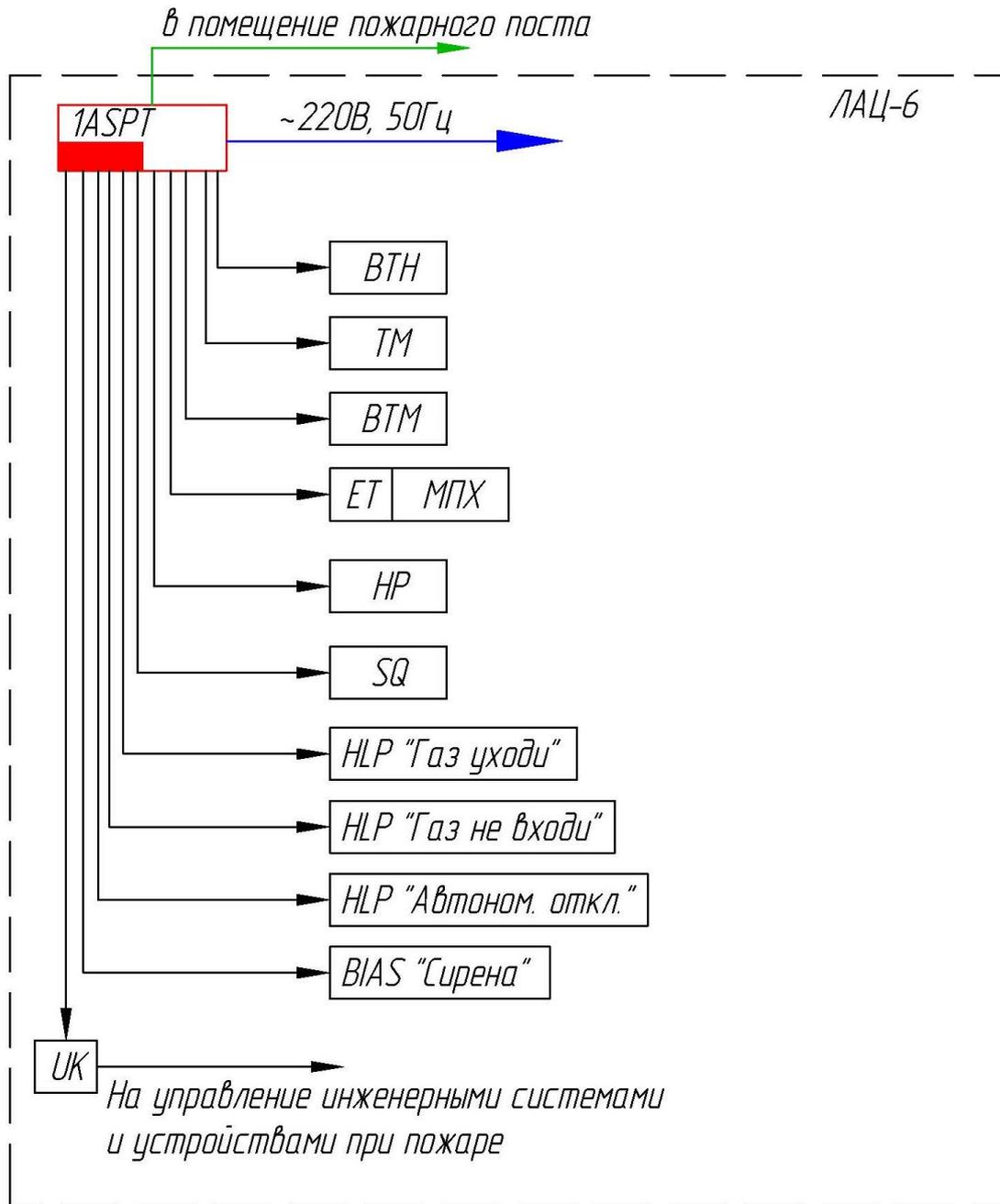
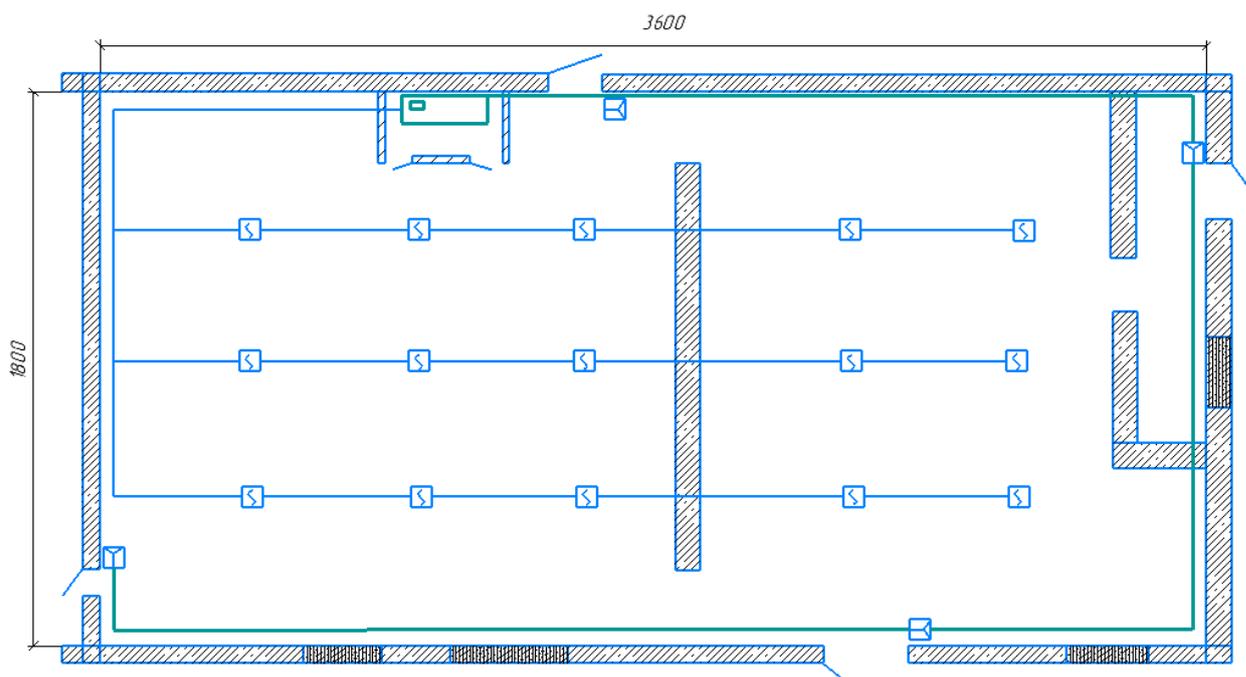


Рисунок А.1 – Электротехническая часть автоматической установки газового пожаротушения

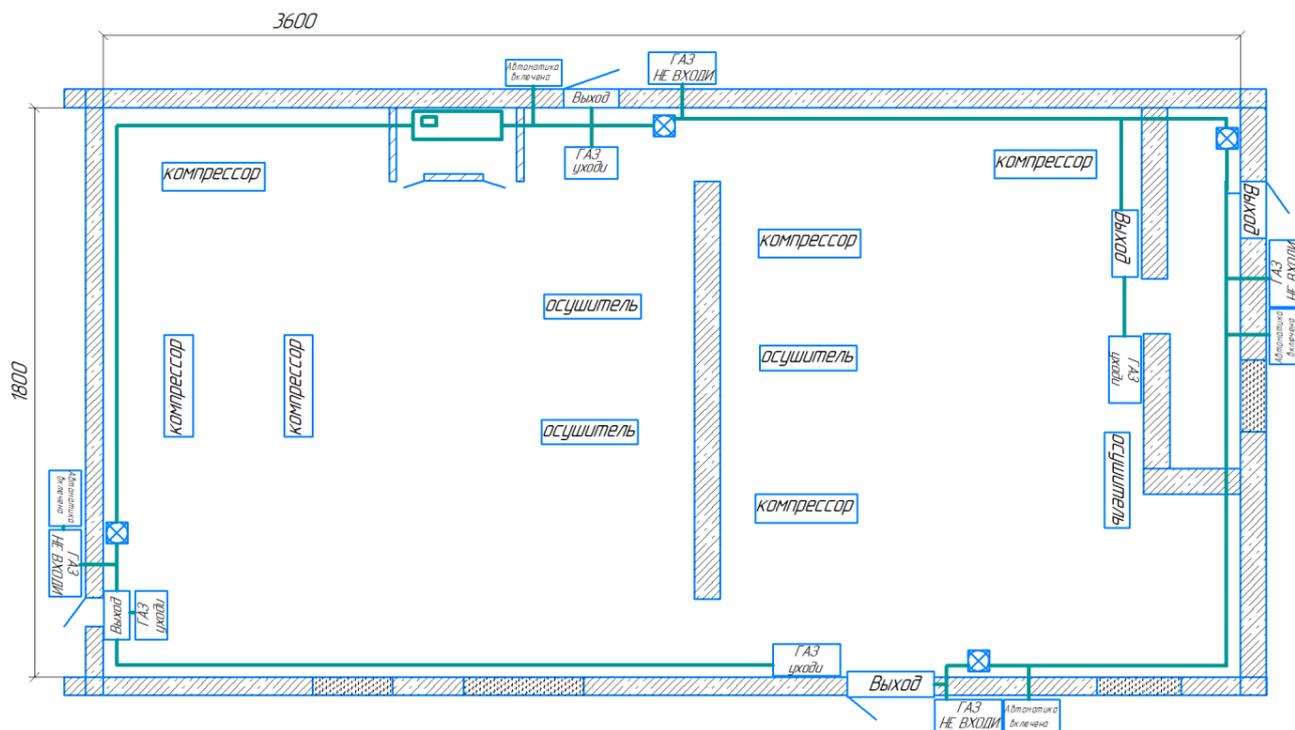
Приложение Б  
(обязательное)



-  - *извещатель пожарный дымовой ИП 212-45*
-  - *извещатель пожарный ручной ИПР-513-10*
-  - *прибор приемно-контрольный охранно-пожарный "Сигнал - 10"*

Рисунок Б.1 – План размещения СПС

## Приложение В (обязательное)



- оповещатель свето-звуковой "Маяк - 12К"



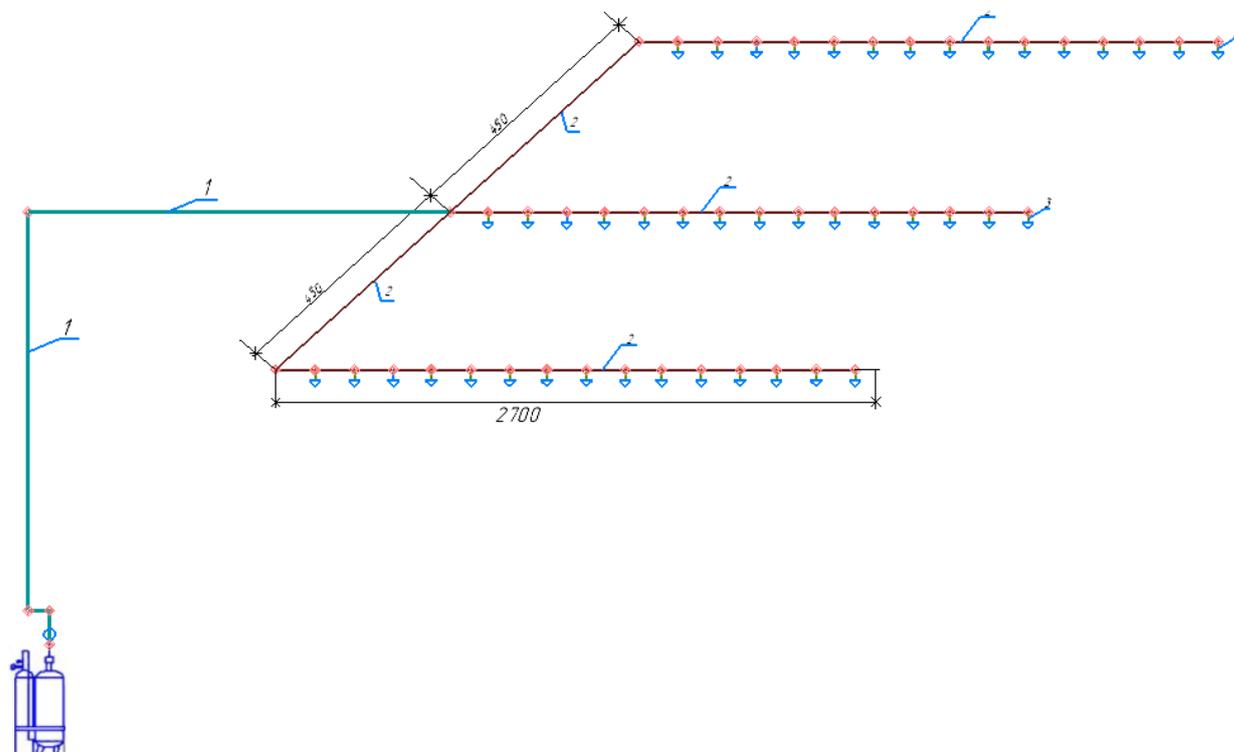
- оповещатель световой (табло) "Молния-12"



- прибор приемно-контрольный  
охранно-пожарный "Сигнал - 10"

Рисунок В.1 – План размещения СОУЭ

Приложение Г  
(обязательное)



|   |   |        |
|---|---|--------|
| ↓ | распылитель газовый РГС-360-1/2В-50       | 45 шт. |
| + | тройник переходной Ду 50х32               | 3 шт.  |
| + | тройник переходной Ду 32х25               | 45 шт. |
| ○ | сигнализатор давления универсальный       | 1 шт.  |
| 1 | труба сталь Ду50х3,2мм ВГП по ГОСТ3253-75 | 15 м.  |
| 2 | труба сталь Ду32х2,8мм ВГП по ГОСТ3253-75 | 99 м.  |
| 3 | труба сталь Ду25х1,8мм ВГП по ГОСТ3253-75 | 18 м.  |

Рисунок Г.1 – Технологический модуль газового пожаротушения