

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»
Профиль: «Защита в чрезвычайных ситуациях»

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Разработка автоматической установки газового пожаротушения в помещениях предприятий газодобывающей отрасли

УДК 614.842.614

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З-17Г70	Власенко Николай Сергеевич		

Руководитель

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

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ЮТИ ТПУ	Лизунков В.Г.	к.пед.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ЮТИ ТПУ	Солодский С.А.	к.т.н.		

Нормоконтроль

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ООП 20.03.01 «Техносферная безопасность»	Солодский С.А.	к.т.н.		

Юрга – 2022 г.

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

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
УК(У)-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
УК(У)-3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
УК(У)-4	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах)
УК(У)-5	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах
УК(У)-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
УК(У)-7	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
УК(У)-8	Способен создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способность учитывать современные тенденции развития техники и технологий в области обеспечения техносферной безопасности, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности.
ОПК(У)-2	Способность использовать основы экономических знаний при оценке эффективности результатов профессиональной деятельности
ОПК(У)-3	Способность ориентироваться в основных нормативно-правовых актах в области обеспечения безопасности
ОПК(У)-4	Способность пропагандировать цели и задачи обеспечения безопасности человека и окружающей среды
ОПК(У)-5	Готовность к выполнению профессиональных функций при работе в коллективе
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-5	Способность ориентироваться в основных методах и системах обеспечения техносферной безопасности, обоснованно выбирать известные устройства, системы и методы защиты человека и окружающей среды от опасностей
ПК(У)-6	Способность принимать участие в установке (монтаже), эксплуатации средств защиты
ПК(У)-7	Способность организовывать и проводить техническое обслуживание, ремонт, консервацию и хранение средств защиты, контролировать состояние используемых средств защиты, принимать решения по замене (регенерации) средства защиты
ПК(У)-8	Способность выполнять работы по одной или нескольким профессиям рабочих, должностям служащих
ПК(У)-9	Готовность использовать знания по организации охраны труда, охраны окружающей среды и безопасности в чрезвычайных ситуациях на объектах экономики
ПК(У)-10	Способность использовать знание организационных основ безопасности различных производственных процессов в чрезвычайных ситуациях
ПК(У)-11	Способность организовывать, планировать и реализовывать работу исполнителей по решению практических задач обеспечения безопасности человека и окружающей среды
ПК(У)-12	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
_____ С.А. Солодский
«__» _____ 2022 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

Студенту:

Группа	ФИО
З-17Г70	Власенко Николаю Сергеевичу

Тема работы:

Разработка автоматической установки газового пожаротушения в помещениях предприятий газодобывающей отрасли

Утверждена приказом директора (дата, номер) от 02.02.2022 г. № 33-42/С

Срок сдачи студентами выполненной работы: 15.06.2022 г.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе:	Противопожарной защите автоматической установкой газового пожаротушения подлежит помещение машинного зала терминала по хранению и отгрузке смеси пропана-бутана технического в районе г. Куйбышева Новосибирской области. Площадь помещения 53,36 м ² Тип модуля МПХ (55-227-50) Газовое огнетушащее вещество Хладон 227еа
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов:	<ol style="list-style-type: none">1. Провести обзор литературы и нормативных источников по вопросам обеспечения промышленной безопасности на газодобывающих предприятиях.2. Дать характеристику объекта защиты терминала по хранению и отгрузке смеси пропан-бутана технического.3. Рассчитать параметры модульной установки газового пожаротушения для машинного зала терминала по хранению и отгрузке смеси пропана-бутана технического.

Перечень графического материала: <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лизунков В.Г., к.пед.н.
Социальная ответственность	Солодский С.А., к.т.н.
Нормоконтроль	Мальчик А.Г., к.т.н.
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Реферат	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	10.02.2022 г.
---	---------------

Задание выдал руководитель/ консультант:

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
3-17Г70	Власенко Н.С.		

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 74 страницы, 2 рисунка, 14 таблиц, 45 источников, 3 приложения.

Ключевые слова: ГАЗОВОЕ ПОЖАРОТУШЕНИЕ, МОДУЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ, ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ, ОГNETУШАЩИЕ ВЕЩЕСТВА, ДАТЧИК ПОЖАРА.

Объектом исследования является терминал по хранению и отгрузке смеси пропана-бутана технического в районе г. Куйбышева Новосибирской области.

Цель выпускной квалификационной работы – разработка автоматической установки газового пожаротушения в помещении терминала по хранению и отгрузке смеси пропана-бутана технического в районе г. Куйбышева.

В работе проведен обзор литературы и нормативных источников по вопросам состояния проблем обеспечения промышленной и пожарной безопасности на газодобывающих предприятиях; дана характеристика объекта защиты терминала по хранению и отгрузке смеси пропана-бутана технического и оценены мероприятия объекта защиты по пожарной безопасности; проведен расчет параметров модульной установки газового пожаротушения для машинного зала терминала по хранению и отгрузке смеси пропана-бутана технического.

Abstract

The final qualifying work contains 74 pages, 2 figures, 14 tables, 45 sources, 3 appendices.

Keywords: GAS FIRE EXTINGUISHING, MODULAR INSTALLATIONS, FIRE SAFETY, FIRE EXTINGUISHING AGENTS, FIRE SENSOR.

The object of the study is a terminal for the storage and shipment of a mixture of propane-butane technical in the area of Kuibyshev, Novosibirsk region.

The purpose of the final qualifying work is the development of an automatic gas fire extinguishing installation in the premises of the terminal for the storage and shipment of a mixture of propane-butane technical in the area of Kuibyshev. The paper reviews the literature and regulatory sources on the state of the problems of industrial and fire safety at gas-producing enterprises; describes the object of protection of the terminal for the storage and shipment of a mixture of propane-butane technical and evaluates the measures of the object of protection for fire safety; calculates the parameters of a modular gas fire extinguishing installation for the engine room of the terminal for storage and shipment of a mixture of propane-butane technical.

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

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.

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

Перечень обозначений и сокращений:

НПЗ – нефтеперерабатывающий завод;

СПГ – сжиженный природный газ;

СУГ – сжиженный углеводородный газ;

ЛВЖ – легковоспламеняющаяся жидкость;

ГЖ – горючая жидкость;

УППГ – участок предварительной подготовки газа;

ГСМ – горюче-смазочные материалы;

АСФ – аварийно-спасательные формирования;

СПС – система пожарной сигнализации;

СОУЭ – система организации и управления эвакуацией;

ОПФ – основные производственные фонды;

ПГ – пожарный гидрант;

АУП – автоматическая установка пожаротушения;

СПБТ – смесь пропан-бутан техническая;

ГКМ – газоконденсатное месторождение;

ГВС – газо-воздушная смесь;

ГОТВ – газовое огнетушащее вещество;

СДУ – сигнализатор давления универсальный;

МЧС – Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий.

Содержание		
	Введение	11
1	Литературный обзор	13
	1.1 Обеспечение пожарной безопасности на предприятиях нефтегазовой промышленности	13
	1.2 Анализ мероприятий по повышению эффективности пожарной безопасности на предприятиях нефтегазовой отрасли	17
	1.3 Анализ автоматических установок пожаротушения	21
2	Объект и методы исследования	25
	2.1 Описание и характеристика объекта	25
	2.2 Краткая климатическая характеристика объекта	26
	2.3 Сведения о потребности объекта в воде	27
	2.4 Сведения о потребности объекта в электрической энергии	28
	2.5 Обеспечение пожарной безопасности объекта	29
3	Расчет автоматической установки газового пожаротушения в машинном зале	32
	3.1 Основные характеристики защищаемого помещения	32
	3.2 Расчет параметров модульной установки газового пожаротушения	36
	3.3 Расчет параметров трубопроводной системы и времени подачи огнетушащего газа в помещение (гидравлический расчет)	40
	3.4 Расчет площади дополнительного проема в помещении для сброса избыточного давления	44
4	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	46
	4.1 Оценка прямого ущерба	46
	4.2 Оценка косвенного ущерба	50
	4.2.1 Расходы на ликвидацию последствий пожара	50
	4.2.2 Расходы на расследование причин пожара	55
	4.2.3 Расходы на восстановление производственного помещения	55
	4.3 Оценка полного ущерба	57
5	Социальная ответственность	58
	5.1 Анализ рабочего места оператора машинного зала	58
	5.2 Анализ выявленных вредных факторов	58
	5.2.1 Недостаточная освещенность	58
	5.2.2 Микроклимат	60
	5.2.3 Повышенный уровень шума на рабочем месте	61
	5.2.4 Электромагнитное излучение	62
	5.3 Анализ выявленных опасных факторов	63
	5.3.1 Опасность поражения электрическим током	63
	5.3.2 Пожарная опасность	64
	5.4 Охрана окружающей среды	65
	5.5 Защита в чрезвычайных ситуациях	66
	5.6 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	67

5.7 Заключение по разделу «Социальная ответственность»	67
Заключение	69
Список используемых источников литературы	70
Приложение А Электротехническая часть автоматической установки газового пожаротушения	75
Приложение Б План размещения СПС и СОУЭ	76
Приложение В Технологический модуль газового пожаротушения	77

Введение

Нефтегазовая отрасль играет первостепенную роль в экономике России, давая самую большую долю в валовом внутреннем продукте страны. Однако, в тоже время, она является наиболее пожаровзрывоопасной, что обусловлено как свойствами продуктов, с которыми она имеет дело (нефть, газ и продукты их переработки), так и с параметрами технологических процессов, в которых обращаются эти продукты (повышенное давление и температура). На предприятиях нефтегазовой отрасли имеет место высокая концентрация горючих газов, легковоспламеняющихся и горючих жидкостей, что создает потенциальную угрозу крупных (зачастую катастрофических) аварий с пожарами и взрывами. Поэтому обеспечение пожаровзрывобезопасности предприятий нефтегазовой отрасли является весьма актуальной проблемой.

Предприятия нефтегазовой отрасли характеризуются высокой вероятностью аварий с образованием горючих газопаровоздушных смесей, способных воспламеняться при воздействии на них источников зажигания. В качестве эффективных средств предотвращения разрушительных последствий промышленных взрывов, за которыми обычно следует не менее разрушительные пожары, следует рассматривать как предотвращение образования горючих газовых смесей, так и снижение вероятности воздействия на них источников зажигания. Важным комплексом мероприятий является также обеспечение пожарной безопасности.

На сегодняшний день вопросы по обеспечению промышленной безопасности стоят как никогда остро, что обусловлено объективными факторами: развитием новых технологий добычи, переработки и хранения газа, предполагающих использование многофункциональных технических решений с применением систем автоматики. Нефтегазовый комплекс России – один из максимально важных объектов экономики, включающий в себя предприятия газодобычи, и предприятий по транспортировке и продаже газа. Добыча газа в

Российской Федерации увеличивается год от года, эта отрасль одна из самых перспективных, обеспечивает большую часть прибыли в ВВП государства – задача гарантии ее максимальной безопасности – одна из стратегических задач страны.

Целью выпускной квалификационной работы является разработка автоматической установки газового пожаротушения в помещении терминала по хранению и отгрузке смеси пропана-бутана технического в районе г. Куйбышева, для достижения цели требуется решить следующие задачи:

1. Провести обзор литературы и нормативных источников по вопросам состояния проблем обеспечения промышленной и пожарной безопасности на газодобывающих предприятиях.

2. Дать характеристику объекта защиты терминала по хранению и отгрузке смеси пропана-бутана технического и оценить мероприятия объекта защиты по пожарной безопасности.

3. Рассчитать параметры модульной установки газового пожаротушения для машинного зала терминала по хранению и отгрузке смеси пропана-бутана технического.

1 Литературный обзор

1.1 Обеспечение пожарной безопасности на предприятиях нефтегазовой промышленности

Основной характеристикой нефтегазовых предприятий являются пожаровзрывоопасные продукты и сырье, что в сумме с высоким уровнем эксплуатации электроники и автоматики, создают угрозу образования техногенных катастроф и аварий, которые не происходят без пожаров и взрывов. К примеру, на среднестатистическом НПЗ мощностью до 10–15 млн тонн в год может быть размещено 300 – 500 000 тонн углеводородного топлива, что почти эквивалентно нескольким мегатонн тротила [1]. Глобальная энергетическая компания ПАО «Газпром», которая реализует проекты по добыче углеводородов на территориях с недостаточно развитой инфраструктурой (п-ов Ямал и Восточная Сибирь), на шельфе моря, разрабатывает новые пути их транспортировки и полностью осознает степень ответственность за обеспечение безопасности сотрудников, населения и окружающей среды, осваивая технологию производства СПГ (сжиженный природный газ). Главная угроза технологических процессов ПАО «Газпром» – взрыво- и пожароопасность веществ, которая находится в допустимом уровне риска из-за проектно-технических и организационных решений. На объектах общества «Газпром» разработаны и внедрены согласованные с МЧС России высокоэффективные автоматические системы пожаротушения, превосходящие старые в десятки раз по скорости срабатывания, при этом обеспечивающие тушение пожара, предотвращение повторного загорания, защиту соседнего оборудования; не наносящие ущерб при срабатывании и унифицированные на всех однотипных объектах отрасли, более надежные и простые в обслуживании. Российский и глобальный опыт бурения, использования и капитального ремонта скважин на газовых и нефтяных месторождениях, а также на подземных хранилищах газа доказывает, что максимально

действующим методом снижения аварийности является принятие превентивных мер по профилактике пожароопасности во время проведения всех работ [2].

Для обеспечения пожарной безопасности на нефтегазовых предприятиях (в т. ч. ПАО «Газпром») опираются на следующие основные документы: ФЗ «О пожарной безопасности», ГОСТ 12.1.004-91 «ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования», СП 12.13130.2009 «Свод правил. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности», СП 2.13130.2020 «Пожарная безопасность зданий и сооружений», СП 155.13130.2014 «Склады нефти и нефтепродуктов. Противопожарные нормы», СП 484.1311500.2020, НПБ 104-03 «Системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожарах в зданиях и сооружениях», Постановление Правительства РФ от 16 сентября 2020 года № 1479 Об утверждении Правил противопожарного режима в Российской Федерации и др. [3-10]

Основными товарными продуктами объекта являются очищенный от сероводорода газ, сжиженные углеводородные газы (СУГ), сера, моторные топлива. Для такого масштабного газохимического комплекса, безусловно, должна быть качественно обеспечена пожарная безопасность. [11]. Высокая степень пожарной опасности скважин, технологических объектов газоперерабатывающих предприятий и газового промысла обусловлена наличием большого количества обращающихся и хранящихся взрывопожароопасных веществ, находящихся в ряде случаев под большим давлением и высокой температурой в разнообразных технологических аппаратах и связанных в единую технологическую цепь разветвленной сетью трубопроводов, многочисленными фланцевыми соединениями и арматурой, нарушение герметичности которых может повлечь за собой утечку продукта и образование взрывоопасных смесей. Наиболее распространенными видами нарушения герметичности в аппаратах и их обвязке являются пробой прокладок фланцевых соединений и сальников задвижек, клапанов и другой

запорной арматуры. Преимущественно опасными источниками воспламенения являются топки нагревательных печей, подогреватели скважин и загорания в самих печах и подогревателях при утечке подогреваемого продукта. Помимо этого, источниками воспламенения взрывоопасных смесей могут послужить искры и открытое пламя при проведении сварочных и других огнеопасных работ, механических ударов, разряды статического и атмосферного электричества, нагретые части аппаратов. Пожары и взрывы на установках могут возникнуть из-за несоблюдения технологического регламента при эксплуатации насоснокомпрессорного оборудования, перегрева подшипников во вращающихся деталях и механизмах, разгерметизации технологических аппаратов вследствие несоблюдения регламентных параметров – температуры, давления и уровня. На предприятиях применяются также такие пожароопасные вещества как смазочные масла, активированный уголь и другие расходные материалы, которые являются горючими веществами [12-14].

На заводах нефтегазовой отрасли смонтированы системы пожаротушения и пожарной сигнализации. Установками пожарной автоматики оборудованы технологические насосные и компрессорные, резервуары с нефтепродуктами и стабильным конденсатом, материальные склады, ямы дегазации и хранения серы, аппаратные и машинные залы ЭВМ, кабельные этажи, галереи и шахты, административно-бытовые и складские помещения.

При проектировании и строительстве объектов газовой отрасли предусматриваются и реализуются мероприятия, препятствующие распространению пожара и разрушению зданий, сооружений и оборудования, по времени сопротивляемости основных конструкций здания воздействию опасных факторов пожара здания технологических установок относятся ко второй степени огнестойкости. Для предотвращения разрушения зданий в случае взрыва в качестве легкобрасываемых ограждающих конструкций используются оконные проемы и участки покрытий кровли. В проемах помещений категории «А» (помещения, в которых находятся (обращаются) горючие газы, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки не

более 28 °С в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные парогазовоздушные смеси) установлены двери и ворота во взрывобезопасном исполнении. Если в одном здании расположено несколько помещений различной категории по взрывопожарной и пожарной опасности, данные помещения разделяются противопожарными стенами, перегородками и перекрытиями с нормируемыми пределами огнестойкости.

Места прохода коммуникаций через ограждающие противопожарные конструкции – стены, перегородки и перекрытия герметизируются огнестойким составом. В воздуховодах приточной вентиляции в местах пересечения противопожарных стен устанавливаются обратные и противопожарные (огнезадерживающие) клапаны.

По периметру площадок и этажерок с оборудованием, содержащим ЛВЖ, ГЖ и СУГ, выполняется сплошное ограждение для исключения распространения возможного разлива высотой 15 см. Между «линиями и сооружениями» и технологическими установками выполняются противопожарные разрывы согласно СП 18.13330.2011 «Генеральные планы промышленных предприятий. Актуализированная редакция СНиП II-89-80» и ВУПП-88 «Ведомственные указания по противопожарному проектированию предприятий, зданий и сооружений нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности», для предотвращения распространения пожара по сетям канализации, содержащим промышленные стоки, в колодцах на выходе с установок и через каждые 400 м на магистральных участках предусматриваются колодцы с гидрозатворами.

По периметру резервуаров с нефтепродуктами, СУГ выполнены обвалования, объем обвалования соответствует объему наибольшего резервуара находящегося внутри каре [15].

Объекты газового промысла – скважины и площадки УППГ обеспечиваются электроснабжением по I категории. Электроприемники I категории должны обеспечиваться электроэнергией от двух независимых взаимно резервирующих источников питания, и перерыв их электроснабжения

при нарушении электроснабжения от одного из источников питания может быть допущен лишь на время автоматического восстановления питания. Для электроснабжения особой группы электроприемников I категории должно предусматриваться дополнительное питание от третьего независимого взаимно резервирующего источника питания [16].

1.2 Анализ мероприятий по повышению эффективности пожарной безопасности на предприятиях нефтегазовой отрасли

Характерной особенностью систем пожарной безопасности нефтегазового комплекса является необходимость борьбы с угрозами возникновения пожаров не только на территории открытых технологических установок, производственных, административных и других зданий, но и на магистральном газопроводе вследствие аварийных и технологических выбросов пожароопасных веществ в атмосферу. ОАО «Востокгазпром» постоянно проводит работу по совершенствованию защиты пожароопасных объектов, внедрению на них современных установок пожаротушения, сигнализации и осуществлению единой технической политике на основе новейших научно-технических достижений, обеспечивая противопожарную защиту объектов газовой отрасли [17].

По данным статистики в России за последние пять лет на объектах транспорта газа в среднем ежегодно возникают пожары, в которых погибает 2-3 человека и наносится значительный материальный ущерб – около 20 миллионов рублей в год. Статистика пожаров на нефте- и газопроводах в России представлена на рисунке 1[18].

Учитывая важное значение газопроводов в нашей стране, и характера производственной деятельности предприятия функция осуществления контроля за их эксплуатацией и организация высокого уровня пожарной безопасности в соответствии с нормативными актами в области пожарной безопасности Российской Федерации является важнейшей для линейно-производственного

управления магистральных газопроводов.



Рисунок 1 – Статистика пожаров за 2017 – 2020 гг в России

Основными причинами пожаров на предприятиях являются:

- нарушение пожарных норм и правил технологических процессов производства;
- неправильное оборудования систем отопления, вентиляции, электрооборудования;
- нарушение норм и правил хранения пожароопасных несовместимых материалов;
- нарушение правил пользования электрооборудованием;
- невыполнение противопожарных мероприятий по оборудованию пожарного водоснабжения, устройству пожарной сигнализации, обеспечении первичными средствами пожаротушения;
- использование открытого огня факелов, паяльных ламп, курение в запрещенных местах;
- плохое знание персоналом противопожарного инструктажа;
- неосторожное обращение с огнем.

Основными функциями комплекса противопожарной защиты на предприятиях является:

- предупреждение;

- обнаружение;
- оповещение;
- тушение;
- ликвидация последствий.

В целом же система противопожарной защиты включает в себя следующие составляющие:

- пункт контроля и управления, который находится в диспетчерском пункте;
- автоматическая установка пожарной сигнализации и система оповещений о пожаре;
- системы пожаротушения разных видов.

Пункт контроля и управления обеспечивает контроль и управление всеми системами комплекса оповещения, автоматических сигнализаций и пожаротушения. Пункт оснащается системой телемеханики для мониторинга всех помещений предприятия. В число предупредительных мероприятий включаются мероприятия, направленные на устранение причин, которые могут вызвать пожар (взрыв), на ограничение (локализацию) распространения пожаров, создание условий для эвакуации людей и имущества при пожаре, своевременное обнаружение пожара и оповещение о нем, тушение пожара, поддержание сил ликвидации пожаров в постоянной готовности. Соблюдение технологических режимов производства, содержание оборудования, особенно энергетических сетей, в исправном состоянии позволяет, в большинстве случаев, исключить причину возгорания.

Своевременное обнаружение пожара достигается оснащением производственных и бытовых помещений системами автоматической пожарной сигнализации или, в отдельных случаях, с помощью организационных мер. Первоначальное тушение пожара (до прибытия вызванных сил) успешно проводится на тех объектах, которые оснащены автоматическими установками тушения пожара. Спасение персонала производственных объектов при пожаре будет наиболее успешным, если время прибытия АСФ и ликвидация пожара

будут минимальными. Это достигается регулярным проведением занятий и тренировок, максимально приближенных к реальным условиям. [19]

Автоматическая система пожарной сигнализации и система оповещения о пожаре интегрирована с общей системой охраны и голосового оповещения [20]. Противопожарное водоснабжение обеспечивается системой противопожарного водопровода, который объединяется с хозяйственно-питьевым производственным водопроводом. Водопроводные сети кольцевые. Забор воды из подземной водопроводной сети для наружного тушения пожара осуществляется через пожарные гидранты, установленные в колодцах. Указатели гидранта выполняются со световым или флуоресцентным нанесением буквенного индекса ПГ, с цифровыми значениями расстояния в метрах от указателя до гидранта и внутреннего диаметра трубопровода в миллиметрах. Необходимость устройства внутреннего противопожарного водопровода в зданиях и помещениях, а также расходы воды на пожаротушение определяются в зависимости от их назначения, объема и высоты. Забор воды из внутреннего трубопровода для тушения пожара в здании осуществляется через пожарные краны. [21]

Одним из важных условий предотвращения пожара является бдительное слежение за опасными объектами предприятия, выполнение противопожарных правил и инструкций. Не менее важна противопожарная профилактика – комплекс организационных и технических мероприятий по предупреждению, локализации и ликвидации пожаров, а также по обеспечению безопасной эвакуации людей и материальных ценностей в случае пожара. Противопожарная профилактика в зданиях и на территории предприятия обеспечивается: правильным выбором степени огнестойкости объекта и пределов огнестойкости отделочных элементов и конструкций, ограничением распространения огня в случае возникновения очага пожара; применением систем противодымной защиты; безопасной эвакуацией людей; применением средств пожарной сигнализации, извещения и пожаротушения; организацией пожарной охраны. Основной спецификой нефтегазовой отрасли являются

большая вероятность возникновения пожаров на ее объектах, а также значительная скорость распространения пожара по территории нефтегазодобывающего предприятия. Концентрация огромных количеств пожаровзрывоопасных веществ обуславливает возможность крупных пожаров.

1.3 Анализ автоматических установок пожаротушения

Современное развитие техники характеризуется ростом автоматизации, внедрение новых технологических процессов, протекающих при высоких температурах, давлениях, что ведёт к повышению пожарной опасности. В связи с этим применение систем автоматического обнаружения и тушение пожаров, является одним из условий обеспечения безопасности. В настоящее время большое внимание при проектировании зданий и сооружений уделяется выбору автоматической системы пожаротушения, которая во многом зависит от выбора наиболее экономичной и технически эффективной системы. При выборе автоматических систем пожаротушения обращают внимание на такие характеристики системы, как применяемое огнетушащее вещество, способ его применения и принцип действия. Так же немаловажным фактором является стоимость той либо иной системы. Оптимальный выбор достигается в результате логического обоснования и экономического расчета, который следует произвести для всех автоматических систем пожаротушения, пригодных для применения на защищаемом объекте.

В целях недопущения факта гибели людей большое значение имеет ликвидация очага пожара на раннем этапе. В этих целях используются автоматические системы пожаротушения (АУП). Однако учитывая достаточно большой перечень данных систем на рынке, при их выборе представляется целесообразным учитывать цели применения АУП и конкретные особенности, как АУП, так и самого объекта. Автоматические средства пожаротушения рассчитаны на подачу огнетушащего вещества в случае возникновения пожара независимо от того, находятся в помещении люди или отсутствуют. В

таблице 1 представлен анализ существующих систем автоматического пожаротушения.

Таблица 1 – Сравнительный анализ систем пожаротушения

Система пожаротушения	Преимущества	Недостатки
Дренчерная	высокая эффективность локализации пламени; низкая цена и доступность оборудования; простота установки и дальнейшего обслуживания; возможность одновременной обработки больших площадей; создание барьера для распространения продуктов горения – дым, гарь, сажа, тепло, вредные вещества; возможность распыления тушащего вещества как в горизонтальной, так и вертикальной плоскости.	высокий расход тушащей пены или воды; высокая скорость распыляемого потока, что во многих случаях вызывает повреждения помещений.
Спринклерная	простота монтажа оборудования и его последующего обслуживания; низкая цена установок; высокие показатели эффективности тушения очагов возгорания разного уровня сложности; возможность применения в помещениях и объектах различного предназначения; быстрота установки.	ограничение использования по температурному режиму – при отрицательных температурах заполнение водой трубопроводов исключается; использование большого количества воды для тушения пожара; после срабатывания устройства необходимо выполнять его перезарядку; система может не сработать при появлении задымления,
Водяные	доступность и дешевизна; высокая скрытая теплота испарения; подвижность; химическая нейтральность.	сравнительно высокая температура замерзания; высокая коррозионная активность в отношении металлов; ограничение по применению при тушении некоторых веществ.

Продолжение таблицы 1

Пенные	значительно сокращается расход воды; имеет более высокую смачивающую способность, чем вода; не требует одновременного перекрытия всей площади горения	повышенная коррозионная активность; повышенный расход при тушении вертикальных поверхностей; относительно высокая температура замерзания
Газовые	отсутствие ущерба при их взаимодействии с веществами и материалами при тушении и в случае возникновения ложных срабатываний.	опасность для жизни и здоровья людей; обеспечения подачи требуемого количества газа за нормативное время, наличие большого запаса огнетушащих веществ; дороговизна; избыточное давление в системе.
Порошковые	возможность тушения электроустановок под напряжением, - невысокая стоимость, безопасность для человека.	недостатком огнетушащих порошков является их гигроскопичность, приводящая к слеживаемости и комкованию.
Аэрозольные	экологическая безопасность; отсутствие рабочего давления в корпусе АУП до момента приведения ее в действие; простота эксплуатации.	высокая температура огнетушащего аэрозоля при работе установки (до 400° С); работа аэрозольных АУП сопровождается потерей видимости.

Стационарные установки автоматического пожаротушения являются одними из наиболее эффективных средств первичного обнаружения, локализации и ликвидации очага возгорания [22].

В соответствии с требованиями нормативов и законодательных актов, в частности Федерального закона №123, а также «СП 485.1311500.2020. Свод правил. Системы противопожарной защиты. Установки пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования» установлен перечень зданий и сооружений, использование стационарных средств пожаротушения являются обязательными [23,24].

В заключение отметим, что, согласно нормативной документации, тип установки пожаротушения, способ тушения и огнетушащее вещество для каждого конкретного объекта определяется лицензированной организацией-проектировщиком с учетом пожарной опасности и физико-химических свойств производимых, хранимых и применяемых веществ и материалов, а также особенностей защищаемого оборудования и строительных конструкций.

2 Объект и методы исследования

2.1 Описание и характеристика объекта

Терминал по хранению и отгрузке смеси пропан-бутана технического (СПБТ) в районе г. Куйбышева предназначен для приема СПБТ из магистрального продуктопровода, хранения в резервуарном парке и отгрузки в автомобильный и железнодорожный транспорт. Терминал по хранению и отгрузке СПБТ представляет собой комплекс сооружений и устройств, предназначенных для приема, хранения, налива СПБТ в автомобильные и железнодорожные цистерны.

Терминалы регионального масштаба позволяют принимать и хранить сжиженный газ в больших объемах, и надежно обеспечивать высокую производительность и его дальнейшее распространение к конечным потребителям. В состав терминала входят следующие технологические узлы:

- железнодорожная эстакада для слива газа из ж/д цистерн – пункт приема сжиженного газа;
- компрессорный участок – для перекачивания пропан-бутана из цистерны в резервуары для хранения;
- резервуарный парк для хранения пропан-бутана – ёмкости хранения СУГ;
- насосный парк для бесперебойного снабжения технологических участков;
- контрольно-счетные установки для учета перемещаемого пропан-бутана, как внутри станции, так и учет при продаже, среди них есть как объемные, так и массовые расходомеры.
- заправка автомобилей-газовозов;
- высокопроизводительный участок заправки бытовых баллонов;
- весовые станции, для учета и контроля движения продукта.

Услуги, выполняемые данным производством, следующие:

- прием продукции от Мыльджинского ГКМ и Казанского ГКМ по магистральному трубопроводу Ду200 с давлением $P=1,7$ МПа,
- хранение отгружаемой продукции,
- одоризация отгружаемой продукции;
- отгрузка смеси пропана-бутана технического в автоцистерны (первый этап),
- отгрузка смеси пропана-бутана технического в ж.-д. цистерны (второй этап),
- коммерческое взвешивание отгруженной продукции.

Оборудование Терминала по хранению и отгрузке СПБТ предусматривает работу со смесью пропан-бутана технического по ГОСТ 20448- 90. Основной особенностью сжиженных углеводородных газов является то, что они хранятся и транспортируются в жидком, а используются в газообразном состоянии. При обычных условиях углеводородные газы находятся в газообразном состоянии, а при незначительном повышении давления без изменения температуры превращаются в жидкость. Обычными условиями следует считать атмосферные давление и температуру.

2.2 Краткая климатическая характеристика объекта

Терминал расположен в 3 км по прямой на юг от районного центра – г. Куйбышев, коммуникации (трассы водовода и канализации) подходят непосредственно к юго-западной части города. Областной центр – г. Новосибирск – расположен в 304 км на восток от объекта. Передвижение до объекта осуществляется по асфальтированным дорогам, ближайшая железнодорожная станция расположена в г. Барабинск – в 3 км по прямой на юг. Согласно СП 131.13330.2012 данная территория относится к подрайону IV, который характеризуется суровыми условиями. Климатические условия для района согласно действующим нормативным документам приведены в таблице 2. Снежный покров. Максимальная декадная высота снежного покрова

составляет 93 см, минимальная – 25 см, средняя – 44 см. Наибольшей высоты за зиму снежный покров достигает в первой половине марта. Максимальная плотность снежного покрова при его наибольшей декадной высоте составляет 280 кг/м³, минимальная 150 кг/м³. Период со снежным покровом в среднем составляет 156 дней.

Таблица 2 – Климатические условия территории объекта

Характеристика	Значение
Абсолютный минимум температуры воздуха, °С	Минус 48
Абсолютный максимум температуры воздуха, °С	Плюс 36
Нормативное значение веса снежного покрова, кПа	2,4
Нормативное значение ветрового давления, кПа	0,38
Нормативное значение толщины стенки гололеда, мм	10
Среднегодовая продолжительность гроз, ч	40-60
Дорожно-климатическая зона	Ш ₁

2.3 Сведения о потребности объекта в воде

Источником хозяйственно-питьевого и производственного водоснабжения терминала являются существующие сети водопровода с. Нагорное. Точка подключения – существующий водопроводный колодец ВК39 на улице Трудовая, с. Нагорное. Для подачи питьевой воды на площадку терминала с достаточным напором, на расстоянии 43,2 метра от точки подключения предусматривается устройство повысительной насосной станции водоснабжения. Система хозяйственно-питьевого и производственного водоснабжения предусмотрена в составе:

- насосная станция водоснабжения (с. Нагорное у точки врезки в существующую сеть);
- внеплощадочные сети водоснабжения (до площадки терминала);
- емкости питьевой воды $V = 25 \text{ м}^3$;
- насосная группа подачи воды потребителю;
- система внутривозвездных сетей и сооружений.

Источником противопожарного водоснабжения терминала является оз. Большие Кайлы, расположенное севернее площадки терминала на расстоянии

около 500 м. Вода из оз. Большие Кайлы от затопленного водоприемника по самотечным трубопроводам поступает в приемную камеру насосной станции водозабора, откуда погружными насосами подается на заполнение резервуаров противопожарного запаса воды объемом 700 м^3 каждый. Производительности водозабора достаточно для обеспечения расходов воды на противопожарное водоснабжение существующих объектов.

Система противопожарного водоснабжения терминала предусмотрена в составе: затопленный водоприемник; насосная станция водозабора; резервуары противопожарного запаса воды – $2 \times 700\text{ м}^3$, насосная станция пожаротушения, кольцевой противопожарный водопровод; система охлаждения железнодорожных цистерн и конструкций; система автоматического орошения наземных резервуаров СПБТ. Общий расход воды на противопожарную защиту и пожаротушение составляет 58,8 л/с.

2.4 Сведения о потребности объекта в электрической энергии

Основным и резервным источниками электроснабжения объекта приняты I и II секции шин 10 кВ (СШ-10 кВ) существующей ПС 110 кВ Куйбышевская, входящей в зону эксплуатационной ответственности АО «Региональные Электрические Сети» (АО «РЭС»). Для обеспечения электроснабжения площадки проектируемого терминала сетевой организацией выполняется строительство входящих в объем работ АО «РЭС»:

- ЛЭП-10 кВ от I СШ-10 кВ ПС 110 кВ Куйбышевская до границы раздела балансовой принадлежности электрических сетей в районе площадки терминала;

- ЛЭП-10 кВ от II СШ-10 кВ ПС 110 кВ Куйбышевская до до границы раздела балансовой принадлежности электрических сетей в районе площадки терминала.

2.5 Обеспечение пожарной безопасности объекта

Основным недостатком терминалов является их повышенная взрывопожароопасность, что связано с наличием большого количества и специфическими свойствами пропанобутановых смесей, а также определяется наличием оборудования, в котором обращаются СУГ. Строгое соблюдение норм пожарной безопасности подобных объектов выходит на новый профессиональный уровень. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности [25] устанавливает основные требования пожарной безопасности к объектам защиты. Тем не менее, не смотря на соблюдение требований пожарной безопасности, в случае аварийных ситуаций, связанных с пожаром или взрывом, они представляют большую угрозу для жизни людей, оказавшихся в зоне воздействия опасных факторов.

Обеспечить пожарную безопасность терминалов можно только при комплексном подходе и оценке пожарной опасности объекта защиты, способов ее снижения с учетом всех связанных с пожаром основных процессов, начиная со стадии нормальной эксплуатации до конечных результатов развивающегося или подавляемого пожара.

Факторы, способствующие возникновению и развитию аварий при хранении СУГ [26, 27]:

- Наличие на объекте большого количества СУГ создает опасность аварийного выброса большого количества опасного вещества при аварийной разгерметизации резервуара, образованию газо-воздушных смесей с кислородом воздуха, а при наличии источников зажигания – взрыву или горению облака ГВС, факельному горению, пожару проливов, образованию огненного шара. Причиной аварии могут служить отказы трубопроводов, арматуры, разъемных соединений, разгерметизация резервуаров из-за ошибок при проектировании, дефектов изготовления, механических повреждений, коррозии, нагрева, размораживания и т.п.

- Хранение СУГ под давлением создает дополнительную опасность разгерметизации от превышения давления и увеличения масштабов распределение осколков в пространстве при взрыве. Причиной аварии могут служить отказы компрессорного и насосного оборудования из-за низкого уровня надежности отдельных узлов (торцевых уплотнений, подшипниковых узлов), гидроударов, повышенных вибрационных нагрузок и т.п.

В соответствии со статьей 5 Федерального закона № 123-ФЗ [23] объект должен быть защищен и иметь систему обеспечения пожарной безопасности. Целью создания системы обеспечения пожарной безопасности объекта защиты является предотвращение пожара, обеспечение безопасности людей и защита имущества при пожаре. Система обеспечения пожарной безопасности терминала включает в себя систему предотвращения пожара, систему противопожарной защиты, комплекс организационно-технических мероприятий по обеспечению пожарной безопасности.

Система предотвращения пожара. В соответствии со статьей 48 Федерального закона № 123-ФЗ [23] целью создания систем предотвращения пожаров является исключение условий возникновения пожаров. Исключение условий возникновения пожаров достигается исключением условий образования в горючей среде (или внесения в нее) источников зажигания.

Система противопожарной защиты. В соответствии со статьей 52 Федерального закона № 123-ФЗ [23] защита людей и имущества от воздействия опасных факторов пожара и (или) ограничение последствий их воздействия обеспечиваются: устройствами систем обнаружения пожара (установок и систем пожарной сигнализации), оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре, а также создание систем противодымной защиты людей от воздействия опасных факторов пожара.

Оснащение всех помещений и наружных установок первичными средствами пожаротушения, а также автоматическими системами пожаротушения [28].

К организационным мероприятиям на объекте относятся: организация

пожарной охраны; разработка и реализация норм и правил пожарной безопасности, инструктажей о порядке обращения с пожароопасными веществами и материалами, о соблюдении противопожарного режима и действиях при пожарах; организация и обучение работающих правилам пожарной безопасности на производстве; разработка мероприятий по действиям администрации, рабочих и служащих на случай возникновения пожара и организации эвакуации людей.

Вывод – так как это вводимый в эксплуатацию объект, то необходимо предусмотреть все требования по обеспечению пожарной безопасности. В следующей главе будет предложен проект СОУЭ, пожарной сигнализации и газового пожаротушения для машинного зала терминала по хранению и отгрузке смеси пропан-бутана технического (СПБТ) в районе г. Куйбышева.

3 Расчет автоматической установки газового пожаротушения в машинном зале

3.1 Основные характеристики защищаемого помещения

Противопожарной защите автоматической установкой газового пожаротушения подлежит помещение машинного зала.

Основные геометрические характеристики помещения машинного зала, защищаемой автоматической модульной установкой газовой пожаротушения, приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Характеристики помещения машинного зала

№ п/п	Наименование защищаемых помещений	Занимаемая площадь, м ²	Высота, м	Защищаемый объем, м ³
1	Машинный зал	53,36	4,8	256,12

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 машинного зала, 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 насадок. 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:

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

Извещатели пожарные дымовые «ИП212-45» устанавливаются 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) [8]. Извещатели пожарные ручные «ИПР-ЭСУМ» устанавливаются на стене у эвакуационных выходов на высоте 1,5 м от уровня пола. Пожарные извещатели следует устанавливать на расстоянии не менее 1-го 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 машинного зала 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 представлен в приложении Б.

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.

3.2 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 [24] исходные данные представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Исходные данные для расчета

Площадь защищаемого помещения	$S_p = 53,36\text{м}^2$
Высота помещения над полом	$h = 4,8\text{м}$
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	$F_n = 2,2\text{м}^2$
Параметр П, учитывающий расположение проемов по высоте помещения	$p_{\text{арамп}} = 0,4$
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	$C_n = 7,2\%(\text{об})$
Тип модуля газового пожаротушения	МПХ(55-227-50)
Коэффициент загрузки баллона модуля, кг/л	$k_z = 1,1$

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

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, м^3 ;

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

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

C_n – 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:

$$p_1 = p_0 \cdot \frac{T_0}{T_m} \cdot K_3 \quad (2)$$

Где p_0 – плотность паров газового огнетушащего вещества при температуре $T_0 = 293$ К (20 °С) и атмосферном давлении $101,3$ кПа, кг/м^3 ;

T_m – минимальная температура воздуха в защищаемом помещении, К;

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

$$p_1 = 7,28 \cdot \frac{293}{293} \cdot 1 = 7,28 \text{ кг/м}^3$$

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 Π – параметр, учитывающий расположение проемов по высоте защищаемого помещения, $\text{м}^{0,5} \cdot \text{с}^{-1}$;

δ – параметр негерметичности помещения, м^{-1} ;

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

h – высота помещения над полом, м.

$$K_2 = 0,4 \cdot 0,0085 \cdot 10 \cdot \sqrt{4,8} = 0,074$$

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^2 ;

$$\delta = \frac{2,2}{256,12} = 0,0085 \text{ м}^{-1}$$

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

$$M_p = 256,12 \cdot 7,28 \cdot (1 + 0,074) \cdot \frac{7,2}{100 - 7,2} = 154,19 \text{ кг}$$

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

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

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;

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

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

n – количество модулей, шт.

Масса остатка ГОТВ в трубопроводах определяется по формуле 6:

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

где $V_{тр}$ – суммарный объем трубопроводной разводки и объем сосудов (баллонов), из которых подается ГОТВ, м³;

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

$$M_{тр} = 27,32 \cdot 36,4 / 1000 = 0,994 \text{ кг}$$

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

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

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

P_a – атмосферное давление (0,1 МПа).

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

Масса остатка ГОТВ в модулях установки рассчитывается по формуле 8:

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

где V – вместимость баллона, м³.

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

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:

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

$$n = \frac{154,19}{227 \cdot 1,1} = 0,61 \approx 1 \text{ шт}$$

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

$$M_r = 1,05 \cdot (154,19 + 0,994 + 1,6 \cdot 1) = 164,33 \text{ кг}$$

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:

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

$$M_{pv} = (164,33/1,05) - 0,994 - 1,6 \cdot 1 = 154,21 \text{ кг}$$

Поскольку это значение не меньше нормативного значения $M_p = 154,19$ кг, нормативное тушение пожара в защищаемом помещении обеспечивается.

3.3 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 5.

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

Общий защищаемый объем, м ³	S _p = 256,12
Расчетная масса огнетушащего газа в модулях, кг	164,33
Количество модулей газового пожаротушения, шт	1
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_{сн} определяется по формуле 11:

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

где F_{сн} – суммарная площадь проходных сечений насадков АУГПТ, м²;

J – приведенный расход газового состава, кг/м²·с, для Хладона 227еа J=12000 кг/м²·с;

μ – коэффициент расхода насадков, μ=0,6;

$$F_{сн} = \frac{154,19}{12000 \cdot 0,6 \cdot 10} = 0,00214 \text{ м}^2$$

Общее количество насадков на установке рассчитывается по формуле 12:

$$N = \frac{F_{сн}}{F_n} \quad (12)$$

где F_n – площадь поперечного сечения одного насадка, м².

$$N = \frac{0,00214}{0,0008} = 2,6 \approx 3 \text{ шт}$$

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

$$F_p = A_p \cdot F_n \cdot N \quad (13)$$

Где F_p – площадь поперечного сечения ряда, на котором установлены насадки, m^2 ;

A_p – коэффициент, принимаемый равным от 1,1 до 1,25.

$$F_p = 1,25 \cdot 0,0008 \cdot 3 = 0,003 \text{ м}^2$$

Площадь магистрального трубопровода рассчитывается по формуле 14:

$$F_m = A_m \cdot \sum F_p \quad (14)$$

где F_m – площадь магистрального трубопровода, m^2 ;

A_m – коэффициент, принимаемый равным от 1,0 до 1,1.

$\sum F_p$ – суммарная площадь поперечного сечения всех распределительных трубопроводов (рядков) в установке, m^2 .

$$F_m = 1,1 \cdot 0,003 = 0,0033 \text{ м}^2$$

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.

$$D_m = \left(\frac{4 \cdot 0,0033}{3,14} \right)^{0,5} = 0,0648 \text{ м}$$

$$D_p = \left(\frac{4 \cdot 0,003}{3,14} \right)^{0,5} = 0,0618 \text{ м}$$

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_{Σ} – 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:

$$G_{\Sigma} = 12000 \cdot 0,6 \cdot 0,00214 = 15,4 \text{ кг/с}$$

Таким образом, расчетное время подачи огнетушащего газа равно:

$$t_{\text{расч}} = \frac{154,19}{15,4} \approx 10,01 \text{ с}$$

В таблице 6 представлены результаты расчета трубопровода для монтажа автоматической установки газового пожаротушения.

Таблица 6 – Результаты расчета трубопровода

Номер участка	Труба участка		
	Обозначение по ГОСТ 8734- 75	Длина, м	Объем трубы, л
1	50x2,8	3	5,24
2	50x2,8	2,5	4,37
3	50x2,8	10	17,48
4	20x2,8	0,75	0,23

Таким образом, суммарный объем труб $V_{\text{тр}}$ равен 27,32 л. Технологический модуль пожаротушения с указанием номеров участков приведен в приложении В.

3.4 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 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, м²;

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/м³;

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, м².

$$F_c \geq \frac{1,2 \cdot 1 \cdot 154,19}{0,7 \cdot 1,05 \cdot 10 \cdot 7,28} \cdot \sqrt{\frac{1,2}{7 \cdot 10^6 \cdot 0,1 \cdot \left[\left(\frac{0,003 + 0,1}{0,1} \right)^{0,2857} - 1 \right]}} - 0,09 = -0,071 \text{ м}^2$$

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

Расчет времени эвакуации людей из защищаемого помещения. Время эвакуации людей из защищаемого помещения определяется по ГОСТ 12.1.004 - 91. 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, $L=11,4$ м;

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

$$t = \frac{11,4}{100} = 0,11 \text{ мин} = 6,6 \text{ с}$$

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 [29, 24].

Вывод: в результате расчета параметров модульной установки газового пожаротушения для помещения машинного зала было получено, что необходимо 1 модуль типа МПХ (55-227-50) вместимостью $V=227$ л/с с ГОТВ Хладон 227еа, три насадки-распылителей типа РГС-360-1/2В-50. Исходя из гидравлического расчета суммарный объем труб $V_{\text{тр}}$ равен 27,32 л.

Рассмотрим пример расчёта ущерба от возможной ЧС, которая может произойти на терминале по хранению и отгрузке смеси пропан-бутана технического (СПБТ) в районе г. Куйбышева Новосибирской области. Возникновение аварии связано с нарушением правил хранения огнеопасных веществ, 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) [30].

4.1 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):

$$Y_{\text{пр}} = C_{\text{ОПФ}} + C_{\text{ОС}}, \text{руб.} \quad (21)$$

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^2 ;

$F_{\text{о}}$ – площадь объекта, м^2 .

$$G_{\text{ТО}} = \frac{115}{320} = 0,359$$

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):

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

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

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

$$C_{то.ост.} = 2 \cdot 2565600 \cdot \left(1 - \frac{0,2 \cdot 5}{100}\right) = 5079888 \text{ руб.}$$

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

$$C_{то} = 0,359 \cdot 5079888 = 1823679 \text{ руб.}$$

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).

$$G_{кэс} = \frac{F_{п}}{F_{о}} = \frac{115}{320} = 0,359 \quad (28)$$

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

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

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.;

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

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

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

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

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

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

$$C_{кэс.ост.} = 3 \cdot 156000 \cdot \left(1 - \frac{0,2 \cdot 5}{100}\right) = 463320 \text{ руб.}$$

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

$$C_{кэс} = 0,359 \cdot 463320 = 166332 \text{ руб.}$$

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

$$C_з = \sum G_з \cdot C_{з.ост.}, \text{ руб} \quad (31)$$

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

$C_{з.ост.}$ – остаточная стоимость производственного помещения, руб.

Остаточная стоимость производственного помещения рассчитывается по формуле (32):

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

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

$H_{a.з}$ – норма амортизации производственного помещения, %;

$T_{з.ф.}$ – фактический срок эксплуатации производственного помещения,

год.

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

$$C_{з.ост.} = 30000000 \cdot \left(1 - \frac{0,2 \cdot 5}{100}\right) = 29700000 \text{ руб.}$$

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

$$C_з = 0,359 \cdot 29700000 = 10662300 \text{ руб.}$$

По формуле (23) находим ущерб основных производственных фондов.

$$C_{\text{опф}} = Y_{\text{пр}} = 1823679 + 166332 + 10662300 = 12652311 \text{руб.}$$

4.2 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 $C_{\text{лчс}}$ – 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 ($Z_{\text{а}}$).

4.2.1 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:

$$Z_{\text{Псут}} = \sum (Z_{\text{Псут } i} \cdot Ч_i), \quad (34)$$

- 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: 14 человек из них 6 человека выполняют тяжелую работу (звено ГДЗС), а остальные 8 человек – работу средней и легкой тяжести. Затраты на питание личного состава формирований, выполняющих работы различной степени тяжести приведены в таблице 7. 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» [31].

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

$$Z_{\text{п.}} = (220 \cdot 6 + 154 \cdot 8) \cdot 1 = 2552 \text{ руб}$$

Общие затраты на обеспечение питанием спасательных формирований

составят $Z_{п.} = 2552$ руб.

Таблица 7 – 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	47,5
Мясо	80	40	100	50
Рыба	40	6	60	9
Жиры	40	19	50	24
Сахар	60	5	70	6
Картофель	400	14	500	17,5
Овощи	150	5	180	6
Соль	25	1	30	1
Чай	1,5	2	2	2
Итого:	-	154	-	220

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 8.

Таблица 8 – 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 (4) составят:

$$Z_{\text{фзп.}} = \Sigma Z_{\text{фзп}i} = 16023,6 + 2000 = 18023,6 \text{ руб.}$$

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

$$Z_{\text{фзп.}} = 18023,6 \text{ руб.}$$

Затраты на оплату труда участников ликвидации последствий ЧС, связанных с лесным пожаром согласно обзору статистики зарплат, в Кемеровской области, представлены в таблице 9.

Таблица 9 – 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	40060	12	1335,3	16023,6
Водители различных т/с	30000	2	1000	2000
Итого:				18023,6

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 10 приведен перечень используемых транспортных средств и нормы расхода горюче-смазочных материалов техники.

Таблица 10 – 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:

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

На обеспечение техники горюче-смазочными материалами потребуется:

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

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):

$$Z_a = [(N_a \cdot C_{\text{ст}} / 100) / 360] \cdot D_n, \quad (38)$$

- где N_a – годовая норма амортизации данного вида ОПФ, %;

- $C_{\text{ст}}$ – стоимость ОПФ, руб.;

- D_n – количество отработанных дней.

Расчет величины амортизационных отчислений для используемой техники представлен в таблице 11.

Таблица 11 – Расчет величины амортизационных отчислений для используемой техники

Наименование использованной техники	Стоимость, руб.	Кол-во, ед.	Кол-во отработ. 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:

$$P_l = Z_{\text{п}} + Z_{\text{фзп}} + Z_{\text{гсм}} + Z_a \quad (39)$$

$$P_l = 2552 + 18023,6 + 11092,5 + 2080 = 33748,1 \text{ руб.}$$

4.2.2 Расходы на расследование причин пожара

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

$$P_{\text{ПП}} = 10124,43 \text{ руб.}$$

Таким образом затраты на ликвидацию последствий пожара составят:

$$P_{\text{л}} = P_{\text{л}} + P_{\text{р}} \quad (40)$$

По формуле (40) рассчитываем:

$$P_{\text{л}} = 33748,1 + 10124,43 = 43872,53 \text{ руб.}$$

4.2.3 Расходы на восстановление производственного помещения

Вследствие пожара закоптится покрытие пола на общей площади 115 м^2 , и пострадают электрощиты в количестве 3 шт., а 55 м. п. электропровода подлежит замене, следовательно,

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

где $C_{\text{в/э}}$ – затраты, связанные с монтажом электропроводки;

$C_{\text{в/щ}}$ – затраты, связанные с монтажом электрощитов;

$C_{\text{в/п}}$ – затраты, по замене кафельной плитки.

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

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

где $C_э$ – стоимость электропроводки, 85 руб./м. п.;

$V_э$ – объём работ, необходимый по замене электропроводки, 55 м. п.;

$R_э$ – расценка за выполнение работ по замене электропроводки 100 руб./м.

$$C_{в/э} = (85 \cdot 55) + (55 \cdot 100) = 10175 \text{ руб.}$$

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

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

где $C_{щ}$ – стоимость одного электрощита, 156000 руб./шт.;

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

$R_{щ}$ – расценка за выполнение работ по замене электрощита 1600 руб./шт.

$$C_{в/щ} = (156000 \cdot 3) + (3 \cdot 1600) = 472800 \text{ руб.}$$

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

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

где $C_п$ – стоимость материальных ресурсов, необходимых для проведения работ, 1700 руб./м²;

$V_п$ – объём работ по замене покрытия, 115 м²;

$R_п$ – расценка по замене 1 м² покрытия, 750 руб./м².

$$C_{в/п} = (1700 \cdot 115) + (115 \cdot 750) = 281750 \text{ руб.}$$

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

$$C_в = 10175 + 472800 + 281750 = 764725 \text{ руб.}$$

Сумму косвенного ущерба равна:

$$У_к = 43872,53 + 764725 = 808597,53 \text{ руб.}$$

4.3 Оценка полного ущерба

В итоге произведем расчёт полного ущерба:

$$\text{ПУ} = 12652311 + 808597,53 = 13460908,53 \text{ руб.}$$

Основные расчеты и результаты по разделу финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение представлены в таблице 12.

Пожар на площади 115 м², который произошёл в производственном помещении машинного зала терминала по хранению и отгрузке смеси пропан-бутана технического в районе г. Куйбышева Новосибирской области нанёс ущерб равный 13460908,56 рублей.

Таблица 12 – Результаты расчетов полного ущерба от аварии на терминале по хранению и отгрузке смеси пропан-бутана технического в районе г. Куйбышева Новосибирской области

Наименование	Стоимость/руб.
Прямой ущерб	12652311
Ущерб, нанесённый технологическому оборудованию	1823679
Ущерб, нанесённый коммунально-энергетическим сетям	166332
Ущерб, нанесённый производственному помещению	10662300
Косвенный ущерб	808597,53
Средства, необходимые для ликвидации ЧС	43872,53
Затраты, связанные с восстановлением помещения	764725
Общий ущерб	13460908,53

Вывод: в терминале по хранению и отгрузке смеси пропан-бутана технического (СПБТ) в районе г. Куйбышева Новосибирской области произошел пожар. В результате вычислений прямой ущерб составил 12652311 руб., косвенный ущерб составил 808597,53 руб. Общая сумма ущерба составила 13460908,53 руб.

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

5 Социальная ответственность

5.1 Анализ рабочего места оператора машинного зала

Объектом исследования является кабинет оператора терминала по хранению и отгрузке смеси пропан-бутана технического (СПБТ) в районе г. Куйбышева Новосибирской области. Рабочими объектами оператора являются: машинный зал и операторская. Служебное помещение оператора – это здание, состоящее из металлоконструкций, обшитых сайдингом. Площадь помещения составляет 20,16 м², 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 [32] 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.

5.2 Анализ выявленных вредных факторов

5.2.1 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» [33]. Расчет освещения производится для помещения площадью

20,16 м², 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 [34]);

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

k – коэффициент запаса, k = 1,5;

n – число ламп в помещении;

η – коэффициент использования светового потока ламп;

Для определения коэффициента использования светового потока η 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;

h₂ – наименьшая допустимая высота подвеса над полом; h₂ = 2,5 м.

h₁ – высота рабочей поверхности над полом h₁ = 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.

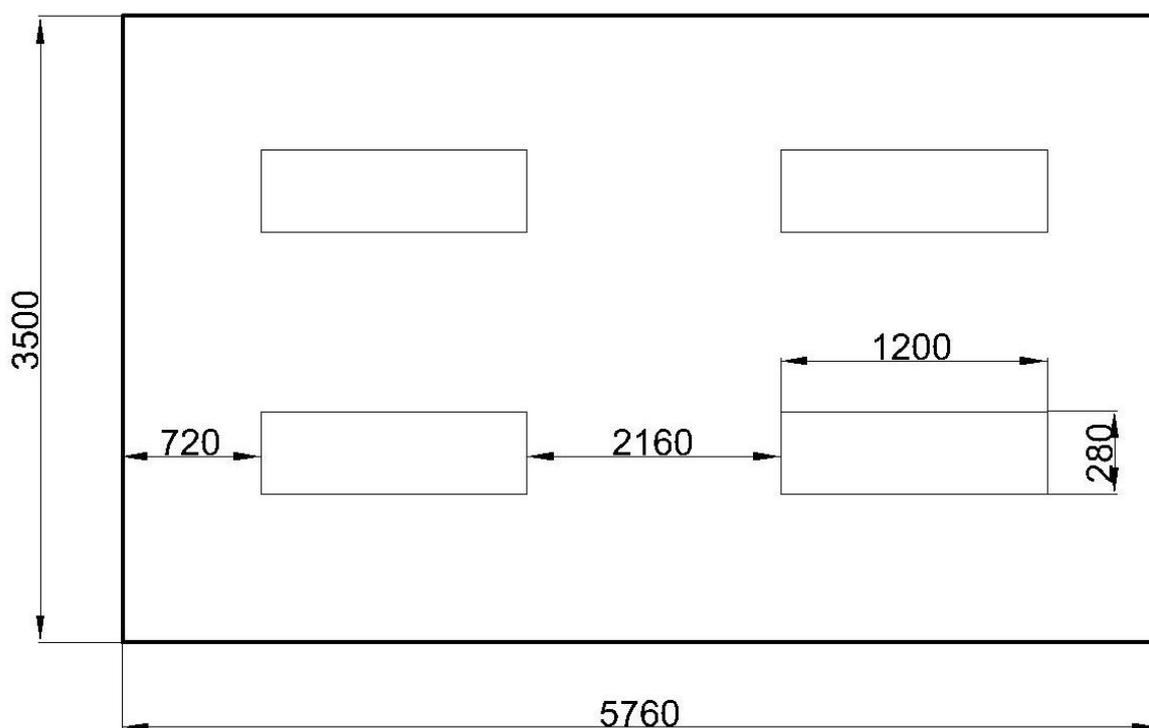


Рисунок 2 – Схема расположения светильников на потолке

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

5.2.2 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. [35]. На условия работы в помещении влияют такие параметры, как температура, относительная влажность, скорость движения воздуха. Нормы параметров микроклимата для помещения приведены в таблице 13.

Таблица 13 – 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.

5.2.3 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» [36].

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.

5.2.4 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 14 представлены санитарные нормы параметров электромагнитных полей на рабочих местах с ПЭВМ согласно СП 2.2.3670-20 [33].

Таблица 14 – 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.

5.3 Анализ выявленных опасных факторов

5.3.1 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 [37]. 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» [38]. Соответственно, операторская является помещением без повышенной опасности поражения людей электрическим током.

5.3.2 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 строго соблюдаются требования нормативных документов по пожарной безопасности. Первичными средствами

пожаротушения в соответствии с СП 9.13130.2009 [39] являются ОП–4. Места размещения первичных средств обозначены знаками пожарной безопасности.

Источником противопожарного водоснабжения терминала является оз. Большие Кайлы, расположенное севернее площадки терминала на расстоянии около 500 м. Вода из оз. Большие Кайлы от затопленного водоприемника по самотечным трубопроводам поступает в приемную камеру насосной станции водозабора, откуда погружными насосами подается на заполнение резервуаров противопожарного запаса воды объемом 700 м^3 каждый. Производительности водозабора достаточно для обеспечения расходов воды на противопожарное водоснабжение существующих объектов. Система противопожарного водоснабжения терминала предусмотрена в составе: затопленный водоприемник; насосная станция водозабора; резервуары противопожарного запаса воды – $2 \times 700\text{ м}^3$, насосная станция пожаротушения, кольцевой противопожарный водопровод; система охлаждения железнодорожных цистерн и конструкций; система автоматического орошения наземных резервуаров СПБТ. Общий расход воды на противопожарную защиту и пожаротушение составляет 58,8 л/с.

5.4 Охрана окружающей среды

В целях избежания катастрофических изменений в природной среде в районе объекта в проекте предусматривается:

- мероприятия по исключению попадания ГСМ в почву и водоемы;
- на каждой площадке оборудованы площадки из железобетонных плит по основанию из бентомата для стоянки техники, где предусматривается заправка, замена масла, мелкий ремонт;
- на площадках установлены емкости для сбора ГСМ;
- твердые бытовые отходы и металлом отвозятся на полигон ТБО ООО «Спецавтохозяйство» на расстоянии 21-25 км;

- утилизация жидких хозяйственно-бытовых отходов – это вывоз на существующие очистные сооружения МУП «Геострой» на расстояние 17-18 км;
- жидкие бытовые отходы отводятся (вагончики имеют патрубки) в герметичный выгреб;
- утилизация воды после гидроиспытаний – слив в автоцистерны и вывоз на очистные сооружения МУП «Геострой»;
- рекультивация земель, отведенных во временное пользование.

Сбор отходов производства и потребления производится отдельно, вывоз осуществляется специально оборудованным автотранспортом. Все работы, связанные с загрузкой, транспортировкой, выгрузкой и временным складированием отходов механизированы. Все контейнеры и транспортные средства – герметичны. Утилизация отходов производится на специализированных предприятиях по согласованию с природоохранными органами. Транспортировка отходов производится в специальном транспорте, исключающим возможность потерь по пути следования и загрязнения окружающей среды, а также обеспечивающем удобства при перегрузке [40].

5.5 Защита в чрезвычайных ситуациях

Возможные ЧС природного характера:

- землетрясение (поражающий фактор и последствия – сотрясение грунта, трещины, пожары, взрывы, разрушения, человеческие жертвы). На территории Новосибирской области значительных последствий не будет;
- сильный ветер, ураган (поражающий фактор и последствия скоростной напор, разрушения, человеческие жертвы, уничтожение материальных ценностей).

Возможные ЧС техногенного характера:

- взрыв газозоодушной смеси;
- пожар пролива;
- пожар-вспышка;

- огненный шар.

5.6 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

В соответствии с федеральным законом «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21.07.97 №116-ФЗ и постановлением Правительства Российской Федерации от 18.12.2020 г. № 2168 «Об организации и осуществлении производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности» на данном объекте разработана Декларация промышленной безопасности. [41, 42].

Производственный контроль является составной частью системы управления промышленной безопасностью и осуществляется путем проведения на ОПО комплекса мероприятий, направленных на обеспечение безопасного функционирования опасных производственных объектов, а также на предупреждение аварий на этих объектах и обеспечение готовности к локализации аварий и инцидентов, и ликвидации их последствий.

Ответственность за общее руководство системой производственного контроля и финансированием мероприятий, при его проведении, несет Технический директор. Ответственность за организацию производственного контроля промышленной безопасности и охраны труда несет директор.

5.7 Заключение по разделу «Социальная ответственность»

В работе проведен анализ рабочего места оператора машинного зала 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

В заключение необходимо отметить, что применение всего комплекса противопожарных мероприятий позволяет обеспечить пожарную безопасность на таком опасном объекте, как терминал по хранению и отгрузке смеси пропана-бутана технического в районе г. Куйбышева Новосибирской области. Тем самым обеспечиваются безопасные условия труда, что способствует росту производительности труда работников и эффективности производства [43-45].

В результате проделанной работы можно сделать следующие выводы:

- на основании литературных источников выявлены проблемы обеспечения пожарной безопасности на объектах, использующих сжиженный природный газ;

- проведен расчет параметров модульной установки газового пожаротушения для помещения машинного зала; было получено, что необходимо 1 модуль типа МПХ (55-227-50) вместимостью $V=227$ л/с с ГОТВ Хладон 227еа, три насадки-распылителей типа РГС-360-1/2В-50. Исходя из гидравлического расчета суммарный объем труб $V_{тр}$ составил 27,32 л;

- произведены расчеты ущерба и материальных затрат на локализацию и ликвидацию пожара. Общая сумма затрат составила – 13460908,53 руб.

Список использованных источников литературы:

1. Эрмекова Б. В., Рубашанова Е. А., Бадмаев Д. Е. Пожарная безопасность объектов нефти и газа как составной элемент промышленной безопасности России //Безопасность в условиях глобализации мира. – 2019. – С. 302-309.
2. Реснянская А. С., Игаева А. Ю. Обеспечение пожарной безопасности на предприятиях нефтегазовой промышленности //Перспективы развития строительного комплекса. – 2016. – №. 1. – С. 57-65.
3. Федеральный закон от 21.12.1994 № 69-ФЗ (ред. от 01.04.2022) "О пожарной безопасности".
4. ГОСТ 12.1.004-91. Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования.
5. СП 12.13130.2009 – Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.
6. СП 2.13130.2020. Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты.
7. СП 155.13130.2014 – Склады нефти и нефтепродуктов. Требования пожарной безопасности.
8. СП 484.1311500.2020 «Системы противопожарной защиты. Системы пожарной сигнализации и автоматизация систем противопожарной защиты. Нормы и правила проектирования».
9. Приказ МЧС от 20 июня 2003 года № 323 – Об утверждении норм пожарной безопасности "Проектирование систем оповещения людей о пожаре в зданиях и сооружениях" (НПБ 104-03).
10. Постановление Правительства РФ от 16 сентября 2020 года № 1479 Об утверждении Правил противопожарного режима в Российской Федерации.

11. Юлдашев О. Р., Абдуллаева С. М. Единая система пожарной безопасности нефти и газовой промышленности //Актуальные проблемы науки и образования в современном ВУЗе. – 2019. – С. 588-593.
12. Мокроусова О. А., Желтышев В. А. Оценка пожарной безопасности резервуарных парков по добыче нефти и газа //Актуальные проблемы и инновации в обеспечении безопасности. – С. 38.
13. Мамин В. С., Шабунина И. А. Правила обеспечения пожарной безопасности на нефтеперерабатывающих предприятиях //Техносферная безопасность. – 2016. – С. 252-255.
14. Текушин Д. В., Власова О. С. Пожарная безопасность объектов нефтегазового комплекса. – 2018 – ISBN 978-5-9948-2637-9.
15. Смирнов, С.Н. Противопожарная безопасность / С.Н. Смирнов. - М.: ДиС, 2010. – 144 с. – ISBN: 978-5-8018-0512-2.
16. Производственная безопасность: Учебное пособие / Под ред. Попова А.А.. – СПб.: Лань, 2013. - 432 с. – ISBN: 978-5-8114-1248-8.
17. Собурь, С.В. Пожарная безопасность предприятия: Курс пожарно-технического минимума: Учебно-справочное пособие / С.В. Собурь. – М.: ПожКнига, 2012. – 480 с. – ISBN: 978-5-98629-103-1
18. Статистика пожаров за 2020 год. Статистический сборник: Пожары и пожарная безопасность в 2020 году. Под общей редакцией Гордиенко Д.М. – М.: ВНИИПО, 2021.
19. Соломин, В.П. Пожарная безопасность: Учебник для студентов учреждений высшего профессионального образования / Л.А. Михайлов, В.П. Соломин, О.Н. Русак; Под ред. Л.А. Михайлов. - М.: ИЦ Академия, 2013. – 224 с. – ISBN: 978-5-4468-0653-9
20. Бабайцев А. В. Автоматические системы пожаротушения // Безопасность жизнедеятельности. – 2007. – № 11(83). – с. 4.
21. Аксеновский А. В. и др. Анализ и классификация автоматических систем пожаротушения //Наука и Образование. – 2019. – Т. 2. – №. 2.

22. Морозова А. В. и др. Оценка автоматических систем пожаротушения //Приоритетные направления инновационной деятельности в промышленности. – 2020. – С. 129-131.

23. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федер. закон Рос. Федерации от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ: принят Гос. Думой Федер. Собр. Рос. Федерации 4 июля 2008 г.: одобр. Советом Федерации Федер. Собр. Рос. Федерации 11 июля 2008 г. (в ред. Федер. закона от 29 июля 2017 г. № 244 -ФЗ). Доступ из справ. -правовой системы «Консультант Плюс».

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

25. Маковой В. А., Тесленко И. И. Анализ структуры и содержания Федерального закона "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" //Чрезвычайные ситуации: промышленная и экологическая безопасность. – 2014. – №. 1. – С. 16-29.

26. Усиков А. И., Потапова С. О. Пожаровзрывоопасность сжиженных углеводородных газов при хранении и транспортировке //Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. – 2018. – Т. 1. – №. 9. – С. 922-925.

27. Галеев А. Д., Старовойтова Е. В., Поникаров С. И. Динамика формирования взрывоопасного облака при аварийном выбросе смеси сжиженных углеводородных газов в атмосферу //Вестник Казанского технологического университета. – 2011. – №. 3. – С. 130-135.

28. Шатило С. Н., Дорошко С. В., Карпенко В. В. Первичные средства пожаротушения. – 2018. – ISBN: 978-985-554-739-7.

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

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

31. 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.

32. 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».

33. 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 29.04.2022). – Текст: электронный.

34. 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 29.04.2022). – Текст: электронный.

35. 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 29.04.2022). – Текст: электронный.

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

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

38. 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 29.04.2022). – Текст: электронный.

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

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

41. Федеральный закон "О промышленной безопасности опасных производственных объектов" от 21.07.1997 № 116-ФЗ.

42. Постановление Правительства Российской Федерации от 18.12.2020 г. № 2168 «Об организации и осуществлении производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности».

43. Рахимова Н. Н., Грошева А. И. Обеспечение пожарной безопасности на газоперерабатывающем заводе //Региональные проблемы геологии, географии, техносферной и экологической безопасности. – 2020. – С. 229- 231.

44. Чеботарева А. В. Современное состояние добычи и производства сжиженных углеводородных газов в Российской Федерации //Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. – 2018. – Т. 1. – №. 9. – С. 953-956.

45. Рахимова Н. Н., Бочкарева И. А., Щетинина Д. С. Безопасность технологического процесса при эксплуатации объектов нефтегазоперерабатывающего предприятия //Перспективы развития пищевой и химической промышленности в современных условиях. – 2019. – С. 402-406.

Приложение А
(обязательное)

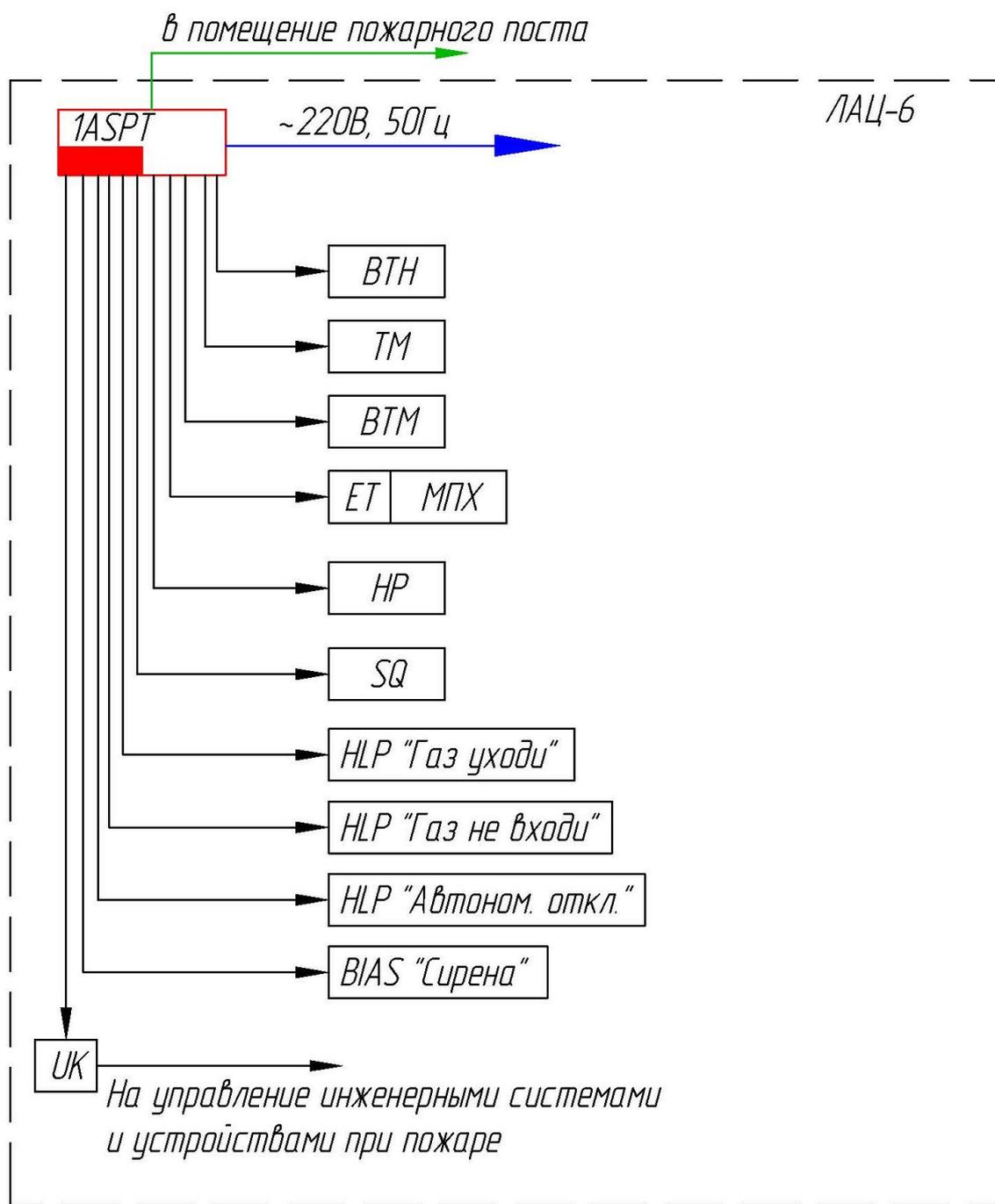
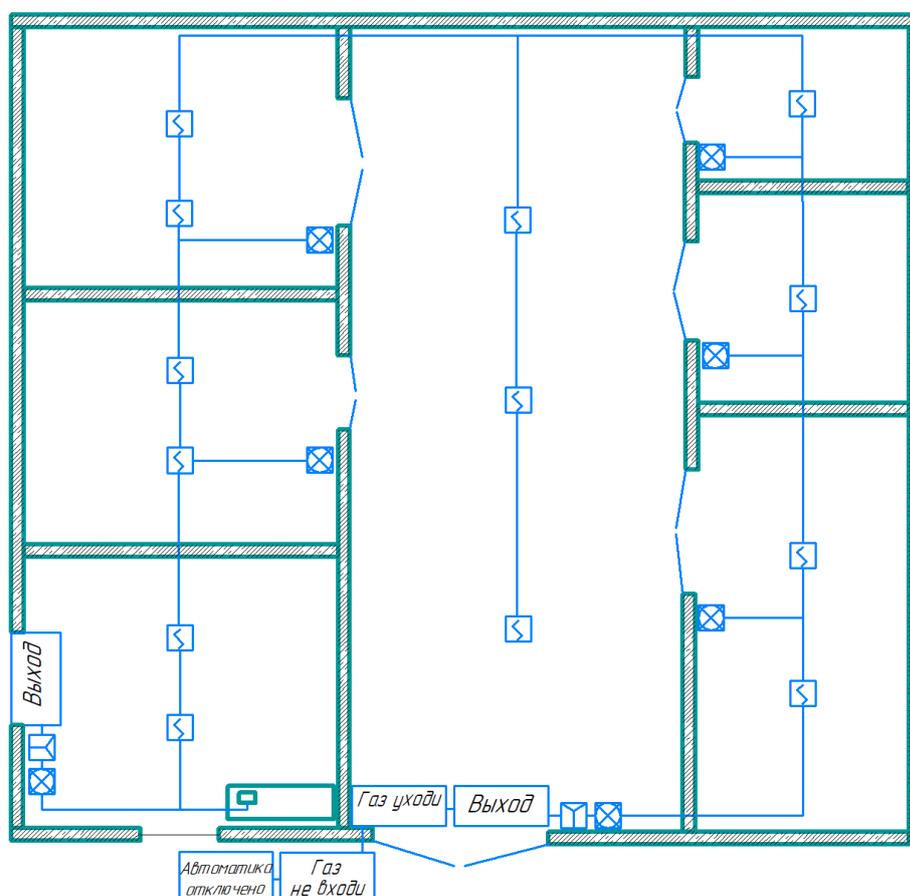


Рисунок А.1 – Электротехническая часть автоматической установки газового пожаротушения

Приложение Б
(обязательное)



Условные обозначения

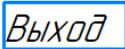
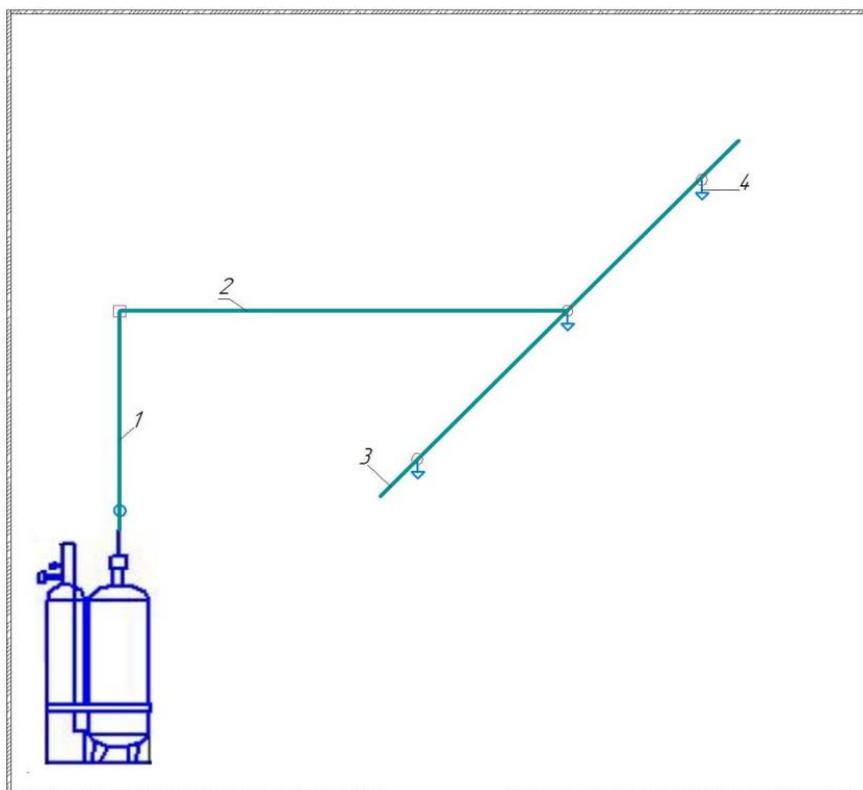
-  - извещатель пожарный дымовой ИП 212-45
-  - оповещатель свето-звуковой "Маяк - 12К"
-  - извещатель пожарный ручной ИПР-513-10
-  - оповещатель световой (табло) "Молния-12"
-  - прибор приемно-контрольный охранно-пожарный "Сигнал - 10"

Рисунок Б.1 – План размещения СПС и СОУЭ

Приложение В
(обязательное)



1	труба сталь Ц-Р-50x2,8 ГОСТ3262-75	3 м
2	труба сталь Ц-Р-50x2,8 ГОСТ3262-75	2,5 м
3	труба сталь Ц-Р-50x2,8 ГОСТ3262-75	10 м
4	труба сталь Ц-Р-20x2,8 ГОСТ3262-75	0,75 м
○	сигнализатор давления универсальный	1 шт.
▽	насадка РГС-360-1/2 В-50	3 шт.
○	Тройник переходной ДУ 50x20	3 шт.
□	Угольник 90-1-Ц-50 ГОСТ 8946-75	1 шт.

Рисунок В.1 – Технологический модуль газового пожаротушения