

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

Институт инженерной и экологической безопасности

(наименование института полностью)

20.03.01 Техносферная безопасность

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Пожарная безопасность

(направленность (профиль)/специализация)

## ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Системы противопожарной защиты вычислительных центров

Обучающийся

Р.Р. Сабиров

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент, А.Н. Москалюк

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

Консультант

к.э.н., доцент, Т.Ю. Фрезе

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

Тольятти 2024

## Аннотация

Тема: «Системы противопожарной защиты вычислительных центров».

В разделе «Анализ нормативных требований в области противопожарной защиты вычислительных центров» представлены прогрессивные технические решения и лучшие мировые практики в области противопожарной защиты вычислительных центров.

В разделе «Практический анализ системы противопожарной защиты вычислительных мощностей на объекте» представлен статистический анализ инцидентов в работе системы с риском для обеспечения пожарной безопасности и анализ технических решений, требующих улучшений.

В разделе «Предложения по совершенствованию работы системы противопожарной защиты вычислительных центров» определены мероприятия по повышению надежности систем газового пожаротушения и обеспечения безопасности персонала.

В разделе «Охрана труда» производится оценка уровней профессионального риска на рабочих местах предприятия.

В разделе «Охрана окружающей среды и экологическая безопасность» определена антропогенная нагрузка предприятия на окружающую среду и оформлены результаты производственного экологического контроля по предприятию.

В разделе «Оценка эффективности мероприятий по обеспечению техносферной безопасности» выполнена оценка эффективности разработанных мероприятий по обеспечению техносферной безопасности.

Объем работы составляет 65 страниц, 20 таблиц, 1 рисунок.

## Содержание

Введение .....	4
Термины и определения .....	6
Перечень сокращений и обозначений .....	8
1 Анализ нормативных требований в области противопожарной защиты вычислительных центров.....	9
2 Практический анализ системы противопожарной защиты вычислительных мощностей на объекте.....	14
3. Предложения по совершенствованию работы системы противопожарной защиты вычислительных центров .....	24
4 Охрана труда .....	38
5 Охрана окружающей среды и экологическая безопасность .....	44
6 Оценка эффективности мероприятий по обеспечению техносферной безопасности .....	50
Заключение .....	58
Список используемых источников .....	62

## Введение

Риск возгорания очень реален в современных серверных стойках и шкафах с горячей водой и переполненностью. Незначительный пожар на сервере может стоить компании десятков тысяч долларов потери доходов и производительности; катастрофический пожар на сервере может обанкротить бизнес.

В производственных условиях источниками зажигания являются: открытый огонь, искры, раскаленные продукты горения, тепловое проявление химических реакций, механической, электрической солнечной и ядерной энергии.

Большому развитию пожаров в промышленных зданиях и сложному их тушению способствует большая площадь зданий, блокировка под одной крышей различных технологических процессов и помещений, наличие технологических проемов в горизонтальных и вертикальных конструкциях зданий, взрывы газо-, паро- и пылевоздушных смесей с разрушением конструкций и оборудования.

Статистика показывает, что половина всех предприятий, которые теряют свои данные из-за пожара или другого стихийного бедствия в связи с банкротством, почти сразу же; и более 90 процентов компаний, которые теряют свои данные на 10 и более дней, закрывают свои двери в течение одного года.

- неисправные электрические соединения
- неисправные блоки питания
- прерывистое образование электрической дуги

Цель исследования – повысить эффективность работы системы противопожарной защиты вычислительных центров за счёт предложенных мероприятий.

Задачи:

- описать общую характеристику объекта защиты;

- описать прогрессивные технические решения и лучшие мировые практики в области противопожарной защиты вычислительных центров;
- определить Статистический анализ инцидентов в работе системы с риском для обеспечения пожарной безопасности. Анализ технических решений, требующих улучшений;
- провести статистический анализ инцидентов в работе системы с риском для обеспечения пожарной безопасности и анализ технических решений, требующих улучшений;
- определить мероприятия по повышению надежности систем газового пожаротушения и обеспечения безопасности персонала;
- произвести оценку уровней профессионального риска на рабочих местах предприятия;
- определить антропогенную нагрузку предприятия на окружающую среду;
- оформить результаты производственного экологического контроля по предприятию;
- выполнить оценку эффективности разработанных мероприятий по обеспечению техносферной безопасности.

## Термины и определения

В настоящей работе применяются следующие термины с соответствующими определениями.

Возникновение пожара (загорания) – Совокупность процессов, приводящих к пожару (загоранию).

Запас огнетушащего вещества – требуемое количество огнетушащего вещества, хранящееся на объекте в целях оперативного восстановления зарядов огнетушащего вещества в установках пожаротушения.

Объект защиты – «продукция, в том числе имущество граждан или юридических лиц, государственное или муниципальное имущество (включая объекты, расположенные на территориях населенных пунктов, а также здания, сооружения, транспортные средства, технологические установки, оборудование, агрегаты, изделия и иное имущество), к которой установлены или должны быть установлены требования пожарной безопасности для предотвращения пожара и защиты людей при пожаре» [18].

Огнетушащее вещество – «вещество, обладающее физико-химическими свойствами, позволяющими создать условия для прекращения горения» [3].

Ороситель – «устройство, предназначенное для распределения струй огнетушащего вещества в жидкой фазе по защищаемой площади» [3].

Пожарная безопасность объекта защиты – «состояние объекта защиты, характеризующее возможность предотвращения возникновения и развития пожара, а также воздействия на людей и имущество опасных факторов пожара» [11].

Развитие пожара – Увеличение зоны горения и/или вероятности воздействия опасных факторов пожара.

Система обеспечения пожарной безопасности – совокупность сил и средств, а также мер правового, организационного, экономического, социального и научно-технического характера, направленных на борьбу с пожарами [11].

Система предотвращения пожара – «комплекс организационных мероприятий и технических средств, исключающих возможность возникновения пожара на объекте защиты» [3].

Степень огнестойкости зданий, сооружений – «классификационная характеристика зданий, сооружений и пожарных отсеков, определяемая пределами огнестойкости конструкций, применяемых для строительства указанных зданий, сооружений и отсеков» [18].

Установка пожарной сигнализации – совокупность технических средств, установленных на защищаемом объекте, для обнаружения пожара, обработки, представления в заданном виде извещения о пожаре на этом объекте, специальной информации и (или) выдачи команд на включение автоматических установок пожаротушения и другие устройства.

Установка пожаротушения – совокупность стационарных технических средств для тушения пожара за счет выпуска огнетушащего вещества [5].

Установка пожаротушения спринклерная – «установка пожаротушения спринклерная, трубопроводы которой заполнены водой (водным раствором)» [3].

Ущерб от пожара – жертвы пожара и материальные потери, непосредственно связанные с пожаром [6].

## Перечень сокращений и обозначений

В настоящей работе применяются следующие сокращения и обозначения:

АБС – акрилонитрилбутадиенстирола.

ГОТВ – газовое огнетушащее вещество.

ГЦК – главный центр коммутации.

ЗВ – загрязняющие вещества.

ОРО – объект размещения отходов.

ОРС – разрушение озонового слоя.

СЕВ – система единого времени.

СКС – структурированная кабельная система.

ТКО – твёрдые коммунальные отходы.

ФККО – федеральный классификационный каталог отходов.

ЦОД – центр обработки данных.

ЕР – синтетический каучук.

EPDM – это этиленпропилендиеновый мономер.

HDMI – интерфейс для мультимедиа высокой чёткости, позволяющий передавать цифровые видеоданные высокого разрешения и многоканальные цифровые аудиосигналы с защитой от копирования.

MPO (Multi-Fiber Push-On) – это первое поколение многожильных оптоволоконных соединителей.

PTFE – фторированные пластмассы.

UCP – это античитерская программа клиент\сервер.

## **1 Анализ нормативных требований в области противопожарной защиты вычислительных центров**

При анализе нормативных требований в области противопожарной защиты вычислительных центров использованы следующие документы:

- ПУЭ «Правила устройств электроустановок»;
- СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной безопасности»;
- СП 6.13130.2013 «Системы противопожарной защиты. Электрооборудование. Требования пожарной безопасности» [17];
- Федеральный закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»;
- ППР 2012 «Правила противопожарного режима в Российской Федерации»;
- СП 3.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожарах. Требования пожарной безопасности» [15];
- СП 4.13130.2013 «Системы противопожарной защиты. Ограничение распространения пожара на объектах защиты. Требования к объемно-планировочным и конструктивным решениям» [13];
- СП 486.1311500.2020 «Системы противопожарной защиты. Перечень зданий, сооружений, помещений и оборудования, подлежащих защите автоматическими установками пожаротушения и системами пожарной сигнализации. Требования пожарной безопасности» [14].

Рассмотрим основные и современные средства пожаротушения вычислительных центров.

Диоксид углерода (CO<sub>2</sub>) широко используется в пожарной

промышленности в качестве огнетушащего вещества для систем пожаротушения общего заполнения объёма помещения и локального применения. Физически  $\text{CO}_2$  является непроводящим газом, не имеющим запаха и цвета. Он тяжелее воздуха и не оставляет остатков при тушении. Эти свойства делают его идеальным выбором для противопожарной защиты особо ценного электронного оборудования. В таком случае предпочтительнее использовать углекислый газ для защиты от опасных факторов в обычно незанятых помещениях, где присутствие персонала в защищаемых помещениях регулируется устройствами и процедурами безопасности [21].

Инертные газы широко используются в пожарной промышленности в качестве огнетушащих веществ для систем пожаротушения на обычно занятых территориях. Физически инертные газы не обладают электропроводностью, нетоксичны и безвредны для окружающей среды, что делает их идеальным выбором для противопожарной защиты помещений, где обычно находятся люди, и особо ценного оборудования [27].

Противопожарная жидкость 3M™ Novec™ 1230 – это альтернатива инертным газам следующего поколения, обеспечивающая выдающиеся эксплуатационные характеристики, большой запас прочности и отличные экологические характеристики.

- нулевой потенциал разрушения озонового слоя;
- пятидневный срок разложения в атмосфере;
- потенциал глобального потепления  $<1$ ;
- большой запас по безопасности для помещений с нахождением людей.

Противопожарная жидкость Novec 1230 основана на запатентованном химическом веществе компании 3M под названием флуорокетон. Полное химическое название этого соединения – додекафтор-2-метилпентан-3-он. Его номенклатура ASHRAE – то, как он обозначен в стандартах NFPA и ISO 14520 – FK-5-1-12 [2].

Основные характеристики (таблица 1):

- низкая вязкость при очень низких температурах;
- отличные диэлектрические свойства;
- низкий потенциал глобального потепления (ПГП);
- нулевой потенциал разрушения озонового слоя (ОРС);
- хорошая совместимость материалов;
- низкая токсичность;
- негорючий;
- не вызывает коррозии;
- хорошая термостойкость.

Таблица 1 – Основные характеристики жидкости Novac 1230

Свойства	Единицы измерения	Инженерная жидкость 3M™ Novac™ 7000
Температура кипения (при 1 атм)	°С	34
Температура замерзания/застывания	°С	-122
Молекулярная масса	г / моль	200
Критическая температура	°С	165
Критическое давление	МПа	2.48
Давление пара	кПа	65
Скрытая теплота испарения	кДж / кг	142
Плотность жидкости	кг / м <sup>3</sup>	1400
Коэффициент расширения	К-1	0.0022
Кинематическая вязкость	сSt	0.32
Кинематическая вязкость (при -80°С)	сSt	2.0
Кинематическая вязкость (при -120°С)	сSt	17
Абсолютная вязкость	сР	0.45
Удельная теплоемкость	Дж-кг <sup>-1</sup> -К <sup>-1</sup>	1300
Теплопроводность	W <sup>m</sup> -K <sup>-1</sup>	0.075
Поверхностное натяжение	дин/ см	12.4
Растворимость воды в жидкости	ppmw	~60
Растворимость жидкости в воде	ppmw	<5
Растворимость воздуха в жидкости	Объем выпуска%	~31
Диэлектрическая прочность (зазор 0,1 дюйма)	кВ	>25
Диэлектрическая проницаемость	-	7.4
Объемное удельное сопротивление	Ом-см	108

Испытания инженерной жидкости 3M™ Novac™ 7000 продемонстрировали совместимость с широким спектром металлов, пластмасс

и эластомеров. Перечисленные ниже материалы были признаны совместимыми в результате 48-часового тестирования экстракции по Сокслету.

Жидкости Novac, как правило, совместимы с металлами, стеклом, керамикой и «твердыми, поддающимися механической обработке» полимерами. Тестирование совместимости материалов для «мягких» или эластомерных полимеров в жидкостях Novac в первую очередь направлено на достижение двух результатов: извлечение подвижной органики, такой как пластификаторы, из полимера и впитывание жидкости в полимер. Первое связано с затвердеванием или усадкой полимера, а второе – с набуханием и размягчением полимера или диффузией жидкости через него. Жидкости Novac вряд ли приведут к набуханию обычных углеводородных эластомеров, таких как EP, EPDM, нитрил и бутил. Другие материалы, такие как высокофторированные или силиконовые эластомеры, склонны к впитыванию и набуханию. Опыт применения показывает, что не все области применения одинаково чувствительны к изменениям размеров и твердости. По этим причинам совместимость материалов должна рассматриваться в каждом конкретном случае по усмотрению разработчика системы с учетом конкретного применения [26].

Как и большинство фторированных жидкостей, жидкость Novac 7000 при более длительном воздействии впитывается во фторированные пластмассы (например, PTFE) и эластомеры (например, типы FFKM, FKM). Также наблюдается всасывание и набухание силиконовой резины. Не все составы этих полимеров совместимы.

Было обнаружено, что критический тепловой поток жидкости Novac 7000 составляет  $\sim 18 \text{ Вт/см}^2$  при кипячении на горизонтальной платиновой проволоке диаметром 0,5 мм в неподвижной ванне с насыщенной жидкостью. Максимальный тепловой поток, достижимый при любом применении, сильно зависит от геометрии и условий протекания. Превышение этого теплового потока может привести к термическому разложению жидкости.

Вывод по разделу.

В разделе представлены прогрессивные технические решения и лучшие мировые практики в области противопожарной защиты вычислительных центров.

Установлено, что противопожарная жидкость 3M™ Novec™ 1230 – это альтернатива инертным газам следующего поколения, обеспечивающая отличные огнетушащие и экологические характеристики.

Инженерная жидкость 3M™ Novec™ 7000 – это прозрачная, бесцветная, термостойкая диэлектрическая жидкость, способная работать при экстремально низких температурах.

Инженерная жидкость 3M™ Novec™ 7000 состоит из 1-метоксигептафторпропана (C<sub>3</sub>F<sub>7</sub>OCH<sub>3</sub>) с содержанием не менее 99,5%. Содержание нелетучих остатков составляет не более 25,0 частей на миллион.

Свойства 3M™ Novec™ делают его очень полезным в различных областях применения для теплопередачи в полупроводниковой, электронной, химической промышленности. 3M™ Novec™ также может использоваться в качестве хладагента прямого расширения. Инженерная жидкость 3M™ Novec™ не разрушает озоновый слой и обладает очень низким потенциалом глобального потепления, что делает ее привлекательной альтернативой теплоносителям из перфторуглерода и перфторполиэфира.

## **2 Практический анализ системы противопожарной защиты вычислительных мощностей на объекте**

Защищаемый объект является общественным зданием.

Степень огнестойкости здания – II.

Класс конструктивной пожарной опасности здания – CO.

Класс функциональной пожарной опасности – Ф2.1.

Общая площадь здания – 1734 м<sup>2</sup>.

Количество этажей – 4.

Статическая основа – монолитный железобетонный каркас.

Помещения отапливаемые. Запыленность и агрессивные среды в защищаемых помещениях отсутствуют.

Вентиляция приточно-вытяжная.

Здание оборудовано системами центрального отопления, горячего и холодного водоснабжения, системами электроснабжения и электроосвещения.

В помещении серверной используется оборудование компании CommScore. Структурированная кабельная система состоит из претерминированных оптических и медножильных компонентов [1].

Модульные оптические и медножильные компоненты с высокой плотностью монтажа обеспечивают характеристики, превосходящие требования стандартов СКС.

Применение кабельной системы МРО ускоряет ввод в эксплуатацию нового ЦОД, а также обеспечивает более эффективное управление процессами администрирования и модификации архитектуры ЦОД. Компоненты пригодны для повторного использования, не содержат свинца и прочих опасных для здоровья веществ и поддерживают энергосберегающие технологии.

Схема вычислительных центров приведена на рисунке 1.

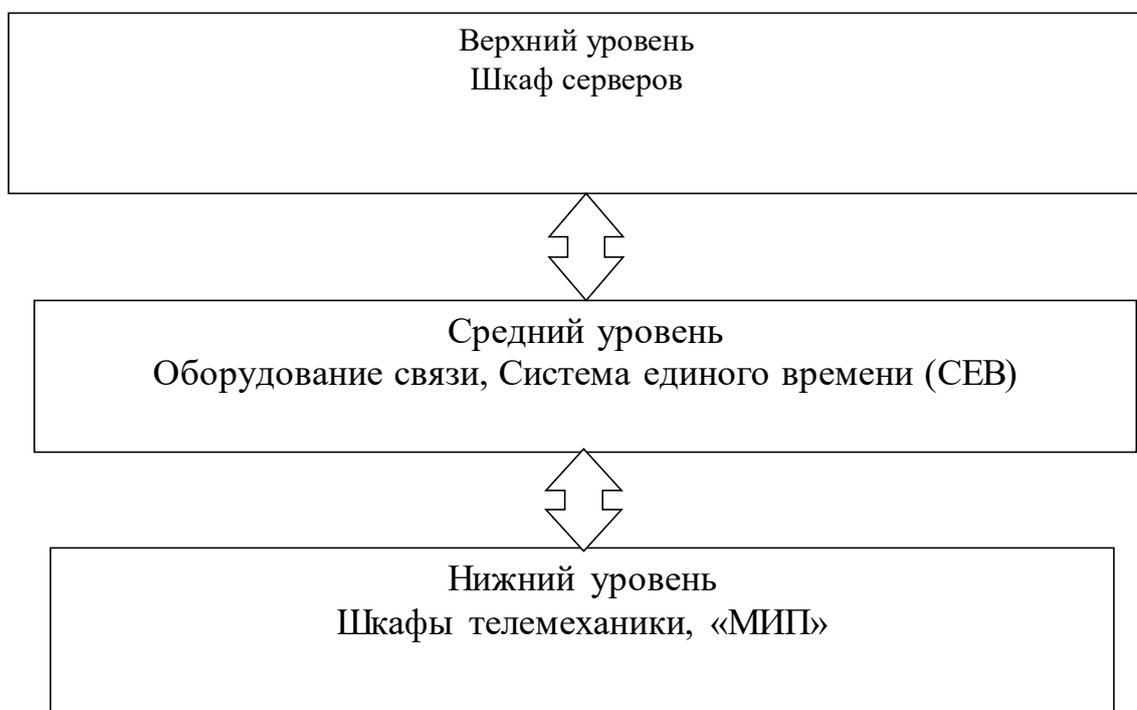


Рисунок 1 – Схема вычислительных центров

Система Universal Connectivity Platform (UCP) базируется на модульных конструктивах с универсальным посадочным местом для установки «медных» и оптических портов. Система UCP облегчает модернизацию сетевой архитектуры ЦОД и внедрение более скоростных приложений 40 GbE и 100 GbE.

Система UCP призвана обеспечить возможность развития и трансформации бизнеса организации за счет применения модульной коммутационной платформы. В основу UCP положена взаимозаменяемость модульных компонентов кабельной системы, будь то «медь» или «оптика». Система UCP рассчитана на поддержку любых приложений, применяемых в ЦОД.

В системе UCP используется единый размер посадочного места, что обеспечивает полную взаимозаменяемость модулей устанавливаемых как внутри, так и снаружи монтажных шкафов. UCP способствует планомерному переходу от приложений 1 GbE к приложениям 100 GbE, вне зависимости от типа среды передачи или архитектуры кабельной системы ЦОД.

Структурированная кабельная система представляет собой физическую среду передачи информации в рамках локальной информационной системы объекта.

СКС обеспечивает функционирование следующих систем:

- локальной вычислительной сети;
- системы телефонной связи;
- сетей управления и сигнализации.

СКС имеет в своем составе 234 телекоммуникационных точек рабочих мест.

Объем помещений СКС располагается на одном этаже (длина горизонтального кабеля до самой дальней рабочей точки соединения не превышает 90 м). Все активное и пассивное оборудование СКС размещается в помещении серверной – центре коммутации СКС.

Состав и функциональное назначение СКС: рабочее место содержит две информационных розетки для компьютера и телефона, соответственно, а также как минимум одну резервную информационную розетку для каждого рабочего места.

Главный центр коммутации (ГЦК) состоит из двух монтажных шкафа высотой 42U с горизонтальным посадочным размером 19", в котором размещаются:

- активное оборудование;
- коммутационные панели RIT Smart UTP 48, 110;
- кабельные организаторы Brush;
- источник бесперебойного питания;
- блоки электророзеток.

Розетки установлены на высоте 300 мм от уровня чистого пола либо в лючках.

От каждого информационного разъёма к коммутационным панелям проложены кабели (медный неэкранированный симметричный (витая пара) Cat.5e).

Разводка СКС выполнена кабелем UTP 4×2×0,5. К телевизионным розеткам проложен коаксиальный кабель SAT 703. Между HDMI розетками в помещениях прокладывается HDMI кабель заводского исполнения. Кабели проложены скрыто под фальш-полом в металлическом лотке и гофрированной ПВХ трубе Ø32. Подъемы по стенам выполнены в штробах в гофрированной ПВХ трубе.

Трассы проложены, в соответствии с планом расположения оборудования и кабельных трасс и заводятся в подрозетник или монтажную коробку лючка. При монтаже кабеля оставлен запас 2 м в каждой точке с настенными розетками, 5 м – для каждого лючка. В помещении серверной оставлен запас кабеля 10 м для возможности установить телекоммуникационный шкаф в любой точке помещения.

Для анализа эффективности пожарных извещателей были проведены испытания. В таблицах 2 и 3 приведены краткие характеристики каждого извещателя во время демонстрационных испытаний.

Таблица 2 – Результаты испытаний детекторов F910 и R970

Воздействие на детектор	Ионизация F910	R970 Оптический
Газы от сварочной установки	Сигнал тревоги подается в течение 1 минуты	Сигнал тревоги подается в течение 1 минуты
Пар	Нет сигнализации	Сигнализация
Подгоревшая пища	Тревога - очень ранняя тревога при отсутствии видимого дыма	Сигнал тревоги подается на более поздних стадиях тестирования, когда присутствует видимый дым и он становится более плотным
Тлеющая древесина	Сигнал тревоги подается через 2,5 минуты	Сигнал тревоги подается в течение 1 минуты
Гептан (горение)	Срабатывает в течение 1 минуты	Срабатывает в течение 1 минуты
Сварка с гептановым поддоном	Сигнал тревоги был подан до воспламенения гептана	Сигнал тревоги подается после воспламенения гептана

Краткое описание срабатываний – обычные детекторы с одним датчиком. Результаты испытаний детекторов FDO241, FDO241 (средний

уровень чувствительности) и FDO241 (низкий уровень чувствительности) представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты испытаний детекторов FDO241, FDO241 (средний уровень чувствительности) и FDO241 (низкий уровень чувствительности)

Воздействие на детектор	FDO241 (Чистый)	FDO241 (Средний уровень)	FDO241 (Жесткий)
Газы от сварочной установки	Сигнал тревоги подается в течение 1 минуты	Сигнал тревоги подается всего через 1 минуту	Отсутствие сигнализации или предварительной сигнализации
Пар	Сигнал тревоги подается в течение 1 минуты	Сигнал тревоги подается через 2,5 минуты	Сигнал тревоги подается всего через 1 минуту
Подгоревшая пища	Сигнал тревоги подается на более поздних стадиях тестирования, когда присутствует видимый дым и он становится более плотным	Сигнал тревоги подается на более поздних стадиях тестирования, когда присутствует видимый дым и он становится более плотным	Сигнал тревоги подается на более поздних стадиях тестирования, когда присутствует видимый дым и он становится более плотным
Глеющая древесина	Сигнал тревоги подается в течение 1 минуты	Сигнал тревоги подается всего через 1 минуту	Сигнал тревоги подается через 1,5 минуты
Гептан (горение)	Сигнал тревоги подается в течение 1 минуты	Сигнал тревоги подается через 1 минуту	Сигнал тревоги подается в течение 1,5 минут
Сварка с гептановым поддоном	Сигнал тревоги был подан до воспламенения гептана	Сигнал тревоги был подан до воспламенения гептана	Сигнал тревоги подается после воспламенения гептана

Анализ программируемых «интеллектуальных» детекторов с одним датчиком в различных конфигурациях представлен в таблице 4.

Таблица 4 – Анализ программируемых «интеллектуальных» детекторов с одним датчиком

Воздействие на детектор	FDOOT241 (Чистый)	FDOOT241 (Средний уровень)	FDOOT241 (Жесткий)
Газы от сварочной установки	Сигнал тревоги подается в течение 1 минуты	Отсутствие сигнализации или предварительной сигнализации	Отсутствие сигнализации или предварительной сигнализации

Продолжение таблицы 4

Воздействие на детектор	FDOOT241 (Чистый)	FDOOT241 (Средний уровень)	FDOOT241 (Жесткий)
Пар	Сигнал тревоги подается в течение 1 минуты	Отсутствие сигнализации или предварительной сигнализации	Отсутствие сигнализации или предварительной сигнализации
Подгоревшая пища	Сигнал тревоги подается на более поздних стадиях тестирования, когда присутствует видимый дым и он становится более плотным	Сигнал тревоги подается на более поздних стадиях тестирования, когда присутствует видимый дым и он становится более плотным	Сигнал тревоги подается на заключительных этапах тестирования при наличии значительного задымления
Глеющая древесина	Сигнал тревоги подается через 1,5 минуты	Сигнал тревоги был подан незадолго до 3 минут	Сигнал тревоги подается через 3 минуты
Гептан (горение)	Срабатывает в течение % минуты	Срабатывает в течение % минуты	Сигнал тревоги подается в течение 1 минуты
Сварка с гептановым поддоном	Сигнал тревоги был подан до воспламенения гептана	Сигнал тревоги подается после воспламенения гептана	Сигнал тревоги подается после воспламенения гептана

Подводя итог, описанные здесь простые тесты демонстрируют различия в реакции на сигналы ложной тревоги (нежелательные сигналы тревоги) между обычными детекторами с одним датчиком, программируемыми «интеллектуальными» детекторами с одним датчиком и программируемыми «интеллектуальными» мультисенсорными детекторами.

Оба обычных датчика были чувствительны к воздействию пара и сварочных работ, а ионизационный детектор также очень быстро реагировал на тесты (задолго до появления видимого дыма). Оптический детектор (R970) не подавал сигнала тревоги во время испытания до тех пор, пока не начал образовываться непрерывный видимый дым, и поэтому можно считать, что в этом случае сигнал тревоги сработал правильно [22].

Программируемые «интеллектуальные» детекторы с одним датчиком FDO241 реагировали на используемые сигналы ложной тревоги аналогично обычным детекторам. Однако устройство, запрограммированное для

«жестких» условий эксплуатации, было немного более разборчивым и не реагировало на сварочные работы.

В то время как FDOOT241 работал аналогично обычным детекторам, устройства, настроенные на более чувствительный уровень, работали значительно лучше и продемонстрировали хороший уровень невосприимчивости к ложным сигналам тревоги без ущерба для скорости, с которой они обнаруживали реальные угрозы пожара [23].

Эти простые эксперименты наглядно демонстрируют потенциальные преимущества использования «интеллектуальных» аспирационных извещателей, оснащенных несколькими чувствительными элементами. Однако они также показывают, что важно, чтобы алгоритмы (конфигурации), используемые с такими извещателями, были тщательно адаптированы к типу среды, в которой будут расположены извещатели, для обеспечения как невосприимчивости к ложным срабатываниям, так и быстрого реагирования на реальные угрозы пожара [26].

Однако до недавнего времени мало что делалось для разработки набора тестов, которые воспроизводили бы распространенные причины ложных или нежелательных срабатываний (пар, пыль).

Существует общее мнение, что 220000 случаев ложных и нежелательных срабатываний в год, исходящих от систем пожарной сигнализации и обнаружения – это слишком высокий уровень. Ложные и нежелательные сигналы тревоги тратят ресурсы пожарно-спасательных служб, вызывают ненужные и дорогостоящие сбои в работе оборудования, что может привести к потере доверия к системам пожарообнаружения, а некоторые системы были отключены.

Однако стандарты на продукцию и режимы тестирования умалчивают о причинах ложных срабатываний.

Также в оборудовании, где возможен локальный перегрев выше допустимых температур, необходимо установить линейные температурные пожарные датчики [25].

Система прямого обнаружения пожара с помощью уникальной запатентованной линии обнаружения представляет собой термочувствительную полимерную трубку детектирующего трубопровода, который находится под постоянным давлением азота.

Он реагирует на лучистое тепло огня. Когда пламя достигает линии обнаружения, оно вспыхивает в месте нагрева. При этом давление в трубопроводе падает.

В локальной системе пожаротушения линия обнаружения предназначена только для обнаружения пожара. Средство пожаротушения выходит через образовавшееся отверстие, тем самым туша пожар.

Если линия обнаружения лопается в результате нагрева и давления в линии, клапан в верхней части резервуара открывается из-за давления в резервуаре. Средство для тушения проходит через подключенный пожарный трубопровод и распыляется в зону возгорания через правильно расположенные противопожарные форсунки [24].

Для защиты серверных стоек, серверных шкафов и серверных комнат предлагается три самодействующие системы пожаротушения в соответствии с конкретными потребностями.

Система прямого тушения при помощи низкого давления Firetrace обеспечивает простое и надежное решение для противопожарной защиты открытых и полужакрытых серверных стоек. В системе Direct используются трубки для обнаружения следов пожара под давлением как в качестве датчика обнаружения пожара, так и в качестве устройства подачи огнетушения. Гибкая красная сигнальная трубка может быть проложена по всей серверной стойке, обеспечивая обнаружение и тушение пожара прямо у его источника. Трубка сконструирована таким образом, чтобы лопаться в точке наибольшего нагрева, образуя эффективное для подачи ГОТВ «сопло».

Системы Firetrace Direct также идеально подходят для защиты кабельных трасс и лотков. Одна система может быть сконфигурирована для защиты в общей сложности до 100 линейных футов кабелей. Системы Direct

могут быть оснащены дополнительным реле давления для отключения электрооборудования или включения местной или строительной сигнализации [27].

Система непрямого тушения при помощи низкого давления Firetrace обеспечивает простое и надежное решение для противопожарной защиты полностью закрытых серверных стоек и шкафов. В отличие от прямой системы, непрямая система использует красную трубку обнаружения Firetrace под давлением в качестве устройства, предназначенного только для обнаружения. При разрыве трубки происходит выброс огнетушащего вещества по отдельной сети шлангов или трубопроводов к одному или нескольким распылительным форсункам, которые быстро и полностью заполняют корпус огнетушащим веществом [23].

Непрямые системы пожаротушения Firetrace также предлагают возможность активации с помощью детектора дыма. Непрямые системы могут быть оснащены дополнительным реле давления для срабатывания внешней сигнализации или отключения питания системы. Несмотря на то, что непрямые системы предназначены для автоматической активации, они также могут быть активированы дополнительным ручным нажатием кнопки.

Независимо от выбранной системы, система обнаружения Firetrace является надежным решением для обнаружения источника пожара до того, как могут быть повреждены критически важные для бизнеса оборудование и активы.

Выводы по разделу.

В разделе представлен анализ технических решений в области обеспечения пожарной безопасности объекта.

Для анализа эффективности пожарных извещателей были проведены испытания. В разделе приведены краткие характеристики каждого извещателя во время демонстрационных испытаний.

Подводя итог, испытания продемонстрировали различия в реакции на сигналы ложной тревоги (нежелательные сигналы тревоги) между обычными

детекторами с одним датчиком, программируемыми «интеллектуальными» детекторами с одним датчиком и программируемыми «интеллектуальными» мультисенсорными детекторами.

Эти эксперименты продемонстрировали потенциальные преимущества использования «интеллектуальных» аспирационных извещателей, оснащенных несколькими чувствительными элементами. Однако, они также показывают, что важно, чтобы алгоритмы (конфигурации), используемые с такими извещателями, были тщательно адаптированы к типу среды, в которой будут расположены извещатели, для обеспечения как невосприимчивости к ложным срабатываниям, так и быстрого реагирования на реальные угрозы пожара.

Для защиты серверных стоек, серверных шкафов и серверных комнат предлагается три самодействующие системы пожаротушения в соответствии с конкретными потребностями.

Система прямого тушения при помощи низкого давления Firetrace обеспечивает простое и надежное решение для противопожарной защиты открытых и полузакрытых серверных стоек.. Гибкая красная сигнальная трубка может быть проложена по всей серверной стойке, обеспечивая обнаружение и тушение пожара прямо у его источника.

Система непрямого тушения при помощи низкого давления Firetrace обеспечивает простое и надежное решение для противопожарной защиты полностью закрытых серверных стоек и шкафов. В отличие от прямой системы, непрямая система использует красную трубку обнаружения Firetrace под давлением в качестве устройства, предназначенного только для обнаружения.

Непрямые системы пожаротушения Firetrace также предполагают возможность активации с помощью аспирационного детектора дыма.

### **3 Предложения по совершенствованию работы системы противопожарной защиты вычислительных центров**

Для раннего обнаружения пожара в проекте применены аспирационный извещатель пожарный TITANUS PRO.

TITANUS относится к самому последнему поколению надежных дымовых аспирационных извещателей фирмы WAGNER. Помимо применения для защиты помещений и оборудования TITANUS может использоваться для контроля горизонтальных воздуховодов системы вентиляции.

Прибор обладает пороговой чувствительностью ослабления светового потока от 0,5%/м до 0,015%/м. Дополнительная настройка чувствительности осуществляется последовательно в зависимости от условий и места эксплуатации.

Из защищаемой зоны через систему трубопроводов с воздухозаборными отверстиями берутся пробы воздуха и доставляются к детекторному модулю.

Дымовая аспирационная система TITANUS состоит из основного блока и системы трубопроводов.

В зависимости от показаний чувствительности используемого детекторного модуля при достижении соответствующего значения на устройстве формируется сигнал тревоги. Сигнал тревоги на устройстве обозначен светодиодом и может быть передан в общую систему пожарной сигнализации здания [16].

Извещатель позволяет вышеописанным способом контролировать 2 зоны с помощью 2 детекторных модулей.

Система труб состоит из труб и фитингов из АБС пластика.

При прокладке труб следует учитывать их тепловое расширение, а также возникновение конденсата влаги вследствие перепада температур в защищаемом помещении. Для исключения самопроизвольного разъединения труб с учетом их возможного линейного расширения места соединений труб с

муфтами следует сварить, для крепления труб следует применять монтажные хомуты М8 20-25 без резиновой прокладки, обеспечивающие свободное перемещение трубы вдоль ее оси.

Способ установки заборных отверстий (труб) и способ крепления труб для аспирационного извещателя:

В основном пространстве и пространстве фальшпола – горизонтальные и вертикальные участки с помощью хомутов. Хомуты крепить шпильками к распорным дюбелям М8 в перекрытиях.

Расстояние между всасывающими отверстиями, расположение труб и диаметр отверстий указаны на чертежах. Забор воздуха должен производиться через направленные вниз отверстия с притупленными кромками без заусенца.

Работы по монтажу выполнять в соответствии с рабочей документацией и документами, перечисленными в ведомости ссылочных документов, и в соответствии с техническим описанием на аппаратуру и эксплуатационной документацией, строго соблюдая требования правил техники безопасности и пожарной безопасности.

При прокладке соблюдать рекомендованные производителем монтажный и эксплуатационный радиусы изгиба кабелей, максимально допустимое усилие на растяжение, а также применять стандартные методы и приемы прокладки и крепления кабелей. По окончании монтажа не должно быть остаточного натяжения кабеля.

Нарезку кабелей производить после промера трассы прокладки по месту. Количество кабеля определено с учётом прокладки их согласно трассам, указанным на чертежах проекта. Возможно изменение трасс прокладки кабелей по причине обхода инженерного оборудования здания. Изменение количества кабеля при этом необходимо согласовать с Заказчиком.

По окончании монтажа произвести тестирование проложенных кабелей на целостность изоляции и правильность подключения.

Маркировку кабелей выполнить согласно проекта, требований ПУЭ и СП 76.13330.2016.

При работе с электроинструментом необходимо обеспечить выполнение требований ГОСТ 12.2.013-91.

По завершению монтажа удостовериться в том, что на конструктивные элементы электро-распределительной системы не оказывается механическое воздействие, а выполненный монтаж не препятствует укладке плит фальшпола.

В целях обеспечения требований техники безопасности при монтаже и эксплуатации модулей, необходимо провести их крепление. Крепление модулей осуществляется к потолку, полу, стене с помощью хомутов.

Трубопроводы должны быть надежно закреплены. Зазор между трубопроводом и стеной должен составлять не менее 2 см. Крепление трубопровода автоматической установки газового пожаротушения и аспирационной системы к стене и перекрытию выполнить с помощью хомутов трубных.

Окраска составных частей установок, включая трубопроводы, должна соответствовать требованиям должна соответствовать требованиям ГОСТ 14202-69. Трубопроводы промышленных предприятий. Оознавательная окраска, предупреждающие знаки и маркировочные щитки. Согласно данным требованиям трубы газового пожаротушения должны быть окрашены в желтый цвет.

Все остальные соединительные линии между приборами и оборудованием выполнить кабелем КПСЭнг(А)-FRHF 1×2×0,75.

Для питания приборов напряжением 24 В использовать кабель ВВГнг(А)-FRLS 3×2,5.

В компактных системах пожаротушения все функциональные компоненты объединены с различными функциями в одном блоке и расположены в защитном кожухе, где они защищены от пыли, влаги и механических повреждений.

Компактная система пожаротушения состоит из рамы со свободно подвешенными баллонами с огнетушащим газом, которые соединены с

коллектором с помощью герметичных шлангов, включая весовые устройства с электронными индикаторами утечки и электромагнитным устройством выпуска огнетушащего вещества. Панель управления обнаружением пожара, встроенная во входную дверь, соединена с датчиками, которые реагируют на тепло или дым и активируют установку пожаротушения в случае пожара.

Компактную систему пожаротушения Firetrace можно разместить в непосредственной близости от защищаемого объекта и быстро подключить к кабельной и трубопроводной сети с помощью стандартных соединений. Высокая степень заводской готовности и простой и быстрый монтаж делают компактную систему пожаротушения Firetrace привлекательной и экономичной альтернативой традиционным системам для защиты множества различных объектов, таких как станки, коммутационные шкафы или серверные шкафы.

Системы пожаротушения Firetrace с использованием аргона и азота обладают рядом преимуществ:

- они тушат пожары, не оставляя следов и не оказывая неблагоприятного воздействия на защищаемые объекты;
- они также подходят для закрытых помещений, где работают люди.
- вредных реакционных соединений, образующихся при тушении, можно избежать;
- оптимальная эффективность благодаря однородному распределению огнетушащего вещества и быстрому накоплению концентрации;
- во время слива все еще обеспечивается видимость, поскольку не образуется конденсат;
- тушение возможно без прерывания работ;
- экономия затрат на утилизацию при использовании огнетушащих газов;
- эффективное тушение может быть обеспечено даже при низких температурах окружающей среды;
- система с ее модульной и многоцелевой архитектурой может быть

переработана или расширена в соответствии с любыми эксплуатационными изменениями;

- быстрое и экономичное восстановление работоспособности, поскольку газы аргон и азот доступны практически везде;
- по сравнению с системами сжиженного инертного газа система требует на 30% меньше места для хранения огнетушащих веществ при той же эффективности пожаротушения, что экономит место и деньги.

Обратный клапан с ограниченным доступом используется для регулирования расхода и отвода части газа из контрольного баллона, чтобы в контрольной магистрали всегда было постоянное давление.

Возможны незначительные потери газа внутри клапана и его компонентов. в системах пожаротушения. Весовое устройство представляет собой систему, которая контролирует время работы баллона и выдает дистанционную индикацию веса баллона. Весовое устройство представляет собой концентрический механизм из латуни и нержавеющей стали, соединяющий противовес с баллоном. Затем противовес калибруется для обеспечения идеального равновесия с заряженным газовым баллоном, что позволяет очень точно определять потерю веса баллона. В случае утечки газа противовес перемещается вниз, указывая на то, что баллон потерял заряд. Каждая система взвешивания может быть оснащена микропереключателем, который подает сигнал на удаленные пожарные панели. Эти микропереключатели предназначены для работы в суровых промышленных условиях, а также во взрывоопасных зонах. Приложение для взвешивания используется для CO<sub>2</sub> вместо манометров с электрическим контролем давления, когда система подачи углекислого газа должна располагаться во взрывоопасных зонах.

Гибкие шланги используются для соединения выпускных клапанов с коллектором и для соединения пневматических приводных цепей с каждым клапаном. Гибкие шланги предназначены для различных типов соединений и

длин в зависимости от обслуживания, которое они должны оказывать в системе пожаротушения. Как и другие компоненты, гибкие шланги рассчитаны на работу в любых сложных промышленных условиях, поэтому материалы для них были выбраны соответствующим образом.

Пневматический блок задержки используется для задержки поступления газа в защищенную зону. Установка блока задержки дает достаточно времени для безопасного выхода из защищенной зоны перед срабатыванием системы. Обычно устанавливается 30-секундная задержка, хотя ее можно настроить в соответствии с различными требованиями или конкретными планами аварийного выхода.

Сопла обеспечивают идеальное распределение газа благодаря нескольким доступным геометрическим вариантам.

Объект защиты необходимо оснастить помещения модульной установкой газового пожаротушения, предназначенной для:

- автоматического обнаружения возгорания в защищаемом помещении;
- формирования и передачи сигналов о состоянии и работе установки на пост охраны;
- автоматического включения при пожаре средств газового пожаротушения для создания концентрации огнетушащего вещества, достаточной для локализации и тушения пожара в его начальной стадии в защищаемом помещении серверной без участия людей.

Защите автоматической установкой газового пожаротушения подлежит Помещение «Серверная» (таблица 5).

Таблица 5 – Характеристика помещения, масса ГОТВ и количество модулей

Наименование помещения	Объем помещения, м <sup>3</sup>	Огнетушащие вещества	Масса ГОС, кг	Модули	
				Наименование	Количество, шт.

Серверная	77	Хладон 125	45	МПХ65 - 50-50	1
-----------	----	------------	----	---------------	---

Основная пожарная нагрузка в помещении – горючая масса кабелей.

Защищаемые помещения по взрывопожарной опасности имеют категорию В4, класс взрывопожароопасности – П II-а. Запыленность, наличие агрессивных средств, источников тепла и дыма отсутствуют.

В качестве газового огнетушащего состава (ГОТВ) принят хладон 125 (C<sub>2</sub>F<sub>5</sub>H). Предусмотрен объемный метод тушения, основанный на создании огнетушащей концентрации паров хладона 125 в защищаемом помещении.

Объемная концентрация хладон 125 – 9,8%. Потребность в ГОТВ определена по методике, изложенной в СП 485.1311500.2020. Общий запас хладона 125 подразделяется на основной и 100% резервный.

При подаче огнетушащего вещества предусмотрены следующие способы пуска установки:

- автоматический – от автоматических пожарных извещателей;
- дистанционный – от извещателя пожарного ручного, устанавливаемого у входа в защищаемое помещение.

В составе газового пожаротушения предусмотрена установка:

- модулей газового пожаротушения;
- магистральных трубопроводов;
- распределительных трубопроводов с насадками.

Предусмотрены модульные установки МПХ 65-100-50. Заполнение баллонов батарей хладон 125 предусматривается централизованно на специализированных предприятиях.

Трубопроводы установки выполнять из стальных труб по ГОСТ 8734-75. Соединения трубопроводов в установках пожаротушения должны быть сварными или резьбовыми.

Трубопроводы установок должны быть заземлены. Знак и место заземления – по ГОСТ 21130.

Трубопроводы окрашиваются в желтый цвет.

Насадки размещаются на распределительных трубопроводах в защищаемом помещении и равноудалены от магистрального трубопровода.

Расчетная масса ГОТВ  $M_g$ , которая храниться в установке определяется по формуле 1:

$$M_g = K_1 [M_p + M_{mp} + M_b \cdot n], \quad (1)$$

где  $M_p$  – масса ГОТВ, предназначенная для создания в объеме помещения огнетушащей концентрации, кг.

Масса ГОТВ рассчитывается по формуле 2.

$$M_p = V_p \cdot \rho_1 (1 + K_2) \cdot \frac{C_H}{100 - C_H}, \quad (2)$$

где  $V_p = 77 \text{ м}^3$  – расчетный объем защищаемого помещения;

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

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

$\rho_1$  – плотность газового огнетушащего вещества.

Плотность ГОТВ рассчитывается по формуле 3.

$$\rho_1 = \rho_0 \cdot \frac{T_0}{T_M} \cdot K_3, \quad (3)$$

где  $\rho_0 = 5,208 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$  – плотность паров огнетушащего вещества ( $\text{C}_2\text{F}_5\text{H}$ )

$T_0 = 20^\circ\text{C}$ ;

$T_M = 20^\circ\text{C}$  – минимальная температура воздуха в защищаемом помещении;

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

$$\rho_1 = 5,208 \cdot \frac{20}{20} \cdot 1 = 5,208$$

Коэффициент, учитывающий потери газового огнетушащего вещества через проемы помещения рассчитывается АО формуле 4:

$$K_2 = \Pi \cdot \delta \cdot \tau_{\text{под}} \cdot \sqrt{H}, \quad (4)$$

где  $\Pi=0,4$  – параметр, учитывающий расположение проемов в нижней и верхней зоне защищаемого помещения.

$\delta$  – параметр не герметичности помещения,  $\text{м}^{-1}$ ;

$t_{\text{под}}=10$  сек – нормативное время подачи ГОТВ в защищаемое помещение.

$$K_2 = 0,4 \cdot 0,00013 \cdot 10 \cdot \sqrt{3,08} = 0,001$$

$C_H = 9,8\%$  – нормативная объемная концентрация.

$$M_p = 77 \cdot 5,208(1 + 0) \cdot \frac{9,8}{100 - 9,8} = 40,1 \text{ кг}$$

Масса остатка ГОТВ в трубопроводах рассчитывается по формуле 5:

$$M_{\text{тр}} = V_{\text{тр}} \cdot \rho_{\text{ГОТВ}}, \quad (5)$$

где  $V_{\text{тр}}$  – объем трубопроводной разводки

$\rho_{\text{ГОТВ}}$  – плотность остатка ГОТВ.

$$M_{\text{тр}} = 0,1 \cdot 4,999 = 0,5 \text{ кг}$$

Остаток ГОТВ в модулях рассчитывается по формуле 6:

$$M_6 \cdot n, \quad (6)$$

где  $M_6=0,5\text{кг}$  – остаток ГОТВ в модуле по технической документации модуля;

$n=1$  – количество модулей (рабочих).

$$M_2 = 1,05 \cdot [40,1 + 0,5 + 0,5] = 43,2\text{кг}$$

Принимаем с запасом = 45 кг.

К установке принимаем модули газового пожаротушения МПХ-65-50-50 вместимостью баллона 45 кг, один рабочий, один резервный.

Требуемый расход газа в помещении определяется по формуле 7:

$$G = 0,95 \frac{M_P}{\tau}, \text{кг} / \text{с} \quad (7)$$

Суммарная площадь выпускных отверстий насадков,  $\text{м}^2$  рассчитывается по формуле 8:

$$F_n = \frac{G}{\mu \cdot J}, \quad (8)$$

где  $\mu$  – коэффициент расхода насадков;

$J$  – приведенный расход ГОТВ,  $\text{кг}/\text{м}^2 \cdot \text{с}$ .

Площадь выпускных отверстий насадка,  $\text{м}^2$  рассчитывается по формуле 9.

$$f = \frac{F_n}{N}, \quad (9)$$

где  $N$  – принятое количество насадков в помещении.

Требуемый диаметр рядков распределительных трубопроводов,

определяется по формуле 10:

$$D_p = \sqrt{\frac{5 \cdot n_p \cdot f}{\pi}}, \quad (10)$$

где  $n_p$  – число насадков на рядке.

Диаметр питающих трубопроводов определяется по формуле 11:

$$D_n \geq D_p \sqrt{n_{PT}}, \quad (11)$$

где  $n_{PT}$  – число рядков на питающем трубопроводе.

Диаметр магистрального трубопровода определяется по формуле 12:

$$D_M \geq D_{II} \sqrt{n_{II}}, \quad (12)$$

где  $n$  – число питающих трубопроводов, подключаемых к магистрали.

Результаты проектного расчета, и принятые расчетные значения приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Результаты проектного расчета, и принятые расчетные значения

Обозначение	Наименование	Значение	Единицы измерения
H	Высота защищаемого помещения	3,08	м
V <sub>p</sub>	Объем защищаемого помещения	77	м <sup>3</sup>
T <sub>o</sub>	Температура 20 °С	20	°С
T <sub>м</sub>	Температура минимальная	20	°С
τ	Расчетное время подачи ГОТВ	10	с

Продолжение таблицы 6

Обозначение	Наименование	Значение	Единицы измерения
П	Параметр, учитывающий расположение проемов	0,4	$m^{0,5} \cdot c^{-1}$
$K_1$	Коэффициент, учитывающий утечки ГОТВ из модуля	1,05	-
$K_2$	Коэффициент, учитывающий потери ГОТВ через открытые проемы	0	-
$K_3$	Поправочный коэффициент, учитывающий высоту расположения объекта	1	-
$\sigma$	Параметр негерметичности	0,00013	$m^{-1}$
$C_n$	Нормативная объемная концентрация ГОТВ	9,8	% об.
$\rho_0$	Плотность паров ГОТВ при $T_0$ и атмосферном давлении	5,208	$кг \cdot m^{-3}$
$\rho_1$	Плотность паров ГОТВ расчетная	5,208	$кг \cdot m^{-3}$
$M_p$	Масса ГОТВ, необходимая для создания нормативной огнетушащей концентрации	40,1	кг
$V_{тр}$	Объем трубной разводки установки	0,1	$m^3$
$M_{тр}$	Масса остатка ГОТВ в трубопроводах	0,5	кг
$M_б$	Масса остатка ГОТВ в модуле	0,5	кг
$M_r$	Требуемая масса ГОТВ, которая должна храниться в установке	45	кг
$K_3$	Коэффициент загрузки модуля МПХ-65-50-50	0,9	$кг \cdot л^{-3}$
$M_{МПХ}$	Масса ГОТВ, хранящаяся в модуле установки	45	кг
$\mu$	Коэффициент расхода огнетушащего газ на насадках	0,6	шт.
J	Принимаемый в проектном расчете приведенный расход ГОТВ	10000	$кг \cdot c^{-1} \cdot m^{-2}$
G	Требуемый расход огнетушащего газа в помещении	3,8	$кг \cdot c^{-1}$
$F_n$	Суммарная площадь выпускных отверстий насадков для $V_p$	$6,3 \cdot 10^{-4}$	$m^2$
f	Расчетная площадь выпускных отверстий насадков	320	$мм^2$
N	Количество насадков системы пожаротушения в помещении	2	шт.
$D_p$	Принятый диаметр рядков в помещении	40	мм
$D_{п}$	Принятый диаметр питающих трубопроводов в помещении	40	мм
$D_M$	Принятый диаметр магистрального трубопровода	50	мм

Площадь проема для сброса избыточного давления  $F_c, m^2$ , определяется по формуле 13:

$$F_C \geq \frac{K_2 \cdot K_3 \cdot M_P}{0,7 \cdot K_1 \cdot t_{nod} \cdot \rho_1} \cdot \sqrt{\frac{\rho_6}{7 \cdot 10^6 \cdot P_a \left[ \left( \frac{P_{np} + P_a}{P_a} \right)^{0,2857} - 1 \right]}} - \sum F, \quad (13)$$

где  $P_{np}$  – предельно допустимое избыточное давление, которое определяется из условия сохранения прочности строительных конструкций защищаемого помещения;

$P_a$  – атмосферное давление;

$\rho_в$  – плотность воздуха в условиях эксплуатации защищаемого помещения;

$K_2=1,2$  – коэффициент запаса;

$K_3=1$  – коэффициент, учитывающий изменения давления при его подаче.

$$F_C \geq \frac{1,2 \cdot 1 \cdot 40,1}{0,7 \cdot 1,05 \cdot 10 \cdot 5,208} \cdot \sqrt{\frac{1,2}{7 \cdot 10^6 \cdot 0,101 \left[ \left( \frac{0,012 + 0,0101}{0,0101} \right)^{0,2857} - 1 \right]}} - 0,01 = -0,09$$

Так как  $F_C$  больше нуля, то проем (устройство) для сброса избыточного давления не требуется.

Проектирование, монтаж, наладку, приемку и эксплуатацию установки следует производить в соответствии с требованиями мер безопасности изложенных в следующих документах:

- «Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением»;
- «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей»;
- ГОСТ 12.1.019-79\*; ГОСТ 12.3.046-91; ГОСТ 12.2.003-91;
- Нормативно – технической документации, утвержденной в установленном порядке.

Устройство дистанционного пуска установки должны быть защищены и

опломбировано.

Не следует вскрывать помещение и нарушать его герметичность в течение 20 мин после срабатывания АУГП (или до приезда подразделений пожарной охраны). Входить в защищаемое помещение после выпуска в него ГОТВ и ликвидации пожара до момента окончательного проветривания разрешается только в изолирующих средствах защиты органов дыхания. Вход в помещение без изолирующих средств защиты органов дыхания разрешается только после удаления продуктов горения и разложения ГОТВ до безопасной величины.

Выводы по разделу.

В разделе для раннего обнаружения пожара предложено применить аспирационный извещатель пожарный TITANUS PRO. Прибор обладает пороговой чувствительностью ослабления светового потока от 0,5%/м до 0,015%/м. Дополнительная настройка чувствительности осуществляется последовательно в зависимости от условий и места эксплуатации.

Объект защиты необходимо оснастить помещения модульной установкой газового пожаротушения. Компактная система пожаротушения состоит из рамы со свободно подвешенными баллонами с огнетушащим газом, которые соединены с коллектором с помощью герметичных шлангов, включая весовые устройства с электронными индикаторами утечки и электромагнитным устройством выпуска огнетушащего вещества. Панель управления обнаружением пожара, встроенная во входную дверь, соединена с датчиками, которые реагируют на тепло или дым и активируют установку пожаротушения в случае пожара.

В качестве газового огнетушащего состава (ГОТВ) принят хладон 125 ( $C_2F_5H$ ). Предусмотрен объемный метод тушения, основанный на создании огнетушащей концентрации паров хладона 125 в защищаемом помещении.

В разделе получены результаты проектного расчета и приняты расчетные значения.

## 4 Охрана труда

В соответствии с Приказом Минтруда России от 29.10.2021 № 776н «Об утверждении Примерного положения о системе управления охраной труда» [7] произведём оценку профессиональных рисков.

Система управления профессиональными рисками является частью системы управления охраной труда техникума и включает в себя следующие основные элементы:

- политика в области управления профессиональными рисками, цели и программы по их достижению;
- планирование работ по управлению профессиональными рисками;
- процедуры системы управления профессиональными рисками;
- контроль функционирования системы управления профессиональными рисками;
- анализ эффективности функционирования системы управления профессиональными рисками со стороны директора или уполномоченного им лица [19].

Реестр опасностей на рабочих местах представлен в таблице 7.

Таблица 7 – Реестр рисков

Опасность	ID	Опасное событие
3. Скользкие, обледенелые, за жиренные, мокрые опорные поверхности	3.1	Падение при спотыкании или поскальзывании, при передвижении по скользким поверхностям или мокрым полам
3. Перепад высот, отсутствие ограждения на высоте свыше 5 м	3.2	Падение с высоты или из-за перепада высот на поверхности
	3.3	Падение из-за отсутствия ограждения, из-за обрыва троса, в котлован, в шахту при подъеме или спуске при нештатной ситуации
	3.4	Падение из-за внезапного появления на пути следования большого перепада высот

Продолжение таблицы 7

Опасность	ID	Опасное событие
-	3.5	Падение с транспортного средства
6. Обрушение наземных конструкций	6.1	Травма в результате заваливания или раздавливания
7. Транспортное средство, в том числе погрузчик	7.1	Наезд транспорта на человека
	7.2	Травмирование в результате дорожно-транспортного происшествия
	7.3	Раздавливание человека, находящегося между двумя сближающимися транспортными средствами
	7.4	Опрокидывание транспортного средства при нарушении способов установки и строповки грузов
	7.5	Опрокидывание транспортного средства при проведении работ
8. Подвижные части машин и механизмов	8.1	Удары, порезы, проколы, уколы, затягивания, наматывания, абразивные воздействия подвижными частями оборудования
13. Материал, жидкость или газ, имеющие высокую температуру	13.1	Ожог при контакте незащищенных частей тела с поверхностью предметов, имеющих высокую температуру
	13.2	Ожог от воздействия на незащищенные участки тела материалов, жидкостей или газов, имеющих высокую температуру
	13.3	Тепловой удар при длительном нахождении в помещении с высокой температурой воздуха
13. Поверхности, имеющие высокую температуру (воздействие конвективной теплоты)	13.8	Тепловой удар от воздействия окружающих поверхностей оборудования, имеющих высокую температуру
	13.9	Ожог кожных покровов работника вследствие контакта с поверхностью имеющую высокую температуру
14. Охлажденная поверхность, охлажденная жидкость или газ	14.1	Заболевания вследствие переохлаждения организма, обморожение мягких тканей из-за контакта с поверхностью, имеющую низкую температуру, с охлажденной жидкостью или газом
22. Груз, инструмент или предмет, перемещаемый или поднимаемый, в том числе на высоту	22.1.	Удар работника или падение на работника предмета, тяжелого инструмента или груза, упавшего при перемещении или подъеме

Продолжение таблицы 7

Опасность	ID	Опасное событие
27. Электрический ток	27.1	Контакт с частями электрооборудования, находящимися под напряжением
	27.2	Отсутствие заземления или неисправность электрооборудования
	27.3	Нарушение правил эксплуатации и ремонта электрооборудования, неприменение СИЗ
	27.4	Воздействие электрической дуги
27. Шаговое напряжение	27.5	Поражение электрическим током
27. Искры, возникающие вследствие накопления статического электричества, в том числе при работе во взрывопожароопасной среде	27.6	Ожог, пожар или взрыв при искровом зажигании взрывопожароопасной среды
27. Наведенное напряжение в отключенной электрической цепи (электромагнитное воздействие параллельной воздушной электрической линии или электричества, циркулирующего в контактной сети)	27.7	Поражение электрическим током

Оценка вероятности представлена в таблице 8.

Таблица 8 – Оценка вероятности

Степень вероятности		Характеристика	Коэффициент, А
1	Весьма маловероятно	«Практически исключено» [8] «Зависит от следования инструкции» [8] «Нужны многочисленные поломки/отказы/ошибки» [8]	1
2	Маловероятно	«Сложно представить, однако может произойти» [8] «Зависит от следования инструкции» [8] «Нужны многочисленные поломки/отказы/ошибки» [8]	2
3	Возможно	«Иногда может произойти» [8] «Зависит от обучения (квалификации)» [8] «Одна ошибка может стать причиной аварии/инцидента/несчастного случая» [8]	3

Продолжение таблицы 8

Степень вероятности		Характеристика	Коэффициент, А
4	Вероятно	«Зависит от случая, высокая степень возможности реализации» [8] «Часто слышим о подобных фактах» [8] «Периодически наблюдаемое событие» [8]	4
5	Весьма вероятно	«Обязательно произойдет» [8] «Практически несомненно» [8] «Регулярно наблюдаемое событие» [8]	5

Оценка степени тяжести последствий представлена в таблице 9.

Таблица 9 – Оценка степени тяжести последствий

Тяжесть последствий		Потенциальные последствия для людей	Коэффициент, U
5	Катастрофическая	«Групповой несчастный случай на производстве (число пострадавших 2 и более человек)» [8] «Несчастный случай на производстве со смертельным исходом» [8] «Авария» [8] «Пожар» [8]	5
4	Крупная	«Тяжелый несчастный случай на производстве (временная нетрудоспособность более 60 дней)» [8] «Профессиональное заболевание» [8] «Инцидент» [8]	4
3	Значительная	«Серьезная травма, болезнь и расстройство здоровья с временной утратой трудоспособности продолжительностью до 60 дней» [8] «Инцидент» [8]	3
2	Незначительная	«Незначительная травма - микротравма (легкие повреждения, ушибы), оказана первая медицинская помощь» [8]. «Инцидент» [8] «Быстро потушенное загорание» [8]	2
1	Приемлемая	«Без травмы или заболевания» [8] «Незначительный, быстроустраняемый ущерб» [8]	1

Количественная оценка профессионального риска рассчитывается по формуле 1.

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

где А – коэффициент вероятности;

U – коэффициент тяжести последствий.

«Оценка риска, R:

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

В соответствии Приказом Минтруда России от 28.12.2021 № 926 [12] по результатам проведенной идентификации на каждом рабочем месте заполняется анкета. Анкета рисков представлена в таблице 10.

Таблица 10 – Анкета

Рабочее место	Опасность	Опасное событие	Степень вероятности, А	Коэффициент, А	Тяжесть последствий, U	Коэффициент, U	Оценка риска, R	Значимость оценки риска
Электромонтер	3	3.1	4	4	4	4	16	Средний
		3.2	4	4	4	4	16	Средний
		3.3	3	3	5	5	15	Средний
	13	13.1	3	3	3	3	9	Средний
		13.3	3	3	3	3	9	Средний
		13.9	3	3	3	3	9	Средний
	14	14.1	3	3	3	3	9	Средний
	27	27.1	4	4	5	5	20	Высокий
		27.2	3	3	5	5	15	Средний
		27.3	3	3	5	5	15	Средний
		27.4	3	3	5	5	15	Средний
		27.5	3	3	5	5	15	Средний
	27	27.6	2	2	5	5	10	Средний
27.7		3	3	5	5	15	Средний	
Паяльщик	3	3.1	2	2	3	3	6	Низкий
	7	7.1	4	4	3	3	12	Средний
		7.2	4	4	4	4	16	Средний
	9	9.1	4	4	3	3	12	Средний
	12	12.5	4	4	3	3	12	Средний
	13	13.1	3	3	2	2	6	Низкий
Водитель	3	3.1	3	3	3	3	9	Средний
	7	7.2	4	4	4	4	16	Средний

Вывод по разделу.

В разделе определено, что для уменьшения величины рисков необходимо устранить или снизить факторы опасности. Для этого следует провести следующие мероприятия:

- внедрение более безопасных технологий производства;
- закупка средств индивидуальной защиты;
- модернизация оборудования и приспособлений;
- автоматизация производственных процессов;
- уменьшение времени воздействия вредных факторов на работников.

После проведения мероприятий по снижению вредных факторов необходимо повторно провести оценку рисков.

Планирование мероприятий по воздействию на риск и контроль за их выполнением осуществляется с привлечением представителей работников и представителей профсоюзного комитета.

## 5 Охрана окружающей среды и экологическая безопасность

Проведём оценку антропогенной нагрузки [4] предприятия на окружающую среду (таблица 11).

Таблица 11 – Антропогенная нагрузка на окружающую среду

Наименование объекта	Подразделение	Воздействие на атмосферный воздух	Воздействие на водные объекты	Отходы
ООО «ПНК НЕРУД»	Вычислительный центр	Газообразные	Сточные воды	ТКО
Количество в год		0,016 т	-	315,213 т

Сведения о применяемых на объекте технологиях и соответствие наилучшей доступной технологии представлены в таблице 12.

Таблица 12 – Сведения о применяемых на объекте технологиях [10]

Структурное подразделение (площадка, цех или другое)		Наименование технологии	Соответствие наилучшей доступной технологии
Номер	Наименование		
1	Вычислительный центр	Обращение с отходами I и II классов опасности	Нет

Перечень загрязняющих веществ представлен в таблице 13.

Таблица 13 – Перечень загрязняющих веществ

Номер ЗВ	Наименование загрязняющего вещества
1	Азота диоксид
2	Азот (II) оксид
3	Углерод оксид

Отчёт по производственному экологическому контролю [10] на предприятии представлен в таблицах 14-16.

Таблица 14 – Результаты контроля стационарных источников выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух

№ п/п	Структурное подразделение (площадка, цех или другое)		Источник		Наименование загрязняющего вещества	Предельно допустимый выброс или временно согласованный выброс, г/с	Фактический выброс, г/с	Превышение предельно допустимого выброса или временно согласованного выброса в раз (гр. 8 / гр. 7)	Дата отбора проб	Общее количество случаев превышения предельно допустимого выброса или временно согласованного выброса	Примечание
	номер	наименование	номер	наименование							
1	1	Вычислительный центр	1	Вентиляция	Азота диоксид	0,020	0,010	-	25.04.2023	-	-
					Азот (II) оксид	0,020	0,010	-	25.04.2023	-	-
					Углерод оксид	0,020	0,010	-	25.04.2023	-	-
Итого						0,060	0,030	-	-	-	-

Таблица 15 – Результаты проведения проверок работы очистных сооружений, включая результаты технологического контроля эффективности работы очистных сооружений на всех этапах и стадиях очистки сточных вод и обработки осадков

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

Таблица 16 – Сведения об образовании, утилизации, обезвреживании, размещении отходов производства и потребления за отчетный 2022 год

№ строки	Наименование видов отходов	Код по федеральному классификационному каталогу отходов, далее - ФККО	Класс опасности отходов	Наличие отходов на начало года, тонн		Образовано отходов, тонн	Получено отходов от других индивидуальных предпринимателей и юридических лиц, тонн	Утилизировано отходов, тонн	Обезврежено отходов, тонн
				хранение	накопление				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Отходы изоляции проводов и кабелей при их разделке зачистке [9]	7 41 272 11 40 4	4	0	0	1,2	0	1,2	0
2	Лом и отходы изделий из акрилонитрилбутадиенстирола (пластик АБС) незагрязненные [9]	4 34 142 01 51 5	5	0	0	0,5	0	0,5	0
3	Отходы бумаги и картона	4 05 122 02 60 5	5	0	0	0,3	0	0,3	0,3
4	Кабель медно-жильный, утративший потребительские свойства	4 82 305 11 52 3	3	0	0	4,2	0	4,2	0
5	«Мусор от офисных бытовых помещений организаций несортированный» [9]	7 33 100 01 72 4	4	0	0	1,2	0	1,2	0

Продолжение таблицы 16

№ строки	Передано отходов другим индивидуальным предпринимателям и юридическим лицам, тонн							
	Всего	для обработки	для утилизации	для обезвреживания	для хранения	для захоронения		
	11	12	13	14	15	16		
1	1,2	0	0	0	0	1,2		
2	0,5	0	0	0	0	0,5		
3	0,3	0	0	0,3	0	0		
4	4,2	0	0	0	0	4,2		
5	1,2	0	0	0	0	1,2		
№ строки	Размещено отходов на эксплуатируемых объектах, тонн					Наличие отходов на конец года, тонн		
	Всего	Хранение на собственных объектах размещения отходов, далее - ОРО	Захоронение на собственных ОРО	Хранение на сторонних ОРО	Захоронение на сторонних ОРО	Хранение	Накопление	
	17	18	19	20	21	22	23	
1	1,2	0	0	0	1,2	0	0	
2	0,5	0	0	0	0,5	0	0	
3	0,3	0	0	0	0,3	0	0	
4	4,2	0	0	0	4,2	0	0	
5	1,2	0	0	0	1,2	0	0	

Согласно представленным техническим условиям МУП «Комбинат благоустройства» водоотведение объекта предусматривается в проектируемую накопительную емкость с последующим вывозом специализированным автотранспортом.

Вывод по разделу.

В работе определено, что бытовые опасные отходы содержат некоторые из тех же химических веществ, что и опасные отходы, образующиеся в промышленности. Но из-за небольшого количества образующихся отходов они, как правило, не подпадают под действие нормативных актов. Программы сбора бытовых опасных отходов потенциально могут снизить токсичность потока муниципальных отходов. Но необходимо сделать больше для уменьшения объема и токсичности твердых отходов.

Мусор от офисных помещений организаций несортированный (исключая крупногабаритный) подлежит захоронению на полигоне ТКО.

## 6 Оценка эффективности мероприятий по обеспечению техносферной безопасности

В работе для раннего обнаружения пожара предложено применить аспирационный извещатель пожарный TITANUS PRO. Прибор обладает пороговой чувствительностью ослабления светового потока от 0,5%/м до 0,015%/м. Дополнительная настройка чувствительности осуществляется последовательно в зависимости от условий и места эксплуатации.

План реализации мероприятий по обеспечению техносферной безопасности представлен в таблице 17.

Таблица 17 – План реализации мероприятий

Мероприятия	Срок исполнения
Проектирование системы газового пожаротушения серверных шкафов вычислительного центра	Ноябрь 2024 года
Монтаж системы газового пожаротушения серверных шкафов вычислительного центра	Декабрь 2024 года
Пуско-наладочные работы	Январь 2025 года

Объект защиты необходимо оснастить помещения модульной установкой газового пожаротушения. Компактная система пожаротушения состоит из рамы со свободно подвешенными баллонами с огнетушащим газом, которые соединены с коллектором с помощью герметичных шлангов, включая весовые устройства с электронными индикаторами утечки и электромагнитным устройством выпуска огнетушащего вещества. Панель управления обнаружением пожара, встроенная во входную дверь, соединена с датчиками, которые реагируют на тепло или дым и активируют установку пожаротушения в случае пожара.

В качестве газового огнетушащего состава (ГОТВ) принят хладон 125 ( $C_2F_5H$ ). Предусмотрен объемный метод тушения, основанный на создании огнетушащей концентрации паров хладона 125 в защищаемом помещении.

Варианты расчёта ожидаемых прямых и вторичных потерь от пожаров

серверного оборудования предприятия:

- 1 вариант – отсутствует пожарная защита серверных шкафов вычислительного центра ООО «ПНК НЕРУД»;
- 2 вариант – для защиты серверных шкафов вычислительного центра смонтирована система газового пожаротушения с применением газового огнетушащего состава хладон 125.

Данные для расчёта ожидаемых потерь представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Данные для расчёта ожидаемых потерь

Показатель	Измерение	Обоз.	1 вариант	2 вариант
«Площадь объекта» [20]	м <sup>2</sup>	F	1734	
«Стоимость поврежденного технологического оборудования и оборотных фондов» [20]	руб./м <sup>2</sup>	C <sub>T</sub>	100000	100000
Стоимость поврежденных частей здания	руб/м <sup>2</sup>	C <sub>к</sub>	30000	
«Площадь пожара при отказе всех средств пожаротушения» [20]	м <sup>2</sup>	F'' <sub>пож</sub>	1734	
«Площадь пожара при тушении средствами автоматического пожаротушения» [20]	м <sup>2</sup>	F* <sub>пож</sub>	-	1
«Вероятность возникновения пожара» [20]	1/м <sup>2</sup> в год	J	5·10 <sup>-4</sup>	
«Площадь пожара на время тушения первичными средствами» [20]	м <sup>2</sup>	F <sub>пож</sub>	4	
«Вероятность тушения пожара первичными средствами» [20]	-	p <sub>1</sub>	0,79	
«Вероятность тушения пожара привозными средствами» [20]	-	p <sub>2</sub>	0,95	
«Вероятность тушения средствами автоматического пожаротушения» [20]	-	p <sub>3</sub>	0,86	
«Коэффициент, учитывающий степень уничтожения объекта тушения пожара привозными средствами» [20]	-	-	0,52	
«Коэффициент, учитывающий косвенные потери» [20]	-	к	1,63	
«Линейная скорость распространения горения по поверхности» [20]	м/мин	V <sub>л</sub>	1,5	
«Время свободного горения» [20]	мин	B <sub>свг</sub>	10	
«Норма текущего ремонта» [20]	%	H <sub>т.р.</sub>	-	5
«Норма амортизационных отчислений» [20]	%	H <sub>а</sub>	-	10
Заработная плата 1 работника	руб/мес	ЗПЛ	0	35000
«Период реализации мероприятия» [20]	лет	T	10	

Рассчитаем площадь пожара при тушении привозными средствами по формуле 2:

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

«где  $v_l$  – линейная скорость распространения горения по поверхности, м/мин;

$B_{св}$  – время свободного горения, мин.» [20].

$$F'_{пож} = 3,14 \cdot (1,5 \cdot 10)^2 = 706,5 \text{ м}^2$$

Так как площадь объекта меньше площади пожара, то площадь пожара при тушении привозными средствами будет равна общей площади здания.

Произведём расчёт ожидаемых потерь от пожаров по формулам 3-7.

$$M(\Pi) = M(\Pi_1) + M(\Pi_2) + M(\Pi_3) + M(\Pi_4), \quad (3)$$

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

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

$M(\Pi_3)$  – математическое ожидание годовых потерь от пожаров при отказе всех средств пожаротушения» [20]:

$$M(\Pi_2) = J \cdot F \cdot C_T \cdot F_{пож}^* \cdot (1+k) \cdot p_1; \quad (4)$$

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

$F$  – площадь объекта,  $\text{м}^2$ ;

$C_T$  – стоимость поврежденного технологического оборудования и оборотных фондов, руб./ $\text{м}^2$ ;

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

$p_1$  – вероятность тушения пожара первичными средствами;

$k$  – коэффициент, учитывающий косвенные потери» [20].

$$M(\Pi_2) = J \cdot F \cdot (C_T \cdot F'_{\text{пож}} + C_K) \cdot 0,52 \cdot (1+k) \times \\ \times [1 - p_1 - (1 - p_1) \times p_3] \cdot p_2 \quad (5)$$

«где  $p_2$  – вероятность тушения пожара привозными средствами;

$C_K$  – стоимость поврежденных частей здания, руб./м<sup>2</sup>;

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

[20].

$$M(\Pi_3) = J \cdot F \cdot (C_T \cdot F''_{\text{пож}} + C_K) \cdot (1+k) \cdot [1 - p_1 - (1 - p_1) \cdot p_2] \quad (6)$$

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

м<sup>2</sup>.

$$M(\Pi_4) = J \cdot F \cdot (C_T \cdot F''_{\text{пож}} + C_K) \cdot (1+k) \cdot \{1 - p_1 - (1 - p_1) \cdot p_3 - [1 - p_1 - (1 - p_1) \cdot p_3] \cdot p_2\} \quad (7)$$

Для первого варианта:

$$M(\Pi_1) = 5 \times 10^{-4} \times 1734 \times 100000 \times 4 \times (1 + 1,63) \times 0,79 = 720546,36 \text{ руб./год};$$

$$M(\Pi_2) = 5 \times 10^{-4} \times 1734 \times (100000 \times 706,5 + 30000) \times 0,52 \times (1 + 1,63) \times \\ \times (1 - 0,79) \times 0,95 = 16719282,29 \text{ руб./год}.$$

$$M(\Pi_3) = 5 \times 10^{-4} \times 1734 \times (100000 \times 1734 + 30000) \times (1 + 1,63) \times \\ \times [1 - 0,79 - (1 - 0,79) \times 0,95] = 4152296,61 \text{ руб./год}.$$

Для второго варианта:

$$M(\Pi_1) = 5 \times 10^{-4} \times 1734 \times 100000 \times 4 \times (1 + 1,63) \times 0,79 = 720546,36 \text{ руб./год};$$

$$M(\Pi_2) = 5 \times 10^{-4} \times 1734 \times 100000 \times 1 \times (1 + 1,63) \times (1 - 0,79) \times 0,86 = \\ = 41180,59 \text{ руб./год};$$

$$M(\Pi_3) = 5 \times 10^{-4} \times 1734 \times (100000 \times 706,5 + 30000) \times (1 + 1,63) \times$$

$$\times [1 - 0,79 - (1 - 0,79) \times 0,86] \times 0,95 = 4501345,23 \text{ руб./год.}$$

$$M(\Pi_4) = 5 \times 10^{-4} \times 1734 \times (100000 \times 1734 + 30000) \times (1 + 1,63) \times \{1 - 0,79 - (1 - 0,79) \times 0,86 - [1 - 0,79 - (1 - 0,79) \times 0,86] \times 0,95\} = 581321,53 \text{ руб./год.}$$

Общие ожидаемые потери объекта от пожаров составят:

- если отсутствует пожарная защита серверных шкафов вычислительного центра ООО «ПНК НЕРУД»:

$$M(\Pi)_1 = 720546,36 + 16719282,29 + 4152296,61 = 21592125,26 \text{ руб./год.}$$

- если для защиты серверных шкафов вычислительного центра смонтирована система газового пожаротушения с применением газового огнетушащего состава хладон 125:

$$M(\Pi)_2 = 720546,36 + 41180,59 + 4501345,23 + 581321,52 = 5844393,7 \text{ руб./год.}$$

Стоимость монтажа системы газового пожаротушения с применением газового огнетушащего состава хладон 125 представлена в таблице 19.

Таблица 19 – Стоимость монтажа системы газового пожаротушения с применением газового огнетушащего состава хладон 125

Виды работ	Стоимость, руб.
Проектирование системы газового пожаротушения серверных шкафов вычислительного центра	300000
Закупка оборудования (стоимость оборудования)	2000000
Монтаж системы газового пожаротушения серверных шкафов вычислительного центра	500000
Пусконаладочные работы	200000
Итого:	3000000

Рассчитаем эксплуатационные расходы на содержание системы газового пожаротушения с применением газового огнетушащего состава хладон 125 по формуле 8:

$$P=A+C \quad (8)$$

где А – «затраты на амортизацию систем автоматических устройств пожаротушения, руб./год;

С – текущие затраты указанных систем (зарплата обслуживающего персонала, текущий ремонт), руб./год» [20].

$$P=300000+570000=870000 \text{ руб.}$$

Текущие затраты рассчитаем по формуле 9:

$$C_2=C_{m.p.}+C_{c.o.n.} \quad (9)$$

где «С<sub>т.р.</sub> – затраты на текущий ремонт;

С<sub>с.о.п.</sub> – затраты на оплату труда обслуживающего персонала» [20].

$$C_2=150000+420000=570000 \text{ руб.}$$

Затраты на текущий ремонт рассчитывается по формуле 10:

$$C_{m.p.} = \frac{K_2 \cdot H_{m.p.}}{100\%} \quad (10)$$

«где К<sub>2</sub> – капитальные затраты на приобретение, установку автоматических средств тушения пожара, руб.;

Н<sub>т.р.</sub> – норма текущего ремонта, %» [20].

$$C_{m.p.} = \frac{3000000 \cdot 5}{100\%} = 150000 \text{ руб.}$$

Затраты на оплату труда обслуживающего персонала рассчитывается по формуле 11:

$$C_{c.o.n.} = 12 \times Ч \times ЗПЛ \quad (11)$$

«где Ч – численность работников обслуживающего персонала, чел.;

ЗПЛ – заработная плата 1 работника, руб./месс» [20].

$$C_{c.o.n.} = 12 \times 1 \times 35000 = 420000 \text{ руб.}$$

Затраты на амортизацию систем автоматических устройств пожаротушения рассчитываются по формуле 12:

$$A = \frac{K_2 \cdot H_a}{100\%} \quad (12)$$

«где  $K_2$  – капитальные затраты на приобретение, установку автоматических средств тушения пожара, руб.;

$H_a$  – норма амортизации, %» [20].

$$A = \frac{3000000 \cdot 10}{100\%} = 300000 \text{ руб.}$$

Экономический эффект от монтажа системы газового пожаротушения с применением газового огнетушащего состава хладон 125 рассчитаем по формуле 13:

$$И = \sum_{t=0}^T ([M(\Pi_1) - M(\Pi_2)] - [P_2 - P_1]) \times \frac{1}{(1+НД)^t} - (K_2 - K_1) \quad (13)$$

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

t – год осуществления затрат;

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

$M(\Pi_1)$ ,  $M(\Pi_2)$  – расчетные годовые материальные потери в базовом и планируемом вариантах, руб./год;

$K_1$ ,  $K_2$  – капитальные вложения на осуществление противопожарных мероприятий в базовом и планируемом вариантах, руб.;

$P_1, P_2$ – эксплуатационные расходы в базовом и планируемом вариантах в  $t$ -м году, руб./год» [20].

Расчёт денежных потоков от монтажа системы газового пожаротушения с применением газового огнетушащего состава хладон 125 представлен в таблице 20.

Таблица 20 – Расчёт денежных потоков

Год осуществления проекта	$M(П1)-M(П2)$	$P_2-P_1$	$1/(1+НД)^t$	$[M(П1)-M(П2)-(C_2-C_1)]^* 1/(1+НД)^t$	$K_2-K_1$	Чистый дисконтированный поток доходов по годам проекта)
1	15747731,56	870000	0,91	13538735,72	3000000	10538735,72
2	15747731,56	870000	0,83	12348517,19	-	12348517,19
3	15747731,56	870000	0,75	11158298,67	-	11158298,67
4	15747731,56	870000	0,68	10116857,46	-	10116857,46
5	15747731,56	870000	0,62	9224193,57	-	9224193,57
6	15747731,56	870000	0,56	8331529,67	-	8331529,67
7	15747731,56	870000	0,51	7587643,10	-	7587643,10
8	15747731,56	870000	0,47	6992533,83	-	6992533,83
9	15747731,56	870000	0,42	6248647,26	-	6248647,26
10	15747731,56	870000	0,39	5802315,31	-	5802315,31

Вывод по разделу.

В разделе разработан план монтажа в помещениях серверных шкафов вычислительного центра ООО «ПНК НЕРУД» системы газового пожаротушения с применением газового огнетушащего состава хладон 125 и рассчитан экономический эффект от его реализации.

Интегральный экономический эффект от монтажа системы газового пожаротушения с применением газового огнетушащего состава хладон 125 за десять лет составит 88349271,78 руб.

## Заключение

В первом разделе представлены прогрессивные технические решения и лучшие мировые практики в области противопожарной защиты вычислительных центров.

Установлено, что противопожарная жидкость 3M™ Novec™ 1230 – это альтернатива инертным газам следующего поколения, обеспечивающая отличные огнетушащие и экологические характеристики.

Инженерная жидкость 3M™ Novec™ 7000 – это прозрачная, бесцветная, термостойкая диэлектрическая жидкость, способная работать при экстремально низких температурах.

Инженерная жидкость 3M™ Novec™ 7000 состоит из 1-метоксигептафторпропана (C<sub>3</sub>F<sub>7</sub>OCH<sub>3</sub>) с содержанием не менее 99,5%. Содержание нелетучих остатков составляет не более 25,0 частей на миллион.

Свойства 3M™ Novec™ делают его очень полезным в различных областях применения для теплопередачи в полупроводниковой, электронной, химической промышленности. 3M™ Novec™ также может использоваться в качестве хладагента прямого расширения. Инженерная жидкость 3M™ Novec™ не разрушает озоновый слой и обладает очень низким потенциалом глобального потепления, что делает ее привлекательной альтернативой теплоносителям из перфторуглерода и перфторполиэфира.

Во втором разделе представлен анализ технических решений в области обеспечения пожарной безопасности объекта.

Для анализа эффективности пожарных извещателей были проведены испытания. В разделе приведены краткие характеристики каждого извещателя во время демонстрационных испытаний.

Подводя итог, испытания продемонстрировали различия в реакции на сигналы ложной тревоги (нежелательные сигналы тревоги) между обычными детекторами с одним датчиком, программируемыми «интеллектуальными» детекторами с одним датчиком и программируемыми «интеллектуальными»

мультисенсорными детекторами.

Эти эксперименты продемонстрировали потенциальные преимущества использования «интеллектуальных» аспирационных извещателей, оснащенных несколькими чувствительными элементами. Однако, они также показывают, что важно, чтобы алгоритмы (конфигурации), используемые с такими извещателями, были тщательно адаптированы к типу среды, в которой будут расположены извещатели, для обеспечения как невосприимчивости к ложным срабатываниям, так и быстрого реагирования на реальные угрозы пожара.

Для защиты серверных стоек, серверных шкафов и серверных комнат предлагается три самодействующие системы пожаротушения в соответствии с конкретными потребностями.

Система прямого тушения при помощи низкого давления Firetrace обеспечивает простое и надежное решение для противопожарной защиты открытых и полузакрытых серверных стоек. Гибкая красная сигнальная трубка может быть проложена по всей серверной стойке, обеспечивая обнаружение и тушение пожара прямо у его источника.

Система непрямого тушения при помощи низкого давления Firetrace обеспечивает простое и надежное решение для противопожарной защиты полностью закрытых серверных стоек и шкафов. В отличие от прямой системы, непрямая система использует красную трубку обнаружения Firetrace под давлением в качестве устройства, предназначенного только для обнаружения.

Непрямые системы пожаротушения Firetrace также предполагают возможность активации с помощью аспирационного детектора дыма.

В третьем разделе для раннего обнаружения пожара предложено применить аспирационный извещатель пожарный TITANUS PRO. Прибор обладает пороговой чувствительностью ослабления светового потока от 0,5%/м до 0,015%/м. Дополнительная настройка чувствительности осуществляется последовательно в зависимости от условий и места

эксплуатации.

Объект защиты необходимо оснастить помещения модульной установкой газового пожаротушения. Компактная система пожаротушения состоит из рамы со свободно подвешенными баллонами с огнетушащим газом, которые соединены с коллектором с помощью герметичных шлангов, включая весовые устройства с электронными индикаторами утечки и электромагнитным устройством выпуска огнетушащего вещества. Панель управления обнаружением пожара, встроенная во входную дверь, соединена с датчиками, которые реагируют на тепло или дым и активируют установку пожаротушения в случае пожара.

В качестве газового огнетушащего состава (ГОТВ) принят хладон 125 ( $C_2F_5H$ ). Предусмотрен объемный метод тушения, основанный на создании огнетушащей концентрации паров хладона 125 в защищаемом помещении.

В четвертом разделе определено, что для уменьшения величины рисков необходимо устранить или снизить факторы опасности. Для этого следует провести следующие мероприятия:

- внедрение более безопасных технологий производства;
- закупка средств индивидуальной защиты;
- модернизация оборудования и приспособлений;
- автоматизация производственных процессов;
- уменьшение времени воздействия вредных факторов на работников.

После проведения мероприятий по снижению вредных факторов необходимо повторно провести оценку рисков.

Планирование мероприятий по воздействию на риск и контроль за их выполнением осуществляется с привлечением представителей работников и представителей профсоюзного комитета.

В работе определено, что бытовые опасные отходы содержат некоторые из тех же химических веществ, что и опасные отходы, образующиеся в промышленности. Но из-за небольшого количества образующихся отходов они, как правило, не подпадают под действие нормативных актов. Программы

сбора бытовых опасных отходов потенциально могут снизить токсичность потока муниципальных отходов. Но необходимо сделать больше для уменьшения объема и токсичности твердых отходов.

Мусор от офисных помещений организаций несортированный (исключая крупногабаритный) подлежит захоронению на полигоне ТКО.

В шестом разделе разработан план монтажа в помещениях серверных шкафов вычислительного центра ООО «ПНК НЕРУД» системы газового пожаротушения с применением газового огнетушащего состава хладон 125 и рассчитан экономический эффект от его реализации.

Интегральный экономический эффект от монтажа системы газового пожаротушения с применением газового огнетушащего состава хладон 125 за десять лет составит 88349271,78 руб.

## Список используемых источников

1. Богданов Д. Ю., Кравченко О. А. Математическая модель электромеханических стенов обезвешивания с учетом силовых взаимодействий в радиальной конструкции // ЭС и К. 2018. №1 (38). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/matematicheskaya-model-elektromehnicheskikh-stendov-obezveshivaniya-s-uchetom-silovyh-vzaimodeystiy-v-radialnoy-konstruktsii> (дата обращения: 08.04.2024).

2. Дробушко А.Г., Сафонова Н.Л. Положительный опыт применения автоматического пожаротушения на основе Novac 1230 в России // Современные технологии обеспечения гражданской обороны и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. 2016. №1 (7). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/pozhitelnyy-opyt-primeneniya-avtomaticheskogo-pozharotusheniya-na-osnove-novac-1230-v-rossii> (дата обращения: 08.04.2024).

3. Костин А.А., Пальмов С.В. NOVEC 1230 или «сухая вода» и её применение // Форум молодых ученых. 2018. №11-1 (27). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/novac-1230-ili-suhaya-voda-i-ee-primeneniye> (дата обращения: 08.04.2024)

4. Об охране окружающей среды [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ. URL: <https://docs.cntd.ru/document/901808297> (дата обращения: 12.02.2024).

5. Об установлении правил противопожарного режима в Российской Федерации : Постановление Правительства РФ от 16.09.2020 № 1479 [Электронный ресурс]. URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=443384> (дата обращения: 15.02.2024).

6. Об установлении правил противопожарного режима в Российской Федерации [Электронный ресурс] : Постановление Правительства РФ от 16.09.2020 № 1479. URL:

<https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=443384> (дата обращения: 12.02.2024).

7. Об утверждении Примерного положения о системе управления охраной труда [Электронный ресурс] : Приказ Минтруда России от 29.10.2021 № 776н. URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=409457&ysclid=1d8jp94kat939272210> (дата обращения: 12.02.2024).

8. Об утверждении рекомендаций по выбору методов оценки уровней профессиональных рисков и по снижению уровней таких рисков [Электронный ресурс] : Приказ Минтруда России от 28.12.2021 № 926. URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=411523&ysclid=1d8jqdwcm8100411018> (дата обращения: 12.02.2024).

9. Об утверждении Федерального классификационного каталога отходов [Электронный ресурс] : Приказ Федеральной службы по надзору в сфере природопользования от 22.05.2017 № 242. URL: <http://docs.cntd.ru/document/542600531> (дата обращения: 12.02.2024).

10. Об утверждении формы отчета об организации и о результатах осуществления производственного экологического контроля [Электронный ресурс] : Приказ Минприроды России от 14.06.2018 № 261 (ред. от 23.06.2020). URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=377676&ysclid=1dsbgkxui183890770> (дата обращения: 12.02.2024).

11. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности [Электронный ресурс]: СП 12.13130.2009 URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200071156> (дата обращения: 05.03.2024).

12. Правила устройства электроустановок [Электронный ресурс] : ПУЭ. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200030218> (дата обращения: 02.03.2024).

13. Системы противопожарной защиты. Ограничение распространения пожара [Электронный ресурс] : СП 4.13130.2013. URL:

<http://docs.cntd.ru/document/1200101593> (дата обращения: 02.02.2024).

14. Системы противопожарной защиты. Перечень зданий, сооружений, помещений и оборудования, подлежащих защите автоматическими установками пожаротушения и системами пожарной сигнализации. Требования пожарной безопасности [Электронный ресурс] : СП 486.1311500.2020. URL: <https://docs.cntd.ru/document/566348486> (дата обращения: 10.02.2024).

15. Системы противопожарной защиты. Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Требования пожарной безопасности [Электронный ресурс] : СП 3.13130.2009. URL: <https://www.mchs.gov.ru/dokumenty/svody-pravil/675> (дата обращения: 17.02.2024).

16. Системы противопожарной защиты. Установки пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования [Электронный ресурс] : СП 485.1311500.2020. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573004280?ysclid=16kc9vem4v317416032> (дата обращения: 18.03.2024).

17. Системы противопожарной защиты. Электрооборудование. Требования пожарной безопасности [Электронный ресурс] : СП 6.13130.2021. URL: <https://docs.cntd.ru/document/603668016> (дата обращения: 05.02.2024).

18. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ. URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=444219> (дата обращения: 12.02.2024).

19. Трудовой кодекс Российской Федерации [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 30.12.2001 № 197-ФЗ. URL: <http://docs.cntd.ru/document/901807664> (дата обращения: 12.02.2024).

20. Фрезе Т. Ю. Оценка эффективности мероприятий по обеспечению техносферной безопасности. Выполнение раздела выпускной квалификационной работы по направлению подготовки 20.03.01

«Техносферная безопасность» : электронное учебно-методическое пособие / Т.Ю. Фрезе. Тольятти : Изд-во ТГУ, 2022. 1 оптический диск. ISBN 978-5-8259-1456-5.

21. Fire Detection for Life Safety, March 31-April 1, 2020, National Research Council, pp. 93-127.

22. Heskestad, G. Generalized Characterization of Smoke Entry and Response for Products-of-Combustion Detectors. Proceedings, Fire Detection for Life Safety, March 31-April 1, 2020, National Research Council, pp. 93-127.

23. Hesse, H. C., Schimpe, M., Kucevic, D. & Jossen, A. Lithium-ion battery storage for the grid-a review of stationary battery storage system design tailored for applications in modern power grids. *Energies* 10, 2107 (2017).

24. Chen, S. et al. High-efficiency lithium metal batteries with fire-retardant electrolytes. *Joule* 2, 1548-1558 (2018).

25. Fan, X. et al. Non-flammable electrolyte enables Li-metal batteries with aggressive cathode chemistries. *Nat. Nanotechnol.* 13, 715-722 (2018).

26. Hobold, G. M. et al. Moving beyond 99.9% Coulombic efficiency for lithium anodes in liquid electrolytes. *Nat. Energy* 6, 951-960 (2021).

27. Liu, Y. et al. Making Li-metal electrodes rechargeable by controlling the dendrite growth direction. *Nat. Energy* 2, 17083 (2017).