

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

Институт инженерной и экологической безопасности

(наименование института полностью)

20.04.01 Техносферная безопасность

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Управление пожарной безопасностью

(направленность (профиль)/специализация)

## ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)

на тему Инновационные средства автономного пожаротушения для защиты электротехнических изделий и электрооборудования

Обучающийся

Р.А. Александров

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Научный  
руководитель

к.т.н., доцент, И.В. Дерябин

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Консультант

к.э.н., доцент, Т.Ю. Фрезе

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2023

## Содержание

Введение.....	4
Термины и определения .....	7
Перечень сокращений и обозначений.....	8
1 Понятие пожарной безопасности и его нормативное обеспечение .....	10
1.1 Классификация пожаров и причины их возникновения .....	10
1.2 Нормативные акты в сфере пожарной безопасности .....	21
2 Анализ оснащённости средствами автономного пожаротушения для защиты электротехнических изделий и электрооборудования Центра управления в кризисных ситуациях Главного управления МЧС России по Тюменской области.....	27
2.1 Пожарная характеристика Центра управления в кризисных ситуациях Главного управления МЧС России по Тюменской области .....	27
2.2 Средства автономного пожаротушения для защиты электротехнических изделий и электрооборудования Центра управления в кризисных ситуациях Главного управления МЧС России по Тюменской области.....	32
3 Разработка инновационных средств автономного пожаротушения для защиты электротехнических изделий и электрооборудования Центра управления в кризисных ситуациях Главного управления МЧС России по Тюменской области .....	46
3.1 Выбор системы автоматизации для защиты электротехнических изделий и электрооборудования Центра управления в кризисных ситуациях Главного управления МЧС России по Тюменской области .....	46
3.2 Функциональная схема автоматизации для защиты электротехнических изделий и электрооборудования Центра управления в кризисных ситуациях Главного управления МЧС России по Тюменской области.....	64

3.3 Расчет эффективности системы инновационных средств автономного пожаротушения для защиты электротехнических изделий и электрооборудования Центра управления в кризисных ситуациях Главного управления МЧС России по Тюменской области.....	70
Заключение .....	82
Список используемых источников.....	87

## Введение

Актуальность и научная значимость настоящего исследования обуславливается тем, что защита электротехнических изделий и электрооборудования имеет важное значение для обеспечения безопасности всего объекта защиты.

Вследствие того, что пожарной безопасности зданий в последнее время уделяется пристальное внимание, вопросы обеспечения пожарной безопасности зон в закрытых помещениях является актуальной и своевременной задачей.

Важно сравнить показатели эффективности системы пожаротушения, установленной на исследуемом объекте с соответствующими контрольными показателями, прежде чем выносить суждения об эффективности мер пожарной безопасности. Показатели эффективности позволяют оценить уровень безопасности на конкретном примере, позволяя проводить сравнения.

Объект исследования: электрооборудование Центра управления в кризисных ситуациях Главного управления МЧС России по Тюменской области.

Предмет исследования: пожарная защита электротехнических изделий и электрооборудования Центра управления в кризисных ситуациях Главного управления МЧС России по Тюменской области.

Цель исследования – предложить инновационные средства автономного пожаротушения для защиты электротехнических изделий и электрооборудования.

В соответствии с поставленной в работе целью, определены следующие задачи:

- рассмотреть классификацию пожаров и причины их возникновения;

- исследовать пожарную характеристику Центра управления в кризисных ситуациях Главного управления МЧС России по Тюменской области;
- проанализировать оснащенность средствами автономного пожаротушения для защиты электротехнических изделий и электрооборудования Центра управления в кризисных ситуациях Главного управления МЧС России по Тюменской области;
- проанализировать инновационные средства автономного пожаротушения для защиты электротехнических изделий и электрооборудования Центра управления в кризисных ситуациях Главного управления МЧС России по Тюменской области;
- произвести выбор системы автоматизации для защиты электротехнических изделий и электрооборудования Центра управления в кризисных ситуациях Главного управления МЧС России по Тюменской области;
- разработать функциональную схему автоматизации для защиты электротехнических изделий и электрооборудования Центра управления в кризисных ситуациях Главного управления МЧС России по Тюменской области;
- произвести расчет эффективности системы инновационных средств автономного пожаротушения для защиты электротехнических изделий и электрооборудования Центра управления в кризисных ситуациях Главного управления МЧС России по Тюменской области.

Гипотеза исследования состоит в том, что разработанные инновационные средства автономного пожаротушения для защиты электротехнических изделий и электрооборудования можно будет применить на аналогичных объектах Российской Федерации.

Теоретико-методологическую основу исследования составили: исследования в области эффективности средств автономного пожаротушения

для защиты электротехнических изделий и электрооборудования.

Методы исследования: анализ показателей эффективности систем газового пожаротушения, расчёты основных параметров системы газового пожаротушения объекта.

Опытно-экспериментальная база исследования: Центр управления в кризисных ситуациях Главного управления МЧС России по Тюменской области.

Научная новизна исследования заключается в разработке эффективных средств защиты электротехнических изделий и электрооборудования.

Теоретическая и практическая значимость исследования заключается в разработке рекомендаций по обеспечению защиты электротехнических изделий и электрооборудования.

Достоверность и обоснованность результатов: выполнен анализ показателей эффективности систем газового пожаротушения.

Личное участие автора в проведении докладов по обеспечению защиты электротехнических изделий и электрооборудования Центра управления в кризисных ситуациях Главного управления МЧС России по Тюменской области.

На защиту выносятся разработанные рекомендации по обеспечению защиты электротехнических изделий и электрооборудования Центра управления в кризисных ситуациях Главного управления МЧС России по Тюменской области.

Структура магистерской диссертации работа обусловлена целью и задачами исследования, состоит из трёх разделов и содержит 14 рисунков и 4 таблицы, список используемых источников (36 источников). Основной текст работы изложен на 91 странице.

## Термины и определения

В настоящей работе применяют следующие термины с соответствующими определениями.

Пожарная безопасность объекта защиты – состояние объекта защиты, характеризующее возможность предотвращения возникновения и развития пожара, а также воздействия на людей и имущество опасных факторов пожара [8].

Пожарная сигнализация – совокупность технических средств, предназначенных для обнаружения пожара, обработки, передачи в заданном виде извещения о пожаре, специальной информации и (или) выдачи команд [8].

Пожарная опасность веществ и материалов – «состояние веществ и материалов, характеризующее возможность возникновения горения или взрыва веществ и материалов» [8].

Система пожарной безопасности – комплекс организационных мероприятий и технических средств, направленных на предотвращение пожара и ущерба от него [8].

Система предотвращения пожара – комплекс организационных мероприятий и технических средств, направленных на исключения условий возникновения пожара.

## Перечень сокращений и обозначений

В настоящей работе применяются следующие сокращения:

АПС – автоматическая пожарная сигнализация.

АСО – автоматическая система оповещения.

АУПТ – автоматическая установка пожаротушения.

БКИ – блок индикации с клавиатурой.

БМ – блок монтажный.

БПУ – блок питания и управления.

ВУОС – выносное устройство оптической сигнализации.

ГОС – газовое огнетушащее средство.

ГОТВ – газовое огнетушащее вещество.

ГПС – государственная противопожарная служба.

ГУ – главное управление.

ДГУ – дизель-генераторная установка.

ДС – диспетчерская служба.

ЖКИ – жидкокристаллический индикатор.

ЗПУ – запорно-пусковое устройство.

КС – кнопочная станция.

МПУ – модульная пожарная установка.

ОПС – охранно-пожарная система.

ПВХ – поливинилхлорид.

ПГ – пожарный гидрант.

ППК – приемно-контрольный прибор.

ППКОП – пожарный приёмно-контрольный прибор.

ППКУОП – прибор приемно-контрольный и управления охранно-пожарной сигнализации.

СДУ – сигнализатор давления универсальный.

СЗО – светозвуковой оповещатель.

СО – световой оповещатель.

СОУЭ – система оповещения и управления эвакуацией.

УМТО – управление материально-технического обеспечения.

ФПС – федеральная противопожарная служба.

ФЭУ – финансово-экономическое управление.

ЦППС – центральный пункт пожарной связи.

ЦУКС – центра управления в кризисных ситуациях.

# **1 Понятие пожарной безопасности и его нормативное обеспечение**

## **1.1 Классификация пожаров и причины их возникновения**

Окисление – это химическая реакция между молекулами вещества и молекулами кислорода в окружающей атмосфере.

«Существует много распространенных примеров окисления, включая окисление железа, потускнение серебра или гниение дерева» [32].

«То, что известно как пожар, на самом деле является химической реакцией, включающей окисление молекул топлива. Однако реакция протекает с гораздо большей скоростью и только при определенных условиях (например, повышенных температурах, надлежащей смеси и т.д.). Кроме того, то, что называется горением, на самом деле является непрерывным быстрым окислением миллионов молекул топлива. Признание того, что пожар или процесс горения на самом деле представляет собой химическую реакцию (включающую окисление молекул топлива), имеет решающее значение для понимания основ явлений пожара» [32].

«Реакция окисления является экзотермическим процессом (т.е. процессом, при котором выделяется тепло). Молекулы окисляются, распадаясь на отдельные атомы, и рекомбинируют с атомами кислорода, образуя новые молекулы» [33].

«Во время этого процесса выделяется определенное количество энергии. В примерах ржавеющего железа или гниющей древесины количество выделяемой энергии минимально, поскольку эти процессы окисления протекают с очень низкой скоростью. Однако при пожаре скорость окисления молекул топлива намного выше. Из-за такой быстрой реакции энергия выделяется с гораздо большей скоростью. Высвобождаемая энергия действительно ощущается и видится в виде тепла и света» [32].

«Чем выше скорость окисления, тем с большей интенсивностью выделяется энергия. Взрыв – это, по сути, чрезвычайно быстрое окисление горючей среды» [32].

«Все вещества существуют в одном из трех состояний: в виде твердого тела, жидкости или газа. Для протекания процесса окисления необходимо достаточное перемешивание молекул кислорода и топлива. Что касается молекул топлива, находящихся как в твердом, так и в жидком состоянии, то они плотно связаны и не могут быть эффективно окружены молекулами кислорода в атмосфере. Следовательно, молекулы ни в жидком, ни в твердом состоянии непосредственно не участвуют в быстрой химической реакции окисления при пожаре» [34].

Если во время реакции выделяется достаточное количество энергии для «поддержания повышенной температуры окружающего кислорода и молекул топлива, и имеется достаточное количество кислорода и испаренных молекул топлива, то процесс окисления будет продолжаться» [32].

«Тепло, выделяющееся при окислении молекул топлива, является лучистым теплом, которое представляет собой чистую энергию, такого же рода энергию, излучаемую солнцем и ощущаемую как тепло. Она излучается или распространяется во всех направлениях. Таким образом, часть его возвращается к очагу возгорания, к «горящему» твердому или жидкому веществу (топливу)» [35].

«Тепло, которое отдается обратно топливу, называется радиационной обратной связью. Эта часть тепла служит для выделения большего количества паров, а также для повышения температуры пара (смеси молекул топлива и кислорода) до температуры воспламенения» [34].

«В то же время воздух втягивается в область соприкосновения пламени и пара. В результате новообразованный пар начинает гореть, а пламя усиливается, что запускает цепную реакцию. Горящий пар выделяет тепло, которое выделяет и воспламеняет еще больше пара. Дополнительный пар сгорает, выделяя больше тепла, которое выделяет и воспламеняет еще

больше пара. Пока есть топливо и кислород, огонь будет продолжать разгораться» [36].

«Для источника топлива с ограниченной доступной площадью поверхности количество паров, выделяющихся из топлива, достигает максимальной скорости и начинает выравниваться, обеспечивая устойчивую скорость горения. Обычно это продолжается до тех пор, пока не будет израсходована большая часть топлива» [32].

«Когда для окисления доступно меньше паров топлива, выделяется меньше тепла, и процесс начинает затухать» [35].

«Твердое топливо может оставлять осадок золы и продолжать тлеть в течение некоторого времени, в то время как жидкое топливо обычно сгорает полностью» [34].

Однако молекулы топлива в парообразном состоянии могут свободно смешиваться с атмосферой. «Эти молекулы эффективно окружаются молекулами кислорода в атмосфере и могут быть вовлечены в процесс окисления. На самом деле в процессе окисления фактически участвуют только молекулы топлива в парообразном состоянии» [32].

«Хотя молекулы топлива в твердом или жидком состояниях непосредственно не участвуют в процессе окисления, при нагревании эти молекулы будут перемещаться быстрее. При подаче достаточного количества тепла (энергии) некоторые молекулы топлива отрываются от поверхности, образуя пар непосредственно над поверхностью. Этот новый пар теперь может смешиваться с кислородом и участвовать в процессе окисления. Соответственно, молекулы топлива в твердом или жидком состоянии действительно служат источником дополнительных паров топлива при воздействии тепла» [32].

«Чтобы обеспечить наиболее полную и надежную противопожарную защиту для жилых, административных или производственных помещений, необходимо иметь представление о системе классификации пожаров» [32].

«Пожары могут быть классифицированы пятью различными способами в зависимости от агента, который питает огонь: Класс А, Класс В, класс С, D класс, и класс К» [32].

«Каждый тип пожара включает в себя различные горючие материалы и требует особого подхода. Фактически, попытка тушить пожар неправильным методом может ухудшить ситуацию» [32].

«В большинстве случаев важно знать, какой тип огнетушителя использовать» [33].

«Пожары класса А являются наиболее распространенным типом пожара, с которым знакомо большинство людей. Они включают твердые горючие материалы, такие как дерево, бумага, ткань, мусор или пластик» [36].

Наиболее очевидными видами твердого топлива являются древесина, ткань и пластмассы.

Прежде чем «твердое топливо начнет гореть, его необходимо перевести в парообразное состояние. В случае пожара это изменение обычно происходит в результате первоначального применения тепла. Этот процесс известен как пиролиз, который обычно определяется как «химическое разложение под действием тепла». В этом случае разложение вызывает переход из твердого состояния в парообразное. Если пар в достаточной степени смешивается с воздухом и нагревается до достаточно высокой температуры (пламенем, искрой, горячим двигателем и т.д.), то происходит воспламенение» [34].

«Скорость горения твердого топлива зависит от скорости образования паров, которая зависит от ряда критериев, включая конфигурацию поверхности топлива» [33].

«Твердое топливо в виде пыли или стружки будет гореть гораздо быстрее, чем громоздкие материалы (т.е. мелкая древесная щепа будет гореть быстрее, чем массивный деревянный брус)» [36].

«Мелкодисперсное топливо имеет гораздо большую площадь поверхности, подверженную воздействию тепла. Таким образом, тепло поглощается намного быстрее, испарение происходит быстрее и больше пара доступно для воспламенения, что позволяет огню гореть с большой интенсивностью и быстро расходовать топливо. Крупногабаритное топливо будет гореть дольше, чем мелкодисперсное топливо» [33].

«Пылевые облака состоят из очень мелких частиц. Когда облако легковоспламеняющейся пыли (например, зерновой пыли) хорошо перемешивается с воздухом и воспламеняется, реакция происходит чрезвычайно быстро, часто со взрывной силой» [34].

«Такие взрывы происходили на судах во время погрузки и выгрузки зерна и других мелкодисперсных материалов» [33].

«Температура воспламенения вещества (твердого, жидкого или газообразного) – это самая низкая температура, при которой происходит устойчивое горение. Температуры воспламенения разных веществ различаются. Температура воспламенения зависит от объема, площади поверхности и других факторов. Общепринятые температуры воспламенения обычных горючих материалов в различных стандартизированных конфигурациях приведены в различных руководствах» [36].

«Пожары класса А, вероятно, самые распространенные. Эти типы пожаров могут возникать где угодно и быстро распространяться, если для их поддержания достаточно горючих материалов, кислорода и тепла» [35].

«Можно запустить огонь класса А, зажигая спичку или разжигая костер. Непреднамеренный пожар класса А может возникнуть в результате опрокидывания свечи, случайной искры из камина или удара молнии по дереву» [33].

«Большинство коммерческих и промышленных помещений, вероятно, содержат большое количество обычных горючих материалов, поэтому предотвращение пожаров класса А требует строгого и регулярного

технического обслуживания объекта, чтобы свести опасность пожара к минимуму» [34].

«Пожары класса В связаны с легковоспламеняющимися жидкостями, такими как масло, спирт или бензин. Эти пожары могут быть невероятно опасными. Пожары класса В могут возникать в любом месте, где хранятся или используются горючие жидкости, например, в гаражах, на строительных площадках, складах, в больницах и лабораториях» [32].

«Легковоспламеняющиеся жидкости выделяют пар почти таким же образом, как и твердое топливо» [32].

«Скорость выделения пара у жидкостей выше, чем у твердых веществ, поскольку молекулы жидкостей менее тесно связаны. Кроме того, жидкости могут выделять пар в широком диапазоне температур. Бензин начинает выделять пары при температуре  $-43\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Поскольку бензин выделяет легковоспламеняющиеся пары при нормальных атмосферных температурах, существует постоянная опасность возгорания, даже без нагрева или обратного излучения. Нагрев увеличивает скорость выделения пара и, следовательно, риск возникновения пожара» [32].

«Более тяжелые легковоспламеняющиеся жидкости, такие как дизельное топливо и смазочные масла, выделяют меньшее количество паров при атмосферных температурах. Однако скорость испарения быстро возрастает при нагревании» [32].

«Легковоспламеняющиеся жидкости имеют низкую температуру вспышки, поэтому они могут легко воспламениться при появлении открытого пламени или другой точки воспламенения. Спичка, зажигалка или искра могут воспламенить пары легковоспламеняющейся жидкости, поэтому необходимо надлежащее хранение, чтобы свести к минимуму вероятность возникновения пожара класса В» [32].

Некоторые смазочные масла могут воспламеняться при температуре  $204\text{ }^{\circ}\text{C}$ . «Поскольку огонь быстро достигает этой температуры, масла, которые непосредственно соприкасаются с огнем, вскоре вступают в

реакцию. Как только легковоспламеняющаяся жидкость начинает гореть, цепная реакция окисления быстро увеличивают образование пламени» [32].

«Пар, образующийся при производстве большинства легковоспламеняющихся жидкостей, тяжелее воздуха. Пар, который тяжелее воздуха, очень опасен, потому что он будет стремиться в низкие места, медленно рассеиваться и может быстро переместиться к удаленному источнику воспламенения» [32].

«Если пар должным образом смешать с воздухом, то он воспламенится и перенесет огонь обратно в ёмкость, что приведет к пожару» [32].

«Легковоспламеняющиеся жидкости при горении выделяют примерно в 2,5 раза больше тепла, чем древесина, и тепло выделяется из жидкостей в 3-10 раз быстрее, чем из древесины. Эти соотношения достаточно ясно иллюстрируют, почему пары легковоспламеняющейся жидкости горят с такой интенсивностью» [32].

«Когда легковоспламеняющиеся жидкости разливаются, они распространяются на очень большую площадь поверхности и выделяют большое количество пара; следовательно, при воспламенении они могут выделять большое количество тепла. Это одна из причин, по которой большие пожары в открытых резервуарах и пожары при разливе жидкости горят так сильно» [32].

«На площадках следует максимально ограничивать количество присутствующих легковоспламеняющихся жидкостей и держать их вдали от источников возгорания. Ни в коем случае нельзя подносить открытый огонь в места, где хранятся легковоспламеняющиеся жидкости» [32].

«Пожары класса С связаны с легковоспламеняющимися газами, такими как различные горючие газы, такие как водород, бутан и пропан. Легковоспламеняющиеся газы очень летучие и представляют серьезную опасность пожара и взрыва, поэтому требуют безопасного хранения в герметичных контейнерах, таких как газовые баллоны. Концентрация горючих газов в воздухе определяет потенциальную опасность возгорания, и

даже небольшие или отдельные утечки этих газов могут привести к быстрому воспламенению, если введено открытое пламя или воспламенитель» [32].

«Существуют как природные, так и промышленные легковоспламеняющиеся газы. К ним относятся ацетилен, пропан и бутаны, а также ряд сжиженных газов» [32].

«Газообразное топливо уже находится в требуемом парообразном состоянии. Для воспламенения необходимо только правильное смешивание с кислородом и достаточное количество тепла. Газы, как и легковоспламеняющиеся жидкости, не тлеют» [32].

«Легковоспламеняющийся газ или легковоспламеняющиеся пары жидкости должны смешиваться с воздухом в надлежащей пропорции, чтобы получилась воспламеняющаяся смесь. Наименьший процент газа (или пара), который образует воспламеняющуюся паровоздушную смесь, называется нижним пределом воспламеняемости газа/пара. Если в смеси будет меньше газа, она будет слишком бедной для горения. Наибольший процент газа/пара в воспламеняющейся паровоздушной смеси называется ее верхним пределом воспламеняемости. Если смесь содержит больше газа, чем верхний предел воспламеняемости, то смесь будет слишком насыщена, чтобы гореть. Диапазон процентных значений между нижним и верхним пределами воспламеняемости называется диапазоном воспламеняемости газа или пара. Поэтому важно понимать, что определенные виды паровоздушных смесей могут воспламеняться, и соблюдать осторожность при работе с этими видами топлива» [32].

«Диапазоны воспламеняемости конкретных видов топлива опубликованы в различных справочниках» [32].

«В любой промышленной или коммерческой зоне, где используются горючие газы, следует хранить их в безопасном месте, которое строго контролируется и не допускает попадания открытого огня» [32].

Класс D – легковоспламеняющиеся металлические предметы.

«Возгорание из-за металла не очень распространено, так как не все металлы горючие. Основной риск возгорания класса D – это небольшие отложения металла, например стружки или порошка. Листовой металл и толстые твердые металлы менее опасны для возгорания. Из-за этого промышленные предприятия, в которых выполняются работы с металлом, такие как резка, подвергаются большему риску возгорания класса D» [32].

«Некоторые горючие металлы включают титан, калий, литий и магний. Если на рабочем месте часто встречаются металлическая стружка или более мелкие отложения легковоспламеняющихся металлов, необходимо проводить регулярную очистку, чтобы ограничить концентрацию металлов в любое время. Не допускайте попадания искр или открытого огня в эти области» [32].

«Пожары класса E связаны с источником электричества. Этот тип пожара может быть вызван старой проводкой в стенах, изношенными электрическими шнурами, изношенными коробками выключателей или неисправными приборами» [32].

«Электрические пожары могут быть очень распространенным явлением, с потенциальными опасностями, присутствующими практически в каждой коммерческой или промышленной среде. Если электрический элемент или устройство демонстрируют признаки неисправности или износа, следует немедленно отключить питание этого элемента и не использовать устройство до тех пор, пока оно не будет отремонтировано или утилизировано» [32].

«Исключено попадания воды на какое-либо электрическое оборудование, чтобы свести к минимуму риск утечки. Если на источнике питания произошла утечка, его следует немедленно отключить. Если оставить его подключенным к розетке, может произойти короткое замыкание, что приведет к искрам, которые затем могут вызвать пожар» [32].

Электрические пожары очень распространены как в домах, так и на промышленных предприятиях. Согласно требованиям по тушению пожаров,

первое, что вы должны попытаться сделать, если начнется электрический пожар, – это отключить прибор или предмет от источника питания, только если это безопасно.

«Поскольку процесс горения включает в себя окисление молекул топлива, наличие кислорода жизненно важно для существования этого процесса. Соответственно, вторая сторона огненного треугольника относится к содержанию кислорода в окружающем воздухе. Воздух обычно содержит около 21% кислорода, 78% азота и 1% других газов, главным образом аргона, и, следовательно, обычно имеется достаточное количество кислорода, если только не задействован какой-либо тип контролируемой атмосферы (например, инертная и т.д.)» [32].

Пожар можно потушить, удалив из него кислород или снизив уровень кислорода в атмосфере. Многие огнетушащие вещества (например, углекислый газ и пена) тушат пожар удушающим действием, лишая огонь кислорода.

Пожары А (Дерево, бумага, текстиль, резина) – огнетушитель ABC может потушить этот тип пожара.

Пожары класса В. (Легковоспламеняющиеся или горючесжигаемые жидкости, смазки, нефтепродукты, растворители) – следует использовать углекислотные или сухие химические огнетушители ABC. Углекислотные огнетушители не оставляют никаких следов, в отличие от сухих химических устройств. Не следует использовать устройства для подачи воды под давлением, поскольку несмешиваемость растворителей и воды может привести к распространению огня.

Пожары класса С (Электрооборудование, находящееся под напряжением при пожаре) – если возможно, отключите электропитание устройств, а затем используйте либо сухой химический огнетушитель, либо углекислотный и огнетушитель, если таковой имеется.

Пожары класса D – (Натрий, калий, магний, титан, цирконий и другие металлы) – если предполагается использовать порошки натрия, калия, магния

или любых других легковоспламеняющихся металлов, перед началом работ необходимо обеспечить наличие специального огнетушащего вещества класса D (сухой порошок), такого как графит, известняк, песок или карбонат натрия, на случай возникновения пожара.

Щелочные металлы, такие как натрий, калий и литий, бурно реагируют с водой, выделяя водород, и в процессе выделяется достаточное количество тепла для воспламенения водорода. Большинство металлов в виде порошка могут воспламеняться в виде пылевого облака, что приводит к сильным взрывам. В дополнение ко всему этому металлы могут нанести вред пожарным в результате горения, разрушения конструкций и токсичных паров.

Многие металлы, такие как кадмий, выделяют вредные газы при воздействии высоких температур пожара.

Некоторые пары металлов более токсичны, чем другие.

Огнетушащие «свойства воды – вода в первую очередь тушит пожар за счет отвода тепла. Она поглощает тепло более эффективно, чем любое другое обычно используемое огнетушащее вещество, благодаря своей хорошей теплопроводности и высокой скрытой теплоте испарения. Он наиболее эффективен, когда поглощает достаточно тепла, чтобы повысить свою температуру до 100 °С. При этой температуре вода поглощает дополнительное тепло, когда она переходит из жидкого состояния в парообразное» [33].

«В процессе нагрева воды от нормальной температуры до превращения ее в пар вода поглощает приблизительно 2,6 килоджоулей тепла на грамм воды, что является гораздо более высоким показателем теплопоглощения, чем у любого другого агента. Это поглощение тепла снижает температуру горящих паров, а также уменьшает количество пара, образующегося при охлаждении поверхности топлива. При достаточном охлаждении тепла недостаточно для поддержания самоподдерживающегося процесса горения, и огонь гаснет» [33].

«Вода также обладает важным вторичным эффектом. Когда он превращается в пар, то при атмосферном давлении увеличивается в объеме примерно в 1600 раз. В результате из одного кубического метра воды может образоваться до 1600 кубических метров водяного пара. Это огромное облако пара окружает огонь, вытесняя воздух, который поставляет кислород для процесса горения. Таким образом, вода оказывает не только охлаждающее действие, но и вытеснение кислорода» [32].

«Для тушения пожара в замкнутом пространстве, помещение может быть заполнено углекислым газом. Когда углекислый газ попадает в помещение и смешивается с атмосферой, процентное содержание кислорода в атмосфере снижается, что приводит к тушению» [32].

Однако важно обеспечить максимальную газонепроницаемость замкнутого пространства, насколько это возможно, для поддержания концентрации CO<sub>2</sub> и уменьшения содержания кислорода.

## **1.2 Нормативные акты в сфере пожарной безопасности**

Законодательство Российской Федерации о пожарной безопасности основывается на Конституции Российской Федерации и включает в себя Федеральный закон от 21.12.1994 № 69-ФЗ «О пожарной безопасности» [12], принимаемые в соответствии с ним федеральные законы и иные нормативные правовые акты, а также законы и иные нормативные правовые акты субъектов Российской Федерации, муниципальные правовые акты, регулирующие вопросы пожарной безопасности.

Федеральный закон от 21.12.1994 № 69-ФЗ «О пожарной безопасности» [12] (далее – № 69-ФЗ) определяет общие правовые, экономические и социальные основы обеспечения пожарной безопасности в Российской Федерации, регулирует в этой области отношения между органами государственной власти, органами местного самоуправления, учреждениями, организациями, крестьянскими (фермерскими) хозяйствами,

иными юридическими лицами независимо от их организационно-правовых форм и форм собственности (далее – организации), а также между общественными объединениями, индивидуальными предпринимателями, должностными лицами, гражданами Российской Федерации, иностранными гражданами, лицами без гражданства (далее - граждане).

Обеспечение пожарной безопасности является одной из важнейших функций государства.

Пожар, под которым понимается неконтролируемое горение, причиняющее материальный ущерб, вред жизни и здоровью граждан, интересам общества и государства [1], является одним из источников опасности. Она (опасность пожара) известна человечеству на протяжении всего периода его существования, однако не только не устранена (исключена), но в современном мире характеризуется повышенным уровнем в силу ряда причин, к числу которых относятся интенсификация хозяйственной деятельности человека, производственная и бытовая энергонасыщенность, научно-технический прогресс, быстрое устаревание технологий, социально-экономические факторы и др.

Удовлетворение потребности в самосохранении, в защите от пожарной опасности реализуется путем осуществления комплекса различных мер, адекватных угрозе, которые составляют систему обеспечения пожарной безопасности.

В Российской Федерации создана система обеспечения пожарной безопасности (СОПБ), которая представляет собой совокупность сил и средств, а также мер правового, организационного, экономического, социального и научно-технического характера, направленных на профилактику пожаров, их тушение и проведение аварийно-спасательных работ [13].

Как отмечалось выше, одной из основных обязанностей граждан, должностных лиц (руководителей организаций) и организаций является соблюдение требований пожарной безопасности.

Напомним, что требования пожарной безопасности – специальные условия социального и (или) технического характера, установленные в целях обеспечения пожарной безопасности законодательством Российской Федерации, нормативными документами или уполномоченным государственным органом [1].

К числу документов, устанавливающих требования пожарной безопасности относятся технические регламенты, своды правил и другие документы стандартизации, а также Правила противопожарного режима в Российской Федерации, утвержденные Постановлением правительства РФ от 16 сентября 2020 г. № 1479 «Об утверждении Правил противопожарного режима в Российской Федерации» [11].

Основополагающими в этой группе являются:

- Федеральный закон от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании» (далее – №184-ФЗ) [10];
- Федеральный закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (далее – №123-ФЗ) [30];
- Федеральный закон от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» [29].

Технический регламент – документ, который принят международным договором Российской Федерации, подлежащим ратификации в порядке, установленном законодательством Российской Федерации, или в соответствии с международным договором Российской Федерации, ратифицированным в порядке, установленном законодательством Российской Федерации, или федеральным законом, или указом Президента Российской Федерации, или постановлением Правительства Российской Федерации, или нормативным правовым актом федерального органа исполнительной власти по техническому регулированию и устанавливает обязательные для применения и исполнения требования к объектам технического регулирования (продукции или к продукции и связанным с

требованиями к продукции процессам проектирования (включая изыскания), производства, строительства, монтажа, наладки, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации) (ст.2 №184-ФЗ) [15].

Стандартизация – деятельность по установлению правил и характеристик в целях их добровольного многократного использования, направленная на достижение упорядоченности в сферах производства и обращения продукции и повышение конкурентоспособности продукции, работ или услуг (ст.2 №184-ФЗ).

К основным документам в области стандартизации, используемым на территории Российской Федерации, относятся:

- национальные стандарты;
- стандарты организаций;
- своды правил;
- международные стандарты, региональные стандарты, региональные своды правил, стандарты иностранных государств и своды правил иностранных государств, зарегистрированные в Федеральном информационном фонде технических регламентов и стандартов.

Применение на добровольной основе стандартов и (или) сводов правил, включенных в указанный в перечень документов в области стандартизации, является достаточным условием соблюдения требований соответствующих технических регламентов. В случае применения таких стандартов и (или) сводов правил для соблюдения требований технических регламентов оценка соответствия требованиям технических регламентов может осуществляться на основании подтверждения их соответствия таким стандартам и (или) сводам правил. Неприменение таких стандартов и (или) сводов правил не может оцениваться как несоблюдение требований технических регламентов (ч. 4 ст.16.1 №184-ФЗ). Ниже представлены нормативные правовые акты, устанавливающие перечни документов стандартизации, действующих в развитие Технических регламентов:

- Распоряжение Правительства РФ от 10.03.2009 года № 304-р «Об утверждении перечня национальных стандартов, содержащих правила и методы исследований (испытаний) и измерений, в том числе правила отбора образцов, необходимые для применения и исполнения Федерального закона «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» и осуществления оценки соответствия»;
- Приказ Росстандарта от 16.04.2014 года № 474 «Об утверждении Перечня документов в области стандартизации, в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона от 22 июля 2008 года № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»;
- Постановление Правительства РФ от 26 декабря 2014 г. № 1521 «Об утверждении перечня национальных стандартов и сводов правил (частей таких стандартов и сводов правил), в результате применения которых на обязательной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений»;
- Приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 30 марта 2015 г. № 365 «Об утверждении перечня документов в области стандартизации, в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений».

Выводы по главе.

Большинство пожаров можно предотвратить. Те, кто отвечает за рабочие места и другие здания, к которым имеет доступ общественность, могут избежать их, взяв на себя ответственность и приняв правильное поведение и процедуры.

Пожары наносят серьезный материальный ущерб и приводят к травмам и гибели людей во всех отраслях народного хозяйства.

Пожарная безопасность обеспечивается выполнением требований пожарной безопасности, представляющих собой особые условия социальных и технических характеристик, устанавливаемых законами, нормативными документами или утверждаемыми государственными органами Российской Федерации.

В Российской Федерации ежегодно регистрируется более 130 000 пожаров, в результате которых погибает более 8 000 человек, а общий ущерб составляет более 100 млрд руб.

Закон Российской Федерации о пожарной безопасности основан на Конституции Российской Федерации и содержит Федеральный закон от 21 декабря 1994 г. № 69-ФЗ «О пожарной безопасности» и иные принятые в соответствии нормативные правовые акты, Законы Российской Федерации и иные нормативные правовые акты муниципальных образований, регулирующие вопросы пожарной безопасности.

К нормативным документам пожарной безопасности относятся национальные стандарты, своды правил и иные документы, содержащие требования пожарной безопасности, которые при добровольном применении датированы 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

## **2 Анализ оснащённости средствами автономного пожаротушения для защиты электротехнических изделий и электрооборудования Центра управления в кризисных ситуациях Главного управления МЧС России по Тюменской области**

### **2.1 Пожарная характеристика Центра управления в кризисных ситуациях Главного управления МЧС России по Тюменской области**

Здание «Главного управления МЧС России по Тюменской области», (далее ГУ МЧС России по ТО), расположено на территории Центрального Административного округа г. Тюмени по адресу: ул. Максима Горького, дом 72 (рисунок 1).

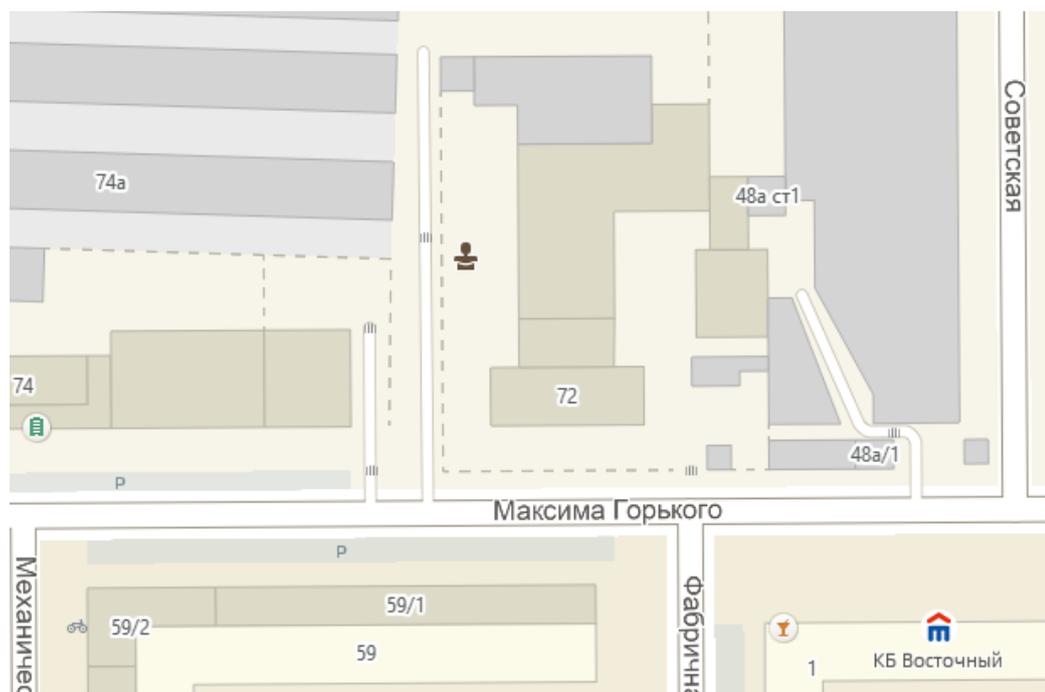


Рисунок 1 – Расположение здания «Главного управления МЧС России по Тюменской области»

По своему назначению является административно-общественным зданием и является режимной территорией, на которой проводятся секретные

работы, и обеспечивается сохранность материалов составляющих государственную тайну.

Здание «ГУ МЧС России по ТО» расположено в 14 метрах от проезжей части ул. Максима Горького и имеет два заезда на территорию «Главное управления МЧС России по Тюменской области» со стороны улицы М. Горького, через металлические ворота КПП, контроль пропускного режима ведется круглосуточно сотрудниками 14 ПСЧ 32 ПСО ФПС ГПС Главного управления МЧС России по Тюменской области.

График работы ежедневно с 09.00 до 18.00.

С главного фасада здание ограждено металлическим забором на бетонной основе, высота забора 1,80 м., правый боковой и дворовой фасад (задний фасад) ограждены несущими стенами здания Главного управления МЧС России по Тюменской области, левый боковой фасад огражден металлическим забором на бетонной основе, высота забора 1,80 м.

Здание «Главного управления МЧС России по Тюменской области» – состоит из комплекса административных зданий разной этажности, на общей площади 5780 м<sup>2</sup>. Главный корпус шестиэтажное здание, шестой этаж мансардного типа, конструкция мансардного этажа: металлический каркас, обработан огнезащитным составом. Несущие стены утеплены минераловатным утеплителем, внутренние перегородки и перекрытия облицованы гипсокартонными листами, кровля выполнена из металлического профильного настила по деревянной обрешетке [22].

Степень огнестойкости ограждающих конструкций здания – II [20]. Наружные стены и внутренние перегородки здания кирпичные, междуэтажные перекрытия железобетонные. Планировка этажей коридорная. Внутренняя отделка путей эвакуации выполнена из негорючих материалов. Окна алюминиевые, наружное остекление двухкамерный, трехкамерный стеклопакет.

Пристрой ФЭУ состоит из трех этажей, первый этаж представляет наибольшую пожарную опасность, так как на данном этаже располагается

гараж боевых машин, складские помещения, подсобные помещения, как правило, в таких помещениях большая горючая загрузка в виде ЛВЖ ГЖ, которая легко возгораемая, и продолжает гореть поверх огнетушащего вещества (воды). На втором этаже находятся кабинеты специалистов данного отдела. Основная нагрузка второго этажа древесина (мебель), бытовая техника, оргтехника, большое количество бумаги (книги, папки делопроизводства и т.д.), которая может способствовать быстрому распространению пожара, отделка помещений. На третьем этаже расположен спортивный зал, сан. узел, душевые, раздевалки, подсобное помещение.

Пристрой УМТО состоит из четырех этажей, на первом этаже располагается гараж боевых машин, склад маслохозяйства. Пожарная опасность данного этаже изложена выше. На втором этаже расположена раздевалка персонала, склад №1, кабинет. На третьем этаже располагаются помещения УМТО Главного управления МЧС России по Тюменской области. Основные помещения: малый зал, большой зал, служебное помещение.

Здание Главного управления имеет естественное и искусственное освещение. По надежности электроснабжения силовое оборудование относится к I и II категории [23].

Для отключения электроэнергии в здании имеется 2 электрощитовых, на первом этаже главного корпуса и на третьем этаже пристроя УМТО. Полное отключение электроэнергии осуществляется в трансформаторной подстанции ТП, расположенной на фасаде подразделения.

В качестве второго источника питания предусмотрена запитка от дизель-генераторной установки. Дизель-генератор установки: AKSA AD 490, мощностью 425 кВт – основного применения, 485 кВт резервного применения.

ДГУ контейнерного исполнения расположен во дворе здания, управляется при помощи системы контроля, управления и мониторинга, который позволяет вовремя узнавать об аварийных ситуациях. Включение и

выключение ДГУ производится автоматически в течении 10 секунд после отключения электроэнергии.

Обслуживание ДГУ производится обслуживающей компанией, экстренное отключение производится дежурным электриком.

Отопление центральное, водяное.

Система вентиляции здания приточно-вытяжная с механическим побуждением.

Здание Главного управления МЧС России по Тюменской области оборудовано пожарной сигнализацией. В помещениях установлены дымовые пожарные извещатели. Вся информация от извещателей поступает на пульт ДС ЦППС.

На лестничных площадках каждого этажа установлены кнопки ручных пожарных извещателей для обеспечения своевременной подачи тревожного сигнала и в случае пожара. Также в защищаемых помещениях выполнено речевое оповещение людей о пожаре, с помощью которого дежурный и диспетчер может руководить эвакуацией людей из здания [26].

Эвакуация осуществляется через восемь эвакуационных выходов и переходы в смежные помещения [19]. Автоматическая установка пожарной сигнализации выведена на пост ЦППС с круглосуточным дежурством на 2 этаже:

- адресно-аналоговая станция пожарной сигнализации;
- извещатели адресные оптические дымовые;
- извещатели адресные тепловые;
- адресные кнопки пожарной сигнализации.

СОУЭ в здании – третьего типа. Панель управления оповещения установлена в помещении ЦППС на 2 этаже [21].

«Наружное противопожарное водоснабжение: по улице М. Горького проходит кольцевой водопровод диаметром 150 мм, на котором расположено два пожарных гидранта» [24]. Напор в водопроводе на случай

пожара составляет 30 м. Максимальный расход воды в водопроводе составляет 95 л/с. Расстояние до ПГ 30 м, 26м.

Внутреннее противопожарное водоснабжение: в здании Главного управления МЧС России по Тюменской области имеется объединенный хозяйственно-питьевой водопровод, предназначен для обеспечения потребности в воде посетителей, рабочего персонала и для обеспечения противопожарных нужд [25]. В здании находится 3 пожарных крана расположенных на первом этаже диаметр которых составляет 51 мм с рукавами длиной 20 м, установленных в шкафчиках. Диаметр sprays наконечника пожарного ствола 13 мм.

Потребный напор при пожаре от 40 до 60 м, который обеспечивается городской водопроводной сетью, насосы повысители в здании отсутствуют.

Действия первого обнаружившего пожар:

- при возникновении пожара в здании или на территории вызывает по телефону 01, (101 – для абонентов мобильной связи) пожарную охрану, сообщает адрес и место возникновения пожара);
- по возможности принимает меры к тушению пожара первичными средствами пожаротушения, эвакуации людей и материальных ценностей.

Старший оперативный дежурный ЦУКС Главного управления:

- при объявлении номера (ранга) пожара №2 и выше оповещает: начальника Главного управления, первого заместителя начальника Главного управления;
- при объявлении номера (ранга) пожара №3 дополнительно оповещает начальника (заместителя начальника) УМТО;
- по указанию заместителя начальника Главного управления (по ГПС) оповещает личный состав через систему АСО.

В здании могут одновременно находиться до 250 человек, время, из них 115 сотрудников и работников в дневное время, в ночное время в здании 38 человек.

Весь личный состав обучен действиям на случай возникновения пожара.

В здании имеются рассредоточенные выходы непосредственно наружу через входные тамбуры с открыванием дверей по путям эвакуации, все эвакуационные выходы оборудованы знаками «Выход».

В здании предусмотрено 8 эвакуационных выходов. По пути эвакуации установлены световые указатели со встроенными источниками резервного питания.

Максимальное расстояние до эвакуационного выхода составляет 20 метров. Ключи от эвакуационных выходов находятся у ответственных лиц. Максимальное сосредоточение людей находится на втором этаже.

## **2.2 Средства автономного пожаротушения для защиты электротехнических изделий и электрооборудования Центра управления в кризисных ситуациях Главного управления МЧС России по Тюменской области**

Согласно нормативным документам в основных производственных рассматриваемых в работе помещениях предусматривается автоматическое пожаротушение [18].

В качестве средства пожаротушения предусмотрена автоматическая установка газового пожаротушения.

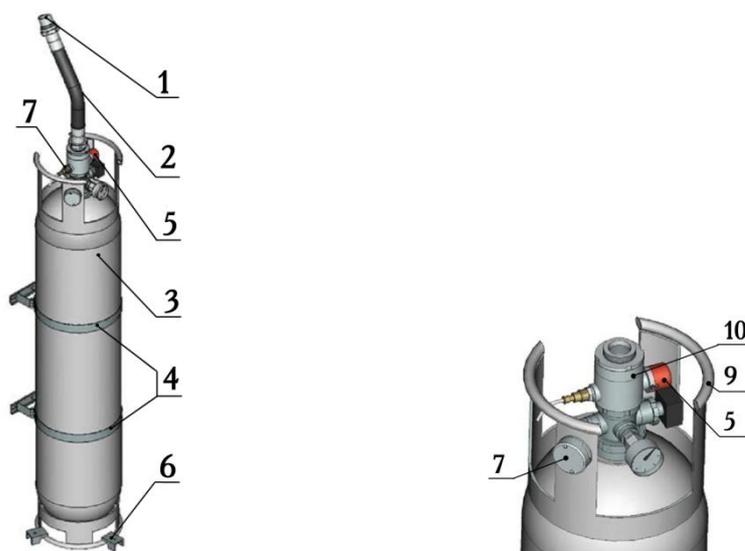
Способ тушения – объёмный, основанный на создании в защищаемом помещении концентрации газового огнетушащего состава, способствующей ингибированию химических реакций, которые обуславливают процесс горения, непосредственно в зоне горения.

В помещениях Центра управления в кризисных ситуациях Главного управления МЧС России по Тюменской области (направление 1) и кроссовая (направление 2) тушение выполняется автоматической установкой газового пожаротушения модульного типа [17].

В качестве огнетушащего вещества выбран газовый состав «Хладон 125».

Хранение необходимого количества ГОС осуществляется в модулях МПТХ 65-100-33 ЭМ (ООО «Пожарная Автоматика»).

Газовые модули МПГс-60-50-24 (НГ1) и МПГс-60-60-24 (НГ2) с газом «Хладон 125» (рисунок 2) установлены в защищаемых помещениях. Выпуск газа производится запорно-пусковым устройством каждого модуля. В помещениях газ выходит через насадки под потолком помещения. При одновременном выпуске газа из установленных в помещении баллонов через насадки обеспечивается объемное пожаротушение с нормативной огнетушащей концентрацией газа [28].



1 – Втулка РВД-Труба, 2 – РВД, 3 – модуль МПГ, 4 – хомуты, 5 – сигнализатор давления, 6 – крепление напольное, 7 – ПУО-2, 8 – клемная колодка, 9 – опорное кольцо, 10 – Запорно-пусковое устройство.

Рисунок 2 – Общий вид МПГс-60-50-24

Модульная установка обеспечена 100% запасом ГОТВ в модулях на складе для оперативной замены после сработки.

Массовая огнетушащая концентрация огнетушащего газа, время работы газовой установки и расход огнетушащего вещества на тушение

пожара приняты в соответствии с нормативными актами по проектированию газовых систем пожаротушения.

Нормативная объемная концентрация огнетушащего вещества принята 10,5% (об.). Время подачи газа для модульной установки не более 10 сек. Способ тушения – объемный путем заполнения защищаемого помещения газом до создания огнетушащей концентрации. Расчет для каждого защищаемого помещения массы газового огнетушащего вещества (ГОТВ), определение количества и типа модулей пожаротушения, необходимого давления в них, продолжительности подачи огнетушащего вещества, типа выпускных насадков и диаметров трубопроводов произведен в соответствии с требованиями нормативных актов и разработками предприятия-изготовителя сертифицированного оборудования газового пожаротушения.

Установки автоматического пожаротушения предусматривают следующие виды пуска: автоматический пуск – при срабатывании в защищаемом помещении не менее двух пожарных извещателей системы АУПТ, дистанционный пуск – от кнопок, устанавливаемых у входа в защищаемое помещение (поблизости от объекта тушения) [16].

Автономные установки обеспечивают тушение на основе самосработки за счет температурного воздействия очага возгорания непосредственно на стеклянную колбу огнетушителя.

В режиме «Дистанционный», запуск средств пожаротушения осуществляется нажатием кнопки, которая устанавливается перед входом в защищаемое помещение. В этом случае установка переходит в режим «Пожар» и включается задержка запуска в 30 секунд, по истечении которой происходит запуск процесса пожаротушения, аналогично тому, как это происходит в режиме «Автоматический» [31].

При пожаре перед пуском автоматической установки выполняется оповещение людей в защищаемом помещении, задержка запуска на время 30 секунд, необходимое для выхода людей из помещения и приведение в действие инженерных систем здания (отключение в защищаемом помещении

(здании) систем приточной и вытяжной вентиляции, систем кондиционирования, закрытие огнезадерживающих клапанов, управление системой дымоудаления и т.п.), включение общей системы оповещения о пожаре в здании. Командный импульс на управление системами и устройствами при пожаре подается прибором АУПТ на приборы автоматизации соответствующих систем и через ППК АПС данной системы пожаротушения на ППК автоматической пожарной сигнализации, управляющий системой оповещения о пожаре в здании в целом.

На двери защищаемого помещения предусмотрено устройство отключения автоматического пуска при открывании двери в это помещение. В пространствах (зонах), защищаемых автономными установками, вышеперечисленные функции управления инженерными системами и оповещение о пожаре выполняются по сигналу извещателей в составе системы автоматической пожарной сигнализации (для таких зон, размещенных вне рассматриваемых помещений функции оповещения и управления инженерными системами выполняет установка АПС здания в целом).

Обнаружение пожара в помещениях, защищаемых автоматической установкой пожаротушения, и подача управляющих команд на сигнальные и пусковые устройства производится прибором приемно-контрольным и управления охранно-пожарным [27].

Работа автоматической установки пожаротушения под управлением ППКУП происходит по следующей схеме:

- в дежурном режиме пожарными извещателями ведётся контроль за появлением дыма. Дым от очага пожара, попадая в чувствительную камеру дымового пожарного извещателя ИП212-3СУ, вызывает его срабатывание. При срабатывании одного извещателя в шлейфе прибор приемно-контрольный охранно-пожарный «Гамма» формирует сигнал «Внимание» на блоке «БКИ», устанавливаемом в защищаемом помещении;

- при срабатывании второго пожарного извещателя в шлейфах одного направления прибор приемно-контрольный охранно-пожарный «Гамма» формирует сигнал «Пожар». При этом для направления, защищающего помещение, во включенное состояние переводится соответствующий светозвуковой оповещатель ОСЗ с надписью «Газ! Уходи!» и сиреной. ОСЗ устанавливаются внутри защищаемого помещения. Сигнал «Пожар» поступает также на блок БКИ. В помещении сигнал «Пожар» дублируется включением светозвукового оповещателя ОСЗ с надписью «Пожар». С помощью контактов релейного модуля МРВ, установленного в помещении, и модулей МИ-А отдельных направлений подается командный импульс на управление инженерными системами и системой оповещения о пожаре в здании;
- прибор, находящийся в автоматическом режиме, после поступления сигнала «Пожар» включает узел задержки пускового импульса на пиропатрон (пиропатроны, электропускатели) соответствующего (соответствующих) модуля (модулей) с огнетушащим веществом на регулируемое время 30 с. Автоматический режим работы установки может быть прерван при открывании двери в защищаемое помещение и восстановлен при закрывании двери;
- по истечении времени задержки пуска, отводимого для исполнения командного импульса на управление системами и устройствами при пожаре, соответствующими каждому модульному направлению пожаротушения электронными модулями прибора формируются импульсы на ЗПУ одиночных газовых модулей, при этом обеспечивается одновременное вскрытие всех модулей по направлению, где обнаружен пожар. После вскрытия газовых модулей срабатывают соответствующие сигнализаторы давления СДУ, который формируют сигнал «Пуск прошел».

При вскрытии модулей прибор, переводит звуковые оповещатели в защищаемом помещении в непрерывный режим звучания, а так же включает световые оповещатели «ОС» «Газ! Не входи!».

Прибор приемно-контрольный охранно-пожарный, находящийся в ручном режиме работы, при поступлении сигнала «Пожар» переводится в режим пуска нажатием вручную кнопки «Пуск» на блоках «КС-А», устанавливаемых снаружи у входа в защищаемое помещение и в защищаемом помещении. Далее установка работает аналогично описанному выше. Блоки «КС-А» при помощи электронных ключей позволяют устанавливать режим пуска (автоматический или ручной), имеется кнопка для подачи команды «Отмена», на блоках высвечивается световая сигнализация об отключении автоматического пуска.

Вся информация о состоянии установки передается по линии связи на устройства «БКИ».

Электропитание установки пожаротушения осуществляется по I категории электроснабжения, согласно ПУЭ, от блока питания «БПУ». При «пропадании сетевого напряжения блок питания выдает сигнал «Неисправность» и одновременно, без перерыва обеспечивает автоматический переход на питание от аккумулятора. Количество установленных блоков БПУ рассчитано на обеспечение работоспособности установки пожаротушения в дежурном режиме 24 часа и 3 часа в режиме «Пожар» [1].

Кабельные линии выполнены кабелем огнестойким марки КСРЭВ нг(А)-FRLS. Электроснабжение приборов «С2000-АСПТ» (~220 В) выполнено кабелем ВВГнг-FRLS.

Разводка кабельной сети в защищаемых помещениях выполнена по стенам и потолку: за подвесным потолком и фальшполом – в трубе гофрированной, по основному потолку и опуски – в кабель-канале пластиковом; линия интерфейса (RS-485) проложена по коридорам – за подвесным потолком – в гофрированной трубе ПВХ.

В случае возникновения пожара в любом из защищаемых данным проектом помещении (объеме) сигнал о пожаре от пожарных извещателей прибора АУПТ и ОПС поступает на приемно-контрольный локальный прибор пожарной сигнализации ППКОП. При этом данным приемно-контрольным прибором предусматривается формирование управляющего сигнала на отключение на объекте (частично или в здании в целом) принудительной вентиляции, а при необходимости и электропитания технологического оборудования. Одновременно в автоматическом режиме с ППКОП производится передача сигнала о пожаре на существующий ППК автоматической пожарной сигнализации, управляющий системой оповещения о пожаре в здании в целом.

В состав модульной установки входят:

- прибор приемно-контрольный и управления автоматическими средствами пожаротушения и оповещателями «С2000-АСПТ»;
- блоки контрольно-пусковые «С2000-КПБ»;
- резервированный источник питания;
- извещатели пожарные;
- датчики блокировки дверей;
- устройство дистанционного пуска;
- устройство восстановления автоматики пожаротушения (контактор Т-memory);
- табло «Газ уходи»;
- оповещатели звуковые;
- табло «Газ не входи»;
- табло «Автоматика отключена»;
- выносное устройство оптической сигнализации (ВУОС);
- коммутационная коробка;
- модули газового пожаротушения;
- распределительный трубопровод;

- сигнализатор давления универсальный (СДУ);
- насадок;
- пульт контроля и управления «С2000М»;
- блоки индикации системы пожаротушения «С2000-ПТ»;
- табло «Пожар»;
- табло «Неисправность».

В качестве дистанционного пуска автоматической установки газового пожаротушения используется извещатель пожарный ручной.

Устройство восстановления автоматики пожаротушения имеет ограничение доступа к механизму включения (контактор Т-memo);

Рассмотрим технические характеристики приемно-контрольных приборов установок и приборов управления установок пожаротушения.

ППКУОП представляет собой 2-х уровневую программируемую систему с распределенным управлением.

Прибор (рисунок 3) выполнен в виде набора (комплекта) взаимно-сопрягаемых и взаимно-дополняющих друг друга функциональных блоков.



Рисунок 3 – Прибор ППКУОП

Электронные модули унифицированы по посадочным местам и могут монтироваться в любом сочетании в блоках монтажных БМ5 (до 5 модулей) и БМ2 (до 2 модулей).

Конструкция функциональных блоков прибора обеспечивает степень защиты оболочки не менее IP44 по ГОСТ 14254-80.

На лицевой панели блока БКИ прибора расположены следующие элементы управления:

- кнопка ТЕСТ;
- кнопка РЕЖИМ;
- кнопка ПАМЯТЬ;
- кнопка ЗВУК;
- кнопка ФУНКЦИЯ;
- кнопка СБРОС;
- кнопки вверх, вниз, влево, вправо.

На лицевой панели блока БКИ прибора размещены следующие элементы световой индикации:

- зеленого цвета: ПИТАНИЕ, РЕЗЕРВ, ЗВУК ОТКЛ.;
- красного цвета: ПОЖАР;
- желтого цвета: ВНИМАНИЕ (ТРЕВОГА), НЕИСПР., РАЗРЯД, АВТ.ПУСК;
- жидкокристаллический индикатор (ЖКИ).

На лицевой панели КС располагаются: кнопка ПУСК (ПОЖАР, ТРЕВОГА), защищенная от случайного нажатия с возможностью пломбирования, контактное устройство (Touch memory) и кнопка ОТМЕНА (КОНТР.ОПОВЕЩ.).

На лицевой панели КС размещены следующие элементы световой индикации:

- зеленого цвета: АВТ., ОТМЕНА (КОНТР.ОПОВЕЩ.);
- красного цвета: ПУСК (ПОЖАР, ТРЕВОГА);

– желтого цвета: РУЧ.

Блок БКИ прибора выдает следующие извещения: «Авт.», «Руч.», «Питание», «Неиспр.», «Резерв», «Разряд», «Звук откл.», «Авт. пуск», «Пуск», «Отмена», дата (число, месяц), время (часы, минуты, секунды), «НП1 (1, 2, 3...номер направления)», «Норма», «Неиспр.», «Дв. закр.», «Дв. откр.», «Режим авт.», «Режим руч.», «Внимание Сраб. 1 изв. в шлейфе N...», «Сраб. 2 изв. в шлейфе N...», «Пожар!!», «Пуск прошел», «Пуск не прошел», «Обрыв линии связи», «Обрыв шлейфа N ...», «КЗ шлейфа N...», «Обрыв цепи пиропат. N...», «Отключение сети 220 В».

Кнопочная станция «КС-А» выдает следующие извещения: «Авт.», «Руч.», «Пуск» («Пожар», «Тревога»), «Отмена».

Прибор выдает извещение «Резерв» при пропадании внешнего сетевого напряжения 220 В 50 Гц.

Прибор обеспечивает контроль состояния аккумуляторов и выдачу извещения «Разряд» об отключении напряжения резервного источника питания.

Прибор обеспечивает: управление телефонной связью, которая подключается к модулям МПУ. Это обеспечивает связь охранно-пожарного поста со станцией пожаротушения и другими помещениями. Поддержание вызовов обеспечивается по линии связи прибора, телефонная связь – по двухпроводной телефонной линии с помощью телефонных трубок.

Блок питания и управления (БПУ), блок клавиатуры и индикации (БКИ), кнопочная станция (КС-А), световой оповещатель (СО), светозвуковой оповещатель (СЗО), блоки монтажные (БМ-2 и БМ-5) изготавливаются в соответствующих корпусах и являются законченными изделиями.

Модули (МПУ, МИУП, МОПИ, МРВ, МСЗ, МИ-А и МР) представляют собой печатные платы, устанавливаемые в блоки монтажные БМ5 (от 1 до 5 модулей) или БМ2 (1 или 2 модуля).

В помещениях, защищаемых модульными автоматическими установками газового пожаротушения, размещаются:

- прибор приемно-контрольный и управления автоматическими средствами пожаротушения и оповещателями «С2000-АСПТ» – внутри защищаемого помещения;
- блоки контрольно-пусковые «С2000-КПБ» – внутри защищаемого помещения, рядом с модулем;
- резервированный источник питания - внутри защищаемого помещения, рядом с модулем;
- извещатели пожарные – на потолке и под фальшполом защищаемого помещения;
- датчики блокировки дверей – на дверях входа в защищаемое помещение;
- устройство дистанционного пуска системы – перед входом в защищаемое помещение;
- устройство восстановления автоматики пожаротушения (контактор Т-memory) – перед входом в защищаемое помещение;
- табло «Газ уходи» и оповещатель звуковой, внутри защищаемого помещения, над эвакуационным выходом;
- табло «Газ не входи» и «Автоматика отключена» – в коридоре, над входом в защищаемое помещение;
- выносное устройство оптической сигнализации (ВУОС) на стене защищаемого помещения;
- коммутационная коробка – под потолком;
- модуль газового пожаротушения – в защищаемом помещении;
- распределительный трубопровод – в защищаемом помещении;
- сигнализатор давления универсальный (СДУ) – на распределительном трубопроводе;
- насадок – в защищаемом помещении и под фальшполом;

- резервированный источник питания и коммутационная коробка – рядом с модулем газового пожаротушения [7].

В помещении с постоянным присутствием дежурного персонала, размещаются:

- пульт контроля и управления «С2000М»;
- блоки индикации системы пожаротушения «С2000-ПТ»;
- резервированный источник питания;
- блок контрольно-пусковой «С2000-КПБ»;
- оповещатель звуковой;
- табло «Пожар»;
- табло «Неисправность».

При эксплуатации установок пожаротушения запрещается:

- проводить регулировочные и ремонтные работы без отключения автоматического пуска установки;
- производить ремонт, пока из ремонтируемых участков и узлов не удалено огнетушащее вещество и не произведена продувка их сжатым воздухом;
- применять при ремонте трубы и арматуру, не имеющие сертификатов и паспортов или не проверенных на прочность гидравлическим давлением;
- допускать прямой нагрев баллонов солнечными лучами и другими источниками тепла;
- электрошкафы и т.п. зоны, оборудованные установками пожаротушения, должны постоянно находиться в закрытом состоянии. Открывание дверей, щитов, люков таких сооружений может производиться только в присутствии лиц, допущенных к эксплуатации установок пожаротушения, и после отключения автоматического режима пуска установки пожаротушения на данном направлении [6].

Удаление газа из защищаемого помещения после окончания работы установки (не ранее чем через 20 мин. после выпуска газа) производить с помощью вытяжной вентиляции, обеспечивающей вытяжку из нижней зоны. Допускается для этой цели использовать передвижные вентиляционные установки. Осмотр помещения после пожара можно производить только в противогазе типа ИП-4М (при газовом пожаротушении), в респираторе – после пожара в помещениях и сооружениях с установками порошкового типа. Осматривающих должно быть не менее двух человек [5].

После ликвидации пожара необходимо:

- продуть систему трубопроводов сжатым воздухом;
- проверить состояние элементов установки, находившихся в зоне горения, вышедшие из строя заменить;
- заменить сработавшие модули запасными. Сработавшие газовые баллоны отправить на заправку огнетушащим веществом. Зарядку газовых модулей пожаротушения огнетушащим веществом производит ООО «МПО Охранно-пожарная автоматика» в соответствии с требованиями техники безопасности;
- элементы автоматики привести в состояние контроля [6].

Регламентируемое нормами техническое обслуживание и ремонт технологического и электротехнического оборудования установок пожарной защиты производится силами специализированных организаций, имеющих лицензии Госпожнадзора на проведение таких работ [14].

Вывод по разделу.

В разделе рассмотрена пожарная характеристика Центра управления в кризисных ситуациях Главного управления МЧС России по Тюменской области.

Согласно нормативным документам в основных производственных рассматриваемых в работе помещениях предусматривается автоматическое пожаротушение.

В помещениях Центра управления в кризисных ситуациях Главного управления МЧС России по Тюменской области (направление 1) и кроссовая (направление 2) тушение выполняется автоматической установкой газового пожаротушения модульного типа. Способ тушения – объёмный, основанный на создании в защищаемом помещении концентрации газового огнетушащего состава, способствующей ингибированию химических реакций, которые обуславливают процесс горения, непосредственно в зоне горения.

Помещение, после срабатывания установки газового пожаротушения, должно быть осмотрено. Лица, проверяющие помещение, должны быть обеспечены изолирующими воздушными аппаратами. Осмотр должен производиться звеном из двух человек.

После срабатывания установки газового пожаротушения необходимо проветрить помещение. Время проветривания естественной вентиляцией, при всех открытых оконных и дверных проёмах, должно быть не менее одного часа.

В рамках исследования методов пожаротушения, а именно системы газового пожаротушения предложено рассмотреть использование инновационных системы автоматизации подачи огнетушащих газовых составов.

### **3 Разработка инновационных средств автономного пожаротушения для защиты электротехнических изделий и электрооборудования Центра управления в кризисных ситуациях Главного управления МЧС России по Тюменской области**

#### **3.1 Выбор системы автоматизации для защиты электротехнических изделий и электрооборудования Центра управления в кризисных ситуациях Главного управления МЧС России по Тюменской области**

Системы пожаротушения для электрощитовых так же важны, как и для помещений с большим объёмом тушения, обеспечивающие защиту крупномасштабных сооружений. Учитывая, что техническая инфраструктура зданий и сооружений проходит через кабельные каналы и галереи, выясняется, чего может стоить сбой в системе пожарной сигнализации или пожаротушения всего здания. На сегодня в качестве инновационных средств пожаротушения в электрощитовых небольшого объёма предлагаются готовые системы автономного газового пожаротушения Rotarex.

Огнетушащим веществом, используемым в готовых системах пожаротушения Rotarex, является гептафторпропан, более известный под обозначением HFC 227ea. HFC 227ea представляет собой сжиженный газ без цвета и запаха. Он хранится в виде жидкости, но выбрасывается в окружающую среду в виде бесцветного, электропроводящего газообразного пара из-за его относительно низкой температуры кипения.

HFC 227ea был протестирован и подтвержден как безопасный для использования в закрытых помещениях.

Испытания доказали, что воздействие HFC 227ea безопасно и эффективно при тушении пожаров в низких концентрациях; большинство из которых значительно ниже максимальных уровней воздействия на организм человека.

Готовые системы автономного газового пожаротушения Rotarex, одобрены для использования в жилых помещениях с концентрацией до 10,5% по объему и обязательным временем выхода не более 5 минут.

Механизм тушения пожаров HFC 227ea считается активным. Его основное действие заключается в физическом охлаждении огня на молекулярном уровне. HFC 227ea – это эффективный теплоноситель. HFC 227ea отводит тепловую энергию от огня до такой степени, что реакция горения не может продолжаться сама по себе.

Кроме того, существует химическое воздействие, которое обеспечивает вторичное средство тушения пожара. HFC 227ea существенно не снижает уровень кислорода и безопасен для использования в закрытых помещениях. HFC 227ea можно извлечь из защищенного помещения, просто проветрив помещение после разрядки системы.

Системы Rotarex FM-200 используются для защиты закрытых помещений от опасных факторов. Закрытая опасная зона обеспечит средства для сдерживания ГОТВ. Благодаря содержанию вещества в оболочке при его выбросе образуется и поддерживается эффективная огнетушащая концентрация. Некоторые типичные опасности, которые могут быть защищены с помощью систем пожаротушения Rotarex FM-200, включают, но не ограничиваются следующими:

- лабораторные вытяжные шкафы;
- машинные помещения;
- небольшие отсеки;
- электрические и электронные шкафы;
- шкафчики для краски;
- телекоммуникационные зоны;
- обрабатывающие центры с ЧПУ;
- блоки питания;
- трансформаторные шкафы;
- другие ценные активы.

Rotarex FM-200 прошел тщательные испытания и одобрен для использования в системах пожаротушения по всему миру. Степень токсичности LC50 для Rotarex FM-200 превышает 780000 промилле. Если учесть, что большинство систем Rotarex FM-200 рассчитаны на концентрации, составляющие менее 105000 частей на миллион, становится очевидным, что она безопасна в использовании. HFC 227ea разлагается с образованием галогеновых кислот при воздействии чрезвычайно высоких температур. Образование этих кислот сводится к минимуму за счет использования быстродействующих систем обнаружения и контроля, а также надлежащего проектирования и установки системы для быстрого выброса агента в пожароопасную зону. Образование побочных продуктов (разложения) HFC 227ea будет минимальным при правильном применении. Как и в случае со всеми ГФУ, используемыми в качестве средств пожаротушения, воздействие на человека концентраций, превышающих ПДК, ограничено 5 минутами.

Хотя было доказано, что HFC 227ea безопасен в использовании, его сгорание может иметь некоторые последствия для здоровья. Пары фтористого водорода (HF) могут образовываться при пожарах в качестве продукта распада HFC 227ea и других фторуглеродистых огнетушащих веществ, а также при сгорании термополимеров. Значительные токсикологические эффекты воздействия HF проявляются в месте контакта.

Автоматическая непрямая система FireDETEC доступна в трех типоразмерах; каждому типоразмер присваивается номер модели:

- модель B07014500, заряжаемая 1,36 кг HFC 227ea;
- модель B07014501, заряжаемая 3,18 кг HFC 227ea;
- модель B07014502, заряжаемая 6,35 кг HFC 227ea.

Типоразмеры автоматической системы модульного газового пожаротушения FireDETEC изображены на рисунке 4.



Рисунок 4 – Типоразмеры автоматической системы модульного газового пожаротушения FireDETEC

В предварительно разработанной системе пожаротушения FireDETEC используется запатентованная гибкая пневматическая термочувствительная трубка FireDETECfl, которая используется в качестве устройства обнаружения. При вводе в эксплуатацию трубка подвергается сжатию сухим

азотом. Термически активированная трубка чувствительна к температуре. Трубка устанавливается в опасной зоне в качестве непрерывного линейного пожарного детектора, который разорвется при попадании пламени или когда температура достигнет точки плавления трубки.

Непрямой клапан(ы) низкого давления, используемые в системах FireDETEC, были изобретены и разработаны компанией Rotarex для использования в системах пожаротушения, приводимых в действие линейным тепловым детектором. Клапан изготовлен из никелированной латуни и оснащен манометром для контроля давления в системе, шаровым краном на четверть оборота, который является связующим звеном между трубкой и цилиндром, и устройством сброса давления.

Функциональные возможности клапанов низкого давления включают:

- соединитель для наполнения со встроенным испытательным клапаном;
- устройство для сброса давления.

Каждый клапан оснащен 2 выпускными отверстиями. Каждое выпускное отверстие снабжено предохранительной заглушкой, которая должна устанавливаться в выпускное отверстие всякий раз, когда баллон транспортируется или не используется. Предохранительные заглушки предназначены для предотвращения неконтролируемого опорожнения баллона в случае случайного включения системы.

Активация выпускного клапана осуществляется любым из следующих способов:

- ручное приведение в действие с помощью ручного выпускного клапана (рисунок 5);
- электрическое приведение в действие с помощью электрического соленоида (рисунок 6);
- автоматическое приведение в действие с помощью трубок FireDETEC.



Рисунок 5 – Ручной выпускной клапан



Рисунок 6 – Электрический соленоид

Когда трубка FireDETEC (рисунок 7) используется в системе низкого давления, она используется только в качестве линейного теплового детектора и устройства активации подачи ГОТВ.



Рисунок 7 – Термически активированная трубка FireDETEC

Термически активированная трубка чувствительна к нагреву. Тепло от огня или прямое попадание пламени во время пожара может привести к разрыву трубки. Трубка может разорваться в любой точке по всей ее длине. Если температура достигает приблизительно 240°. При 115 °С сброс давления в трубопроводе затем приводит в действие систему пожаротушения, что приводит к выбросу ГОТВ через трубопроводную сеть и сопла.

Для помещений Центра управления в кризисных ситуациях Главного управления МЧС России по Тюменской области, в которых тушение выполняется автоматической установкой газового пожаротушения

модульного типа огнетушащим веществом «Хладон 125» необходимо предусмотреть систему аэрозольного пожаротушения.

Выброс «Хладон 125» в системе пожаротушения потенциально может создать опасность для персонала из-за природы аэрозоля [3].

Потенциальные неблагоприятные последствия для здоровья с использованием твердого аэрозолеобразующего состава FirePro минимальны, поскольку опасности для людей, связанной с FPC (твердым аэрозолеобразующим составом FirePro), обнаружено не было.

В реальной жизненной ситуации воздействие образующегося аэрозоля произойдет только случайно, и время воздействия будет очень коротким, как в случае случайного или неожиданного выброса [2].

Потенциальными опасностями, которые следует учитывать для отдельных систем в защищенном помещении и других зонах, где аэрозольный агент может мигрировать, являются следующие:

- шум: выброс системы или генератора аэрозоля может вызвать шум, достаточно громкий, чтобы напугать, но недостаточный, чтобы вызвать травматическое повреждение;
- турбулентность: высокоскоростной разряд из выпускных отверстий генератора может вызвать турбулентность внутри защищенного корпуса, достаточную для перемещения незащищенной бумаги и легких предметов;
- уменьшенная видимость: при активации генераторы конденсированного аэрозоля уменьшают видимость как во время, так и после периода разряда;
- термическая опасность: конденсированный аэрозоль выделяется при повышенных температурах;
- раздражение глаз: прямой контакт с твердыми частицами аэрозоля, выделяемыми системой, может привести к раздражению глаз, следует избегать попадания конденсированного аэрозоля в глаза.

В зависимости от предполагаемого применения аэрозольной системы температура и минимальный зазор от выпускного отверстия указаны в технических паспортах генераторов. Сразу после выпуска аэрозоля аэрозольные генераторы могут нагреться; персонал, работающий с генераторами после разгрузки, должен надевать защитные перчатки.

Воздействие на человека огнезащитных конденсированных аэрозольных веществ должно быть предотвращено путем предоставления предупреждения о предстоящем сбросе и задержки перед сбросом, чтобы позволить персоналу покинуть защищаемое помещение [1].

Выделяющийся конденсированный аэрозоль FirePro Xtinguish заставит находящихся в помещении людей покинуть защищаемое помещение в условиях плохой видимости. Должны быть приняты соответствующие меры безопасности, чтобы люди могли безопасно эвакуироваться. Меры безопасности должны включать, но не ограничиваться ими:

- обучение персонала;
- защитные очки;
- аудиоустройства оповещения;
- напольное направленное освещение.

Типичное тушение пожара включает удаление топлива из очага, ограничение доступа кислорода к огню (изоляция) или отвод тепла (охлаждение).

Конденсированный аэрозоль FirePro Xtinguish, не тушат огонь ни одним из этих способов, а вместо этого прерывают беспрепятственную цепную реакцию процесса горения.

При активации FPC (запатентованное твердое соединение, содержащееся в генераторах конденсированного аэрозоля FirePro) немедленно запускает химическую реакцию, которая за несколько секунд приводит к образованию конденсированного сухого аэрозоля с плотностью выброса, определенной разработчиком системы (т.е. соединения калия,  $K_2CO_3$ ,  $H_2O$ ,  $N_2$ ,  $CO_2$  и другие частицы газа в небольших количествах).

Образующийся таким образом конденсированный аэрозоль состоит из микрочастиц соединений калия, взвешенных в инертных газах в чрезвычайно высоком соотношении между открытой поверхностью и их реакционной массой.

Затем конденсированный аэрозоль FirePro Xtinguish остается во взвешенном состоянии в защищенном объеме в течение относительно длительного времени, позволяя его активному ингибитору поступать в очаг горения, переносимый его собственными естественными конвекционными потоками, и прерывая цепную реакцию при контакте с пламенем с чрезвычайно высокой эффективностью.

Калий является щелочным металлом, и для его ионизации требуется наименьшее количество энергии из-за его очень низкого потенциала ионизации. Следовательно, определенное количество энергии отводится от самого процесса горения, чтобы устранить электроны атома во время этого процесса ионизации. Это физическое действие процесса тушения конденсированного аэрозоля FirePro Xtinguish.

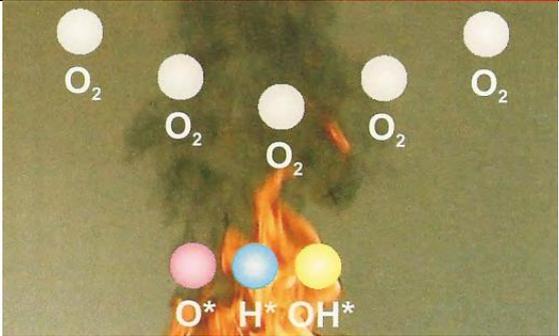
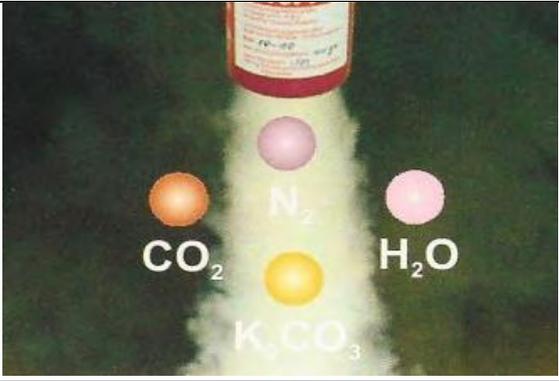
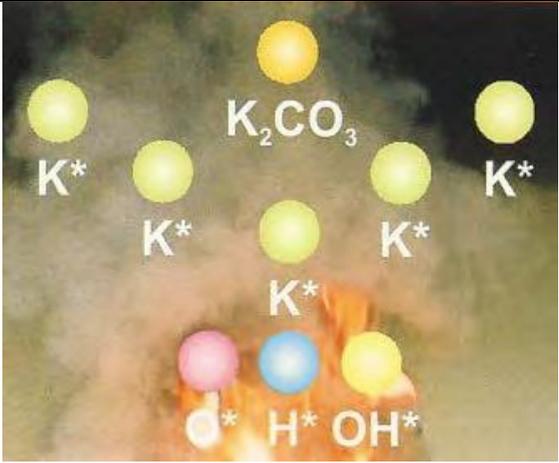
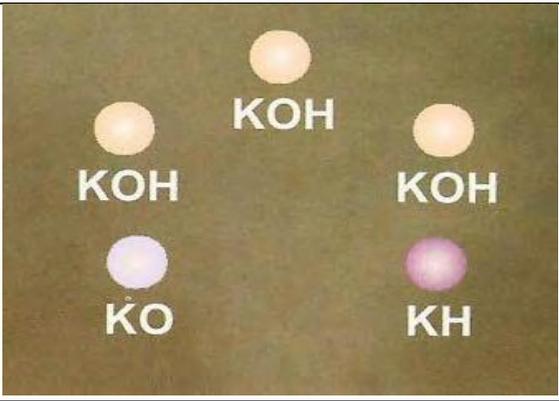
Химический процесс тушения пожара конденсированным аэрозолем характеризуется определенными реакциями, происходящими в быстрой последовательности между атомами и фрагментами нестабильных молекул, что называется «цепными реакциями радикалов».

Поскольку радикалы нестабильны, они имеют тенденцию достигать конечного стабильного состояния. Стабильными конечными продуктами, среди прочего, являются диоксид углерода ( $\text{CO}_2$ ) и вода ( $\text{H}_2\text{O}$ ).

Атомы калия, полученные в результате диссоциации соединений калия, содержащихся в конденсированном аэрозоле FirePro Xtinguish, при горении вступают в реакцию со свободными радикалами нестабильных гидроксидов, образуя гидроксид калия ( $\text{KOH}$ ), который является очень стабильным соединением.

На этой стадии цепная реакция свободных радикалов прекращается, и пламя гаснет. Механизм тушения представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Механизм тушения пожара конденсированным аэрозолем FirePro

Химическая реакция	Визуализация процесса
<p>Окисление водорода в пламени:</p> $\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{OH}^-$ $\text{OH}^- + \text{H}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{H}^+$ $\text{H}^+ + \text{O}_2 \rightarrow \text{OH}^- + \text{H}^+$ $\text{O}^- + \text{H}_2 \rightarrow \text{OH}^- + \text{H}^+$	
<p>Окисление оксида углерода в пламени:</p> $\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{OH}^-$ $\text{OH}^- + \text{CO}^+ \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}^+$ $\text{H}^+ + \text{O}_2 \rightarrow \text{OH}^- + \text{O}^-$	
<p>Следовательно, в пламени, во время горения, дополнительно к воде и углекислому газу (стабильному) образуются только нестабильные гидроксильные радикалы, которые позволяют реакции продолжаться (явление автокатализа)</p>	
<p>Цепная реакция прерывается атомами калия, которые реагируют с нестабильным гидроксидом следующим образом:</p> $\text{OH}^- + \text{K}^+ \rightarrow \text{KOH}$ <p>(и пламя, таким образом, гасится)</p> <p>Гидроксид калия (KOH) образуется в количествах, меньших микрограммов. KOH далее вступает в реакцию в присутствии CO<sub>2</sub> и образует K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>.</p>	
<p>В ходе этого процесса мы можем убедиться, что огнетушащее действие соединений калия достигается не за счет удушения или тушения, а за счет реакции в присутствии пламени с последующим прекращением цепной реакции.</p>	
	

Конденсированная аэрозольная фаза FirePro Xtinguish состоит из газовой фазы с твердыми частицами микрочастиц в суспензии.

Анализы дифракционных испытаний лазерного луча показали корреляцию между твердыми и газообразными компонентами, составляющими 52% твердого вещества и 48% газа.

Системы пожаротушения конденсированным аэрозолем FirePro Xtinguish эффективны при тушении пожаров классов А, В,С и Е.

Системы пожаротушения конденсированным аэрозолем FirePro Xtinguish обеспечивают эффективное средство для тушения газовых и пожаров ЛВЖ и ГЖ, горения твердых веществ, горящих веществ, полученных из углеводородов (природный газ, нефтепродукты, легковоспламеняющиеся смазочные материалы и т.д.), а также пожаров в электрооборудовании с рабочим напряжением, не превышающим 75000 Вольт.

Противопожарные системы пожаротушения конденсированным аэрозолем не должны использоваться для защиты зон, опасностей или помещений, содержащих легковоспламеняющиеся жидкости, пары или пыль, которые могут образовывать взрывоопасную воздушно-топливную смесь.

Противопожарные системы пожаротушения конденсированным аэрозолем FirePro Xtinguish не должны использоваться при возгорании металлов, веществ, вызывающих самоподдерживающееся горение:

- легкие металлы (алюминий – Al; магний – Mg);
- щелочные металлы (калий – K; натрий – Na; литий – Li);
- металлоорганические соединения (хлорид метилмагния –  $\text{CH}_3\text{MgCl}$ ; иодид метилмагния –  $\text{CH}_3\text{MgI}$ ; триэтилалюминий –  $(\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{Al}$ );
- гидриды металлов (гидрид алюминия –  $\text{AlH}_3$ , гидрид лития –  $\text{LiH}$ );
- реакционноспособные металлы, такие как литий, натрий, калий, магний, титан, цирконий, уран и плутоний;
- химические соединения, содержащие окислители, такие как хлорат натрия или нитрат натрия;

- определенные химические вещества или смеси химических веществ, такие как нитрат целлюлозы и порох, которые способны к быстрому окислению в отсутствие воздуха;
- химические вещества, способные подвергаться автотермическому разложению, такие как некоторые органические пероксиды и гидразин.

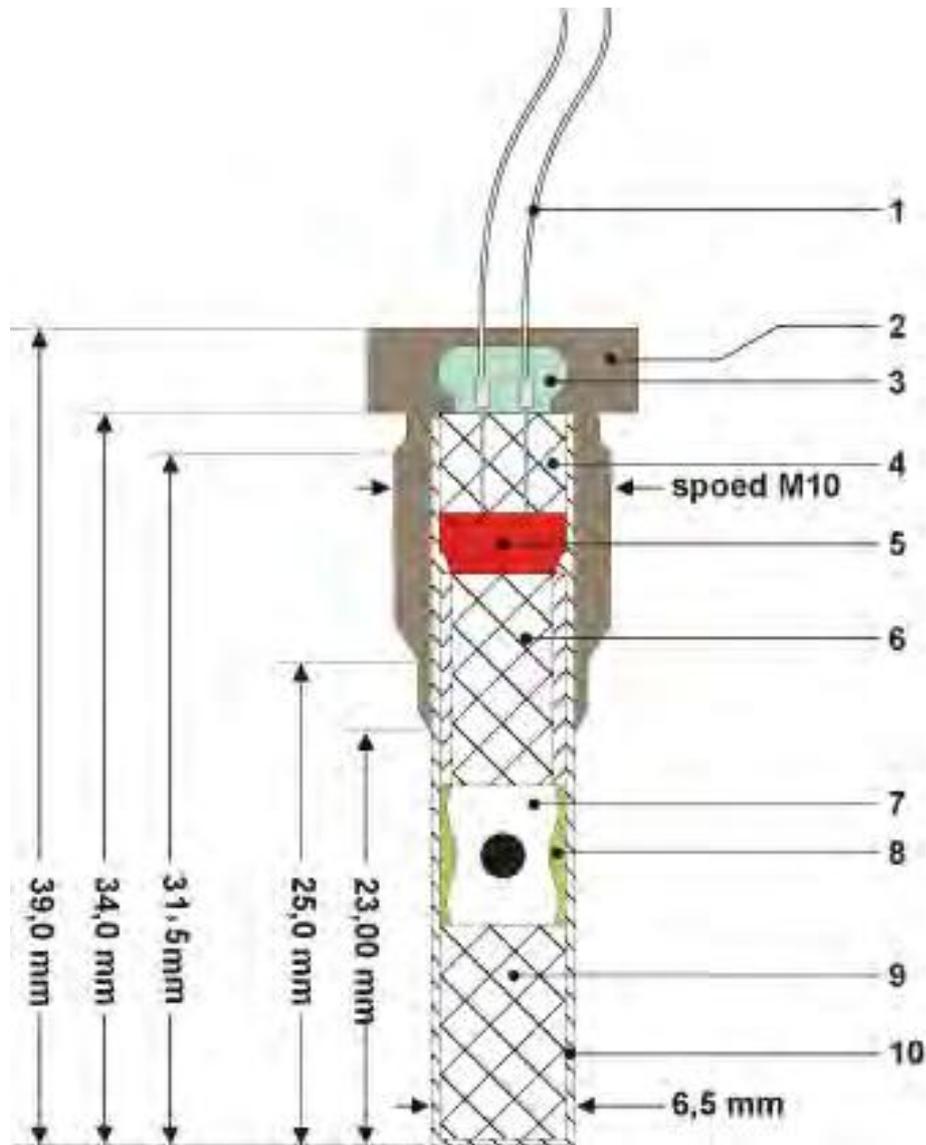
Генераторы конденсированного аэрозоля FirePro Xtinguish не должны использоваться на расстоянии менее минимального безопасного расстояния.

Минимальное безопасное расстояние между выпускными отверстиями генератора конденсированного аэрозоля FirePro Xtinguish и персоналом должно основываться на температуре выпуска аэрозольного агента на этом расстоянии, не превышающей 75°C. Минимальное безопасное расстояние между выпускными отверстиями генератора конденсированного аэрозоля FirePro Xtinguish и горючими материалами должно основываться на температуре выпуска аэрозольного агента на этом расстоянии, не превышающей 200°C.

Генератор конденсированного аэрозоля (рисунок 8) состоит из следующих основных компонентов:

- твердое аэрозолеобразующее соединение FPC;
- устройство зажигания (инициатор);
- механизм охлаждения;
- корпус (внешний стальной кожух);
- монтажные кронштейны;
- выпускные отверстия торцевой пластины;
- мембрана.

Твердое аэрозолеобразующее соединение FPC является источником конденсированного огнетушащего аэрозоля (образующегося при активации FPC): При приведении в действие твердое аэрозолеобразующее соединение FPC подвергается реакции горения с образованием конденсированного огнетушащего аэрозоля.



1 – термостойкие провода, 2 – корпус (внешний стальной кожух),  
 3 – полимерная смола, 4 – устройство зажигания (инициатор), 5 – механизм  
 охлаждения, 6 – твердое аэрозолеобразующее соединение FPC,  
 7 – выпускные отверстия торцевой пластины с 2 выходами, 8 – мембрана,  
 9 – твердое аэрозолеобразующее соединение FPC, 10 – лакированная  
 поверхность.

Рисунок 8 – Генератор конденсированного аэрозоля

Генераторы конденсированного аэрозоля FirePro Xtinguish запускаются путем подачи соответствующего напряжения на клеммы электрического провода генератора аэрозоля, так что твердое аэрозолеобразующее

соединение активируется и превращается в конденсированный аэрозоль (огнетушащее вещество).

Генераторы конденсированного аэрозоля FirePro Xtinguish оснащены физическим механизмом поглощения тепла (охлаждающим механизмом). Образовавшийся аэрозоль выйдет из генератора через механизм охлаждения, и конденсированный аэрозоль будет охлажден перед заполнением защищенного объема.

Корпус генератора конденсированного аэрозоля FirePro Xtinguish образован контейнером без давления.

Аэрозоль образуется в результате реакции (процесса горения) твердого аэрозолеобразующего соединения FPC, и конденсированный аэрозоль затем переносится газами, образующимися в результате этой реакции.

Для каждого генератора конденсированного аэрозоля FirePro Xtinguish предусмотрены монтажные кронштейны, обеспечивающие соответствующую ориентацию генератора.

Монтажные кронштейны изготовлены из оцинкованной пластины из углеродистой стали подходящей формы и прочности для крепления генераторов конденсированного аэрозоля FirePro Xtinguish.

Выпускные отверстия на торцевой пластине обеспечивают плавный и быстрый выпуск аэрозоля.

Специальная мембрана из клеящегося полимерного листа наносится изнутри на выпускные отверстия, защищая от попадания влаги, грязи или чего-либо нежелательного. При активации устройства образующийся конденсированный аэрозоль FirePro Xtinguish разрушит мембрану.

Для системы аэрозольного пожаротушения должны быть предусмотрены сигнал тревоги перед сбросом и временная задержка, достаточные для обеспечения эвакуации персонала перед сбросом.

Рекомендуемый пример установки генераторов конденсированного аэрозоля FirePro Xtinguish на потолок представлен на рисунке 9.



Рисунок 9 – Рекомендуемый пример установки генераторов конденсированного аэрозоля FirePro Xtinguish на потолок

Неправильная схема противопожарной защиты помещения при помощи конденсированного аэрозоля изображена на рисунке 10.



Рисунок 10 – Неправильная схема противопожарной защиты помещения при помощи конденсированного аэрозоля

Расположение генераторов, показанное выше, неверно. Выпускные отверстия генератора направляют поток аэрозоля в направлении выхода из помещения. Если бы двери были оставлены открытыми во время включения генератора, аэрозоль легко вышел бы из защищенного объема. Это свело бы к нулю конструктивный фактор аэрозоля и, возможно, привело бы к невозможности потушить пожар.

Допустимая схема размещения генераторов конденсированного аэрозоля представлена на рисунке 11.



Рисунок 11 – Допустимая схема размещения генераторов конденсированного аэрозоля

Генераторы конденсированного аэрозоля FirePro Xtinguish должны располагаться в защищаемом помещении таким образом, чтобы поток аэрозоля не препятствовал эвакуации персонала.

Управляющие устройства должны включать в себя устройства приведения в действие системы, средства управления разрядкой и оборудование для отключения.

Все управляющие устройства должны быть совместимы с панелью управления.

Включение системы должно приводить к одновременному срабатыванию противопожарных генераторов конденсированного аэрозоля.

Все устройства/компоненты должны быть сконструированы таким образом, чтобы они подходили для конкретного предполагаемого обслуживания и условий труда. Устройства не должны быть подвержены выходу из строя или случайному срабатыванию.

Все устройства/компоненты должны быть установлены в соответствующих местах или надлежащим образом защищены, чтобы избежать механических, химических или любых других повреждений, которые могли бы вывести их из строя.

Ручное включение/выключение системы должно осуществляться электрическим ручным выключателем; устройство должно включать контрольное оборудование, отслеживающее состояние батареи, включая сигнал низкого заряда батареи/аварийную сигнализацию.

Система ручного управления для приведения в действие должна быть расположена таким образом, чтобы к ней всегда был легкий доступ, в том числе во время пожара.

Система ручного управления (системы) должна иметь четкий внешний вид и быть четко узнаваемой для намеченной цели.

Работа любой станции управления должна приводить к работе всей системы в целом.

Панель управления пожарной сигнализацией должна контролировать приводные устройства и связанную с ними проводку и, при необходимости, приводить систему в действие.

Панель управления пожарной сигнализацией должна иметь сертификат и должна быть указана как совместимая с блоками системы пожаротушения [4].

Сигналы тревоги или индикаторы, или и то, и другое, должны использоваться для индикации работы системы, опасности для персонала или отказа любого контролируемого устройства.

Все сигнальные или индикаторные устройства должны быть совместимы с панелью управления [4].

Тип (звуковой, визуальный), количество и расположение устройств должны быть такими, чтобы их назначение удовлетворительно выполнялось.

Должны быть утверждены объем и тип аварийных сигналов или индикаторного оборудования или того и другого вместе.

В пределах защищаемой зоны должна быть предусмотрена звуковая и визуальная сигнализация предварительного разряда для надежного предупреждения о предстоящем разряде.

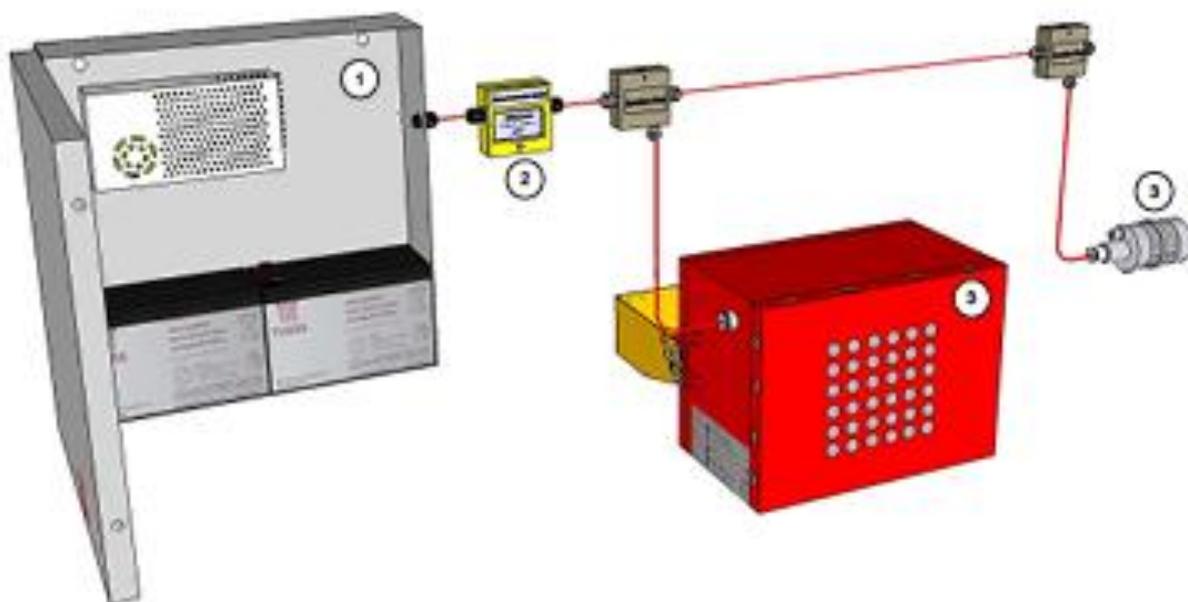
Срабатывание сигнальных устройств должно продолжаться после прекращения выброса конденсированного аэрозоля противопожарной защиты до тех пор, пока не будет принято положительное решение для подтверждения тревоги и продолжения соответствующих действий.

Для обеспечения функционирования системы, требующей обнаружения, сигнализации, управления и приведения в действие, должны использоваться надежные первичные и 24-часовые минимальные резервные источники энергии.

### **3.2 Функциональная схема автоматизации для защиты электротехнических изделий и электрооборудования Центра управления в кризисных ситуациях Главного управления МЧС России по Тюменской области**

Установки автоматического пожаротушения предусматривают следующие виды пуска: автоматический пуск – при срабатывании в защищаемом помещении не менее двух пожарных извещателей системы АУПТ, дистанционный пуск – от кнопок, устанавливаемых у входа в защищаемое помещение (поблизости от объекта тушения).

В зависимости от конкретных требований устройства FirePro могут быть активированы вручную: с помощью электрического импульса с постоянным напряжением от 1,5 вольт или выше. Это напряжение подается на активатор огнетушителя с помощью кнопки ручного отключения (рисунок 12).

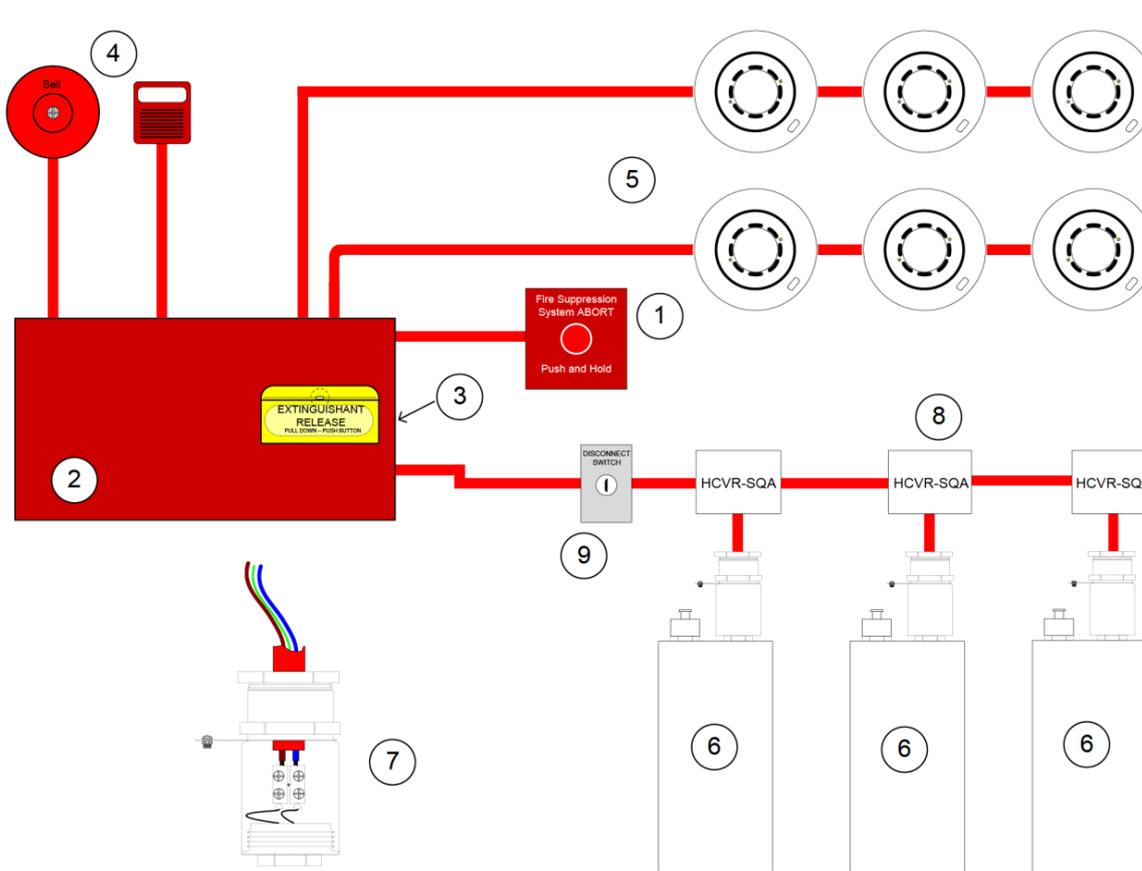


1 – Источник питания с выходом от 1,5В постоянного тока или выше; 2 – Кнопка ручного отпускания (переключатель с ручным управлением); 3 – Подключенные блоки генераторов конденсированного аэрозоля FirePro

Рисунок 12 – Схема установки с ручной активацией тушения

Устройства FirePro могут быть активированы автоматически: с помощью датчиков тепла, дыма или газа, которые подключены к панели управления.

Для автоматической активации генераторов аэрозоля можно использовать совместимую панель управления пожарной сигнализацией по схеме, обозначенной на рисунке 13.



1 – Выключатель аварийного отключения, 2 – Панель управления пожаротушением, 3 – Кнопка ручного отключения (Ручной выключатель), 4 – Устройства визуального и/или звукового оповещения, 5 – Автоматические детекторы пожарной сигнализации, 6 – Генераторы конденсированного аэрозоля, 7 – Электрическое подключение к инициатору, 8 – Модуль активатора, 9 – Выключатель отключения

Рисунок 13 – Схема автоматизации активации генераторов аэрозоля

Автономные стационарные компоненты пожаротушения на основе сухого аэрозоля предназначены для использования в составе системы пожаротушения. Обязательным условием является то, чтобы компоненты пожаротушения были подключены к эффективной системе обнаружения пожара и активированы ею. В этом отношении важное значение имеют быстрое обнаружение и быстрая реакция.

Компания Nochiki выпускает панель управления пожарной сигнализацией HCVR-3.

HCVR-3 представляет собой обычную панель управления пожарной сигнализацией и систему разблокировки. Панель обеспечивает соединения для цепей иницирующих устройств (зон), цепей устройств системы оповещения, цепей отключения, релейных выходов и других цепей.

Система HCVR-3 состоит из нескольких компонентов:

- панель управления пожарной сигнализацией HCVR-3 – главная панель управления, на которой отключаются все устройства, включая иницирующие устройства, устройства оповещения и цепь отключения. На панели также имеется ручной выключатель, который может использоваться для активации генераторов конденсированного аэрозоля;
- иницирующие устройства – обычно детекторы дыма, подключенные к зонам на панели HCVR-3. В HCVR-3 используется операция «перекрестная зона», так что по крайней мере две зоны должны быть в аварийном состоянии до начала последовательности высвобождения. Это уменьшает возможность нежелательной активации генераторов аэрозоля;
- устройства оповещения – эти схемы предназначены для уведомления людей в здании о пожаре. Уведомление перед выпуском ГОТВ информирует людей о необходимости немедленно покинуть защищенную зону, в то время как уведомление после выпуска предупреждает держаться подальше от зоны, где был произведен выпуск ГОТВ;
- модуль последовательного активатора HCVR-SQA – этот модуль используется для активации генераторов аэрозоля FirePro Xtinguish. Можно использовать до 20 модулей HCVR-SQA, причем к каждому модулю HCVR-SQA подключено до двух генераторов аэрозоля;
- переключатель прерывания HCVR-AS – может использоваться для остановки обратного отсчета перед выпуском, когда он становится до 10 секунд. Пока кнопка нажата, таймер обратного отсчета будет

оставаться на отметке 10 секунд, предотвращая разрядку генераторов аэрозоля. Эта кнопка может быть нажата только один раз во время последовательности обратного отсчета; если она будет отпущена, обратный отсчет возобновится через 10 секунд;

- выключатель – используется для электрического отключения генераторов аэрозоля от панели управления пожарной сигнализацией HCVR-3 в целях тестирования и технического обслуживания;
- генераторы пожаротушения – один или несколько генераторов конденсированного аэрозоля для пожаротушения, используемых для тушения развивающегося пожара.

Модели ТН или Т – в этих моделях активация происходит автоматически с помощью термического привода, который, как только температура достигает заданного уровня, активирует аэрозолеобразующий твердый огнетушащий состав FPC (рисунок 14).

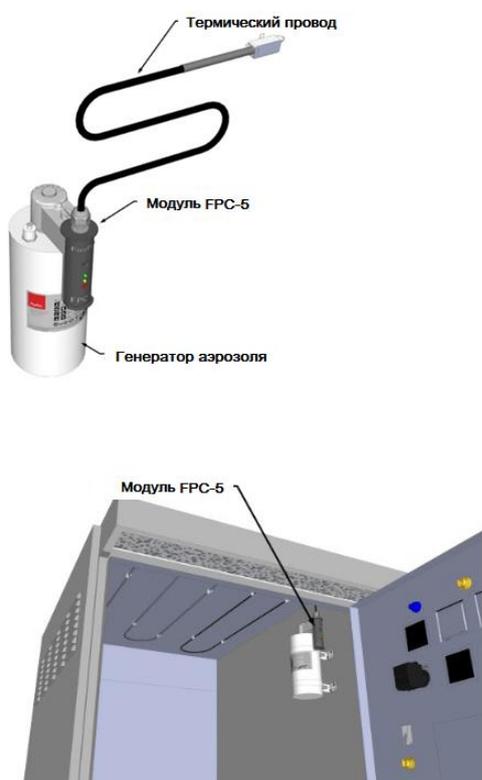


Рисунок 14 – Модель ТН с термическим проводом

Для более низких температур срабатывания можно использовать другие типы извещателей, которые подключаются к огнетушителям через панель пожарной сигнализации. В этом случае тепловой привод используется в качестве настройки активации с эффектом предохранительного клапана, который активируется там, где другие датчики не могут активировать систему.

В режиме «Дистанционный», запуск средств пожаротушения осуществляется нажатием кнопки, которая устанавливается перед входом в защищаемое помещение. В этом случае установка переходит в режим «Пожар» и включается задержка запуска в 30 секунд, по истечении которой происходит запуск процесса пожаротушения, аналогично тому, как это происходит в режиме «Автоматический».

При пожаре перед пуском автоматической установки выполняется оповещение людей в защищаемом помещении, задержка запуска на время 30 секунд, необходимое для выхода людей из помещения и приведение в действие инженерных систем здания (отключение в защищаемом помещении (здании) систем приточной и вытяжной вентиляции, систем кондиционирования, закрытие огнезадерживающих клапанов, управление системой дымоудаления и т.п.), включение общей системы оповещения о пожаре в здании. Командный импульс на управление системами и устройствами при пожаре подается прибором АУПТ на приборы автоматизации соответствующих систем и через ППК АПС данной системы пожаротушения на ППК автоматической пожарной сигнализации, управляющий системой оповещения о пожаре в здании в целом.

На двери защищаемого помещения предусмотрено устройство отключения автоматического пуска при открывании двери в это помещение. В пространствах (зонах), защищаемых автономными установками, вышеперечисленные функции управления инженерными системами и оповещение о пожаре выполняются по сигналу извещателей в составе системы автоматической пожарной сигнализации (для таких зон,

размещенных вне рассматриваемых помещений функции оповещения и управления инженерными системами выполняет установка АПС здания в целом).

Системы принудительной вентиляции должны отключаться или перекрываться автоматически в тех случаях, когда их продолжение может отрицательно сказаться на эффективности системы пожаротушения или привести к распространению огня.

Не требуется отключать полностью автономные системы рециркуляционной вентиляции.

Объем вентиляционной системы и связанных с ней воздуховодов должен учитываться как часть общего объема опасности при определении количества агента.

### **3.3 Расчет эффективности системы инновационных средств автономного пожаротушения для защиты электротехнических изделий и электрооборудования Центра управления в кризисных ситуациях Главного управления МЧС России по Тюменской области**

В работе определено, что системы пожаротушения для электрощитовых так же важны, как и для помещений с большим объёмом тушения.

В качестве средств пожаротушения щитового помещения малого объёма, расположенного на первом этаже Центра управления в кризисных ситуациях Главного управления МЧС России по Тюменской области предлагаются готовые системы автономного газового пожаротушения Rotarex в качестве инновационных средств пожаротушения в электрощитовых.

В предварительно разработанной системе пожаротушения FireDETEC используется запатентованная гибкая пневматическая термочувствительная

трубка FireDETECF1, которая используется в качестве устройства обнаружения. При вводе в эксплуатацию трубка подвергается сжатию сухим азотом. Термически активированная трубка чувствительна к температуре. Трубка устанавливается в опасной зоне в качестве непрерывного линейного пожарного детектора, который разорвется при попадании пламени или когда температура достигнет точки плавления трубки.

Для помещений кроссового узла Центра управления в кризисных ситуациях Главного управления МЧС России по Тюменской области, в которых тушение выполняется автоматической установкой газового пожаротушения модульного типа огнетушащим веществом «Хладон 125» предложено предусмотреть систему аэрозольного пожаротушения.

Предложены к использованию генераторы конденсированного аэрозоля FirePro Xtinguish. Конденсированный аэрозоль FirePro Xtinguish прерывает цепную реакцию процесса горения.

Для автоматической активации генераторов аэрозоля FirePro предложено использовать совместимую панель управления пожарной сигнализацией HCVR-3.

Сравнивая систему FireDETEC с существующей системой газового пожаротушения определено, что тушение пожара производится немедленно (без задержки), когда трубка обнаружения пожара обнаруживает возгорание и требуется меньшее количество огнетушащего вещества для тушения.

Расчёт ожидаемых потерь Главного управления МЧС России по Тюменской области от пожаров будет производиться по двум вариантам:

- в электрощитовом помещении Центра управления в кризисных ситуациях Главного управления МЧС России по Тюменской области не установлена система пожаротушения, а в помещении кроссового узла эксплуатируется существующая газовая система пожаротушения с задержкой выпуска ГОТВ 30 секунд;
- в электрощитовом помещении Центра управления в кризисных ситуациях Главного управления МЧС России по Тюменской

области установлена система пожаротушения FireDETEC с гибкой термочувствительной трубкой FireDETECfl, а в помещении кроссового узла установлены генераторы конденсированного аэрозоля FirePro Xtinguish без задержки выпуска ОВ.

Данные для расчёта ожидаемых потерь представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Данные для расчёта ожидаемых потерь

Показатель	Измерение	Обоз	1 вариант	2 вариант
«Площадь объекта» [9]	м <sup>2</sup>	F	2538	
«Стоимость поврежденного технологического оборудования и оборотных фондов» [9]	руб./м <sup>2</sup>	C <sub>т</sub>	100000	100000
«Стоимость поврежденных частей здания» [9]	руб./м <sup>2</sup>	C <sub>к</sub>	30000	
«Площадь пожара при отказе всех средств пожаротушения» [9]	м <sup>2</sup>	F'' пож	2538	
«Площадь пожара на время тушения первичными средствами» [9]	м <sup>2</sup>	F <sub>пож</sub>	4	
«Вероятность возникновения пожара» [9]	1/м <sup>2</sup> в год	J	5×10 <sup>-5</sup>	
«Вероятность тушения пожара первичными средствами» [9]	-	p <sub>1</sub>	0,79	
«Вероятность тушения пожара привозными средствами» [9]	-	p <sub>2</sub>	0,86	
«Коэффициент, учитывающий степень уничтожения объекта тушения пожара привозными средствами» [9]	-	-	0,52	
«Коэффициент, учитывающий косвенные потери» [9]	-	к	1,63	
«Линейная скорость распространения горения по поверхности» [9]	м/мин	v <sub>л</sub>	1	
«Время свободного горения» [9]	мин	B <sub>свг</sub>	6	6
«Норма текущего ремонта» [9]	%	H <sub>т.р.</sub>	-	5
«Норма амортизационных отчислений» [9]	%	H <sub>а</sub>	-	10
«Период реализации мероприятия» [9]	лет	T	10	

Рассчитаем площадь пожара в здании Главного управления МЧС России по Тюменской области при тушении привозными средствами по формуле 1:

$$F'_{\text{пож}} = \pi \times (v_{\text{л}} \cdot B_{\text{св}} r)^2, \text{ м}^2, \quad (1)$$

«где  $v_{\text{л}}$  – линейная скорость распространения горения по поверхности, м/мин;

$B_{\text{св}}$  – время свободного горения, мин.» [9].

$$F'_{\text{пож}} = 3,14 \times (1 \cdot 6)^2 = 113 \text{ м}^2,$$

Произведём расчёт ожидаемых потерь от пожаров по формуле 2.

$$M(\Pi) = M(\Pi_1) + M(\Pi_2) + M(\Pi_3) + M(\Pi_4), \quad (2)$$

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

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

$M(\Pi_3)$  – математическое ожидание годовых потерь от пожаров при отказе всех средств пожаротушения» [9]:

$$M(\Pi_1) = J \times F \times C_m \times F'_{\text{пож}} \times (1+k) \times p_1; \quad (3)$$

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

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

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

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

$p_1$  – вероятность тушения пожара первичными средствами;

$k$  – коэффициент, учитывающий косвенные потери» [9].

$$M(\Pi_2) = J \times F \times (C_m \times F'_{\text{пож}} + C_k) \times 0,52 \times (1+k) \times (1-p_1) \times p_2; \quad (4)$$

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

$C_{\text{к}}$  – стоимость поврежденных частей здания, руб./ $\text{м}^2$ ;

$F'_{\text{пож}}$  – площадь пожара за время тушения привозными средствами»  
[9].

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

где  $F''_{\text{пож}}$  – площадь пожара при отказе всех средств пожаротушения,  $\text{м}^2$ .

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

Для первого варианта:

$$\begin{aligned} M(\Pi_1) &= 5 \times 10^{-5} \times 2538 \times 100000 \times 4 \times (1 + 1,63) \times 0,86 = 114806 \text{ руб./год}; \\ M(\Pi_2) &= 5 \times 10^{-5} \times 2538 \times (100000 \times 113 + 30000) \times 0,52 \times (1 + 1,63) \times (1 - 0,79) \times 0,86 = \\ &= 355114,47 \text{ руб./год}, \\ M(\Pi_3) &= 5 \times 10^{-5} \times 2538 \times (100000 \times 2538 + 30000) \times (1 + 1,63) \times [1 - 0,79 - (1 - 0,79) \times 0,86] = \\ &= 2541450,03 \text{ руб./год}, \end{aligned}$$

Для второго варианта:

$$\begin{aligned} M(\Pi_1) &= 5 \times 10^{-5} \times 2538 \times 100000 \times 4 \times (1 + 1,63) \times 0,86 = 114806 \text{ руб./год}; \\ M(\Pi_2) &= 5 \times 10^{-5} \times 2538 \times (100000 \times 1 + 30000) \times 0,52 \times (1 + 1,63) \times (1 - 0,79) \times 0,86 = \\ &= 4074,57 \text{ руб./год}; \\ M(\Pi_3) &= 5 \times 10^{-5} \times 2538 \times (100000 \times 113 + 30000) \times (1 + 1,63) \times [1 - 0,79 - (1 - 0,79) \times 0,86] = \\ &= 113440,61 \text{ руб./год}, \\ M(\Pi_4) &= 5 \times 10^{-5} \times 2538 \times (100000 \times 2538 + 30000) \times (1 + 1,63) \times \{1 - 0,79 - (1 - 0,79) \times 0,95 - [1 - 0,79 - (1 - 0,79) \times 0,95] \times 0,86\} = 144015,50 \text{ руб./год}. \end{aligned}$$

Общие ожидаемые потери Главного управления МЧС России по Тюменской области от пожаров составят:

- если в электрощитовом помещении Центра управления в кризисных ситуациях Главного управления МЧС России по Тюменской области не установлена система пожаротушения, а в помещении кроссового узла эксплуатируется существующая газовая система пожаротушения с задержкой выпуска ГОТВ 30 секунд:

$$M(\Pi)_1 = 114806 + 355114,47 + 2541450,03 = 3011370,5 \text{ руб./год};$$

- если в электрощитовом помещении Центра управления в кризисных ситуациях Главного управления МЧС России по Тюменской области установлена система пожаротушения FireDETEC с гибкой термочувствительной трубкой FireDETECfl, а в помещении кроссового узла установлены генераторы конденсированного аэрозоля FirePro Xtinguish без задержки выпуска ОБ:

$$M(\Pi)_2 = 114806 + 4074,57 + 113440,61 + 144015,50 = 376336,07 \text{ руб./год}.$$

Стоимость выполнения предлагаемого плана мероприятий представлена в таблице 3.

Таблица 3 – Стоимость выполнения предложенного плана мероприятий

Виды работ	Стоимость, руб.
Проектирование системы пожаротушения электрического шкафа FireDETEC с HFC 227ea	10000
Проектирование системы пожаротушения помещения кроссового узла при помощи генераторов конденсированного аэрозоля FirePro Xtinguish	50000
Монтаж системы пожаротушения электрических шкафов FireDETEC с HFC 227ea	50000
Монтаж системы пожаротушения помещения кроссового узла при помощи генераторов конденсированного аэрозоля FirePro Xtinguish	200000
Стоимость оборудования	1000000
Пуско-наладочные работы	100000
Итого:	1410000

Рассчитаем эксплуатационные расходы на содержание автоматических систем пожаротушения по формуле 7:

$$P = A + C \quad (7)$$

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

$C$  – текущие затраты указанных систем (зарплата обслуживающего персонала, текущий ремонт и др.), руб./год» [9].

$$P=140000+120000=260000 \text{ руб.}$$

Текущие затраты рассчитаем по формуле 8:

$$C_2 = C_{\text{т.р.}} + C_{\text{с.о.п.}} \quad (8)$$

где « $C_{\text{т.р.}}$  – затраты на текущий ремонт»;

$C_{\text{с.о.п.}}$  – затраты на оплату труда обслуживающего персонала» [9].

$$C_2=70000+50000=120000 \text{ руб.}$$

Затраты на текущий ремонт рассчитывается по формуле 9:

$$C_{\text{т.р.}} = \frac{K_2 \cdot H_{\text{т.р.}}}{100\%} \quad (9)$$

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

$H_{\text{т.р.}}$  – норма текущего ремонта, %» [9].

$$C_{\text{т.р.}} = \frac{140000 \times 5}{100} = 70000 \text{ руб.}$$

Обслуживающим персоналом для данных противопожарных систем является персонал организация с лицензией на данные виды работ. Стоимость обслуживания составит 50000 рублей в год.

$$C_{\text{с.о.п.}} = 50000 \text{ руб.}$$

Затраты на амортизацию систем автоматических устройств пожаротушения рассчитываются по формуле 10:

$$A = \frac{K_2 \cdot H_a}{100\%} \quad (10)$$

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

$H_a$  – норма амортизации, %» [9].

$$A = \frac{1400000 \times 10}{100} = 140000 \text{ руб.}$$

Экономический эффект от монтажа в электрощитовом помещении Центра управления в кризисных ситуациях Главного управления МЧС России по Тюменской области установлена система пожаротушения FireDETEC с гибкой термочувствительной трубкой FireDETECfl, а помещении кроссового узла установлены генераторы конденсированного аэрозоля FirePro Xtinguish без задержки выпуска ОВсоставит:

$$И = \sum_{t=0}^T ([M(\Pi_1) - M(\Pi_2)] - [P_2 - P_1]) \times \frac{1}{(1+НД)^t} - (K_2 - K_1) \quad (11)$$

«где  $T$  – горизонт расчета (продолжительность расчетного периода);

$t$  – год осуществления затрат;

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

$M(P1), M(P2)$  – расчетные годовые материальные потери в базовом и планируемом вариантах, руб./год;

$K1, K2$  – капитальные вложения на осуществление противопожарных мероприятий в базовом и планируемом вариантах, руб.;

$P1, P2$  – эксплуатационные расходы в базовом и планируемом вариантах в  $t$ -м году, руб./год» [9].

Расчёт денежных потоков от монтажа в электрощитовом помещении Центра управления в кризисных ситуациях Главного управления МЧС России по Тюменской области установлена система пожаротушения FireDETEC с гибкой термочувствительной трубкой FireDETECfl, а помещении кроссового узла установлены генераторы конденсированного аэрозоля FirePro Xtinguish без задержки выпуска ОВ представлен в таблице 4.

Таблица 4 – Расчёт денежных потоков

Год осуществления проекта $T$	$M(P1)-M(P2)$	$P_2-P_1$	$1/(1+НД)^t$	$[M(P1)-M(P2)-(C_2-C_1)]*1/(1+НД)^t$	$K_2-K_1$	Чистый дисконтированный поток доходов по годам проекта (И)
1	2635034,43	260000	0,91	2161281,33	1410000	751281,33
2	2635034,43	260000	0,83	1971278,58	-	1971278,58
3	2635034,43	260000	0,75	1781275,82	-	1781275,82
4	2635034,43	260000	0,68	1615023,41	-	1615023,41
5	2635034,43	260000	0,62	1472521,35	-	1472521,35
6	2635034,43	260000	0,56	1330019,28	-	1330019,28
7	2635034,43	260000	0,51	1211267,56	-	1211267,56
8	2635034,43	260000	0,47	1116266,18	-	1116266,18
9	2635034,43	260000	0,42	997514,46	-	997514,46
10	2635034,43	260000	0,39	926263,43	-	926263,43
Экономический эффект						13172711,4

Интегральный экономический эффект от монтажа в электрощитовом помещении Центра управления в кризисных ситуациях Главного управления МЧС России по Тюменской области установлена система пожаротушения

FireDETEC с гибкой термочувствительной трубкой FireDETECfl, а в помещении кроссового узла установлены генераторы конденсированного аэрозоля FirePro Xtinguish без задержки выпуска ОВ за десять лет составит 13172711,4 рублей.

Вывод по разделу.

В разделе произведена разработка инновационных средств автономного пожаротушения для защиты электротехнических изделий и электрооборудования Центра управления в кризисных ситуациях Главного управления МЧС России по Тюменской области и выбор схемы автоматизации оборудования.

В разделе определено, что системы пожаротушения для электрощитовых так же важны, как и для помещений с большим объёмом тушения.

В качестве средств пожаротушения щитового помещения малого объёма, расположенного на первом этаже Центра управления в кризисных ситуациях Главного управления МЧС России по Тюменской области предлагаются готовые системы автономного газового пожаротушения Rotarex в качестве инновационных средств пожаротушения в электрощитовых.

НFC 227ea был протестирован и подтвержден как безопасный для использования в закрытых помещениях. Испытания доказали, что воздействие НFC 227ea безопасно и эффективно при тушении пожаров в низких концентрациях; большинство из которых значительно ниже максимальных уровней воздействия на организма человека.

В предварительно разработанной системе пожаротушения FireDETEC используется запатентованная гибкая пневматическая термочувствительная трубка FireDETECfl, которая используется в качестве устройства обнаружения. При вводе в эксплуатацию трубка подвергается сжатию сухим азотом. Термически активированная трубка чувствительна к температуре.

Трубка устанавливается в опасной зоне в качестве непрерывного линейного пожарного детектора, который разорвется при попадании пламени или когда температура достигнет точки плавления трубки.

Для помещений кроссового узла Центра управления в кризисных ситуациях Главного управления МЧС России по Тюменской области, в которых тушение выполняется автоматической установкой газового пожаротушения модульного типа огнетушащим веществом «Хладон 125» предложено предусмотреть систему аэрозольного пожаротушения.

Выброс «Хладон 125» в системе пожаротушения потенциально может создать опасность для персонала из-за природы аэрозоля.

Потенциальные неблагоприятные последствия для здоровья с использованием твердого аэрозолеобразующего состава FirePro минимальны, поскольку опасности для людей, связанной с FPC (твердым аэрозолеобразующим составом FirePro), обнаружено не было.

Предложены к использованию генераторы конденсированного аэрозоля FirePro Xtinguish. Конденсированный аэрозоль FirePro Xtinguish прерывает цепную реакцию процесса горения.

Когда огнетушащие газы, сжиженные под давлением, распыляются в помещение, происходит охлаждение. В случае аэрозолеобразующих установок температура может повышаться. Оба процесса влияют на влажность. Поэтому важно заранее знать о влажности, присутствующей в помещении. После пожара и/или активации системы аэрозольного пожаротушения влажность в помещении должна быть снижена как можно скорее.

Конденсированный аэрозольный состав FirePro Xtinguish состоит из соединений калия. Он не вызывает коррозии и не является электропроводящим. Он не наносит никакого ущерба чувствительному защищенному оборудованию и не вступает в реакцию с электронными компонентами, металлами и т.д.

При активации твердое аэрозолеобразующее соединение FPC превращается в быстро расширяющийся аэрозоль, образованный твердыми частицами, взвешенными в газовой фазе. Размер таких частиц составляет несколько микрон.

Твердый аэрозолеобразующий состав не содержит никаких соединений галогена, которые могут вступать в реакцию с пламенем; таким образом, конденсированный аэрозоль не образует агрессивных побочных продуктов в виде галогенокислоты при взаимодействии с пламенем.

Противопожарные побочные продукты конденсированного аэрозоля после тушения состоят в основном из КОН в очень низкой концентрации (быстро преобразуется в  $K_2CO_3$ ) в безводной фазе в виде конденсированных аэрозольных частиц.

Для автоматической активации генераторов аэрозоля FirePro предложено использовать совместимую панель управления пожарной сигнализацией HCVR-3.

Устройства FirePro могут быть активированы автоматически: с помощью датчиков тепла, дыма или газа, которые подключены к панели управления.

Для обеспечения функционирования системы, требующей обнаружения, сигнализации, управления и приведения в действие, должны использоваться надежные первичные и 24-часовые минимальные резервные источники энергии.

Интегральный экономический эффект от монтажа в электрощитовом помещении Центра управления в кризисных ситуациях Главного управления МЧС России по Тюменской области установлена система пожаротушения FireDETEC с гибкой термочувствительной трубкой FireDETECfl, а в помещении кроссового узла установлены генераторы конденсированного аэрозоля FirePro Xtinguish без задержки выпуска ОВ за десять лет составит 13172711,4 рублей.

## Заключение

В первом разделе представлено само понятие пожарной безопасности и его нормативное обеспечение, классификация пожаров и причины их возникновения.

Большинство пожаров можно предотвратить. Те, кто отвечает за рабочие места и другие здания, к которым имеет доступ общественность, могут избежать их, взяв на себя ответственность и приняв правильное поведение и процедуры.

Пожарная безопасность обеспечивается выполнением требований пожарной безопасности, представляющих собой особые условия социальных и технических характеристик, устанавливаемых законами, нормативными документами или утверждаемыми государственными органами Российской Федерации.

В Российской Федерации ежегодно регистрируется более 130 000 пожаров, в результате которых погибает более 8 000 человек, а общий ущерб составляет более 100 млрд руб.

Закон Российской Федерации о пожарной безопасности основан на Конституции Российской Федерации и содержит Федеральный закон от 21 декабря 1994 г. № 69-ФЗ «О пожарной безопасности» и иные принятые в соответствии нормативные правовые акты, Законы Российской Федерации и иные нормативные правовые акты муниципальных образований, регулирующие вопросы пожарной безопасности.

К нормативным документам пожарной безопасности относятся национальные стандарты, своды правил и иные документы, содержащие требования пожарной безопасности, которые при добровольном применении датированы 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

Во втором разделе рассмотрена пожарная характеристика Центра управления в кризисных ситуациях Главного управления МЧС России по Тюменской области.

Согласно нормативным документам в основных производственных рассматриваемых в работе помещениях предусматривается автоматическое пожаротушение.

В помещениях Центра управления в кризисных ситуациях Главного управления МЧС России по Тюменской области (направление 1) и кроссовая (направление 2) тушение выполняется автоматической установкой газового пожаротушения модульного типа. Способ тушения – объёмный, основанный на создании в защищаемом помещении концентрации газового огнетушащего состава, способствующей ингибированию химических реакций, которые обуславливают процесс горения, непосредственно в зоне горения.

Помещение, после срабатывания установки газового пожаротушения, должно быть осмотрено. Лица, проверяющие помещение, должны быть обеспечены изолирующими воздушными аппаратами. Осмотр должен производиться звеном из двух человек.

После срабатывания установки газового пожаротушения необходимо проветрить помещение. Время проветривания естественной вентиляцией, при всех открытых оконных и дверных проёмах, должно быть не менее одного часа.

В рамках исследования методов пожаротушения, а именно системы газового пожаротушения предложено рассмотреть использование инновационных системы автоматизации подачи огнетушащих газовых составов.

В третьем разделе произведена разработка инновационных средств автономного пожаротушения для защиты электротехнических изделий и электрооборудования Центра управления в кризисных ситуациях Главного управления МЧС России по Тюменской области и выбор схемы автоматизации оборудования.

В разделе определено, что системы пожаротушения для электрощитовых так же важны, как и для помещений с большим объёмом тушения.

В качестве средств пожаротушения щитового помещения малого объёма, расположенного на первом этаже Центра управления в кризисных ситуациях Главного управления МЧС России по Тюменской области предлагаются готовые системы автономного газового пожаротушения Rotarex в качестве инновационных средств пожаротушения в электрощитовых.

НFC 227ea был протестирован и подтвержден как безопасный для использования в закрытых помещениях. Испытания доказали, что воздействие НFC 227ea безопасно и эффективно при тушении пожаров в низких концентрациях; большинство из которых значительно ниже максимальных уровней воздействия на организм человека.

В предварительно разработанной системе пожаротушения FireDETEC используется запатентованная гибкая пневматическая термочувствительная трубка FireDETECfl, которая используется в качестве устройства обнаружения. При вводе в эксплуатацию трубка подвергается сжатию сухим азотом. Термически активированная трубка чувствительна к температуре. Трубка устанавливается в опасной зоне в качестве непрерывного линейного пожарного детектора, который разорвется при попадании пламени или когда температура достигнет точки плавления трубки.

Для помещений кроссового узла Центра управления в кризисных ситуациях Главного управления МЧС России по Тюменской области, в которых тушение выполняется автоматической установкой газового пожаротушения модульного типа огнетушащим веществом «Хладон 125» предложено предусмотреть систему аэрозольного пожаротушения.

Выброс «Хладон 125» в системе пожаротушения потенциально может создать опасность для персонала из-за природы аэрозоля.

Потенциальные неблагоприятные последствия для здоровья с использованием твердого аэрозолеобразующего состава FirePro минимальны, поскольку опасности для людей, связанной с FPC (твердым аэрозолеобразующим составом FirePro), обнаружено не было.

Предложены к использованию генераторы конденсированного аэрозоля FirePro Xtinguish. Конденсированный аэрозоль FirePro Xtinguish прерывает цепную реакцию процесса горения.

Когда огнетушащие газы, сжиженные под давлением, распыляются в помещении, происходит охлаждение. В случае аэрозолеобразующих установок температура может повышаться. Оба процесса влияют на влажность. Поэтому важно заранее знать о влажности, присутствующей в помещении. После пожара и/или активации системы аэрозольного пожаротушения влажность в помещении должна быть снижена как можно скорее.

Конденсированный аэрозольный состав FirePro Xtinguish состоит из соединений калия. Он не вызывает коррозии и не является электропроводящим. Он не наносит никакого ущерба чувствительному защищенному оборудованию и не вступает в реакцию с электронными компонентами, металлами и т.д.

При активации твердое аэрозолеобразующее соединение FPC превращается в быстро расширяющийся аэрозоль, образованный твердыми частицами, взвешенными в газовой фазе. Размер таких частиц составляет несколько микрон.

Твердый аэрозолеобразующий состав не содержит никаких соединений галогена, которые могут вступать в реакцию с пламенем; таким образом, конденсированный аэрозоль не образует агрессивных побочных продуктов в виде галогенокислоты при взаимодействии с пламенем.

Противопожарные побочные продукты конденсированного аэрозоля после тушения состоят в основном из КОН в очень низкой концентрации

(быстро преобразуется в  $K_2CO_3$ ) в безводной фазе в виде конденсированных аэрозольных частиц.

Для автоматической активации генераторов аэрозоля FirePro предложено использовать совместимую панель управления пожарной сигнализацией HCVR-3.

Устройства FirePro могут быть активированы автоматически: с помощью датчиков тепла, дыма или газа, которые подключены к панели управления.

Для обеспечения функционирования системы, требующей обнаружения, сигнализации, управления и приведения в действие, должны использоваться надежные первичные и 24-часовые минимальные резервные источники энергии.

Интегральный экономический эффект от монтажа в электрощитовом помещении Центра управления в кризисных ситуациях Главного управления МЧС России по Тюменской области установлена система пожаротушения FireDETEC с гибкой термочувствительной трубкой FireDETECfl, а в помещении кроссового узла установлены генераторы конденсированного аэрозоля FirePro Xtinguish без задержки выпуска ОВ за десять лет составит 13172711,4 рублей.

## Список используемых источников

1. Бадагуев, Б. Т. Пожарная безопасность на предприятии: Приказы, акты, журналы, протоколы, планы, инструкции 4-е изд., пер. и доп. М.: Альфа-Пресс, 2014. 720 с.
2. Волкова С.Н., Маркова Л.Ю. Газовое пожаротушение как один из видов систем противопожарной защиты // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. 2018. №9. С. 121-123. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/gazovoe-pozharotushenie-kak-odin-iz-vidov-sistem-protivopozharnoy-zaschity> (дата обращения: 17.01.2023).
3. Григорьев, Л. Н. Экономическая эффективность внедрения систем противопожарной защиты. г. Пермь: Сфера, 2009. 122 с.
4. Горбунова, Л. Н., Васильев С.И. Основы промышленной безопасности: учебное пособие: в 2-х ч., Ч. 1. СПб.: Сибирский федеральный университет, 2012. 502 с.
5. Гришин В. В. Некоторые особенности проектирования автоматических установок газового пожаротушения // Пожаровзрывобезопасность. 2004. №6. С. 37-39. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/nekotorye-osobennosti-proektirovaniya-avtomaticheskikh-ustanovok-gazovogo-pozharotusheniya> (дата обращения: 14.02.2023).
6. Киздермишов А.А., Киздермишова С.Х. Проблемы применения автоматических систем (установок) газового пожаротушения // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 4: Естественно-математические и технические науки. 2019. №1 (236). С. 11-115. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-primeneniya-avtomaticheskikh-sistem-ustanovok-gazovogo-pozharotusheniya> (дата обращения: 14.02.2023).
7. Королёв В. П. Управление автоматическими установками газового пожаротушения // Пожаровзрывобезопасность. 2004. №1. С. 69-72. URL:

<https://cyberleninka.ru/article/n/upravlenie-avtomaticheskimi-ustanovkami-gazovogo-pozharotusheniya> (дата обращения: 14.02.2023).

8. Корольченко, А. Я. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: Справочник в 2-х томах. М. : Ассоциация «Пожнаука», 2016. 713с.

9. Методика и примеры технико-экономического обоснования противопожарных мероприятий к СНиП 21-01-97\* [Электронный ресурс] : МДС 21-3.2001. URL: [http://pozhprouekt.ru/nsis/Rd/Mds/21-3\\_2001.htm](http://pozhprouekt.ru/nsis/Rd/Mds/21-3_2001.htm) (дата обращения: 30.01.2023).

10. О техническом регулировании [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ. URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=410948&ysclid=lg144ehelc880832336> (дата обращения: 17.12.2022).

11. Об утверждении Правил противопожарного режима в Российской Федерации [Электронный ресурс]: Постановление правительства РФ от 16 сентября 2020 г. № 1479. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_363263](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_363263) (дата обращения: 18.11.2022).

12. О пожарной безопасности [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 21.12.1994 N 69-ФЗ. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_5438/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_5438/) (дата обращения: 25.05.2022).

13. О требованиях к средствам обеспечения пожарной безопасности и пожаротушения [Электронный ресурс] : ТР ЕАЭС 043/2017. URL: <https://docs.cntd.ru/document/456080708?ysclid=lbueynh9qk657412846> (дата обращения: 18.11.2022).

14. Регламенты (подсказки) для технического обслуживания систем противопожарной защиты [Электронный ресурс]. URL: [https://72.mchs.gov.ru/uploads/resource/2021-10-07/reglament-dlya-obsluzhivaniya-sppz\\_1633581946867556386.docx](https://72.mchs.gov.ru/uploads/resource/2021-10-07/reglament-dlya-obsluzhivaniya-sppz_1633581946867556386.docx) (дата обращения: 17.01.2023).

15. Сальков, О. А. Комментарий к Федеральному закону от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» М.: Деловой двор, 2016. 712 с.

16. Системы противопожарной защиты. Системы пожарной сигнализации и автоматизация систем противопожарной защиты. Нормы и правила проектирования [Электронный ресурс] : СП 484.1311500.2020. URL: <https://docs.cntd.ru/document/566249686> (дата обращения: 17.01.2023).

17. 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: 18.01.2023).

18. 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: 10.01.2023).

19. Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы [Электронный ресурс] : СП 1.13130.2020. URL: <https://docs.cntd.ru/document/565248961> (дата обращения: 17.11.2022).

20. Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты [Электронный ресурс] : СП 2.13130.2020. URL: <https://docs.cntd.ru/document/565248963?ysclid=17hqwyvw68251196235> (дата обращения: 18.11.2022).

21. Системы противопожарной защиты. Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Требования пожарной безопасности [Электронный ресурс] : СП 3.13130.2009. URL: <https://www.mchs.gov.ru/dokumenty/svody-pravil/675> (дата обращения: 07.02.2023).

22. Системы противопожарной защиты. Ограничение распространения пожара [Электронный ресурс] : СП 4.13130.2013. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200101593> (дата обращения: 02.12.2022).

23. Системы противопожарной защиты. Электрооборудование. Требования пожарной безопасности [Электронный ресурс] : СП 6.13130.2021. URL: <https://docs.cntd.ru/document/603668016> (дата обращения: 05.12.2022).

24. Системы противопожарной защиты. Наружное противопожарное водоснабжение [Электронный ресурс] : СП 8.13130.2020. URL: <https://docs.cntd.ru/document/565391175> (дата обращения: 10.11.2022).

25. Системы противопожарной защиты. Внутренний противопожарный водопровод [Электронный ресурс] : СП 10.13130.2020. URL: <https://docs.cntd.ru/document/566249684?marker=7D20K3> (дата обращения: 11.01.2023).

26. Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования [Электронный ресурс] : ГОСТ 12.1.004-91. URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/3254/?ysclid=lfqfolmztn842366962> (дата обращения: 17.01.2023).

27. Система стандартов безопасности труда. Установки пожаротушения автоматические. Общие технические требования [Электронный ресурс] : ГОСТ 12.3.046-91. URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/10537/?ysclid=lfqfrhjge0947897150> (дата обращения: 18.01.2023).

28. Соколов В. П. Управление автоматическими установками газового пожаротушения // Пожаровзрывобезопасность. 2004. №1. С. 69-72. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/upravlenie-avtomaticheskimi-ustanovkami-gazovogo-pozharotusheniya> (дата обращения: 17.01.2023).

29. Технический регламент о безопасности зданий и сооружений [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ. URL: <https://legalacts.ru/doc/federalnyi-zakon-ot-30122009-n-384-fz-tekhnicheskii/?ysclid=lg145w4gsb770588211> (дата обращения: 11.11.2022).

30. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ (ред. от 30.04.2021). URL: <http://docs.cntd.ru/document/902111644> (дата обращения: 17.01.2023).

31. Троценко Е.В. Автоматические системы пожаротушения // Научный журнал молодых ученых. 2020. №1 (18). С. 65-69. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/avtomaticheskie-sistemy-pozharotusheniya> (дата обращения: 17.01.2023).

32. Fire extinguishing installations and equipment on premises [electronic resource]. URL: [http://iso-iran.ir/standards/bs/BS\\_5306\\_3\\_2003\\_%2C\\_Fire\\_Extinguishing.pdf](http://iso-iran.ir/standards/bs/BS_5306_3_2003_%2C_Fire_Extinguishing.pdf) (дата обращения: 18.03.2023).

33. Fire Protection of Buildings [Электронный ресурс]. URL: <https://highrisefirefighting.co.uk/docs/fpb.pdf> (дата обращения: 18.03.2023).

34. Portable Fire Extinguishers Guide [Электронный ресурс]. URL: <https://www.firesafe.org.uk/wp-content/uploads/docs/pffeguid.pdf> (дата обращения: 18.03.2023).

35. Gas fire extinguishing system [Электронный ресурс]. URL: <https://programmersought.com/article/67684318416/> (дата обращения: 18.03.2023).

36. Gas extinguishing systems are used when water [Электронный ресурс]. URL: <https://accuro.at/en/solutions/gas-extinguishing-systems> (дата обращения: 18.03.2023).