

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

Институт инженерной и экологической безопасности

(наименование института полностью)

20.04.01 Техносферная безопасность

(код и наименование направления подготовки)

Управление пожарной безопасностью

(направленность(профиль))

## **ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)**

на тему «Исследование и обеспечение пожарной безопасности применением автоматических установок пожарной сигнализации и пожаротушения»

Студент

А.В. Бурдачев

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Научный  
руководитель

И.В. Дерябин

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

Тольятти 2022

## Содержание

Введение.....	3
Термины и определения.....	8
Перечень сокращений и обозначений.....	9
1 Способы обеспечения пожарной безопасности с помощью автоматических установок пожарной сигнализации.....	10
1.1 История появления средств обнаружения и ликвидации возгорания...10	
1.2 Технические средства пожарной автоматики, пожарные извещатели, системы оповещения и управления эвакуацией .....	23
2 Анализ существующих автоматических установок пожаротушения.....	42
2.1 Прибор приемно-контрольный пожарный, характеристика АУПТ по способу запуска и конструктивному исполнению .....	42
2.2 Характеристика установок пожаротушения по виду огнетушащего вещества .....	49
3 Оптимизация комплекса технических средств пожарной сигнализации на предприятии .....	65
3.1 Анализ применяемого на предприятии оборудования и расчет массы газового огнетушащего вещества.....	65
3.2 Рациональные предложения по улучшению пожарной безопасности, анализ и оценка социальной и экономической эффективности .....	81
Заключение.....	89
Список используемых источников.....	91

## Введение

Одной из самых актуальных и насущных проблем с древних времен до наших дней – являются пожары. Это бедствие приносит огромный и часто непоправимый урон. Те времена, когда основная работа по ликвидации пожара возлагалась в основном на человека и примитивные ручные средства пожаротушения, остались в далеком прошлом. С развитием современного общества, в качестве средств обеспечения пожарной безопасности, повсеместное распространение получили автоматические установки пожарной сигнализации и пожаротушения.

В связи с все более возрастающим требованиям, предъявляемым к обеспечению безопасности людей при пожарах, возникает необходимость разработки новых и модернизации уже установленных систем автоматической пожарной сигнализации и пожаротушения. Совершенствование данных систем безопасности разного рода технических и социальных объектов позволяет значительно уменьшить риск гибели и травматизма людей, сократить материальные потери.

Особенно актуальным считается вопрос обеспечения пожарной безопасности на производственных объектах, где технологический процесс, в случае возникновения чрезвычайного происшествия, несет опасность для окружающей территории. Если такое предприятие находится в городской черте, авария на нем может привести к катастрофическим последствиям. В этом случае, очень важным является вопрос оборудования потенциально опасных предприятий качественной, рассчитанной в соответствии со всеми требованиями, системой автоматической пожарной сигнализации и пожаротушения. Комплекс таких средств способен в кратчайшие сроки обнаружить признаки начавшегося пожара, автоматически подать управляющие сигналы на установки пожаротушения, средства управления эвакуацией и оповещением людей о случившемся и т.д. По статистике, благодаря своевременности и правильности подобных действий большинство

пожаров удастся ликвидировать на начальной стадии, когда огонь не успел нанести значительные материальные потери и причинить вред жизни и здоровью людей.

Объектом исследования является обеспечение пожарной безопасности путем применения автоматических установок пожаротушения и пожарной сигнализации на предприятии по транспортировке жидкого аммиака ПАО «Трансаммиак» г. Тольятти.

Предмет исследования – характеристики автоматических установок газового пожаротушения, обеспечивающих пожарную безопасность насосного модуля; соответствие установленной системы требованиям актуальных нормативных документов; исследование показателей эффективности и безопасности автоматической установки пожаротушения для персонала.

Целью данного диссертационного исследования является ознакомление с существующими и перспективными техническими средствами автоматической пожарной сигнализации и пожаротушения, а так же повышение уровня пожарной безопасности путем модернизации уже имеющегося комплекса средств автоматических установок газового пожаротушения; рассмотрение актуальности использования более современного оборудования и технических решений; увеличение уровня безопасности персонала насосного модуля предприятия ПАО «Трансаммиак», путём снижения негативного воздействия газового огнетушащего вещества в случае возникновения возгорания на рассматриваемом объекте.

Гипотеза исследования состоит в том, что следует ожидать улучшения технических характеристик и показателей безопасности, существующей на ПАО «Трансаммиак» системы пожаротушения, если:

- использовать более эффективное и безопасное для персонала огнетушащее вещество;

- заменить пожарные извещатели на аналогичные современные устройства имеющие более высокий порог чувствительности;
- обеспечить комплекс мер по защите противопожарного оборудования от коррозионного воздействия газообразной фракции аммиака.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- провести анализ используемого и альтернативного огнетушащего вещества на человеческий организм;
- определить степень влияния газообразной фракции аммиака на работоспособность противопожарного оборудования;
- разработать комплекс мер по минимизации негативного влияния газовой коррозии цветных металлов;
- произвести исследования эффективности пожарных извещателей, с последующим выбором устройства с наивысшими показателями порога чувствительности.

Теоретико-методологическую основу исследования составили исследования и научные работы различных авторов. Конструктивные особенности установки автоматического пожаротушения рассмотрены в следующих источниках: Ворона В.А., Тихонов В.А. «Технические системы охраны и пожарной сигнализации»; Бубырь Н.Ф., Бабуров В.П., Мангасаров В.И. «Пожарная автоматика»; Шаровар Ф.И. «Устройства и системы пожарной сигнализации».

Основные положения по пожарной безопасности сформулированы авторским составом ФГУ ВНИИПО МЧС России в энциклопедии «Пожарная безопасность».

Базовыми для настоящего исследования явились также: ГОСТ Р 53325-2012 «Технические средства пожарной автоматики»; СП 3.13130.2009 «Системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре»; ГОСТ 53286-2009 «Установки порошкового пожаротушения автоматические»;

ГОСТ Р 50969-96 «Установки газового пожаротушения автоматические»; СП 484.1311500.2020 «Системы пожарной сигнализации и автоматизация систем противопожарной защиты».

Основные расчеты научного исследования были произведены в соответствии с СП 485.1311500.2020 «Установки пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования».

Методы исследования базировались на детальном изучении технической документации и оборудования автоматической установки газового пожаротушения, обеспечивающей пожарную безопасность в здании насосной станции по перекачке жидкого аммиака; анализе соответствия данной установки, современным требованиям, предъявляемым к системам подобного рода; ознакомлении с замечаниями, возникшими в ходе эксплуатации установки, поиск путей по их устранению; сравнении существующей системы с альтернативной; расчете массы огнетушащего вещества, необходимого для создания нормативной концентрации в разных помещениях насосной станции; расчете площади проемов для сброса избыточного давления.

Опытно-экспериментальная база исследования состоит в использовании технической документации и оборудования систем пожарной безопасности ПАО «Транссамиак».

Научная новизна исследования заключается в:

- предложении применения инновационных технических средств и решений для обеспечения пожарной безопасности;
- обеспечение защиты от газовой коррозии элементов противопожарного оборудования;
- обеспечение безопасности персонала в случае пожара путем применения безопасного для человека газового огнетушащего вещества.

Теоретическая значимость исследования заключается в:

- проведении анализа нормативных документов и научных публикаций в сфере обеспечения пожарной безопасности путем применения автоматических установок пожарной сигнализации и пожаротушения;
- сопоставлении установленного оборудования требованиям актуальных нормативных документов;
- проведении анализа воздействия базового и альтернативного газового огнетушащего вещества на организм человека.

Практическая значимость исследования: предложены рекомендации по усовершенствованию системы автоматического пожаротушения на объекте насосной станции.

Достоверность и обоснованность результатов исследования обеспечивались:

- методология исследования основана на нормативных документах, утвержденных на государственном уровне;
- по каждому этапу исследования проводился анализ полученных данных;
- расчеты по альтернативному решению производились на основе технической документации, предоставленной ПАО «Трансаммиак».

Личное участие автора в организации и проведении исследования состоит в том, что диссертация является результатом исследования автора в период 2020-2022гг. Автором самостоятельно поставлена цель и определены задачи исследования, произведены необходимые расчеты, сформулированы выводы и предложения.

Апробация и внедрение результатов работы велись в течение всего исследования. Его результат докладывался на LV Международной научно-практической конференции (номер конференции МК-1366) «Фундаментальные и прикладные научные исследования: актуальные вопросы, достижения, инновации» г. Пенза, 15.04.22 г.

## Термины и определения

В настоящем отчете о преддипломной практике применяют следующие термины с соответствующими определениями:

- технические условия – документ, устанавливающий технические требования, которым должны соответствовать конкретное изделие, материал, вещество и пр. или их группа. Кроме того, в них должны быть указаны процедуры, с помощью которых можно установить, соблюдены ли данные требования;
- автоматические системы пожаротушения – наиболее эффективное средство борьбы с пожарами. В отличие от ручных систем, они обеспечивают оперативную и результативную локализации возгораний с минимальным риском для жизни и здоровья;
- ликвидация пожара – действия, направленные на окончательное прекращение горения, а также на исключение возможности его повторного возникновения);
- пожарная безопасность – состояние защищенности личности, имущества, общества и государства от пожаров;
- 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;
- пожарно-техническая продукция – специальная техническая, научно-техническая и интеллектуальная продукция, предназначенная для обеспечения пожарной безопасности, в том числе пожарная техника и оборудование, пожарное снаряжение, огнетушители и огнезащитные вещества, средства специальной связи и управления, программы для электронных вычислительных машин и базы данных, а также иные средства предупреждения и тушения пожаров.

## Перечень сокращений и обозначений

- АВР – автоматический ввод резерва;
- АУГПТ – автоматическая установка газового пожаротушения;
- АУПТ – автоматическое управление пожаротушения;
- АПС – автоматическая пожарная сигнализация;
- ГОВ – газовое огнетушащее вещество;
- ГОСТ – государственный общероссийский стандарт;
- ГОТВ – газовое огнетушащее вещество;
- ГПВК – генератор пены высокой кратности;
- ДПИЛ – дымовой пожарный извещатель линейный;
- ЗПУ – запорно-пусковое устройство;
- ИК – инфракрасное излучение;
- ИП – извещатель пожарный;
- НПБ – нормы пожарной безопасности;
- ОС – огнетушащий состав;
- ПДЗ – противодымная защита;
- ПДП – пульт дистанционного пуска;
- ППКП – прибор приемно-контрольный пожарный;
- ППУ – прибор пожарный управления;
- ПС – пожарная сигнализация;
- ПУ – пункт управления;
- ПУЭ – правила устройства электроустановок;
- САПЗ – системы автоматической пожарной защиты;
- СОУЭ – система оповещения и управления эвакуацией;
- СП – свод правил;
- ТПИ – тепловой пожарный извещатель;
- ТУ – технические условия;
- УПЗ – установки пожарной защиты.

# **1 Способы обеспечения пожарной безопасности с помощью автоматических установок пожарной сигнализации**

## **1.1 История появления средств обнаружения и ликвидации возгорания**

Одной из самых актуальных проблем с древних времен и до настоящего времени – являются пожары. Это бедствие приносит огромный и часто непоправимый урон. Если огонь бушует в природных условиях, например, горят леса, то ухудшается экологическая обстановка. На восстановление флоры и фауны уходит не один год. Если возгорания в домах и на производствах, то помимо материальных потерь и загрязнения атмосферы продуктами горения, жертвами становятся люди.

Причиной первых пожаров были природные явления – удар молнии или извержение вулкана. Люди не могли противостоять огню и в суеверном страхе лишь пытались убежать, спрятаться, не борясь со стихией. Около полутора миллиона лет тому назад человек смог получать огонь от естественных возгораний. В связи с непостоянством доступности природного пламени, возникала необходимость добывать его самостоятельно. Освоение огня стало переломным моментом в эволюции человечества. Он стал источником тепла и света, защитой и важной составляющей интеллектуального развития. Несмотря на то, что огонь стал неотъемлемой частью жизни людей, укрощение его продолжается и в настоящее время. Большинство пожаров стало делом рук человека: легкомысленное или халатное обращение с огнем, несоблюдение правил пожарной безопасности, нарушение мер предосторожности на производствах и в быту, военные действия, поджоги.

### **1.1.1 История систем пожарной сигнализации**

К минимизации потерь при возгорании приводит обнаружение очага. В древние времена, только визуальное восприятие огня, являлось

свидетельством начала бедствия. Связующим звеном между началом возгорания и принятию мер по его ликвидации – является обнаружение пожара и оповещение о нем. Первыми способами оповещения были звуковые сигналы горна, трещоток, просто громкие крики, позже, барабанный бой. Неэффективность этого способа заключалась в ограниченной дальности действия и, зачастую, большой длительности передачи информации. С развитием городов, где была большая плотность населения, проблема пожаров стала еще более актуальна. Древесина использовалась, как основной строительный материал. Достаточно удобная в обработке она имела существенный недостаток – высокие показатели возгорания и распространения огня. Возникла острая необходимость усовершенствовать способы сообщения о пожаре. Набат церковных колоколов призывал жителей броситься на борьбу с огнем. Существовали высокие смотровые башни – каланчи, где дежурил часовой. Радиус обзора с них значительно увеличивался. Часовой, дежуривший на каланче, обнаружив огонь, для звукового оповещения пользовался веревкой со звонком; вывешивал шары в направлении части города, куда необходимо было отправиться пожарным. Красный флаг днем или фонарь ночью обозначал большую площадь возгорания и мобилизацию всех частей огнеборцев [18]. Со временем, для определения места пожара, дежурные стали использовать подзорные трубы, а в XIX веке специальный прибор топоскоп – астрономическая труба, закрепленная на подставке, со шкалами и указателями, которые позволяли более точно определить местоположение возгорания [16].

Системы пожарной сигнализации разрабатывались в разных странах. В Венеции одним из первых устройств была веревка с грузом, прикрепленная к потолку. При её сгорании отягощение падало на металлический лист, который издавал громкий звук от удара. В 1846 году в Англии было изобретено устройство, состоящие из гири, подвешенной на протянутом через все помещение шнуре, и петарды. От огня шнур перегорал и, при падении гири, петарда с грохотом взрывалась. В промышленных помещениях

вместо петарды использовали колокол, который приводился в действие взведенной пружиной, освобождаемой после разрыва верёвки в следствии прогорания.

Пожарные каланчи утратили свою актуальность с увеличением количества многоэтажных зданий в городах. Следующему этапу в техническом развитии положило начало изобретение телеграфа. С 1851 года телеграфисты информировали пожарные команды с помощью азбуки Морзе (рисунок 1). Впервые телеграфные аппараты были установлены в Берлине в местах массового скопления людей. Уже в 1852г. вместо крупногабаритных и дорогостоящих конструкций стали применяться аппараты, более компактные и удобные в эксплуатации, установленные фирмой «Сименс-Гальске».



Рисунок 1 – Ручной пожарный извещатель фирмы «Сименс и Гальске»

Периодичность их размещения друг от друга не превышала 170 метров [27]. При их использовании, для передачи сигнала на центральную станцию не требовалось знание азбуки Морзе. Раздающийся на уличном приборе звонок означал, что вызов принят. Такие пожарные извещатели, передающие

сигнал на пульт пожарной охраны, вошли в эксплуатацию в России с 1858 г. Можно считать, что этот извещатель является адресным, так как по передаваемой им информации можно было определить его местоположение.

Вскоре были сконструированы устройства, в основе действия которых лежало использование физических процессов жидкости и металла при нагревании. Изменение их формы и объема воздействовало на контакты, что приводило к их замыканию и подаче сигнала. В 1884 году житель Санкт-Петербурга Л. Гель-бордт разработал извещатель на основе нагревания жидкости. Контактная группа располагалась на металлическом полушарии, навинченном на сосуд с жидкостью. Сосуд закрывался пробкой со стержнем, который при нормальной температуре не касался контактной системы. При увеличении температуры, закипевшая жидкость расширялась, оказывала давление на стержень, который в свою очередь замыкал контакты извещателя. По принципу срабатывания при достижении в помещении критической температуры, он относится к типу устройств максимального действия.

Комбинированный извещатель, одними из авторов которого были русские подданные М. Швамбаум и Г. Стыпульковский, был разработан в 1886 г. Он срабатывал как при повышении температуры до определенного уровня, так и при определенной скорости ее нарастания (дифференциальный). В ртутном извещателе конца XIX века (рисунок 2), при быстром увеличении температуры в помещении, нагретый воздух, не успевая выйти через пористую крышку устройства, оказывал давление на ртуть, уровень которой опускался ниже конца стержня. Это приводило к размыканию цепи. Чтобы исключить замыкание цепи разработчики совместили принципы работы максимального и дифференциального действия [11].

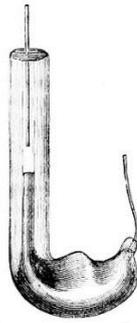


Рисунок 2 – Тепловой извещатель конструкции конца XIX века

В 1938 г. швейцарский физик Вальтер Йегер в ходе работы над датчиком отравляющих газов случайно положил начало дымовым извещателям. Работа устройства основывалась на принципе тонизации воздуха. К сожалению исследователя, его устройство оказалось неэффективным в обнаружении ядовитого газа, однако позволила обнаруживать наличие дыма в воздухе [20]. Данная конструкция стала прародителем современного ионизационного пожаротушения. К 50-м годам XX века были разработаны основные типы пожарных извещателей: тепловые, дымовые, газовые и извещатели пламени.

Первый отечественный тепловой извещатель массового применения был разработан в 1960 г. Он прост в конструкции и производстве, благодаря чему нашел большое применение в области противопожарной защиты.

### **1.1.2 История развития систем пожаротушения**

Благодаря осознанию того, что верным средством тушения пожара, является вода, уже до нашей эры началось активное строительство приспособлений для ее хранения. Создавались запруды и плотины, отводы из естественных рек, по которым вода во время половодья поступала в искусственные озера. В государствах, расположенных на пустынных территориях, строились колодцы, акведуки, туннели. Силоамский туннель (700 г. до н.э.), протяженностью 534 метра, проходящий под городской стеной, расположен в Иерусалиме и сохранился до настоящего времени.

Первым задокументированным свидетельством о пожарной технике является надпись на каменной плите, созданной 2800 лет назад. Она повествует о штурме Вавилона. Для тушения горящих стрел и факелов во время штурма использовалась вода из ёмкостей. Так же упоминается о колесницах с таранами, разрушающими стены горящих зданий. Вероятно, эта мера применялась для локализации пожара и последующего тушения огня водой и подручными средствами [1]. С развитием водоподъёмных устройств стали применяться шадуфы (рисунок 3), журавли, черпаки, где для тушения применялись емкости.

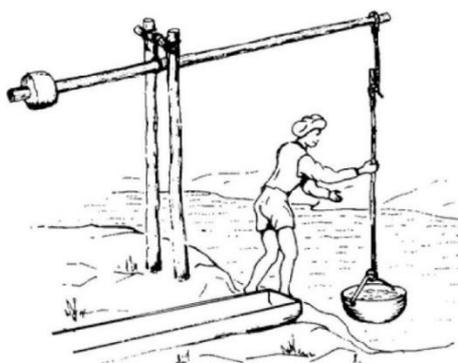


Рисунок 3 –Шадуф

Важным прорывом в развитии средств пожаротушения стало изобретение пожарного насоса (рисунок 4) древнегреческим механиком, математиком и изобретателем Ктесибием (годы деятельности 285 – 222 гг. до н. э.). Римский архитектор Витрувий описал принцип его работы «Теперь необходимо объяснить машину Ктесебия, которая поднимает воду на высоту. Она сделана из меди, и в основании у нее два ведра друг около друга, оснащенные трубами в форме вилки, которые встречаются в резервуаре в середине. В резервуаре клапаны, хорошо подогнанные к диаметрам труб, которые, закрывая отверстия, предотвращают возвращение жидкости, поданной в емкость давлением воздуха. Ведра снабжены клапанами по отверстиям в их основаниях. Поршни круглые и гладкие, хорошо смазанные,

прикреплены к ведрам и двигаются с помощью рычагов, установленных сверху» [10].

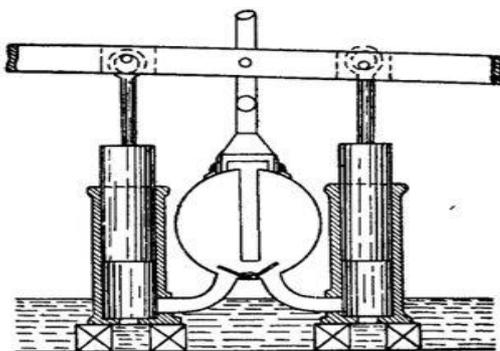


Рисунок 4 – Пожарный насос Ктесибия Александрийского

В дальнейшем это изобретение претерпело ряд усовершенствований. Ученик Ктесибия – Герон Александрийский, изобрел поворотную трубу (шейку). В 1672 г. вместо поворотной шейки изобретатель Янван дер Гейде предложил использовать длинные пожарные рукава из парусины, что значительно увеличило расстояние подачи воды. Он же в 1700 г. издаёт научное руководство по борьбе с пожарами. Максимально короткий промежуток времени между подачей сигнала о начале возгорания и принятием мер по его устранению позволяет уменьшить риски причинения вреда здоровью людей и материальные потери. Для прибытия пожарной команды необходимо время и, в зависимости от удаленности расположения, оно может быть значительным. Возможности ликвидации пожара без участия человека способствовало конструирование автоматических систем пожаротушения.

Во времена царствования Петра I на Руси в 1708 г. для тушения огня была использована бочка с водой и герметично запаянным зарядом пороха внутри. Во время пожара фитиль, вышедший наружу, поджигали и бросали бочку в очаг. В момент взрыва вода разбрызгивалась, заливая пламя. Для сохранения пороховых погребов он же приказал расположить в них

несколько таких бочек. С ними соединялись горючие шнуры, опутывающие весь погреб. Эту конструкцию можно считать прародителем автоматизированной системы пожаротушения.

Русский инженер-гидротехник Змеиногорского рудоуправления К.Д. Фролов в 1770 году изобрел стационарную насосную установку с водопроводной сетью, состоящую из труб с мелкими отверстиями, прикрепленную к потолку, которая и является первой в области отечественного автоматического водяного пожаротушения [4]. Двигатель, в виде водоналивного колеса, приводил в движение механизм, прикрепленный к поршням насосов. Они подавали воду в трубы, закрепленные в чердачных помещениях (рисунок 5).

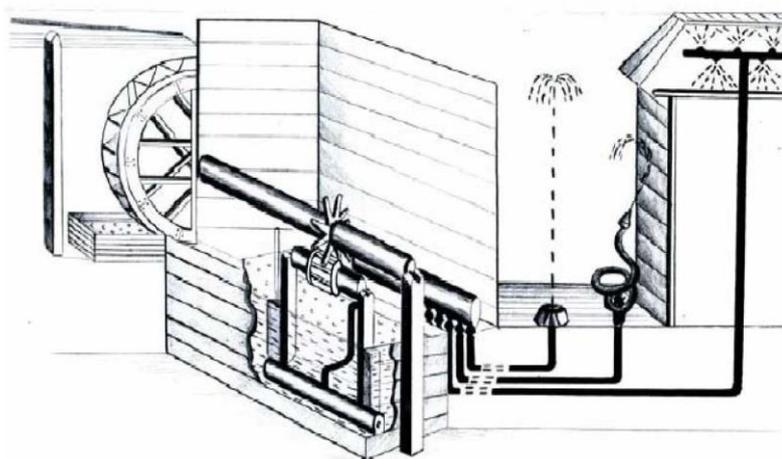
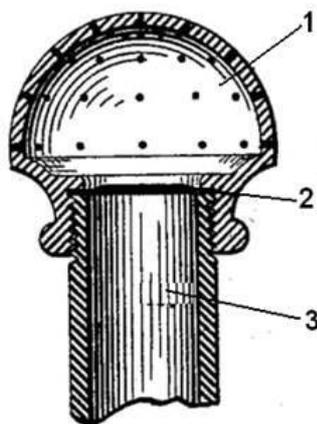


Рисунок 5 – Насосная установка Фролова

В дальнейшем значительная часть разработок основывалась на использовании расположенных в верхней части здания водонапорных баков и распределительных труб. В начале XIX века в Англии разработали систему, состоящую из водонапорной емкости и отходящей от нее сети трубопроводов. На трубопроводе были установлены оросители. В помещении протягивался горючий шнур, освобождающий при перегорании запирающий клапан, в следствии чего вода поступала в оросители.

Для открытия распылительных отверстий или управляющих клапанов, помимо веревок, использовались свойства легкоплавких материалов, например, воска или резины. Применение систем с перфорированными трубопроводами имело ряд недостатков, весомым из которых было отсутствие возможности обеспечения достаточной точности подачи воды на очаг возгорания. Из-за распределения воды по всей секции, ущерб, особенно при небольшом пожаре, иногда превышал возможные потери от огня. Возникла необходимость в конструировании устройства, позволяющего направить огнетушащее вещество в определенное место. В 1864 году решением этой задачи стало создание спринклерного оросителя англичанином Стюартом Гариссоном [48]. Большой вклад в развитие спринклерных установок внес американец Генри Пармели [49]. Одна из его моделей представляла собой полукруглую камеру с отверстиями, закрытую крышкой, прикрепленной легкоплавким припоем (рисунок 6). При нагревании припой плавился, под действием воды крышка откидывалась и происходило тушение очага возгорания на ранней стадии.



1 – полукруглая камера с отверстиями, 2 – крышка на легкоплавком припое, 3 – трубопровод.

Рисунок 6 – Спринклер Пармели с полукруглой оросительной камерой

Позже он предложил вариант оросителя с вращающимся колесом, разбрызгивающим воду. С 1891 года установки такого типа нашли применение в России [12].

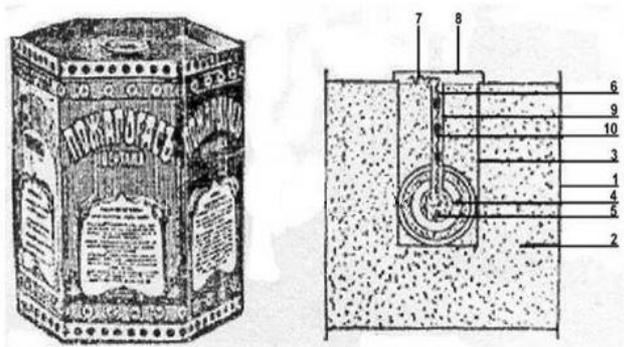
На объектах, где скорость распространения огня высока, применяются дренчерные системы. В отличие от спринклера, в конструкции дренчера отсутствует тепловой элемент, что приводит систему к более быстрому реагированию на большей площади. Срабатывание происходит за счет действия пусковых систем и открывания запорного клапана, способствующего заполнению системы огнетушащим веществом.

Отечественные водяные установки пожаротушения стали активно разрабатываться к началу 30-х годов XX века. Решение вопросов по созданию спринклерных и дренчерных установок на научной основе происходило в Центральном научно-исследовательском институте противопожарной обороны (создан в 1937 г.), где основоположником теории пожарного водоснабжения был профессор В.Г. Лобачев. Сотрудниками института были усовершенствованы уже существующие и разработаны принципиально новые элементы систем с более высокими техническими и экономическими показателями.

Водяные системы пожаротушения получили широкое распространение благодаря своей экономичности и надежности, но их применение возможно не повсеместно. Большие риски или отсутствие желаемого результата при локализации пожара, например, в помещениях с электрооборудованием, в местах хранения и использования нефтепродуктов или веществ вступающих в реакцию с водой (высококочувствительные взрывчатые вещества взрываются от удара струи; щелочные металлы от тепла реакции воспламеняются сами и происходит возгорание выделяющегося в процессе водорода; карбиды щелочных металлов при контакте с водой взрываются и др.) привели к необходимости изобретения и конструирования систем пожаротушения с использованием других огнетушащих веществ. В 1902 году способ тушения пеной был предложен русским химиком и инженером А.Г. Лораном. В

процессе испытаний в горящий резервуар с нефтью заливалась изобретенная им пена, получаемая в результате соединения порошков (бикарбонат натрия и сульфат алюминия) и воды. За счёт содержания в пузырьках углерода, она имела меньшую плотность в сравнении с водой или нефтью, что позволяло ей беспрепятственно распространяться по поверхности и предотвращать поступление кислорода. Пенный огнетушитель и стационарная установка так же были сконструированы Александром Лораном. В конце 20-х годов инженерами Богословским и Холуевым была разработана стационарная установка, в которой образование пены происходило в результате реакции между кислотными и щелочными растворами. В виду сложности их раздельного хранения и подачи, данная установка широко не применялась [4]. С 1960-х годов во Всероссийском научно-исследовательском институте противопожарной обороны создавались пенообразователи различных типов, многие из которых производятся и применяются в современном мире. С технической точки зрения пенные установки пожаротушения схожи с водяными, но дополнены некоторыми элементами – ёмкостями с пенообразователями и насосами - дозаторами, позволяющими подавать пенообразователь в поток воды в необходимом количестве.

Первым устройством с применением порошкового способа пожаротушения была бочка с пороховым зарядом наполненная сульфатной солью алюминия – алюминиевыми квасцами. Она была применена в 1770 г. в Германии. Принцип действия заключался в том, что после заброса бочки в огонь, загорался пороховой заряд, что приводило к ее взрыву и распылению порошка. По аналогии в конце XIX века в России Н.Б. Шефталем был разработан порошковый взрывной огнетушитель (рисунок 7) [13].



1 – картонный корпус, 2 – огнетушащее вещество, 3 – картонный стакан, 4 – картонный патрон, 5 – порох, 6 – фитиль, 7 – пороховая нитка, 8 – футляр, 9 – картонная трубка, 10 – предупредительные хлопушки.

Рисунок 7 – Наружный вид и разрез «Пожарогаса» Шефтеля

Обоснование применения порошковых составов опубликовал инженер-технолог М.И.Колесник-Кулевич в работе «О противопожарных средствах» в 1888 г. При использовании «Пожарогаса» взрыв зачастую наносил не только урон имуществу, но и увечья людям. В 1924 г. в СССР сконструировали и начали использовать огнетушители где для выброса порошка вместо пороха использовалась двуокись углерода, находящаяся в баллоне на корпусе.

В СССР в 1960-х годах установки порошкового пожаротушения активно создавались и совершенствовались. Принципиально новый способ подачи и распыления порошка предложил М. Н. Исаев. Он заключался в использовании стационарной установки с автоматическим приводом. Всероссийским научно-исследовательским институтом противопожарной обороны разрабатывались разновидности порошковых составов, технических средств для их применения, например, малогабаритные автоматические установки автономного действия и модульные, а также методики их использования.

В 1819 г. русским учёным П. Шумлянским была рассмотрена возможность тушения пожаров аэрозольными средствами. Аэрозоли, для изготовления которых использовались дымный порох, глина и вода, из-за низкой эффективности применялась относительно недолго. Полученная в

1823 г. М. Фарадеем двуокись углерода положила начало разработке способов газового пожаротушения. Научное обоснование способа пожаротушения с применением инертных газов реализовал русский ученый М. Колесник-Кулевич в конце XIX века [38].

В процессе усовершенствования, для хранения CO<sub>2</sub> стали использовать изометрические резервуары, практически исключая опасность взрыва, так как давление внутри максимально приближено к атмосферному. Для защиты кораблей в отечественном судоходстве газовое пожаротушение стали применять с середины 30-х годов. Система из баллонов с углекислотой, запорных вентилях, распределительных устройств и трубопроводов, запуск которой осуществлялся вручную, использовалась во время войны 1941-1945 гг. Американскими учеными в начале второй половины XX века проведены исследования в области применения хладонов как огнетушащего вещества. Они более безопасны по сравнению с углекислотой, но более затратные при производстве и, поэтому, применялись при ликвидации огня на особо значимых объектах. Прогресс в технической стороне установок так же был очевиден. Например, запорно-пусковое устройство рычажного типа, позволяющее подавать газ прерывисто, заменило вентильный клапан (рисунок 8).



Рисунок 8 – Углекислотный огнетушитель

Так же скорректированы параметры раструбов, подающих газовые струи; сконструированы батареи газового пожаротушения блочного типа из наборных секций; батареи с пневматическим или электрическим пуском.

Для возможности увеличения массовости производства более экономичных средств газового пожаротушения, в 70-х годах сотрудниками ВНИИПО проведен анализ огнетушащего действия хладонов и начаты исследования в области разработки новых составов. В этот же период времени, после длительной паузы, активно началась разработка аэрозольных веществ, использование которых предусматривалось в установках различных видов и модификаций для защиты объектов от огня. В 1994 г. производство хладонов, содержащих бром и хлор, было прекращено из-за озоноразрушающего действия. Альтернативным решением стало применение твердотопливных аэрозолеобразующих составов [3].

## **1.2 Технические средства пожарной автоматики, пожарные извещатели, системы оповещения и управления эвакуацией**

### **1.2.1 Технические средства пожарной и охранно-пожарной автоматики**

В современном мире существует огромное количество средств автоматического обнаружения и ликвидации возгорания. Для определенного объекта разрабатывается своя, наиболее оптимальная, система пожарной сигнализации и пожаротушения, состоящая из компонентов, которые максимально соответствуют виду деятельности в этом помещении, нормативным документам, требованиям заказчика.

Технические средства пожарной сигнализации представляют собой комплекс систем и технических средств, состоящий из установок обнаружения возгорания, приемно-контрольной аппаратуры, устройств оповещения. Системы пожарной автоматики подразделяются на две основные группы:

- системы автоматической пожарной защиты (САПЗ);
- установки пожарной защиты (УПЗ) [19].

Основным компонентом САПЗ являются разные виды пожарных извещателей. Эти устройства, по изменению таких физических параметров, как увеличение температуры или наличие задымления, обнаруживают возгорание. Затем происходит передача сигнала на узлы контрольно-приемной и управляющей аппаратуры автоматического пожаротушения, которые в свою очередь передают команды для активации систем непосредственного тушения пожара, систем жизнеобеспечения и вентиляции, установки оповещения о пожаре пунктов охраны, рабочих постов, диспетчерских и т.д. Наиболее распространенным типом системы является аналоговая. В этом случае детектор (или датчик) возвращает на панель значение, представляющее текущее состояние его чувствительного элемента. Панель управления сравнивает это значение с порогом срабатывания сигнализации, чтобы принять решение о наличии пожара [45]. Исключения составляют автоматические установки пожаротушения, оборудованные спринклерными головками, где инициализацией тушения возгорания происходит из-за повышения температуры внутри контролируемого помещения в полностью автономном режиме, без участия пожарных извещателей.

Отличительной особенностью УПЗ является то, что процесс начала тушения пожара происходит только после ручной активации. Оборудование для запуска находится в относительной близости от очага возгорания и представляет из себя, как правило, ручной пожарный извещатель. Данными установками оборудуются помещения, в которых по своим функциональным особенностям затруднена или невозможна установка САПЗ. Ярким примером являются бани, сауны, а также помещения где технологический процесс производства подразумевает высокую температуру или наличие дыма, аэрозоля в воздухе. Примером такого помещения является сварочный цех. Целесообразна установка именно УПЗ в зданиях с непрерывным циклом

производства, где сотрудники находятся постоянно и при возникновении пожарной опасности могут проанализировать ситуацию, и, в случае необходимости, активировать систему пожаротушения. Приоритет этому методу отдается из-за возможности минимизировать количество ложных срабатываний в результате сбоев автоматики. Кроме того, УПЗ предпочтительны в местах, где такие срабатывания систем пожаротушения могут привести к большим материальным потерям. Примерами таких сооружений являются архивы документов, помещения с уникальным и дорогостоящим оборудованием, склады с сырьем, подверженные повреждению огнетушащим составом и т.д. [19].

В современной практике довольно часто применяется перевод САПЗ в УПЗ. Эти действия осуществляются в основном для планового обслуживания АУПТ или для проведения огневых работ в контролируемом помещении. Элементы систем пожарной автоматики классифицируются в 46 статье ФЗ-123 (редакция от 30.04.2021 г.) где имеются подразделы:

- контрольно-приемные приборы;
- пожарные извещатели;
- технические средства оповещения и управления эвакуацией;
- приборы управления;
- системы передачи извещений о пожаре;
- другие приборы и оборудование для построения систем пожарной автоматики [31].

Важной частью САПЗ являются системы противодымной защиты (ПДЗ). Комплекс этих устройств предназначен для блокировки распространения продуктов горения путем вентиляции, нагнетание воздуха в помещения не занятые огнем, для предотвращения отравления людей угарным газом и другими токсичными продуктами горения. Исследования показали, что большинство смертей от пожаров вызваны вовсе не ожогами, а вдыханием дыма. Дым может быть весьма опасным, и его воздействие выходит далеко за рамки простого токсичного воздействия. В результате

задымления ухудшается видимость, что негативно сказывается на времени эвакуации [47]. Принцип действия противодымной защиты изображен на рисунке 9.

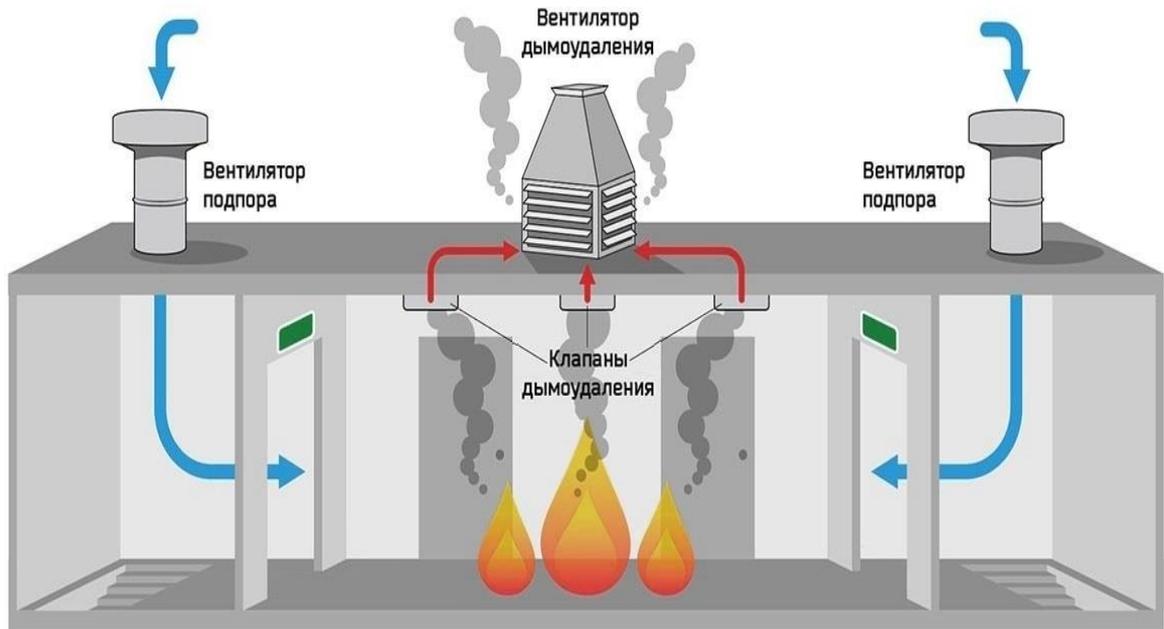


Рисунок 9 – Схема дымоудаления

Системами ПДЗ в обязательном порядке должны быть оборудованы жилые здания высота которых превышает 28 метров [33]. Данные устройства активируются после срабатывания пожарных извещателей, получив сигнал от приемно-контрольной аппаратуры, обнаружившей возгорание. После активации система ПДЗ передает управляющие сигналы на отключение общей вентиляции, открытие дымовых люков, запуск вентиляторов дымоудаления и нагнетания воздуха в эвакуационные проходы и шахты лифтов. Обычно ПДЗ продолжает работать даже после ликвидации пожара. Это необходимо для полного выведения из помещений зданий опасных для человека продуктов горения и огнетушащих веществ, оставшихся в воздухе после работы установок пожаротушения.

## 1.2.2 Виды и принципы действия пожарных извещателей

Пожарный извещатель – это устройство, предназначенное для максимально быстрого обнаружения пожара или его признаков в контролируемом пространстве.

Обнаружению подлежат такие физические факторы, как резкое повышение температуры, появление дыма, наличие открытого пламени. Извещатели должны иметь высокий запас надежности и предусматривать длительную работу даже при тяжелых условиях эксплуатации. Они должны быть устойчивы к внешним факторам, способным вызвать ложное срабатывание устройства. Нормы выбора извещателей регламентируются СП 484.1311500.2020 [25] и напрямую зависят от функционального назначения помещения, в котором будут установлены. Классифицируются пожарные извещатели согласно ГОСТ Р 53325-2012:

- по способу обмена информацией с приемно-контрольным прибором (пороговые извещатели в автономном режиме «принимают решение» о возникновении пожара и передают сигнал тревоги на контрольную аппаратуру; аналоговые – в постоянном режиме транслируют информацию о состоянии контролируемого параметра и «право принятия решения» предоставляется контрольному устройству);
- по контролируемому признаку возникновения пожара (реагируют на такие факторы как температура, задымление, наличие открытого пламени, а также существуют комбинированные приборы, способные контролировать сразу несколько признаков);
- по способу электропитания (питаемые по отдельному кабелю, по шлейфу, автономные или питаемые от автономного источника);
- по конфигурации зон контроля (точные контролируют пространство непосредственно возле себя; линейные за счет своих конструктивных особенностей способны обеспечить контроль на гораздо большей площади);

- по возможности установления места возгорания (адресные, в отличие от неадресных, позволяют более точно определить место начала пожара);
- по характеру реакции на признак пожара (максимальные срабатывают при достижении критического значения контролируемого параметра; дифференциальные реагируют на скорость его изменения; максимально-дифференциальные совмещают вышеперечисленное) [29].

Самым примитивным является ручной пожарный извещатель (ИПР). Он представляет собой простую кнопку, при нажатии которой на контрольный пульт поступает сигнал пожарной тревоги. Очень часто он является устройством дублирования автоматических средств обнаружения пожара или служит для запуска установки пожаротушения в ручном режиме.

#### **1.2.2.1 Тепловой пожарный извещатель**

Тепловой пожарный извещатель (ТПИ) является одним из самых первых и массовых устройств автоматического обнаружения пожара, срабатывающий при изменении температуры воздуха. Конструктивно первые модели таких извещателей были очень просты и дешевы в производстве. Они представляли собой две пружинки, соединенные каплей легкоплавкого припоя (рисунок 10). При повышении температуры припой плавился, цепь питания размыкалась, и отсутствие контрольного напряжения сигнализировало о срабатывании устройства.



Рисунок 10 – Тепловой пожарный извещатель

Диапазон температур срабатываний таких извещателей достаточно широк и составляет от +50 до +250 °С [6]. К недостаткам можно отнести то, что данный извещатель не мог быть использован повторно, и после срабатывания требовал замены. Несмотря на примитивность таких устройств спрос на них остается высок из-за их дешевизны, надежности и возможности бесперебойной работы в тяжелых условиях эксплуатации.

Позже появились тепловые пожарные извещатели, основанные на принципе зависимости электрического сопротивления от температуры окружающей среды. Данные устройства уже имели возможность многократного использования и на их основе были созданы дифференциальные извещатели. Принцип их работы основывался не на поднятии температуры выше критического уровня, а на скорости её увеличения. Данный параметр можно контролировать и оптимально настраивать устройство для конкретного помещения. Преимуществом такого извещателя является то, что с его помощью можно обнаружить возгорание на ранней стадии пожара, так как выделения тепла для его срабатывания требуются намного меньше, чем было бы затрачено на нагрев всего помещения до критической температуры срабатывания устройства с легкоплавким припоем. На сегодняшний день самым современным ТПИ является адресно-аналоговый. Он создан на основе современных схем и адаптирован для работы с компьютерными технологиями, работает по принципу максимально-дифференцированного извещателя, но обладает более высокой точностью за счет возможности цифровой обработки режимов изменения температур и другими возможностями современного устройства.

Существуют так же специальные взрывозащитные извещатели, которые способны выдержать взрыв и сработать на возникший в последствии пожар; Линейные и многоточечные извещатели, чувствительным элементом которых является кабель специальной конструкции или снабженный по всей длине большим количеством датчиков, реагирующих на возрастание

температуры. Такие устройства целесообразны для установки в помещениях ограниченного объема, например, в кабельканалах и коллекторах.

### 1.2.2.2 Датчик дыма пожарный

Десятилетиями противопожарную защиту зданий и сооружений обеспечивали извещатели, принцип работы которых основывался на разрыве электрической цепи при расплавлении легкоплавкого припоя. Появление такой новинки, как датчик дыма, произвело революцию при проектировании систем автоматического пожаротушения. По статистике до 70% пожаров возникает из маленьких очагов, где из-за отсутствия необходимого количества кислорода происходит процесс тления, сопровождающейся выделением дыма [40]. В отличие от теплового датчика, дымовой способен обнаружить данный фактор и известить о начале пожара еще до появления возгорания. Главным образом дымовые извещатели подразделяются на две основные группы. По способу обнаружения продуктов горения в воздухе бывают ионизационные и оптические.

Извещатели первого вида являются достаточно высокотехнологичными устройствами, принцип работы которых основан на способности проводить небольшое количество электрического тока при ионизации воздуха (рисунок 11).

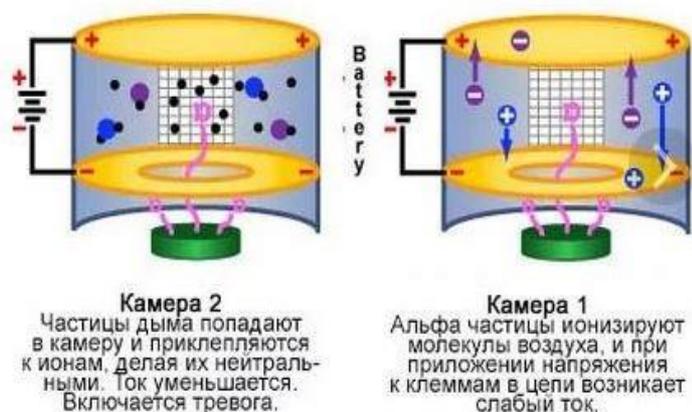


Рисунок 11 – Принцип действия ионизационного детектора дыма

Извещатель состоит из рабочей и контрольной камеры, ионизация воздуха в которых происходит с помощью радиоактивного элемента. Контрольная находится внутри корпуса прибора, а рабочая открыта для доступа дыма. В этих камерах расположены по две электродные пластины, между которыми, за счет ионизации воздуха, протекает электрический ток. В дежурном режиме показатели тока в камерах практически одинаковы. При попадании молекул дыма или аэрозоля между электродными пластинами рабочей камеры происходит уменьшение ионизационного тока. Возникает разница между показателями рабочей и контрольной камер, что и приводит к срабатыванию извещателя.

К достоинствам данного типа извещателей можно отнести то, что они имеют очень высокие показатели чувствительности, способны реагировать на любой размер частиц горения и обладают длительным сроком службы. Для отечественных извещателей РИД-1 (рисунок 12) он составляет не менее 10 лет.



Рисунок 12 – Извещатель РИД-1

Реагируют в независимости от цвета дыма, в отличии от оптических датчиков. Имеют ряд недостатков – достаточно сложную конструкцию и необходимость специального обслуживания и утилизации при исчерпании

срока эксплуатации. Из этого следует высокая стоимость их производства и содержания в рабочем состоянии. К минусам можно отнести наличие в конструкции радиоактивного элемента, пусть и в минимальном количестве. Из сформировавшегося общественного мнения, а также трудностей с нормами безопасности в России серийно не производится, но зарубежные сертифицированные устройства можно приобрести на российском рынке.

Более широкое распространение в современных АУПТ получил оптико-электронный точечный извещатель. Принцип его работы основан на эффекте рассеивания светового пучка от источника света. Основными элементами конструкции являются инфракрасный светодиод и фотозащитный элемент. Они расположены в дымовой камере устройства таким образом, что свет из источника, в дежурном режиме работы, не попадает на фотодиод. При задымлении лучи света рассеиваются об частицы дыма, фотодатчик фиксирует наличие света и извещатель подает сигнал тревоги (рисунок 13).

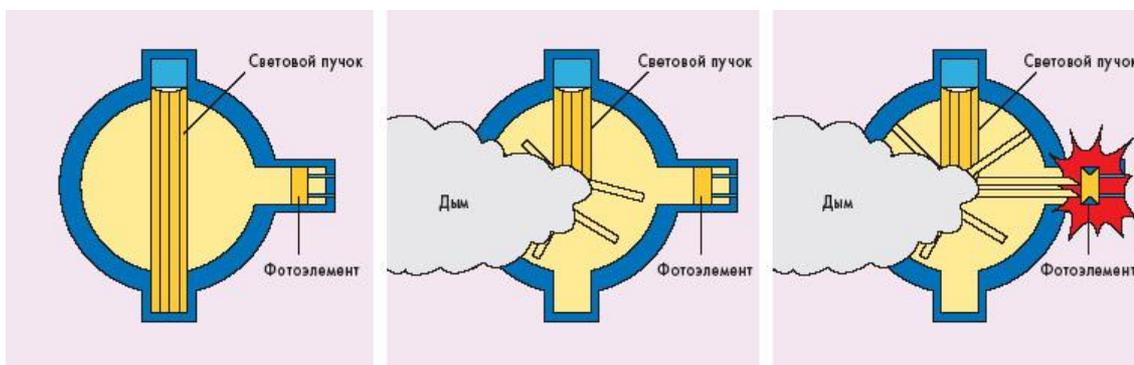


Рисунок 13 –Принцип действия оптико-электронного извещателя

К этому типу можно относиться дымовой пожарный извещатель линейный (ДПИЛ). По принципу обнаружения дыма и основным элементам конструкции схож с предыдущим извещателем. Отличие заключается в том, что фотозащитный элемент и инфракрасный излучатель находятся не в одном корпусе, а разнесены на противоположенные стены контролируемого помещения. В дежурном режиме источник света постоянно воздействует на приемник, при

прерывании светового потока происходит срабатывание извещателя. Расстояние между приемником и передатчиком может достигать 100 метров (рисунок 14). В более поздних версиях излучатель и приемник снова объединили в один корпус, а на противоположной стене стал устанавливаться отражатель. Это решение немного снизило дальность действия, но упростило монтаж установки, ввиду отсутствия необходимости электрического питания для отражателя. За счет большого контролируемого пространства является хорошим решением для установки в больших помещениях с высокими потолками, но сильно уступает по показателям чувствительности аспирационным извещателям.

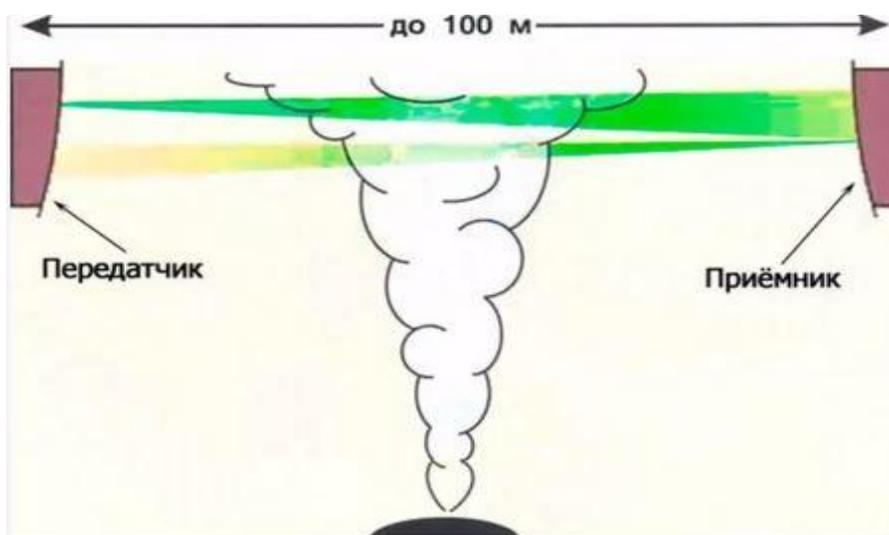
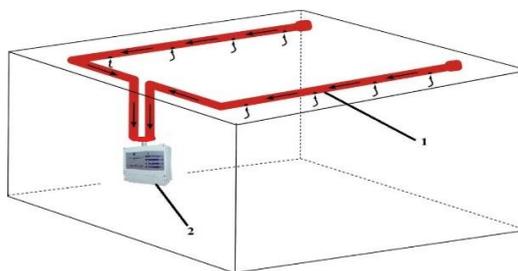


Рисунок 14 – Принцип действия линейного пожарного извещателя

Конструкция оптико-электронных извещателей довольно проста, из этого следует их относительно невысокая стоимость и большая распространённость. Но имеется ряд недостатков. В первую очередь, их чувствительность намного ниже в сравнении с ионизационным. Помимо этого, точечные извещатели не реагируют на так называемый «черный» дым, выделяемый в процессе горения нефтепродуктов, пластмасс и т.д. Обуславливается это тем что частицы черного цвета не рассеивают световой

поток, а активно его поглощают. Фотоэлемент не получает достаточного количества света для срабатывания и, соответственно, излучатель никак не реагирует на возгорание. Конечно, при пожарах крайне редко происходит выделение исключительно «черного» дыма, но этот фактор способен повлиять на время срабатывания АУПТ. Линейные извещатели лишены такого недостатка, но имеют еще более низкую чувствительность и увеличенное потенциальное количество ложных срабатываний за счет прерывания светового потока посторонними предметами.

Отдельно стоит отметить аспирационный дымовой извещатель. По распространенному мнению, он считается самым передовым и перспективным устройством в сфере датчиков обнаружения дыма. Способ его работы во многом аналогичен оптико-электронному, но он отличается большей чувствительностью и не является точечным. Конструкция данной установки представляет трубопровод длиной до 100 метров имеющий отверстия, через которые осуществляется принудительный забор воздуха из контролируемого помещения. Отобранные пробы воздуха проходят фильтрацию от пыли и влаги и попадают в анализирующее устройство. Именно за счет высококачественной фильтрации воздуха и достигается высокая чувствительность (рисунок 15).



1 – воздушный трубопровод, 2 – анализирующее устройство.

Рисунок 15 – Аспирационный пожарный извещатель

Преимуществом данного устройства является возможность установки труб в местах где было бы затруднительно или невозможно установить

точечный датчик. Имеет высокий показатель защищённости, так как контрольный прибор располагается далеко от места возгорания и не может быть подвигнут разрушительным факторам пожара или предшествующему ему взрыву. Несмотря на все свои преимущества, имеет не очень большое распространение ввиду своей высокой стоимости. Позволить установку таких систем, как правило, может только государство или крупные компании и то на особо важных объектах.

### **1.2.2.3 Извещатели пламени (световые)**

Применение тепловых и дымовых извещателей не всегда возможно. Примером могут служить объекты, находящиеся под открытым небом, где не будет достаточной температуры для срабатывания теплового и задымления для дымового датчика. На помощь в данной ситуации приходят световые пожарные извещатели. Данное название этих устройств не совсем корректно, так как по ГОСТ Р 53325-2012 обнаружение возгорания происходит по электромагнитному излучению – в ультрафиолетовом диапазоне с длиной волны 0,1 – 0,4 мкм и инфракрасном спектре. Инфракрасные датчики реагируют на длину волны 0,8 – 100 мкм в основном на вещества и материалы, содержащие в своем молекулярном составе углерод [29]. Из-за отличия длины волны ИК излучения при горении того или иного материала существует больше количество видов и модификаций оптических изделий, предназначенных для обнаружения определенного спектра электромагнитного излучения (рисунок 16).



Рисунок 16 – Извещатели пламени

Конструктивно наблюдается некоторое сходство с камерой видеонаблюдения, однако вместо записи видео, датчики постоянно сканируют охраняемую область на наличие признаков возгорания. Эти устройства имеют высокую стоимость, сложностью эффективного монтажа, неспособны обнаруживать пожар на стадии тления. Однако они являются единственными автоматическими извещателями адекватно работающими в условиях открытых объектов.

### **1.2.3 Системы оповещения и управления эвакуацией**

Меры, которые принимались для оповещения о возгорании в основном зависели от человеческого фактора, что приводило к недостаточно быстрому реагированию. Возникла необходимость автоматизации процесса. С начала XX века, благодаря техническому прогрессу, были разработаны и стали применяться электротехнические устройства. В наши дни остается актуальным вопрос обеспечения безопасной эвакуации людей, оказавшихся на объекте, на котором произошел пожар. Даже сотрудники организации, прошедшие обучение пожарно-техническому минимуму, могут быть подвержены панике и, как следствие, действовать не адекватно, что в трагичном исходе может привести к их гибели. Ситуация сильно усугубляется людьми, оказавшимися в помещении впервые, не имеющими представление о порядке эвакуации и местах расположения эвакуационных выходов. Решить данную задачу призвана СОУЭ.

В соответствии с СП 3.13130.2009 «Система оповещения и управления эвакуацией людей (СОУЭ): комплекс организационных мероприятий и технических средств, предназначенный для своевременного сообщения людям информации о возникновении пожара, необходимости эвакуироваться, путях и очередности эвакуации» [24]. По своим характеристикам и способу оповещения людей СОУЭ имеют деление на 5 основных типов. При выборе типа для конкретного вида зданий и сооружений, исходя из количества людей, в них находящихся,

функционального назначения, категории пожарной опасности и так далее, необходимо руководствоваться СП 1.13130.2020 [26].

Первый тип СОУЭ является самым простым. При обнаружении пожара раздается звуковой сигнал сирены, оповещающий находящихся в здании о необходимости эвакуации. Важно, чтобы звук пожарной сирены отличался от других производственных сигналов в помещении. Установка светового табло с надписью «выход» не является обязательным условием (рисунок 17). Ввиду низкой информативности говорить о высоких показателях эффективности данной системы не приходится.



Рисунок 17 – СОУЭ первого типа

К плюсам данного типа можно отнести лишь его простоту и низкую стоимость. Минусов у данной системы гораздо больше. В первую очередь это низкая информативность и отсутствие понимания у людей о случившемся, что оказывает негативное влияние на время эвакуации. Помимо этого, значительным недостатком является отсутствие визуальных и голосовых подсказок о путях эвакуации и запасных выходах.

Второй тип СОУЭ основными своими элементами аналогичен первому. Ключевое отличие составляет обязательное присутствие в системе световых информационных табличек. Они должны быть расположены таким образом, чтобы облегчить ориентирование в задымленном помещении. Это является положительным отличием и позволяет сократить время эвакуации из горящего здания.

Третий тип существенно отличается от первых двух (рисунок 18). Он является не только более сложным в техническом плане, но и более информативным. Помимо стандартной сирены, используются еще и акустические модули, по средствам которых появляется возможность голосового оповещения о случившемся.



Рисунок 18 – СОУЭ третьего типа

Передающаяся тревожная информация записывается заблаговременно и должна точно соответствовать планировке здания. Как правило, она имеет общий характер, несущий информацию о возникновении возгорания, необходимости не поддаваться панике, путях эвакуации и так далее. По своему применению является очень распространённым так как обеспечивает оптимальное соотношения стоимости компонентов и достаточно высокой информативности. На практическом применении данного комплекса оказывается вполне достаточно для оперативной эвакуации граждан.

Четвёртый тип аналогичен третьему, но имеет еще большие усложнения в конструктивном плане. Он подразумевает разделение здания на разные зоны оповещения, голосовые сообщения в которых могут отличаться, в зависимости от групп людей для которых предназначены. Помимо этого, обязательным элементом системы является наличие абонентских рупоров. С помощью них обеспечивается прямая связь всех зон оповещения и диспетчерской. Это позволяет координировать действия

людей, что положительно сказывается на их безопасности и скорости эвакуации.

Пятый является самым сложным и самым технологичным типом СОУЭ (рисунок 19). Помимо всех достоинств четвертого типа, он подразумевает обязательную разработку нескольких сценариев эвакуации. Данные варианты разрабатываются отдельно для всех зон оповещения и, в зависимости от сложившейся ситуации, выбирается наиболее оптимальный. Обеспечить это позволяют динамические световые табло, которые могут быть активированы или деактивированы по команде с диспетчерской. Эта возможность позволяет оптимально направлять группы людей к разным выходам, не создавая столпотворений.

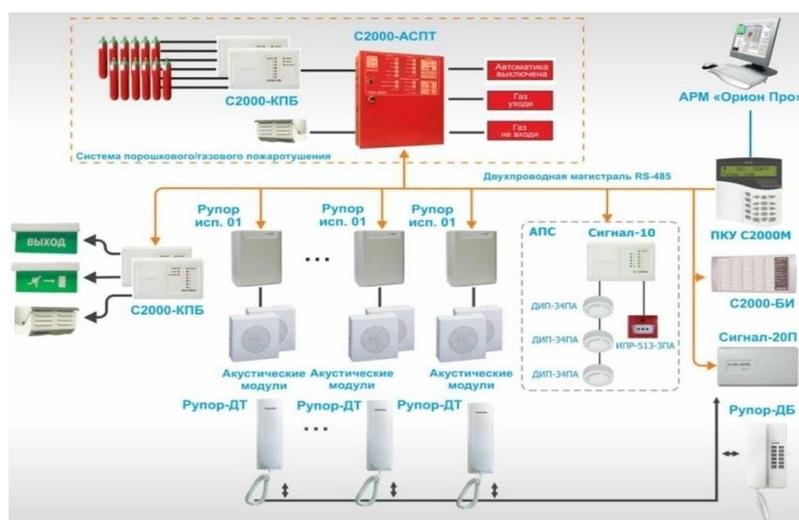


Рисунок 19 – СОУЭ пятого типа

В СОУЭ пятого типа еще предусмотрена возможность дистанционного управления всеми средствами автоматических пожарных установок контролируемого объекта. В совокупности с наличием в системе адресных пожарных извещателей позволяет локализовать пожар и активировать систему пожаротушения непосредственно в месте возгорания, тем самым снизив материальные убытки. Практичным свойством является то, что акустические модули СОУЭ четвертого и пятого типов не запрещено

использовать для транслирования музыки, голосовых объявлений и т.д. Это допускается СП 133.13330.2012 «6.1. Проектирование и установку систем оповещения и управления эвакуацией (СОУЭ) людей следует осуществлять в соответствии с требованиями СП 3.13130. Коммуникации СОУЭ допускается проектировать совмещенными с сетью связи проводного радиовещания здания и сооружения» [23].

Определение типа СОУЭ происходит в соответствии требованиям пожарной безопасности, предъявляемым к определенным объектам. Информацию о установке того или иного типа системы можно найти во второй таблице СП 3.13130.2012 [24]. При непосредственном монтаже систем необходимо руководствоваться множественными факторами. Первоочередной задачей является измерение фонового шума в помещениях контролируемого объекта. На основе этого показателя подбирается аппаратура оповещения соответствующей мощности и в необходимом количестве. Сигнал сирены или громкость голосового оповещения должна значительно превосходить возможные посторонние звуки в контролируемом помещении. Для оповещения посетителей, имеющих слабое зрение или слух, необходимо использовать специальные мерцающие световые указатели. Отдельно стоит отметить, что допускается установка более высокого типа СОУЭ чем это требует технический регламент. Данное допущение возможно при условии соблюдения безопасности эвакуации людей.

В виду большого разнообразия компонентов и типов СОУЭ появляется возможность подбора оптимального оборудования для каждого отдельного объекта охраны. Подводя итог, можно отметить что системы СОУЭ являются не менее значимыми, чем системы непосредственного тушения пожара. Они давно стали неотъемлемой частью противопожарных инженерных средств. Благодаря именно им выполняется основная цель пожарной охраны – спасение человеческих жизней.

В первом разделе диссертации были рассмотрены и проанализированы такие вопросы как:

- история развития автоматических систем обнаружения и тушения пожара;
- технические средства пожарной и охранно-пожарной автоматики;
- виды и принципы действия пожарных извещателей, их преимущества и недостатки, актуальность использования на определенных объектах;
- системы оповещения и управления эвакуацией, их типы и компоненты.

В результате подробного рассмотрения средств извещения и оповещения можно сделать вывод о актуальности их применения в зависимости от специфики защищаемого объекта. Изучение и подробный анализ этих вопросов и являлось целью первого раздела диссертации.

## **2 Анализ существующих автоматических установок пожаротушения**

### **2.1 Прибор приемно-контрольный пожарный, характеристика АУПТ по способу запуска и конструктивному исполнению**

#### **2.1.1 Прибор приемно-контрольный пожарный (ППКП)**

В большинстве современных АУПТ промежуточным звеном между системами непосредственного тушения пожара и средствами его обнаружения является прибор приемно-контрольного устройства. В его функциональные задачи входит обработка информации, получаемой с пожарных извещателей и подача управляющих команд на исполнительные устройства: выдаче информации на пульта централизованного наблюдения; формирование стартового импульса запуска пожарного прибора управления. Вместо передачи сигналов возможно совмещение с прибором управления [41].

Основные требования, предъявляемые к приемно-контрольным приборам изложены в ГОСТ Р 52436-2005 [22]. Классификация этих устройств представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Классификация ППКП

Функциональная характеристика ППКП	Виды ППКП	Технологические особенности
Организация тревожной сигнализации на объекте	Автономные	Используются на небольшом охраняемом объекте и при активации обеспечивают включение светового и звукового оповещения на всей контролируемой площади
	Локальные	Обеспечивают локальное включение пожарной сигнализации в зоне непосредственной опасности от возникшего возгорания

Продолжение таблицы 1

Функциональная характеристика ППКП	Виды ППКП	Технологические особенности
	Централизованные	Данные устройства устанавливаются преимущественно в зданиях с большим количеством людей и контролируемых помещений: в торговых центрах, медицинских учреждениях, в деловых центрах, зданиях администрации и т.д. Отличительной особенностью является возможность отправки тревожной информации на: диспетчерские предприятия, пожарные посты, в службы пожарной безопасности и т.д., что увеличивает информированность пожарных команд
Способ контроля извещателей	Безадресные	Извещатели в данных устройствах являются безадресными и соответственно определить точное место возгорания и сработавший извещатель не представляется возможным
	Адресные	Соединены с адресными извещателями с помощью специальных шлейфов сигнализации и позволяют точно определить место возгорания
	Комбинированные	ППКП данной группы поддерживают возможность работы как с адресными, так и с безадресными извещателями, подключенными соответствующими шлейфами
Структура подключения шлейфов сигнализации	Радиальная	Данный вид шлейфов является самым простым и дешевым в плане оборудования и монтажа. Представляет из себя один провод с последовательно подключенными пороговыми пожарными извещателями
	Кольцевая	Отличительной особенностью кольцевого шлейфа является то, что оба его конца подключены к ППКП. К данному типу шлейфа подключаются аналоговые датчики. Преимуществом такого типа подключения является сохранение работоспособности при разрыве шлейфа
	Древовидная	Имеет специальную информационную шину, состоящую из нескольких проводов. При её использовании появляется возможность подключения расширителей, к которым, в свою очередь, подключаются радиальные шлейфы, общее количество которых обычно находится в пределах 24-128

Продолжение таблицы 1

Функциональная характеристика ППКП	Виды ППКП	Технологические особенности
	Комбинирования	Комбинированные системы разрабатываются с учетом преимуществ и недостатков вышеуказанных способов и могут совмещать в себе все виды подключений. В противопожарной системе возможно совмещение пороговых и аналоговых извещателей
Вид канала связи с извещателем	Проводной	Самым первым и самым распространенным каналом связи с пожарными извещателями является проводной канал. Его популярность обусловлена высокой надежностью, устойчивостью к помехам и относительно низкой стоимостью компонентов системы
	Беспроводной (радиоканал)	Более инновационный, позволяет обмениваться информацией с извещателями без помощи проводов, что исключает возможность повреждения канала связи факторами пожара. Недостатком является высокая стоимость оборудования и относительно низкая дальность устойчивой связи в зависимости от типов помещений или технологических процессов
	Использующие другие каналы связи	Под другими каналами подразумевается использование силовой электросети или оптоволоконных кабелей. Устройства с комбинированными каналами связи
Информационная емкость ППКП	Малая	Позволяет подключать до 8 шлейфов сигнализации
	Средняя	Позволяет подключать от 9 до 64 шлейфов сигнализации
	Большая	Позволяет подключать более 64 шлейфов сигнализации
Информативность ППКП	Малая	Позволяет фиксировать и воспроизводить до 8 тревожных сообщений
	Средняя	Позволяет фиксировать и воспроизводить от 9 до 16 тревожных сообщений
	Большая	Позволяет фиксировать и воспроизводить свыше 16 тревожных сообщений

Прогресс в области пожарной безопасности не стоит на месте и современные ППКП способны выполнять более широкий ряд функций чем их аналоги разработанные в прошлом веке, описание которых приведено в

пожарной энциклопедии 2007 г., не в полной мере описывает возможности современных устройств. По более поздней формулировке, изложенной в ГОСТ Р 53325-2012, ППКП – это техническое устройство, которое обеспечивает прием, обработку, визуальное, звуковое восприятие информации, поступающей от автоматических извещателей о пожаре и иных изделий, взаимодействующих с ППКП, а также осуществляет контроль неразрывности, работоспособности шлейфов связи между прибором, извещателями и другими техническими средствами [30]. Под словосочетанием «другие технические средства» подразумеваются устройства запуска установок пожаротушения, управления вентиляцией и противодымной защитой, СОУЭ, системы жизнеобеспечения здания. Всю информацию о конкретном ППКП и его характеристиках можно получить из паспорта технического устройства.

### **2.1.2 Характеристика установок по способу запуска и конструктивному исполнению**

Очень важный момент в работе АУПТ, способствующий достижению максимального результата в тушении пожара – управление пуском. Устройства автоматического пожаротушения имеют три варианта активации: автоматический пуск, местный и дистанционный.

Согласно СП 485.1311500.2020, под автоматическим пуском системы пожаротушения следует понимать «Пуск установки без участия человека от собственных технических средств обнаружения пожара или от управляющего сигнала, формируемого системой пожарной сигнализации при срабатывании автоматических пожарных извещателей» [36]. Автоматический пуск систем пожаротушения производится без участия человека при получении управляющего сигнала от технических средств обнаружения пожара. Для обеспечения безопасности людей, находящихся на контролируемом объекте от негативного воздействия ОС, должна быть предусмотрена возможность отключения автоматического пуска. Она реализуется с помощью устройства, контролирующего положение входной

двери в помещение. Для ликвидации пожара с помощью АУПТ, в данном случае, требуется покинуть помещение и разблокировать возможность автоматического пуска, активацией специального устройства (рисунок 20), расположенного в непосредственной близости от входа в помещение и/или на пожарном посту. Помимо этого, перед пуском систем пожаротушения необходимым условием является временная задержка, рассчитанная по времени для полной эвакуации персонала [2].



Рисунок 20 – Устройство дистанционного пуска УДП 513-3М

Над входом и выходом в помещения, в обязательном порядке, должны быть установлены информационные световые таблички, а также системы звукового оповещения. Все изложенные выше меры необходимы в случае использования АУПТ с ОС опасным для здоровья человека. Если для тушения пожара применяются безопасные ОС, то допускается использование автоматического пуска без дублирования ручным. Эвакуация посетителей и персонала происходит параллельно с процессом тушения возгорания.

Получив информацию от пожарных извещателей, ППКП проводит ее анализ, и, в случае принятия решения о обнаружении пожара, активирует ППУ (рисунок 21). Он, в свою очередь, подает управляющие сигналы на активацию АУПТ, СОУЭ, активирует системы противодымной защиты, общедомовой вентиляции и т.д. Для активации установок пожаротушения

может быть использован эклектический, гидравлический, пневматический или механический привод, так же доступна комбинация этих способов.



Рисунок 21 – Пожарный прибор управления «Омега»

В последнее время распространенной практикой среди производителей является совмещение функций ППКП и ППУ в одном устройстве. Помимо вышеперечисленного в его задачи входит постоянный контроль за состоянием шлейфов и диагностика других систем и датчиков автоматического пожаротушения.

Преимуществами автоматического пуска являются отсутствие необходимости в операторе, быстрое срабатывание, круглосуточный контроль за пожарной безопасностью. Как показывает практика, использование установок пожаротушения с автоматическим пуском применяется в большинстве случаев. Однако, при обеспечении пожарной безопасности на некоторых объектах, необходимо полностью исключить ложное срабатывание оборудования. Исходя из этого сконструированы и применяются АУПТ с ручным запуском. Вследствие этого, ограничивается возможность запуска установки пожаротушения при ложных срабатываниях автоматики. Ручное управление дублирует автоматическое или, в редких случаях, является единственным средством активации пожаротушения.

Различают два вида ручного пуска дистанционное и местное. Согласно определению свода правил СП 485.1311500.2020 вступившего в действие 01.03.2020г. «3.17 дистанционное включение (пуск) установки пожаротушения: Включение (пуск) установки пожаротушения вручную от устройств дистанционного пуска или органов управления прибора управления пожарного, устанавливаемых в защищаемом помещении или рядом с ним, в диспетчерском пункте, помещении пожарного поста, у защищаемого сооружения или оборудования» [36]. Согласно вышеуказанному своду правил «3.28 местное включение (пуск) установки пожаротушения: Ручное включение (пуск) установки пожаротушения от пусковых элементов, размещенных в насосной станции или в помещении станции пожаротушения, а также от пусковых элементов, установленных на узлах управления или на модулях пожаротушения, распределительных устройствах» [36].

Ручной пуск подразумевает подачу сигнала сотрудниками охранного подразделения или дежурным персоналом, в обязательном порядке прошедшим инструктаж. Устройства такого вида пуска предназначено для ручного включения исполнительных устройств, путем нажатия кнопки или перемещения рычага для принудительного замыкания сигнальной цепи, независимо от срабатывания автоматики.

Системы с автоматическим пуском более удобны и востребованы так как не подразумевают присутствие оператора и при своевременном срабатывании значительно уменьшают возможность причинения ущерба, но, тем не менее, на объекте с установками пожаротушения в качестве дополнительной тревожной системы практикуется монтаж установок с ручным пуском.

По конструктивной схеме АУПТ могут быть выполнены в агрегатном и модульном исполнении. В определенных случаях применяется комбинирование этих устройств. Автоматическая модульная установка пожаротушения – это «установка пожаротушения, состоящая из одного или

нескольких модулей, объединенных единой системой (способом) обнаружения пожара и автоматически срабатывающая при превышении контролируемым фактором (факторами) пожара установленных пороговых значений в объекте защиты, либо активация которых происходит принудительно, управляемым способом с применением электрического пуска, срабатывающих от побудительных систем или устройств контроля пуска» [28].

Агрегатные установки представляют систему, в которой средства обнаружения пожара, хранения, выпуска и транспортирования огнетушащего вещества представлены отдельными элементами. Все они в комплексе обеспечивают противопожарную безопасность контролируемого объекта.

## **2.2 Характеристика установок пожаротушения по виду огнетушащего вещества**

### **2.2.1 Водяные установки пожаротушения**

Автоматические установки пожаротушения, использующие обычную воду, являются самыми распространенными на сегодняшний день. Такое массовое использование данного рода устройств обосновано, в первую очередь, экономическими причинами. Вода, как правило, доступна в больших количествах. Этот факт практически снимает ограничение на время работы установки в режиме тушения пожара.

Установки водяного пожаротушения в соответствии с ГОСТ Р 50680-94 подразделяются по типу оросителей на дренчерные и спринклерные [34]. Дренчерные системы представляют трубопроводы в дежурном режиме находящиеся без ОС. При обнаружении пожара с помощью извещателей от ПКПП передается сигнал на управляющую аппаратуру, которая, в свою очередь, активирует насосы отвечающие за подачу ОС в трубопровод. Данная противопожарная система обеспечивает тушение возгорания на всей площади контролируемого помещения, что не всегда является

рациональным. Установки водяного пожаротушения, оборудованные спринклерными оросителями, более точно воздействуют на возгорание.

Спринклерный ороситель представляет собой дренчерный, однако, отверстие, из которого поступает ОС, герметично закрыто легкоплавким полиметаллическим элементом или колбой из стекла, заполненной термочувствительной смесью (рисунок 22).

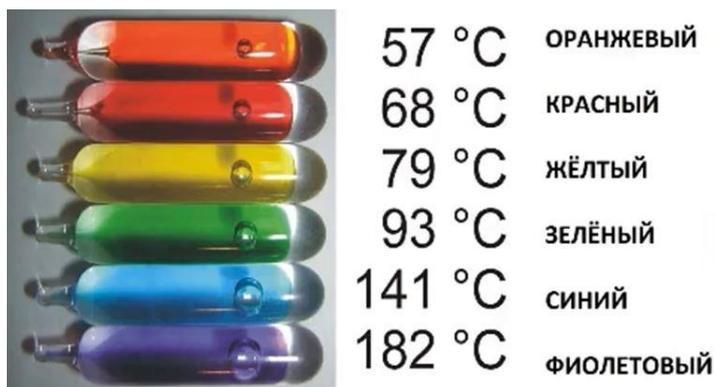


Рисунок 22 – Тепловой замок спринклерного оросителя

При достижении определенной температуры в контролируемом помещении происходит разрушение теплового замка, ОС начинает поступать непосредственно в место возгорания. Уникальность спринклерных АУПТ заключается в их автономности. Такие системы способны эффективно обеспечивать противопожарную безопасность, без использования пожарных извещателей.

Распространённость водяных АУПТ, в первую очередь, обусловлена их абсолютной безопасностью для людей и возможностью эвакуации во время работы системы пожаротушения. При использовании классических систем пожаротушения, достаточно эффективно ликвидируются пожары с горением твердых материалов, в том числе, склонных к тлению. Благодаря многолетнему опыту использования, имеется широкий выбор компонентов систем водяного пожаротушения, а также большое количество квалифицированных специалистов способных устанавливать и проводить

техническое обслуживание. Совокупность этих факторов позволяет говорить о низкой стоимости относительно агрегатных установок, использующих другие типы ОС. Основным недостатком – невозможность использования водяной АУПТ при отрицательных температурах окружающей среды. При использовании воды в качестве ОС значительно повреждаются материальные ценности и само помещение в процессе тушения пожара. В истории нередки случаи, когда основным ущербом от возгорания причинялся именно АУПТ, использующими воду. Установки тушения пожара тонкораспыленной водой частично лишены этого недостатка, но они не имеют достаточно широкого распространения. Водопроводная вода является проводником электрического тока, что несет в себе потенциальную опасность для жизни и здоровья людей при тушении электрооборудования.

В действительности, вода, используемая в спринклерных и дренчерных АУПТ способна эффективно ликвидировать только пожары класса А. Однако, с распространением относительно инновационных модульных установок пожаротушения тонкораспыленной водой, появилась возможность использовать её для тушения пожаров А, В, Е классов. Согласно СП 485.1311500.2020 тонкораспылённым огнетушащим веществом считается капельное распространение ОС со средним диаметром капли 150 мкм и меньше (рисунок 23) [36].



Рисунок 23 – Значение средних диаметров капель

Эффективность рассматриваемого типа АУПТ увеличивается пропорционально уменьшению диаметра капель ОС. В традиционных спринклерных или дренчерных установках размер капель приблизительно равен 1000 мкм. В системах тушения пожара тонкораспыленной водой низкого давления – 80 – 150 мкм, высокого – 80 и менее мкм. Получение таких параметров распыления стало возможным из-за использования баллонов со сжатым воздухом в качестве средства доставки жидкости. Используемая в подобных установках вода должна быть очищена от примесей во избежание загрязнения отверстий оросителей. Конечно, внедрение данного рода АУПТ позволяет более рационально и универсально использовать воду для тушения пожаров различных категорий, однако аннулирует такие преимущества классических водяных установок, как стоимость оборудования и время работы в режиме тушения возгорания.

### **2.2.2 Пенные установки пожаротушения**

Как показывает опыт, использование воды в качестве ОС, не всегда эффективно, особенно при тушении горючих жидкостей и нефтепродуктов, плотность которых ниже плотности воды. Из-за этого вещества данного типа образуют пленку на поверхности, которая продолжает гореть. Эффективность водяного пожаротушения в подобных случаях сводится к минимуму. В качестве проверенного временем и достаточно дешевым в реализации решением являются пенные АУПТ. Суть способа заключается в тушении пожара с помощью пены, которая из-за своей низкой плотности покрывает очаг возгорания, ограничивая доступ кислорода и, как следствие, происходит затухание пламени (рисунок 24).



Рисунок 24 – Сущность пенного пожаротушения

Конструктивно установки пенного пожаротушения имеют большое сходство с водяными, однако, система имеет некоторые технические усложнения. Они заключаются в наличии дополнительного оборудования: емкости с пенообразователем; насосы-смесители, обеспечивающие дозированную подачу пенообразующего вещества в трубопроводы. По аналогии с водяными, установки пенного пожаротушения оборудуются как спринклерными так и дренчерными оросителями.

Особенно эффективно применение пенных АУПТ внутри закрытых помещений, причем их герметичность не является обязательным условием в отличие от установок газового пожаротушения. По отношению к водяным установкам, тушение пожара занимает намного меньше времени и расходуется меньше ОС, что положительно сказывается на состоянии материальных ценностей. При использовании пены, сохраняется возможность как локального воздействия непосредственно на место возгорания, так и массового заполнения всего объема помещения. Современные технологии позволяют создавать пенообразователи не оказывающие негативное влияние на организм человека, что делает данный вид АУПТ безопасным.

Основным регламентирующим документом автоматических установок пенного пожаротушения является ГОСТ Р 50800-95. Классификация установок происходит по кратности пены:

- установки низкой кратности (кратность от 5 до 20);
- установки средней кратности (кратность свыше 20, но не более 200);
- установки высокой кратности (кратность свыше 200) [35].

Значение этого показателя указывает насколько объем полученной пены превосходит объем пенообразователя, затраченного на ее формирование. Если с образованием пены низкой и средней кратности справляются дренчерные и спринклерные установки, то для получения пены с высокой кратностью используются специальные устройства – ГПВК (рисунок 25).

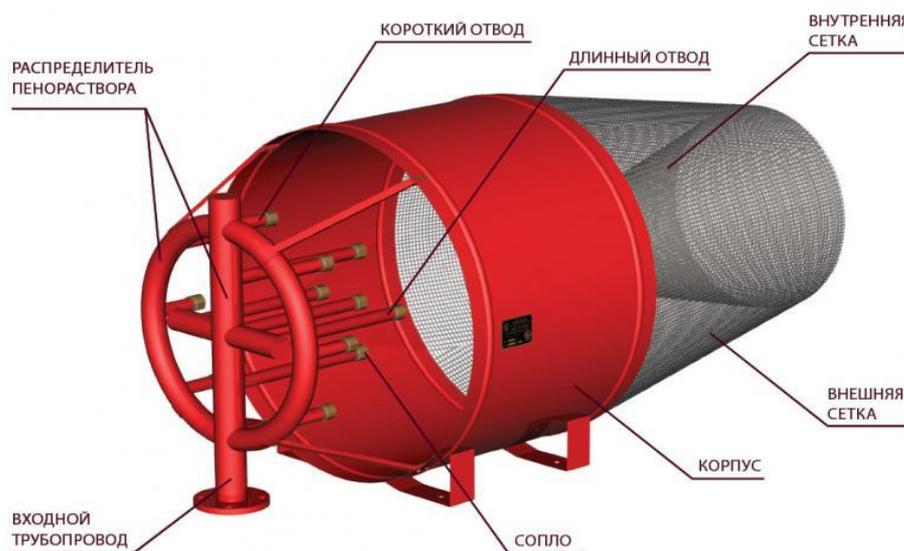


Рисунок 25 – Генератор пены высокой кратности

Исходя из зарубежных источников, концентраты пены определяются в процентах: 6%, 3%, 3-6%, 1%. Этот процент относится к необходимому количеству пенообразователя, которое необходимо пропорционально смешать с водой для получения раствора огнетушащего вещества [44].

В качестве несущего вещества, генерирующего пену в них может использоваться не только вода, но и сжатый воздух или инертные газы. Использование такого рода оборудования позволяет сократить время

генерации пены, и, в случае использования газов, минимизировать негативное воздействие на материальные ценности. Однако данные установки имеют более высокую стоимость, что ограничивает круг их применения. Пена является достаточно универсальным средством, её использование допускается при тушении пожаров А, В, С классов.

Помимо существенного ряда преимуществ, имеются и недостатки рассматриваемого способа тушения пожара. Главным образом, они связаны с тем, что в абсолютном большинстве случаев для генерации пены используется вода, из чего следует невозможность применения АУПТ при отрицательных температурах, а также для тушения электрооборудования.

Подводя итог можно отметить, что использование пены является модернизацией установок водяного пожаротушения, с помощью которой значительно расширяется область их применения, увеличиваются возможности по ликвидации пожаров разных категорий, достигается высокий показатель соотношения простоты конструкций и эффективности. Благодаря этому, пенные установки и занимают лидирующие позиции в обеспечении безопасности на объектах производства, хранения, реализации нефтепродуктов, горючих жидкостей и других веществ, тушение которых с помощью воды не является эффективным.

### **2.2.3 Установки порошкового пожаротушения**

Относительно современными и набирающими популярность являются установки порошкового пожаротушения. Для ликвидации возгораний используется порошок, представляющий из себя смесь измельченных минеральных солей с добавками, препятствующими слеживанию в единую массу. Порошки нетоксичны, малоагрессивны, сравнительно дешёвы, удобны в обращении [14]. Рассматриваемый ОС имеет широкую номенклатуру и является достаточно универсальным, так как подходит для тушения практически всех веществ и материалов, а в ряде случаев является единственным пригодным для тушения, например, щелочных металлов. В этом случае используется специальный порошок, например, РС. Для тушения

пожаров категорий А, В, С, Е подходят порошки общего назначения, или специализированные для наиболее эффективного тушения определенной категории пожара (таблица 2). Нормы и требования к установкам порошкового пожаротушения изложены в ГОСТ Р 53286-2009 [37].

Таблица 2 – Марки огнетушащих порошков

Марка порошка	Основной компонент	Класс пожара
ПХК	Хлорид калия	В, С, D
ПСБ-3	Бикарбонат натрия	В, С, Е
Феникс АВС-40	Аммофос	А, В, С, Е
ПО-ПТМ	Аммофос	А, В, С, Е
ПСБ-3М	Бикарбонат натрия	В, С, Е
Пирант-А	Фосфаты аммония	А, В, С, Е
ПГХК «Завеса»	Хлорид калия	В, С, D, Е
Волгалит	Аммофос	А, В, С, Е
ПГС-М	Смесь хлоридов калия и натрия	В, С, D
РС	Графит	D
П-ФКЧС-2	Бикарбонат натрия	В, С, Е
Вексон-АВС	Фосфаты аммония	А, В, С, Е
ПФ	Диамонит фосфат	А, В, С, Е
ПС	Карбонат натрия	D
П-АГС	Аммофос	А, В, С, Е

По конструктивному исполнению порошковые АУПТ подразделяются на агрегатные и модульные. Устройство агрегатных имеет сходство с водными и пенными АУПТ. Отличие заключается только в огнетушащем веществе и способу его доставки по трубопроводу. Если в случае с водой и пенной задачу доставки выполняют специальные насосы, то для порошка используются баллоны со сжатым воздухом. Агрегатные установки не имеют широкого распространения, в основном, из-за сопоставимой стоимости оборудования с водяными и пенными, но намного более высокой стоимостью ОС и относительно небольшой длительностью работы в условиях пожара. С помощью применения модульных АУПТ (рисунок 26) отпадет необходимость достаточно трудоемкого монтажа трубопровода и

дополнительного оборудования, что позволяет сильно сократить расходы на установку противопожарной системы.

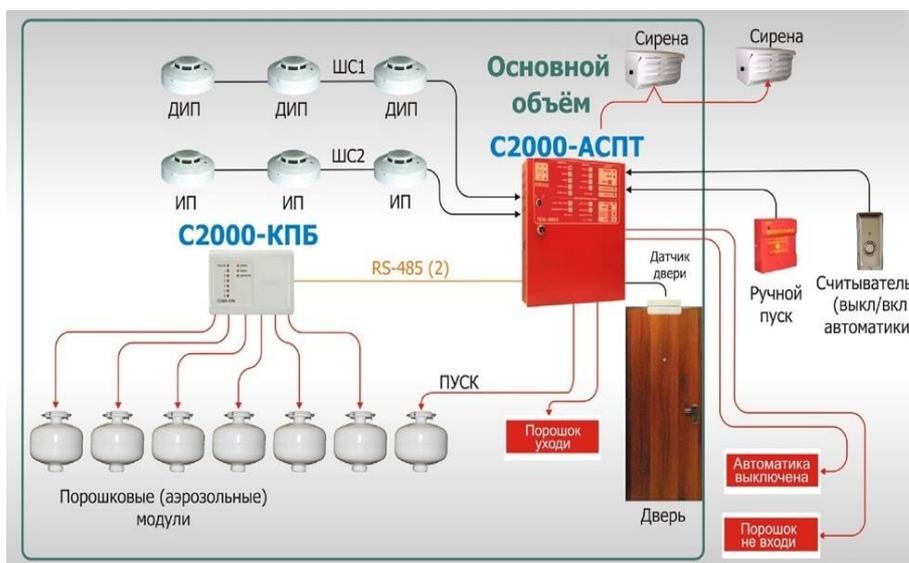


Рисунок 26 – Автоматическая установка модульного порошкового пожаротушения

Значимым преимуществом порошковых установок является возможность использования при отрицательных температурах. Мелкодисперсный порошок не наносит вреда оборудованию и отделке помещения. Летучие его частицы достаточно быстро и эффективно удаляются установками дымоудаления и вентиляции, а более тяжелые – вручную. Допускается тушение электрооборудования, находящегося под напряжением не более 1000 В [15]. Несмотря на все преимущества, имеется и значительный ряд недостатков, основным из которых, является потенциальная опасность для людей в случае вдыхания порошка. Этот факт накладывает ряд ограничений на использование данного типа установок в помещениях где находится более 50 человек и в помещениях, где невозможна эвакуация людей в кратчайшие сроки до начала работы АУПТ. Несмотря на то, что порошки являются универсальным средством, неэффективно их использование в случае тушения материалов, склонных к тлению и последующему самовоспламенению. Порошки не оказывают

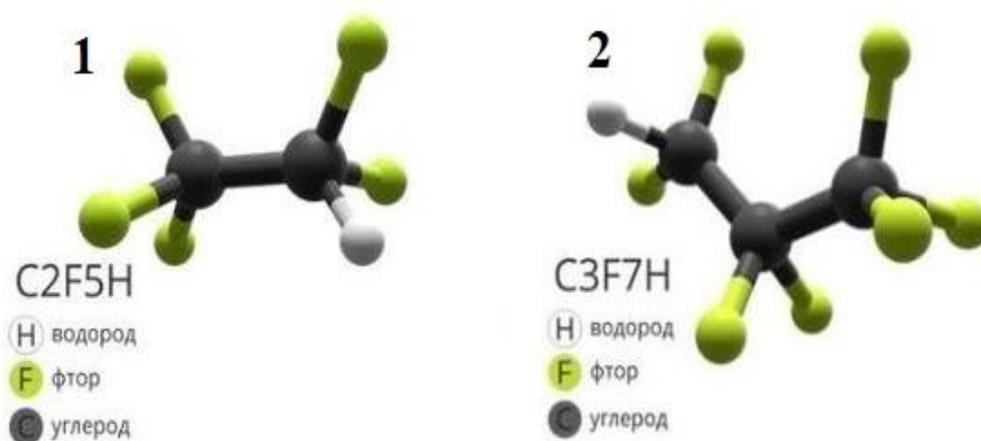
охлаждающего действия на конструкции, нагретые в результате пожара, что довольно часто приводит к повторному возгоранию.

Подводя итог по данному типу огнетушащего вещества можно отметить, что, при разумном проектировании, порошковые АУПТ являются дешевой и достаточно эффективной альтернативой пенному и водяному пожаротушению. В ряде случаев служат единственным действенным средством тушения пожара. Использование подобного рода установок оптимально для помещений с малым количеством людей и с содержимым, склонным к повреждению водой. Говорить о повсеместном использовании данного типа ОС на сегодняшний день не приходится.

#### **2.2.4 Газовое пожаротушение**

Аналогичными характеристиками, по сравнению с порошковым пожаротушением, обладают газовые АУПТ. Принцип их работы основан на использовании специальных газов, которые при возникновении возгорания равномерно заполняют весь объем помещения или корпуса устройства. Концентрация кислорода опускается ниже 12 %, что делает невозможным процесс горения. При таком сценарии ликвидации возгорания используются сжатые газы: аргон, азот, углекислота или их смеси. При использовании аргона, как огнетушащего вещества, концентрация, как правило, будет достаточной для ликвидации возгорания, когда уровень кислорода в воздухе в помещении снижается с его нормального уровня в 20,9% по объему до <15% по объему. Для достижения этой цели около 1/3 объема воздуха в помещении должно быть заменено инертным газом, чтобы была установлена концентрация по объему >34% [43].

Более эффективным и безопасным является способ использования некоторых хладонов (рисунок 27).



1 – Хладон 125XP, 2 – Хладон 227ea.

Рисунок 27 – Молекулярный состав хладонов

Они представляют из себя газы или жидкости группы фторсодержащих производных, насыщенных углеродом [39]. Эти вещества выступают в роли ингибиторов. Происходит замедление реакции горения за счет образования свободных радикалов при распаде газов, которые в свою очередь связываются с продуктами горения и прекращают пожар. Газ оказывает сильное охлаждающее воздействие, так как его температура на выходе находится в диапазоне минус 50 – 70 °С [7]. Огнетушащая концентрация хладонов в несколько раз ниже, чем для сжатых газов и составляет от 7 до 17 объёмных процентов помещения. Большинство хладонов являются достаточно ядовитыми веществами, а также оказывают негативное влияние на озоновый слой. Относительно недавно были разработаны вещества, из рассматриваемой группы, которые не оказывают негативного влияния на организм человека и окружающую среду. Согласно СП 485.1311500.2020 рекомендованы к применению: хладон 23, хладон 227ea, хладон 125, хладон 218, хладон 318Ц [36]. Применение хладонов, не входящих в этот перечень, допускается только по специально разработанным и согласованным нормам для конкретного объекта.

Установки газового пожаротушения способны ликвидировать пожар практически любой категории в максимально короткий срок, исключения составляют пожары категории D, при этом абсолютно не повреждая материальных ценностей внутри помещения. Обладают длительным сроком службы. По аналогии с порошковыми, по техническому исполнению АУПТ подразделяются на агрегатные и модульные (рисунок 28).

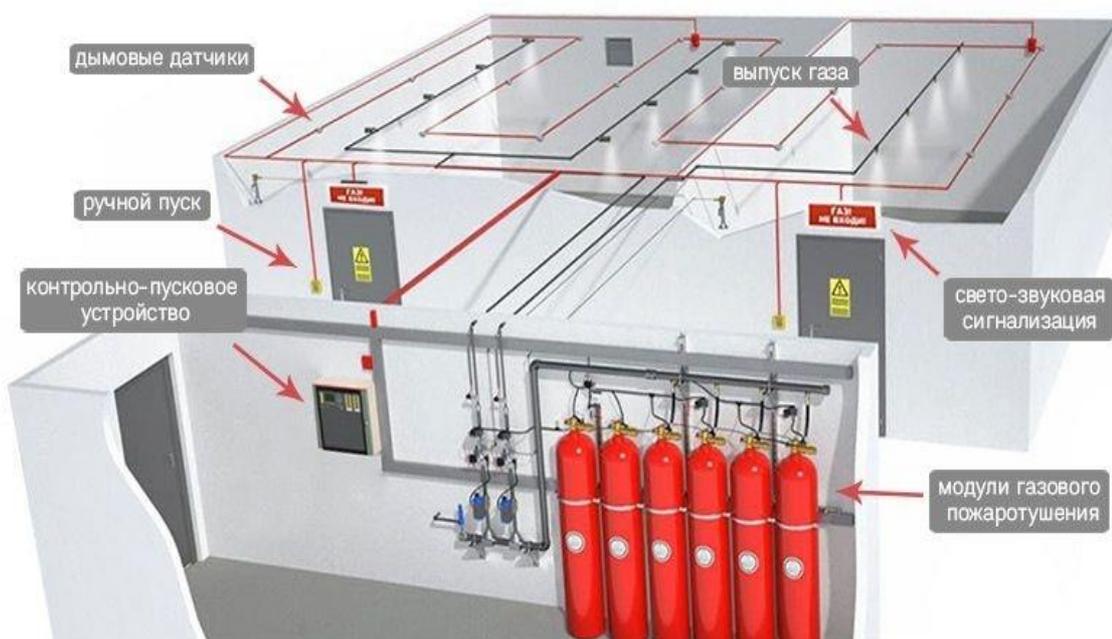


Рисунок 28 – Агрегатная система газового пожаротушения

Несмотря на свои преимущества не имеют широкого распространения из-за целого ряда недостатков. Стоимость такого ОС и установок, применяющих его достаточно высокая. Эффективное использование газовой АУПТ накладывает целый ряд ограничений на защищаемое помещение. Оно должно быть герметичным и небольшим по объему. В зависимости от применяемого ОС существует вероятность нанесения серьезного вреда здоровью людей.

Подводя итог можно отметить, что высокая стоимость газовых АУПТ в достаточной степени компенсируется высокой эффективностью. Этому свидетельствует тот факт, что последнее время увеличивается их применение

для обеспечения пожарной безопасности помещений с дорогостоящим электронным оборудованием, важными архивными документами, предметами искусства и т.д. Рассмотренный способ пожаротушения является перспективным, так как постоянно ведутся разработки новых ОС этого типа, демонстрирующих высокие показатели экологичности и абсолютную безопасность для человека.

### **2.2.5 Аэрозольное пожаротушение**

Сущность воздействия аэрозольного пожаротушения объединяет в себе преимущества порошкового и газового способов. При возникновении пожара, получив сигнал от ПКПП или автономно, срабатывает модуль аэрозольного пожаротушения. Основным его элементом является твердотопливная смесь горючих веществ, на 50 – 70 % состоящая из ингибирующих компонентов [42]. В процессе горения смеси выделяется большое количество газов, создающих избыточное давление и оттесняющих кислород от очага пожара. Помимо этого, образуется облако, состоящее из мельчайших твердых частиц размером 5 – 10 мкм, воздействие которых аналогично порошковому ОС. Аэрозоли в основном эффективны при пожарах класса В, то есть при пожарах с участием легковоспламеняющихся жидкостей, нефтяных смазок, масел, красок на масляной основе, растворителей и легковоспламеняющихся газов. Однако они также могут безопасно использоваться при пожарах класса А и класса С. Аэрозоль в качестве огнетушащего вещества не применим для ликвидации пожаров с использованием смесей химических веществ, таких как нитрат целлюлозы, порох, гидразин, некоторых органических пероксидов; гидридов металлов; реакционноспособных металлов, таких как литий, натрий, калий, магний, титан, цирконий, уран и плутоний [46]. В результате работы аэрозоле-образующего генератора создается газопылевая среда, процесс горения в которой замедляется и в последствии полностью ликвидируется (рисунок 29). Образование аэрозоля в данном типе устройств сопровождается выделением большого количества тепла. Температура струи газов на выходе

из генератора может достигать значений более 500 °С [9]. При неправильном проектировании или ложном срабатывании данный фактор может быть опасен для людей, находящихся в непосредственной близости с генератором аэрозоля.

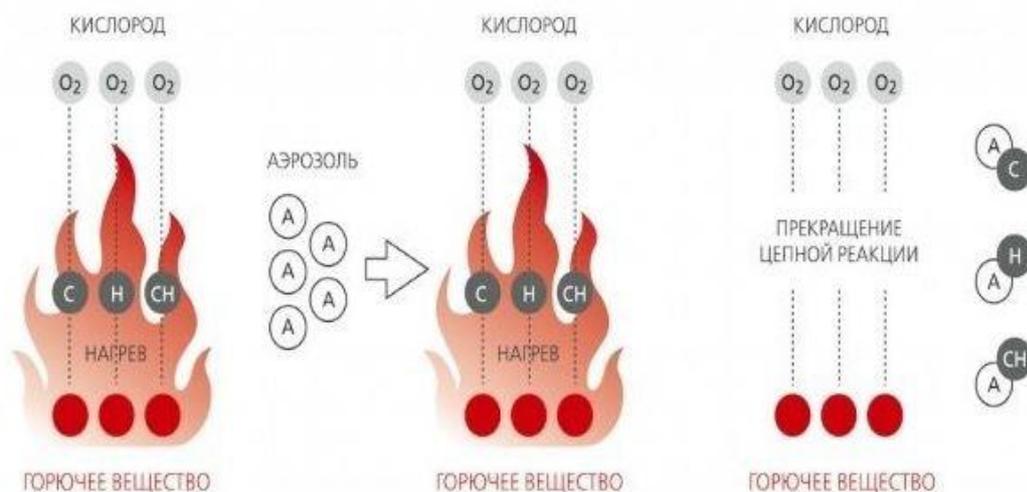
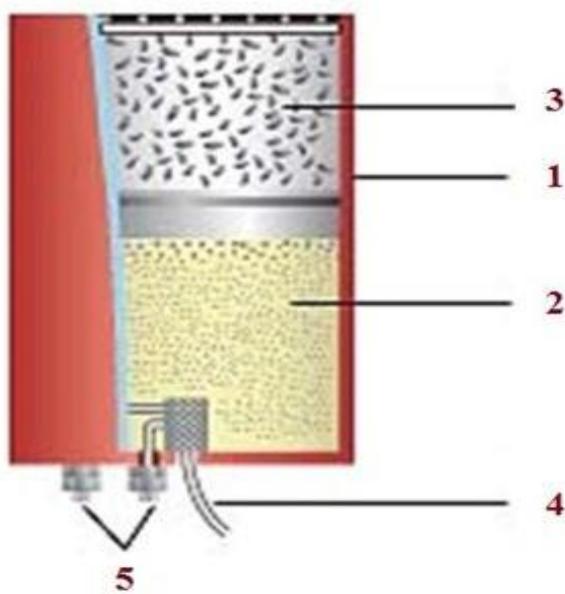


Рисунок 29 – Принцип действия аэрозольных систем пожаротушения

В отличие от газового пожаротушения, не предъявляется жестких требований к герметизации защищаемого помещения, однако эффективность аэрозольных АУПТ достигает наивысших показателей именно в герметичном объёме. Как в случае с газовыми и порошковыми АУПТ, в системах аэрозольного пожаротушения необходимо наличие информационных световых табличек, срабатывающих заблаговременно до начала работы аэрозольного генератора. Требования и классификация генераторов огнетушащего аэрозоля изложена в ГОСТ Р 53284-2009 [8].

Преимуществом рассматриваемого способа пожаротушения является возможность его использования в широком диапазоне температур от – 60 до + 60 °С. Простота конструкции модуля (рисунок 30), делает его доступным по цене, что, в совокупности с отсутствием трубопроводов и минимумом пожарной инфраструктуры, делает аэрозольные АУПТ относительно дешевыми. Данный тип пожаротушения является достаточно

универсальным. В отличие от порошкового, облако аэрозоля, выходящее из газогенератора, заполняет весь объём помещения, и мелкодисперсные твердые частицы остаются в подвешенном состоянии достаточно продолжительное время, что предупреждает повторное возгорание.



1 – корпус, 2 – аэрозолеобразующее вещество, 3 – охладитель, 4 – огнепроводный шнур, 5 – клеммы электровоспламенителя.

Рисунок 30 – Конструкция аэрозольного генератора

Несмотря на все преимущества, имеется значительный ряд недостатков. В первую очередь, создаётся значительная опасность для жизни и здоровья людей. Модули аэрозольного пожаротушения являются одноразовыми и в случае срабатывания требуют замены. Несмотря на то, что негативное воздействие на материальные ценности минимально, после срабатывания требуется тщательная уборка помещения от мелкодисперсных частиц и пленок, отложившихся на всех поверхностях, образованных в результате горения твёрдотопливных зарядов генераторов. При ложном срабатывании не представляется возможным прекратить процесс

образования аэрозоля, а также, при неправильном монтаже, существует вероятность возникновения пожара.

Подводя итог можно отметить, что аэрозольные АУПТ – довольно нестандартный подход в борьбе с образовавшимся возгоранием, объединившие в себе как преимущества, так и недостатки газовых и порошковых установок. Из-за своей опасности, использование их в помещениях с большим количеством людей невозможно, однако для обеспечения безопасности в небольших объемах неотапливаемых помещений, моторных отсеках, в автомобильном и железнодорожном транспорте и т.д. применение аэрозольных АУПТ является оптимальным решением.

Во втором разделе диссертации были рассмотрены и проанализированы такие вопросы как:

- классификация пожарных приемно-контрольных приборов (ППКП);
- характеристика установок пожаротушения по способу запуска и конструктивному исполнению;
- принципы действия АУПТ разного типа;
- виды огнетушащих веществ, область их применения преимущества и недостатки;
- требования безопасности, предъявляемые к автоматическим установкам пожаротушения.

Изучение и подробный анализ этих вопросов и являлся целью второго раздела диссертации.

### **3 Оптимизация комплекса технических средств пожарной сигнализации на предприятии**

#### **3.1 Анализ применяемого на предприятии оборудования и расчет массы газового огнетушащего вещества**

##### **3.1.1 Анализ применяемого на предприятии оборудования**

Пожарная безопасность в здании насосной станции по перекачки аммиака на предприятии ПАО «Трансаммиак» обеспечивается путем применения автоматических модульных установок объёмного и локального газового пожаротушения. Противопожарной защите подлежат четыре помещения насосной станции:

- помещения электро модуля;
- отсек аккумуляторной находящийся в помещении элетромодуля;
- помещения двух насосных модулей.

Помимо этого, противопожарной защите подлежат два электродвигателя мощностью по 1500 кВт каждый, размещенных по одному в каждом помещении насосных модулей (таблица 3).

Таблица 3 – Кратная характеристика защищаемых объектов

Наименование объекта	Категория взрывопожарной опасности	Классификация зон по взрывопожарной опасности	Объем помещения м <sup>3</sup>
Насосный модуль НМ-1	Б	В-Іб	121,4
Насосный модуль НМ-2	Б	В-Іб	121,4
Электро модуль НС	Д	П-Іа	190
Отсек аккумуляторной	А	В-Іб	13,6
Электродвигатель НМ-1	Б	В-Іб	3,04
Электродвигатель НМ-2	Б	В-Іб	3,04

В связи с вышеизложенным, на защищаемых объектах насосной станции установлено шесть автоматических автономных модульных установок пожаротушения и пожарной сигнализации. В помещении электро модуля одна установка однобаллонного исполнения, для защиты отсека аккумуляторов и одна установка четырехбаллонного исполнения в одной стойке, для защиты самого помещения электро модуля объемным способом. В помещениях насосных модулей НМ-1 и НМ-2 соответственно по одной установке однобаллонного исполнения для защиты электродвигателей насосных модулей локальным способом по объему, и по одной установке четырехбаллонного исполнения в одной стойке, для защиты самих помещений насосных модулей объемным способом.

Автоматические модульные установки газового пожаротушения спроектированы на оборудование испанской фирмы LPG. Баллоны емкостью по 67 литров с коэффициентом заправки 0,67 кг/л. В качестве огнетушащего вещества использован сжиженный газ диоксид углерода, с рабочим давлением не менее 5,17 МПа. Установленные модульные системы однобаллонного исполнения оснащены устройством электрозапуска и местного (ручного) пневмозапуска сжиженного диоксида углерода в защищаемые зоны (рисунок 31).



Рисунок 31 – Модули пожаротушения

Установки четырехбаллонного исполнения оснащены двумя устройствами электрозапуска и местного пневмозапуска. Согласно требованию СП 5.13130.2009, по которым разрабатывалась система пожаротушения, а в последствии СП 485.1311500.2020 «местный пневмозапуск модульных установок, модули которых размещены в защищаемом помещении, должен быть исключен. При наличии пусковых элементов на модулях последние должны быть демонтированы или заблокированы от возможности включения» [36]. Таким образом в помещениях насосных модулей механические устройства ручного пуска на всех установках заблокированы при строительно-монтажных работах. Местный пуск в рабочем положении остался только на модульных установках, расположенных в наружном блок-контейнере, для защиты помещения электромодуля и отсека аккумуляторной.

Технологическая часть четырехмодульной установки газового пожаротушения состоит из двух баллонов, обнародованных электрическим запорно-пусковым устройством и двух баллонов с пневмозапуском. Все это установлено на монтажную стойку с контрольными модулями измерения веса. Баллоны соединены с сетью магистральный трубопроводов с установленными на них насадками. Однобаллонная установка имеет электрозапуск, так же смонтирована на стойке с модулем контроля веса и имеет один трубопровод с установленной на него насадком. Пуск пожаротушения в насосных модулях только автоматический и дистанционный (электрический). В блок-контейнере с наружи электромодуля: дистанционный (электрический) и местный (ручной).

Автоматический пуск установки осуществляется от пожарных извещателей. В помещении электромодуля используются дымовые извещатели, в аккумуляторном отсеке, помещениях насосных модулей и воздуховодах электродвигателей установлены тепловые извещатели.

До возникновения пожара установка находится в дежурном режиме. Баллоны модулей заполнены расчетным количеством диоксида углерода под

рабочим давлением, элементы автоматики находятся в режиме контроля. При возникновении пожара в защищаемых помещениях их пожарные извещатели выдают сигнал о пожаре на соответствующий пожарный прибор. ППКП с задержкой в 40 сек. выдает сигнал на открытие электромагнитного пускового устройства соответствующий модульной установки. Огнетушащее вещество выходя из баллонов четырехбаллонной модульной установки, поступает в стационарный коллектор, из которой по магистральным (распределительным) трубопроводам к насадкам того помещения, где возник пожар (рисунок 32).

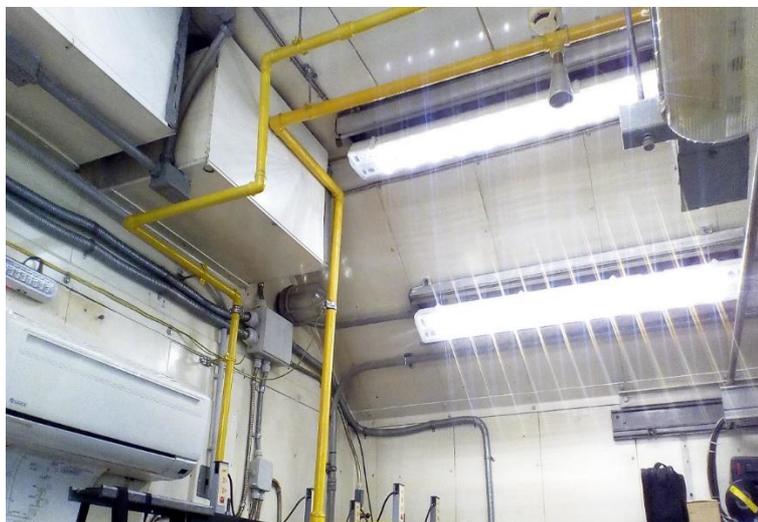


Рисунок 32 – Магистральный трубопровод с насадками

В случае с однобаллонной модульной установкой, ОС поступает непосредственно в магистральный трубопровод и к насадкам той зоны, где возник пожар. При прохождении ОС по магистральному трубопроводу от сигнализатора давления в пожарный прибор подается сигнал о выходе огнетушащего вещества. В момент выхода из насадков, диоксид углерода охлаждает защищаемые зоны, с одновременным созданием нормативной огнетушащей концентрации в защищаемой зоне помещения.

Дистанционный пуск АУГПТ осуществляется механическим воздействием руки на движковый переключатель «ПУСК», защищаемый

пломбой и расположенный на передней панели пульта дистанционного пуска соответствующего помещения, где возник пожар. Местный пуск осуществляется механическим воздействием руки на рычаг, расположенный под ЗПУ пускового баллона установки. Дальнейший процесс пожаротушения происходит аналогично, как и при автоматическом пуске. После ликвидации пожара необходимо:

- проветрить помещение;
- продуть систему трубопроводов сжатым воздухом;
- проверить состояние элементов установки, находящихся в зоне горения, вышедшие из строя заменить;
- заполнить баллоны отработавших модулей расчетным количеством диоксида углерода или заменить модули заправленными из оперативного резерва;
- элементы автоматики перевести в состояние контроля.

В здании насосной установлено четыре отдельные автоматические установки пожарной сигнализации, управления запуском модулей газового пожаротушения и оповещения. Для управления каждой установкой предусмотрено применение трех ППКП марки «РОСА-2SL», фирмы ООО «СТД» г. Дубна, Московская обл. Для помещения электромодуля и аккумуляторного отсека ППКП на два направления, размещенный в блок-контейнере, установленном рядом с электромодулем. Для помещений двух насосных модулей НМ-1 и НМ-2 по одному ППКП соответственно. Каждый прибор на одно направление размещен в термощкафу марки ПШ-ц1264.

В качестве системного контроллера, осуществляется сбор информации от пожарных приборов о работоспособности установки пожарной сигнализации, контроль пожарного состояния помещений (защищаемых зон) и управление пожаротушением применены 3 пульта сигнализации «ПС-2» так же фирмы ООО «СТД» г. Дубна, Московская обл. Для контроля и обнаружения пожара в защищаемых объектах установлены следующие шлейфы пожарной сигнализации:

- в помещении электро модуля шлейф с применением пяти точечных дымовых оптико-электронных пожарных извещателей марки ИП 212-70;
- в аккумуляторном отсеке шлейф пожарных извещателей точечных тепловых максимального действия с применением трех пожарных извещателей марки ИП 101 «ГРАНАТ» в исполнении Ех1аIВТ6, со степенью защиты оболочки IP56, с температурой срабатывания в помещении и в системе вентиляции +50 °С;
- в помещениях насосных модулей НМ-1 и НМ-2 шлейфы пожарных извещателей точечных тепловых максимально-дифференциальных с применением трех пожарных извещателей марки ИП-101-МД «ГРАНАТ» с температурой срабатывания в помещениях и в системе вентиляции +93°С.

Все вышеуказанные пожарные извещатели, запроектированные для отсека аккумуляторов и помещений насосных модулей, работают в комплекте с искробезопасными барьерами марки БИШ производства фирмы ООО «СТД» г. Дубна, Московская обл.

В качестве альтернативы оптико-электронным дымовым извещателям ИП 212-70, могут быть рассмотрены ионизационные 1151EIS, производства фирмы SYSTEM SENSOR, имеющие более высокие показатели чувствительности, а как следствие меньшее время срабатывания. В связи со спецификой защищаемого объекта этот фактор может оказать существенное влияние на эффективность всей системы автоматического пожаротушения.

Система оповещения обслуживающего персонала о работе модульных установок пожаротушения запроектирована на светозвуковых табло 12 В, 350 мА с индикацией «Газ.Уходи» и световых табло 12 В, 250 мА «Газ. Не входи». Данные табло работают в комплекте с искробезопасными барьерами марки БИО производства ООО «СТД» г. Дубна, Московская обл. Для оповещения обслуживающего персонала, находящегося вне защищаемых помещений, о пожаре смонтирована светозвуковая сигнализация на крышах

помещений электро модуля, насосного модуля НМ-1 и НМ-2. При обнаружении пожара, в любом из защищаемых помещений, пожарный прибор немедленно включает на крыше данного помещения проблесковый маяк и звуковую сирену. Дистанционный запуск АУГПТ представлен в виде устройства дистанционного запуска уличного исполнения.

В целях обеспечения безопасности лиц, работающих в помещениях, защищаемых установкой пожаротушения, в схеме предусмотрено отключение автоматического управления пожаротушением при открытых дверях в защищаемых помещениях на основе применения охранного точечно магнито-контактного извещателя ИО102-26 «Аякс» в исполнении 05. для помещения электро модуля и ИО102-26/В в исполнении 0Ех1аПСТ6, для отсека аккумуляторов и помещений насосных модулей НМ-1 и НМ-2 соответственно. В системе предусмотрено отключение и сигнализация отключенного состояния автоматического запуска пожаротушения на пульте дистанционного пуска с загоранием светового табло «Автоматика отключена» (рисунок 33).



Рисунок 33 – Световые табло

Отключение автоматического запуска пожаротушения осуществляется:

- при открытых дверных проемах защищаемых помещений насосной станции;
- при нажатии кнопки «Авт. Режим вкл./выкл.» на передней панели ПС4;
- при непосредственном прикосновении к ответной части на ПДП электронным ключом «Touch memory» № 2 или № 4.

Автоматический и дистанционный запуск модульных установок пожаротушения осуществляется от пожарных приборов через блоки контроля и коммутации цепей пуска. Для обеспечения надежности электрических пусковых цепей в четырехбаллонных установках пилотным электрическим пуском оснащены по два модуля в каждой установке. Уровень взрывозащиты и степень защиты оболочек оборудования отвечают требованиям классов, соответствующих взрывоопасных и пожароопасных зон согласно ПУЭ-7 [21]. Способ прокладки кабелей в помещениях насосных модулей и отсеке аккумуляторов выбран согласно требованиям ПУЭ для взрывоопасной зоны «В-Іб» с уровнем взрывозащиты – искробезопасная цепь. Размещение электрических цепей управления установками, исключает возможность их повреждения в результате воздействия высоких температур в течении времени развития пожара. Цепи управления автоматическими установками пожаротушения, а также цепи электропитания ППКП и ПС реализованы самостоятельными кабелями. Они являются взаиморезервирующими и разведенными по разным трассам, что минимизирует, при возгорании, возможность их одновременного повреждения. Шлейфы и соединительные линии установок пожарной сигнализации выполнены с условием обеспечения автоматического контроля их по всей длине. Для пожарных и сигнальных шлейфов применены кабели и провода с медными жилами, диаметр которых определен из расчета допустимого падения напряжения и обеспечения механической прочности в соответствии с ПУЭ [21].

По степени обеспечения надежности электроснабжения установка автоматического пожаротушения относится к электроприборам I категории согласно ПУЭ питание ПШКП и ПУ предусмотрено в основном режиме от сети переменного тока напряжением 220 В через АВР по двум независимым кабельным линиям, в аварийном режиме от встроенных аккумуляторов постоянного тока 12В, по 4 А.ч. каждый, рассчитанных на 24 часа работы в дежурном режиме и на 3 часа в режиме «Пожар». Установленное электротехническое оборудование потребляет следующие суммарные значения мощности и тока по одному направлению защиты:

- в дежурном режиме от сети переменного ток 220 В – 220 Вт, 1000 мА;
- в режиме «Пожар» от сети переменного тока 220 В – 240 Вт, 1090 мА;
- нагреватель ЭНТЛ-1 установленный в термошкафах насосных модулей от сети переменного тока 220 В – 260 Вт, 1180 мА;
- система обогрева и вентиляции блок-контейнера от сети переменного тока 220 В – 3170 Вт, 16000 мА.

Для обеспечения нормативной работы электротехнического оборудования по одному направлению в режиме «Пожар» и по трем направлениям в дежурном режиме от сети переменного тока 220 В требуется электроэнергия общей мощностью 4810 Вт, 19270 мА.

### **3.1.2 Расчет массы газового огнетушащего вещества**

#### **3.1.2.1 Расчет массы ГОТВ для установок пожаротушения объектов насосной станции объемным способом**

Расчет выполнен в соответствии со сводом правил СП 485.1311500.2020, приложение Д «Методика расчета массы газового огнетушащего вещества для установок газового пожаротушения».

Расчётная масса « $M_r$ », применяемого в базовом проекте газового огнетушащего состава, сжиженного диоксида углерода « $CO_2$ », которая должна храниться в установке, определяется по формуле:

$$M_r = K_1 [M_p + M_{\text{тр}} + M_6 \cdot N], \quad (1)$$

где  $K_1$  – коэффициент, учитывающий утечки газового огнетушащего вещества из баллона, принимается равным 1,05;

$M_p$  – масса ГОТВ «СО<sub>2</sub>» предназначенная для создания в объеме помещения огнетушащей концентрации;

$M_{\text{тр}}$  – масса газового огнетушащего вещества в трубопроводах, кг;

$M_6$  – остаток ГОТВ в модуле, который принимается по технической документации на модуль – 0,13 кг;

$N$  – количество модулей в установке.

Масса ГОТВ «СО<sub>2</sub>» предназначенная для создания в объеме помещения огнетушащей концентрации по горючему веществу Н-гептан определяется по формуле:

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

где  $V_p$  – расчетный объем защищаемого помещения;

$\rho_1$  – плотность ГОТВ «СО<sub>2</sub>» с учетом высоты защищаемого помещения относительного уровня моря;

$K_2$  – коэффициент, учитывающий потери ГОТВ из баллона через проемы помещения;

$C_H$  – объемная нормативная концентрация ГОТВ, равная 34,9%.

Плотность ГОТВ «СО<sub>2</sub>» с учетом высоты защищаемого помещения относительного уровня моря, для минимальной температуры в помещении  $T_M = 278^\circ\text{K}$ , кг/м<sup>3</sup>, определяется по формуле

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

где  $\rho_0$  – плотность  $\text{CO}_2$  при температуре  $20^\circ\text{C}$  и атмосферном давлении  $101,3 \text{ кПа}$ , равная  $1,88 \text{ кг/м}^3$ ;

$T_0$  – номинальная температура, принимаемая за  $293^\circ\text{K}$  ( $20^\circ\text{C}$ );

$K_3$  – поправочный коэффициент, учитывающий высоту расположения объекта относительно уровня моря, равный  $1,0$ ;

$T_m$  – минимальная температура воздуха в защищаемом помещении.

Коэффициент  $K_2$ , учитывающий потери ГОТВ из баллона через проемы помещения и определяется по формуле:

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

где  $\Pi$  – параметр, учитывающий расположение проемов по высоте защищаемого помещения;

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

$\tau_{\text{под}}$  – нормативное время подачи ГОТВ в защищаемое помещение, равное  $60 \text{ с}$ ;

$H$  – высота помещения.

Параметр не герметичности помещения, ( $\delta$ ) определяется по формуле:

$$\delta = \frac{\Sigma F_H}{V_p}, \quad (5)$$

где  $\Sigma F_H$  – суммарная площадь проемов;

Масса газового огнетушащего вещества в трубопроводах ( $M_{\text{тр}}$ ),  $\text{кг}$ , определяется по формуле:

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

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

$\rho_{\text{ГОТВ}}$  – плотность остатка ГОТВ. При давлении, которое имеется в трубопроводе после окончания истечения массы.

При установке насадков вертикально вниз, ниже распределительного трубопровода, остатком ГОТВ в трубопроводе пренебрегаем [29].

Рекомендуемые значения минимально допустимого давления перед насадком, для АУГП с  $\text{CO}_2$  высокого давления составляют от 1,4 МПа до 2,0 МПа, для  $\text{CO}_2$  низкого давления – 1,0 МПа, для остальных ГОТВ – от 0,6 МПа до 1,0 МПа.

Расчетные значения объемов защищаемых помещений, суммарных площадей постоянно открытых проемов и параметры негерметичности приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Расчетные значения объемов

Наименование объекта	$V_p, \text{м}^3$	$F_{\Sigma \text{пр}}, \text{м}^2$	$\delta, \text{м}^2$	П
Помещение электро модуля	190,0	1,0	0,00526	0,1
Отсек АК	13,6	0,0136	0,0001	0,4
Помещение НМ-1	121,4	0,01214	0,0001	0,4
Помещение НМ-2	121,4	0,01214	0,0001	0,4

Масса сжиженного диоксида углерода, для создания в объеме помещения огнетушащей концентрации ( $C_n = 34,9\%$ ), масса  $\text{CO}_2$  предназначенная для хранения в баллонах модульных установок превышает массу  $\text{CO}_2$  необходимую для создания нормативной огнетушащей концентрации с учетом коэффициента утечки и т.д., необходимое количество баллонов и их объем представлен в таблице 5. Коэффициент заправки баллонов для  $\text{CO}_2$  равен 0,67.

Таблица 5 – Масса огнетушащего вещества

Наименование объекта	$M_p$ , кг	$M_r$ , кг	Количество Баллонов, шт	Объем баллонов, л
Помещение электромодуля	165,38	174,2	4	67
Аккумуляторный отсек	41,35	43,55	1	67
Помещение НМ-1	159,75	167,5	4	67
Помещение НМ-2	159,75	167,5	4	67

Вместо диоксида углерода, для помещения электромодуля, предложено использование хладона 125 в качестве огнетушащего вещества. Так как хладон 125 является сжиженным газом, расчет массы необходимой для создания огнетушащей концентрации ( $C_H = 9,8\%$ ) проводится по формуле Д2 в приложении Д СП485.1311500.2020:

$$M_p = V_p \cdot \rho_1 \cdot (1 + K_2) \cdot \frac{C_H}{100 - C_H}, \quad (7)$$

Нормативное время выхода хладона 125 не должно превышать 10 секунд, плотность ( $\rho_0$ ) при температуре  $T_0 = 293^\circ\text{K}$  и атмосферном давлении 101,3 кПа, равна 1,13 кг/м<sup>3</sup>. Расчет массы ( $M_r$ ) проводится по аналогии с углекислотой по формуле 1. Коэффициент заполнения баллонов хладоном 125 равен 0,9. Результаты расчёта массы хладона 125 необходимой для хранения в модулях установки с учетом коэффициента утечки, представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Расчётная масса хладона 125

Наименование объекта	$M_p$ , кг	$M_r$ , кг	Количество Баллонов, шт	Объем баллонов, л
Помещение электромодуля	107,92	114,35	2	67

Из проведенного расчета очевидно, что для создания нормативной огнетушащей концентрации, в случае использования хладона, требуется меньше ОТВ, что в последующем предполагает положительный экономический эффект.

### **3.1.2.2 Расчет массы ГОТВ для установок пожаротушения 2-х электродвигателей насосных модулей локальным способом.**

Расчет выполнен в соответствии с рекомендациями свода правил СП 485.1311500.2020 и методических рекомендаций по расчету параметров установок локального пожаротушения по объему разработанных ФГУ ВНИИПО МЧС России под редакцией д.т.н Копылова Н.П.

Расчетная масса, газового огнетушащего состава, сжиженного диоксида углерода «СО<sub>2</sub>», которая должна храниться в установке, определяется аналогично установкам пожаротушения по объему, и рассчитывается по формуле 1, где  $M_p$  рассчитывается по формуле:

$$M_p = V_p \cdot C_{\text{ОМК}}, \quad (8)$$

где  $V_p$  – расчетный объем защищаемого электродвигателя под кожухом, равный 3,04 м<sup>3</sup>;

$C_{\text{ОМК}}$  – массовая огнетушащая концентрация при локальном тушении по объему, равная 6 кг/м<sup>3</sup>.

При установке насадков вертикально вниз, ниже распределительного трубопровода, остатком ГОТВ в трубопроводе пренебрегаем.

Расчетный объем электродвигателей НМ-1 и НМ-2, огнетушащая массовая концентрация, масса сжиженного диоксида углерода, для создания в объеме под кожухом электродвигателей нормативной концентрации, масса, предназначенная для хранения в баллонах модульной установки с учетом коэффициента утечки и т.д., требуемое количество баллонов и их объем приведен в таблице 7.

Таблица 7 – Результаты расчетов локальных АУПТ

Наименование объекта	$V_p, \text{ м}^3$	$C_{\text{ОМК}}, \text{ кг/м}^3$	$M_p, \text{ кг}$	$M_r, \text{ кг}$	Количество Баллонов, шт	Объем баллонов, л
Электродвигатель НМ-1	3,2	6	41,74	43,825	1	67
Электродвигатель НМ-1	3,2	6	41,74	43,825	1	67

Результаты расчета контрольных параметров установленный модульных АУПТ и их соответствие требованиям пунктов 9.7.3, 9.7.4, 9.9.10, 9.11.4 свода правил СП 485.1311500.2020 представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Результаты расчетов контрольных параметров

Наименование объекта	Инерционность подвода ГОТВ к насадкам, (не более 15 сек.)	Потребная масса для создания ООБК и ОМК, (не менее 95%)	Запроектированный объем трубопровода, (не более 80%)	Разница расходов между двумя крайними насадками, (не более 20%)
Помещение ЭМ	2,92	100	3,85	0
Отсек АК ЭМ	1,53	100	2,88	0
Помещение НМ-1 (НМ-2)	2,92	100	2,23	0
Электродвигатель НМ-1(НМ-2)	1,75	100	5,88	0

Таким образом, установленные АУПТ отвечают всем нормативно-техническим требованиям свода правил СП 485.1311500.2020 «Установки пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования»

### **3.1.2.3 Расчет площади проема для сброса избыточного давления в помещениях электро модуля, насосных и аккумуляторном отсеке**

Расчет площади проёма для сброса избыточного давления « $F_c$ »,  $\text{м}^2$  выполнен по формуле представленной в приложении Ж СП 485.1311500.2020:

$$F_c \geq \frac{K_2 K_3 M_p}{0.7 K_1 \tau_{\text{под}} \rho_1} * \sqrt{\frac{\rho_v}{7 * 10^6 P_a * \left[ \left( \frac{P_{\text{пр}} - P_a}{P_a} \right)^{0,2857} - 1 \right]}} - \sum F, \quad (9)$$

где  $P_{\text{пр}}$  – предельно-допустимое избыточное давление, исходя из условий сохранения прочности строительных конструкций помещений электро модуля, насосных модулей и АБ, 0,05 Мпа;

$P_a$  – атмосферное давление, 0,1013 Мпа;

$\rho_v$  – плотность воздуха в помещениях при +20°C, 1,204 кг/м<sup>3</sup>;

$K_3$  – коэффициент, учитывающий изменение давления ГОТВ при его подаче, принимается равным 1;

$K_2$  – коэффициент запаса ГОТВ, принимается равным 1,2;

$\sum F$  – площадь постоянно открытых проемов [36].

Значения  $M_p$ ,  $\rho_1$ ,  $\sum F$  определяются в соответствии с формулами, приведенными выше при расчете массы ГОТВ. Коэффициент  $K_1$  так же, как и для предыдущих расчетов остается равным 1,05. Плотность двуокиси водорода составляет 1,98 кг/м<sup>3</sup>.

Если значение правой части неравенства меньше или равно нулю, то проем (устройство) для сброса избыточного давления не требуется. Результаты расчета площади проема для сброса избыточного давления в помещениях представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Результаты расчётов площади проемов

Наименование объекта	Масса ГОТВ, $M_p$ , кг	Время подачи ГОТВ, $\tau_{\text{под}}$ , сек	Площадь постоянно открытых проемов $\sum F$ , м <sup>2</sup>	Площадь проема для сброса избыточного давления, $F_c$ , м <sup>2</sup>
Электро модуль	165,38	55,70	1,0	- 0,990
Аккумуляторный отсек	41,35	55,90	0,0136	- 0,01136
Насосный модуль НМ-1(НМ-2)	159,75	53,50	0,01214	- 0,00288

В качестве альтернативы двуокиси углерода предложено использование хладона 125 в качестве ГОТВ в помещении электро модуля. Его плотность, равна 5,208 кг/м<sup>3</sup>. Результаты расчета площади проема для сброса избыточного давления представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Результат расчета по хладону 125

Наименование объекта	Масса ГОТВ, М <sub>р</sub> , кг.	Время подачи ГОТВ, τ <sub>под</sub> , сек	Площадь постоянно открытых проемов ΣF, м <sup>2</sup>	Площадь проема для сброса избыточного давления, F <sub>с</sub> , м <sup>2</sup>
Электро модуль	107,92	9,6	1	- 0,99994

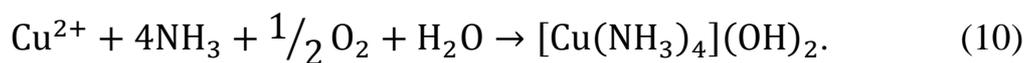
Так как рассчитанное значение площади проемов при использовании СО<sub>2</sub> или хладона 125 меньше нуля, использование специальных проемов (устройств) для сброса избыточного давления не требуется.

### **3.2 Рациональные предложения по улучшению пожарной безопасности, анализ и оценка социальной и экономической эффективности**

#### **3.2.1 Рациональные предложения по улучшению пожарной безопасности**

##### **3.2.1.1 Защита пожарного оборудования от воздействия газовой коррозии в помещениях насосных модулей**

Особенностью помещения насосной станции является возможность наличия небольшого количества паров аммиака в воздухе. При взаимодействии газообразной фракции сниженного аммиака с увлажненным воздухом (влажность воздуха более 80%) проявляется газовая коррозия, вызывающая постепенное разрушение цветных металлов:



Аммиак в присутствии кислорода и воды сильно ускоряет процесс растворения меди, цинка и их сплавов. Коррозионное воздействие аммиака характеризуется поверхностным растрескиванием, зелено-голубыми медно-коррозионными окислами и образованием одиночной или сильно разветвленной трещины на поверхности.

В связи с тем, что некоторые элементы и устройства пожарного оборудования изготовлены из латуни (сплав меди с цинком), по соображениям их воздействия с диоксидом углерода, то данные устройства должны быть защищены от коррозионного воздействия аммиачно-воздушной среды.

Для минимизации негативного воздействия на пожарное оборудование предложены следующие мероприятия:

- прокладка шлейфов сигнализации, оповещения и управления запуском в стальных трубах с применением кабельных гермовводов в соединительных и проходных коробках, при вводе кабелей в термошкафы и блок-контейнер;
- применение органосиликатной композиции ОС-70-01 (ТУ 2312-003-23354769-2004) на основе каучуковых химически-стойких покрытий, разработанных для защиты железобетона и металла в газовых агрессивных средах, насыщенных парами азота, серы, хлора, аммиака с гарантированным сохранением защитных свойств покрытия в течении 15 лет (по результатам испытаний в лаборатории Всесоюзного научно-исследовательского института коррозии). Покрытие выдерживает перепады температур от  $-60^{\circ}\text{C}$  до  $+100^{\circ}\text{C}$  в газовых средах, и  $+50^{\circ}\text{C}$  в жидких средах, обладает высокой стойкостью покрытия к условиям повышенной влажности до 100%. Предприятие изготовитель ЗАО «Морозовский химический завод» г. Санкт-Петербург [32];

- контроль за влажностью воздуха в помещении насосной и использование устройства для осушения. Скорость реакция химического разложения цветных металлов в аммиачной среде снижается пропорционально количеству молекул воды. Показатели влажности воздуха в помещении с пожарных оборудований должны быть в диапазоне 40-50% что позволит создать оптимальные условия для персонала и замедлить реакцию разложения цветных металлов.

### **3.2.1.2 Использование хладона 125 в качестве ГОТВ в помещении электро модуля**

В базовом варианте пожарная безопасность электро модуля обеспечивается путём применения двуокиси углерода в качестве ГОТВ. Сжижений  $\text{CO}_2$  снижает концентрацию кислорода в помещении, что делает невозможным процесс горения, однако углекислый газ крайне негативно влияет на здоровье человека. Уже при концентрации 10 – 15% при 8 –12 вдохах происходит потеря сознания. В совокупности с низким содержанием кислорода в воздухе очень велика вероятность летального исхода [17]. Нормативная концентрация двуокиси углерода в воздухе, при срабатывании автоматической системы пожаротушения составляет 34,9%, что не оставляет практически никаких шансов человеку, не успевшему покинуть помещение до начала работы АУГПТ.

В отличии от помещений насосных модулей, в электро модуле всегда находится оператор, следящий за работой оборудования. При возникновении нештатной ситуации он находится в зоне потенциальной опасности. Для увеличения показателя безопасности установки пожаротушения в проектном варианте предлагается заменить огнетушащее вещество.

Оптимальным решением является применение хладона 125 в рассматриваемом помещении. Данный сжиженный газ является относительно безопасным и при нормативной огнетушащей концентрации (9,8%) позволяет находиться в помещении до пять минут без причинения вреда

здоровью. Остаточная концентрация кислорода после выпуска ГОТВ составляет 18 – 19 %, что обеспечивает свободное дыхание человека. Газ является экологичным так как его озоноразрушающий потенциал равен нулю.

Хладон 125 не является новинкой в сфере пожарной безопасности, что с положительной стороны сказывается на его стоимости. Конечно, цена самого вещества намного превосходит стоимость  $\text{CO}_2$ , однако его более низкая нормативная концентрация, и более высокий коэффициент заполнения (0,9) позволяют значительно сэкономить на стоимости оборудования. По проведённым расчётам массы ГОТВ для обеспечения пожарной безопасности электро модуля требуется 114,35 кг хладона. Для хранения этого количества газа необходимо использовать два модуля объемом по 67 литров, в отличии от четырех с углекислотой.

Давление паров хладона невысоко и, для обеспечения нормативного времени выхода, требуется создание давления в модуле 41 – 43 бара путем добавления газа-пропелента. Нормативное время ГОВ выхода составляет 10 секунд, что в 6 раз быстрее чем при применении  $\text{CO}_2$ . Контроль герметичности модуля АУГПТ осуществляется с помощью манометра, что позволяет отказаться от использования специального весового устройства, которое, в свою очередь, больше всего подвержено негативному воздействию аммиачной среды [5].

### **3.2.2 Анализ и оценка социальной и экономической эффективности**

Существующая система автоматического пожаротушения, обеспечивающая безопасность насосного модуля по перекачке жидкого аммиака на предприятии ПАО «Трансаммиак» отвечает требованиям эффективности и безопасности. В дежурном режиме работы в помещении электро модуля находится один оператор, осуществляющий контроль работы насосного оборудования. Фактор малочисленности персонала сводит к минимуму возможность травматизма, связанную с работой автоматической АУГПТ. Однако нельзя полностью исключить вероятность того, что

оператор не успеет покинуть помещение электро модуля за время задержки перед активацией АУП равную 30 сек. В этом случае остается высокой вероятностью причинения серьезного вреда здоровью или летального исхода в следствии удушения и отравления  $CO_2$ . При использовании хладона риски минимальны.

В случае замены оборудования планового характера – окончание срока эксплуатации или внепланового характера – выход оборудования из строя, невозможность эксплуатации установки в связи с изменившимися требованиями нормативных документов и т.д. целесообразна установка оборудования, использующего в качестве огнетушащего вещества хладон. Данная модернизация является актуальной для помещения электро модуля.

Обоснованием предложения являются расчеты количества ОТВ приведенные в соответствии с СП 485.1311500.2020 и изложенные в тексте диссертационного исследования (таблица 11).

Таблица 11 – Результаты расчётов массы ОТВ

ОТВ вещество	Масса ОТВ необходимая для создания нормативной концентрации	Масса ОТВ необходима для хранения в модулях с учетом утечки
$CO_2$	165,38	174,2
Хладон 125	107,92	114,35

Для расчета экономической эффективности взяты модули, используемые в базовой системе пожаротушения объемом 67 литров. Используемое огнетушащее вещество ( $CO_2$ ) и предлагаемое к использованию (хладон 125) имеют разные коэффициенты заполнения. В случае использования более инновационных хладонов коэффициент заполнения еще более возрастает, однако стоимость ОТВ так же увеличивается.

Расчет допустимой массы заправки веществ ( $M_{запр}$ ) для хранения в баллонах осуществляется по формуле:

$$M_{\text{запр}} = M_r \div K_3 \quad (11)$$

где  $M_r$  – расчётная масса газового огнетушащего вещества, которая должна храниться в установке;

$K_3$  – коэффициент заполнения для  $\text{CO}_2 = 0,67$ , для хладона 0,9.

Результаты расчетов заправки баллонов огнетушащими веществами, а также количество модулей необходимых для хранения расчетной массы ОТВ представлены в таблице 12.

Таблица 12 – Расчет количества модулей

ОТВ вещество	Масса заправки ( $M_{\text{запр}}$ ) кг	Объем баллонов, л	Количество модулей, шт
$\text{CO}_2$	260	67	4
Хладон 125	127	67	2

Из результатов расчета очевидно, что для хранения необходимого количества хладона 125 требуется в два раза меньше модулей. Помимо этого, из-за высокого давления паров углекислоты не представляется возможным осуществление контроля за утечкой ОТВ во время эксплуатации с помощью манометра. Для решения этой задачи используется достаточно дорогостоящее и наиболее уязвимое к коррозионному воздействию газообразной фракции аммиака весовое устройство. Хладоны, за исключением хладона 23, имеют низкое давление собственных паров и для обеспечения их выхода из баллонов в нормативное время требуется подкачка газом-вытеснителем до давления 40 – 42 бар. Этот факт оставляет возможность контроля количества ОТВ с помощью манометра. При проектировании установок пожаротушения, оборудование для всех видов газовых ОТВ идентично. В рассматриваемом случае расхождение составляет устройство контроля герметичности модуля газового пожаротушения. В таблице 13 рассчитана разница стоимости элементов систем пожаротушения,

использующих в качестве огнетушащего вещества хладон и двуокись углерода.

Таблица 13 – Расчет стоимости элементов системы АУГПТ

ОТВ	Противопожарное оборудование	Количество, шт.	Стоимость противопожарного оборудования, руб.	Стоимость ОТВ, руб.	Общая стоимость используемого оборудования, и ОТВ, руб.
СО <sub>2</sub>	Модуль LPG 145-67 л	4	127 340	6 097	830 377
	Запорно-пусковое устройство	4	42 850		
	Специальное весовое устройство	1	143 520		
Хладон 125	Модуль LPG 145-67 л	2	127 340	74 328	416 448
	Запорно-пусковое устройство	2	42 850		
	Манометр ТМ - 110Т	2	870		

Из проведенных расчетов, в условиях современного ценообразования, очевидна экономическая выгода в случае замены огнетушащего вещества в установке, обеспечивающей противопожарную безопасность электро модуля насосной станции. Нормативное время создания огнетушащей концентрации в помещении, в случае использования хладона, составляет 10 сек. Данный показатель по скорости в 6 раз превосходит соответствующий у СО<sub>2</sub>. Из этого сравнения можно сделать вывод об эффективности предлагаемого ОТВ. В совокупности этих факторов достигаются высокие показатели безопасности и экономической выгоды.

В третьем разделе диссертации были рассмотрены и проанализированы такие вопросы как:

- технологическая часть газовой установки пожаротушения насосной станции;

- электротехническая часть установки пожарной сигнализации, управления запуском модульных установок и оповещения;
- проведены расчеты массы ГОТВ, необходимого для АУПТ;
- проведены расчеты площади проема для сброса избыточного давления в помещениях насосной станции;
- вынесены рациональные предложения по улучшению пожарной безопасности на исследуемом объекте.

Проведен расчет экономической эффективности, демонстрирующий рациональность применения проектного решения, рассматриваемого в диссертационном исследовании, актуальность которого достигается в случае плановой или внеплановой замены противопожарного оборудования. Данное решение позволит значительно увеличить показатели эффективности и безопасность АУПТ, а также уменьшить общую стоимость установки. Изучение и подробный анализ этих вопросов и являлся целью третьего раздела диссертации.

## Заключение

В представленной магистерской работе приведены результаты исследования, направленного на повышения противопожарной безопасности с применением автоматических установок пожарной сигнализации и пожаротушения.

Объектом диссертационного исследования являлось обеспечение пожарной безопасности путем применения автоматический установок пожаротушения и пожарной сигнализации на предприятии по транспортировке сниженного аммиака ПАО «Трансаммиак» г. Тольятти.

Для достижения цели исследования было проведено ознакомление и сделан анализ научных публикаций, патентов, учебных пособий, нормативных и законодательных документов. В ходе анализа тематической литературы и законодательных документов выявлено изменение и ужесточение требований к пожарной безопасности. Надежность и эффективность систем пожарной сигнализации и пожаротушения совершенствуется в связи развитием технического прогресса. В некоторых случаях, приобретение и эксплуатация их становится дороже, но это необходимо для обеспечения соответствующего требованиям времени уровня защиты людей, зданий и сооружений.

Подробно рассмотрены структурные элементы комплекса автоматических средств противопожарной защиты, а именно: устройства обнаружения признаков пожара и оповещения о нем; системы дымоудаления и управления вентиляцией; приемно-контрольный прибор; установки пожаротушения, использующие различные ГОТВ.

Методы исследования базировались на детальном изучении существующих и альтернативных установках АУПТ, а также на рассмотрении технической документации и оборудования автоматической установки газового пожаротушения, обеспечивающей пожарную безопасность в здании насосной станции по перекачке сжиженного аммиака.

Был проведен анализ соответствия данной установки, современным требованиям, предъявляемым к системам подобного рода и ознакомление с замечаниями, возникшими в ходе эксплуатации установки.

Основные расчеты научного исследования были произведены в соответствии с СП 485.1311500.2020 «Установки пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования». Анализ подбора электрооборудования для использования в автоматической системе пожаротушения осуществляется согласно ПУЭ-7 «Правила устройства электроустановок».

Теоретическим путем была рассчитана степень влияния аммиака на автоматические установки газового пожаротушения, обеспечивающие пожарную безопасность насосной станции. Изучен вопрос применения альтернативного газового огнетушащего вещества с более высокими показателями эффективности и безопасности. Сформированы рекомендации, способные обеспечить повышение уровня пожарной безопасности путем модернизации уже имеющегося комплекса средств автоматических установок газового пожаротушения, что и являлось целью диссертационного исследования.

## Список используемых источников

1. Абрамов В.А., Глуховенко Ю.М., Сметанин В.Ф. История пожарной охраны. Краткий курс: Учебник: В 2 ч. Ч. 1 / Под ред. проф. В.А. Абрамова. М.: Академия ГПС МЧС России, 2005. 10 с.
2. Автоматический пуск установки пожаротушения [Электронный ресурс]: портал про пожарную безопасность «ПРОПБ», электронные текстовые данные. URL: <https://propb.ru/library/wiki/avtomaticheskij-pusk-ustanovki-pozharotusheniya/> (дата обращения: 18.04.2021).
3. Аэрозольное пожаротушение [Электронный ресурс]: Википедия. Свободная энциклопедия. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Аэрозольное\\_пожаротушение](https://ru.wikipedia.org/wiki/Аэрозольное_пожаротушение) (дата обращения: 17.03.2022).
4. Бубырь Н.Ф., Бабуров В.П., Мангасаров В.И. Пожарная автоматика. М.: Стройиздат, 1984. 57 с.
5. Весовое устройство [Электронный ресурс]: ООО «КомпаС», электронные текстовые данные. URL: [http://siex.pro/catalog/vesovoe\\_siex.html](http://siex.pro/catalog/vesovoe_siex.html)? (дата обращения: 14.04.2022).
6. Ворона В.А., Тихонов В.А. Технические системы охранной и пожарной сигнализации. М.: Горячая линия –Телеком, 2012. 67 с.
7. Газовые установки пожаротушения: типы, устройство, требования, применение [Электронный ресурс]: Fireman.club, электронные текстовые данные. URL: <https://fireman.club/statyi-polzovateley/gazovye-ustanovki-pozharotusheniya-tipyi-ustroystvo-trebovaniya-primeneniye/> (дата обращения: 10.02.2022).
8. Генераторы огнетушащего аэрозоля. Общие технические требования. Методы испытаний [Электронный ресурс]: ГОСТ Р 53284-2009. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200071930> (дата обращения: 22.04.2022).

9. Генераторы огнетушащего аэрозоля. Типы и основные параметры [Электронный ресурс]: ГОСТ Р 51046-97. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200025998> (дата обращения: 21.03.2022).

10. История изобретения и создания первых пожарных насосов [Электронный ресурс]: Fireman.club, электронные текстовые данные. URL: <https://fireman.club/statyi-polzovateley/istoriya-sozdaniya-i-izobreteniya-pervyih-rozharnyih-nasosov/> (дата обращения: 15.03.2021).

11. История систем пожарной сигнализации [Электронный ресурс]: интернет-проект Бойко Е.В., электронные текстовые данные. URL: <https://gpnrostov.ru/01pusk/?p=7471> (дата обращения: 11.02.2021).

12. История спринклерного пожаротушения [Электронный ресурс]: ООО «Свой инженер», электронные текстовые данные. URL: <http://xn--b1agacjf3acd1ab.xn--p1ai/2017/01/22/%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%B8%D1%8F/> (дата обращения: 17.03.2021).

13. История техники огнеборцев. Химия и пожарная автоматика. Часть 1 [Электронный ресурс]: Военное обозрение, электронные текстовые данные. URL: <https://topwar.ru/152009-istorija-tehniki-ogneborcev-himija-i-rozharnaja-avtomatika-chast-1.html>? (дата обращения: 01.04.2021).

14. Корольченко А.Я., Корольченко Д.А. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов, и средства их тушения: справочник. М.: Ассоциация «Пожнаука», 2004. Том 1, 122 с.

15. Огнетушители. Требования к эксплуатации [Электронный ресурс]: Свод правил СП 9.13130. 2009. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200071152> (дата обращения: 12.04.2022).

16. Оповещение о пожаре: как это было в XIX веке [Электронный ресурс]: Fireman.club, электронные текстовые данные. URL: <https://fireman.club/statyi-polzovateley/opoveshhenie-o-pozhare-kak-eto-byilo/> (дата обращения: 10.03.2021).

17. Отравление углекислым газом и его лечение [Электронный ресурс]: МедУнивер, электронные текстовые данные. URL: [https://meduniver.com/Medical/toksikologia/otravlenie\\_uglekislim\\_gazom.html](https://meduniver.com/Medical/toksikologia/otravlenie_uglekislim_gazom.html) (дата обращения: 21.02.2022).

18. Пашинцев В. История систем пожаротушения и сигнализации: от деревянных колотушек до современных автоматических устройств [Электронный ресурс]: электронная версия журнала «Системы безопасности». URL: <https://www.secuteck.ru/articles/istoriya-sistem-pozharotusheniya-i-signalizacii-ot-derevyannyh-kolotushek-do-sovremennyh-avtomaticheskikh-ustrojstv> (дата обращения: 17.02.2021).

19. Пожарная автоматика [Электронный ресурс] Fireman.club, электронные текстовые данные. URL: <https://fireman.club/pozharnaja-avtomatika/> (дата обращения: 10.04.2021).

20. Пожарная сигнализация. Из истории изобретения и внедрения в США. [Электронный ресурс]: Livejournal, электронные текстовые данные. URL: <https://harmfulgrumpy.livejournal.com/295057.html?ysclid=111w9xywtg> (дата обращения: 15.04.2021)

21. Правила устройства электроустановок [Электронный ресурс]: URL: Правила устройства электроустановок (ПУЭ). Глава 1.7 Заземление и защитные меры электробезопасности (Издание седьмое). URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200030218> (дата обращения: 14.03.2022).

22. Приборы приемно-контрольные охранной и охранно-пожарной сигнализации. Классификация. Общие технические требования и методы испытаний [Электронный ресурс]: ГОСТ Р 52436-2005. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200043047> (дата обращения: 12.04.2021).

23. Сети проводного радиовещания и оповещения в зданиях и сооружениях. [Электронный ресурс]: Свод правил СП 133.13330.2012. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200092910> (дата обращения: 18.03.2021).

24. Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Требования пожарной безопасности [Электронный ресурс]: Свод

правил СП 3.13130.2009. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200071145> (дата обращения: 12.09.2021).

25. Системы пожарной сигнализации и автоматизация систем противопожарной защиты [Электронный ресурс]: Свод правил СП 484.1311500.2020. URL: <http://rulaws.ru/laws/Federalnyy-zakon-ot-22.07.2008-N123-FZ/> (дата обращения: 20.05.2021).

26. Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы [Электронный ресурс]: Свод правил СП 1.13130.2020. URL: <https://docs.cntd.ru/document/565248961> (дата обращения: 09.02.2021).

27. Собоурь С.В. Установки пожарной сигнализации. М.: Пожарная книга, 2012. 5 с.

28. Стандарт организации. Модульные установки пожаротушения тонкораспыленной водой автоматические [Электронный ресурс]: Стандарт организации СТО 20267981.003.2019. URL: <https://npro-farro.ru/static/data/sto.pdf> (дата обращения: 15.09.2021).

29. Техника пожарная. Технические средства пожарной автоматики. Общие технические требования и методы испытаний [Электронный ресурс]: ГОСТ Р 53325-2012. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200102066> (дата обращения: 29.06.2021).

30. Технические средства пожарной автоматики. Общие технические требования и методы испытаний [Электронный ресурс]: ГОСТ Р 53325-2012. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200102066> (дата обращения: 14.04.2021).

31. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 28.07.2008 № 123 (ред. от 30.04.2021). URL: <http://rulaws.ru/laws/Federalnyy-zakon-ot-22.07.2008-N-123-FZ/> (дата обращения: 19.04.2021).

32. Технологическая инструкция по нанесению на бетонные поверхности композиции ОС-70-01, ОС-70-02, ОС-70-04 [Электронный ресурс]: ГОСТ Р 53284-2009. URL: ТУ 2312-003-23354769-2004. URL: 2312-003-23354769-2004

<https://tdmhz.ru/upload/iblock/df1/df130a4eed2826c4d63c15947022aefb.pdf?ysclid=12t4djpgb1h> (дата обращения: 09.02.2022).

33. Требования к оснащению объектов защиты автоматическими установками пожаротушения, системой пожарной сигнализации, системой оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре [Электронный ресурс]: Постановление правительства от 1 сентября 2021 года № 1464 URL: <https://docs.cntd.ru/document/608501243?marker=6520IM> (дата обращения: 17.03.2021).

34. Установки водяного пожаротушения автоматические. Общие технические требования. Методы испытаний [Электронный ресурс]: ГОСТ Р 50680-94. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200006830> (дата обращения: 16.09.2021).

35. Установки пенного пожаротушения автоматические. Общие технические требования. Методы испытаний [Электронный ресурс]: ГОСТ Р 50800-95. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200006829> (дата обращения: 10.10.2021).

36. Установки пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования [Электронный ресурс]: Свод правил СП 485.1311500.2020. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573004280> (дата обращения: 12.06.2021).

37. Установки порошкового пожаротушения автоматические. Модули. Общие технические требования. Методы испытаний [Электронный ресурс]: ГОСТ Р 53286-2009. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200071861> (дата обращения: 19.03.2022).

38. Фомин В.И. Краткий обзор развития автоматического пожаротушения [электронный ресурс]: электронная версия журнала «Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация» URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kratkiy-obzor-razvitiya-avtomaticheskogo-pozharotusheniya>? (дата обращения: 05.03.2021).

39. Хладоны. Виды и свойства [Электронный ресурс]: аналитический портал химической промышленности «Новые химические технологии»,



48. The History of Fire [Electronic resource]: Holland Fire Protection, electronic text data. URL: <https://hfirepro.com/the-history-of-fire-protection/> (date of treatment: 17.03.2021).

49. Woodford C. Fire Sprinklers [Electronic resource]: EXPLAINTHATSTUFF. URL: <https://www.explainthatstuff.com/firesprinklers.html> (date of treatment: 17.04.2021).