

ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ И ПОЖАРНАЯ АВТОМАТИКА

**Часть 2. АВТОМАТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ
ПОЖАРОТУШЕНИЯ. УЧЕБНИК**

2007

УДК 378(075,8):[614.8+681.5]

ББК 31.965+38.96я73

П80

Рецензенты:

Кандидат технических наук, начальник отдела
административно-правовой деятельности при осуществлении
ГПН и дознания по делам о пожарах УГПН МЧС России

С. П. Воронов

Заслуженный деятель науки РФ, доктор технических наук, профессор
заместитель начальника Центра обеспечения деятельности
федеральной службы МЧС России

В. В. Ильин

Заслуженный деятель науки и техники РФ, доктор технических наук,
профессор, ректор Университета комплексных систем безопасности
и инженерного обеспечения

М. М. Любимов

Бабуров В. П., Бабуринов В. В., Фомин В. И., Смирнов В. И.

П80 Производственная и пожарная автоматика. Ч. 2. Автоматические
установки пожаротушения: Учебник. – М.: Академия ГПС МЧС
России, 2007. – 298 с.

ISBN 5-9659-0047-3

В учебнике рассмотрены принципы построения технических средств пожарной автоматики. Даны методы расчета установок водяного, пенного, газового, порошкового и аэрозольного пожаротушения. Изложены принципы построения систем автоматической противопожарной защиты объектов, функционирования аппаратуры управления установками и микропроцессорных систем. Даны основные понятия надежности систем пожарной автоматики. Раскрыты основные принципы проектирования и организации эксплуатации систем автоматической противопожарной защиты.

Учебник предназначен для слушателей высших учебных заведений пожарно-технического профиля.

Введение, гл. 1, 7 и 9 написаны канд. техн. наук В. И. Фоминым, гл. 5 и 8 – канд. техн. наук В. П. Бабуровым; гл. 2 и 3 – В. П. Бабуровым и В. И. Смирновым, гл. 4 – канд. техн. наук, доц. В. В. Бабуриным; гл. 6 – В. И. Смирновым.

УДК 378(075,8):[614.8+681.5]

ББК 31.965+38.96я73

ISBN 5-9659-0047-3

© Академия Государственной противопожарной
службы МЧС России, 2007

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
Глава 1. АВТОМАТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ ПОЖАРОТУШЕНИЯ	5
1.1. Исторические сведения об установках пожаротушения	5
1.2. Классификация, область применения и основные требования к установкам пожаротушения	21
Глава 2. АВТОМАТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ ВОДЯНОГО ПОЖАРОТУШЕНИЯ.....	25
2.1. Назначение, устройство и работа установок водяного пожаротушения	25
2.1.1. Функциональная схема и режимы функционирования водяных АУП.....	25
2.1.2. Спринклерные и дренчерные установки, их виды, схемы, принципы действия, область применения.....	26
2.1.3. Конструктивные особенности элементов и узлов водяных АУП. Оросители, узлы управления, водопитатели, устройства для хранения огнетушащего вещества, приборы контроля, клапаны.....	30
2.2. Локальные и модульные автоматические установки пожаротушения (АУП)	42
2.3. Основные сведения о паровых установках пожаротушения	48
2.4. Роботизированные установки пожаротушения	49
2.5. Гидравлический расчет спринклерных и дренчерных водяных АУП.....	53
2.6. Электроуправление и сигнализация водяных АУП	60
2.7. Методики проверки работоспособности и приемки в эксплуатацию водяных АУП. Требования к эксплуатации водяных АУП	65
Глава 3. АВТОМАТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ ПЕННОГО ПОЖАРОТУШЕНИЯ	68
3.1. Назначение, устройство и работа установок пенного пожаротушения	68
3.2. Гидравлический расчет спринклерных и дренчерных установок пенного пожаротушения.....	80
3.3. Расчет автоматических установок пенного пожаротушения для защиты резервуаров с огнеопасными жидкостями.....	83
3.4. Установки пожаротушения высокократной пеной.....	88
3.4.1. Расчет параметров установок пожаротушения высокократной пеной	90
Глава 4. АВТОМАТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ ГАЗОВОГО ПОЖАРОТУШЕНИЯ	92
4.1. Классификация и область применения газовых установок пожаротушения	93
4.2. Общие требования, предъявляемые к установкам автоматическим газового пожаротушения (УАГП)	100
4.2.1. Требования к аппаратуре управления установок автоматических газового пожаротушения	102

4.2.2. Требования к помещению станции пожаротушения	111
4.3. Устройство и принцип работы установок газового пожаротушения	112
4.3.1. Конструкция установок газового пожаротушения.....	112
4.3.2. Запорно-пусковые устройства установок автоматических газового пожаротушения.....	132
4.3.3. Выпускные насадки установок автоматических газового пожаротушения.....	140
4.4. Виды и характеристика газовых огнетушащих средств	143
4.5. Расчет установок газового пожаротушения.....	152
4.5.1. Расчет установок хладонного пожаротушения.....	155
4.5.2. Расчет установок углекислотного пожаротушения	161
4.5.3. Расчет установок пожаротушения с регенерированными озоноразрушающими газовыми огнетушащими составами	165
4.5.4. Расчет установок с применением сжатых газов.....	170
4.5.5. Методика расчета сбросных отверстий.....	173
4.6. Испытание смонтированных установок газового пожаротушения	173
4.6.1. Общие сведения.....	173
4.6.2. Методика проведения испытаний установок автоматических газового пожаротушения.....	174
Глава 5. АВТОМАТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ ПОРОШКОВОГО ПОЖАРОТУШЕНИЯ	177
5.1. Назначение, устройство и работа установок порошкового пожаротушения	177
5.1.1. Особенности применения порошка в автоматических установках пожаротушения	177
5.1.2. Автоматические модули порошкового пожаротушения.....	180
5.1.3. Установки порошкового пожаротушения	182
5.1.4. Электроуправление установками порошкового пожаротушения	184
5.2. Расчет установок порошкового пожаротушения.....	185
5.2.1. Особенности проектирования установок порошкового пожаротушения.....	185
5.2.2. Расчет автоматических установок порошкового пожаротушения модульного типа.....	186
5.2.3. Расчет импульсных установок порошкового пожаротушения.....	188
5.3. Особенности размещения, монтажа и эксплуатации установок порошкового пожаротушения.....	191
5.3.1. Требования к размещению оборудования установок порошкового пожаротушения	191
5.3.2. Требования к защищаемым помещениям.....	192
5.3.3. Требования к монтажу, испытаниям и сдаче в эксплуатацию	192
5.3.4. Особенности эксплуатации установок порошкового пожаротушения.....	193

Глава 6. АВТОМАТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ АЭРОЗОЛЬНОГО ПОЖАРОТУШЕНИЯ.....	195
6.1. Назначение, область применения и классификация аэрозольных автоматических установок пожаротушения.....	195
6.2. Конструктивные особенности аэрозольных АУП	200
6.3. Проектирование и расчёт аэрозольных АУП.....	208
Глава 7. АВТОМАТИЧЕСКАЯ ПОЖАРНАЯ ЗАЩИТА МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ЗДАНИЙ ПОВЫШЕННОЙ ЭТАЖНОСТИ.....	221
7.1. Структура систем АППЗ и их основные функции.....	221
7.2. Технические средства защиты людей от опасных факторов пожара, их размещение.....	225
7.3. Системы оповещения о пожаре и управления эвакуацией людей.....	232
Глава 8. НАДЕЖНОСТЬ УСТАНОВОК ПОЖАРНОЙ АВТОМАТИКИ	235
8.1. Эффективность систем пожарной автоматики	235
8.2. Основные понятия теории надежности.....	236
8.3. Оценка надежности систем пожарной автоматики на этапе проектирования.....	244
8.4. Оценка показателей надежности на этапе эксплуатации АУП.....	250
8.5. Методы обеспечения надежности установок пожарной автоматики и роль органов ГПН в обеспечении надежности	254
Глава 9. ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ УСТАНОВОК ПОЖАРНОЙ АВТОМАТИКИ	257
9.1. Обоснование необходимости и выбор вида АППЗ.....	257
9.2. Определение группы защищаемого помещения по степени опасности развития пожара. Выбор основных нормативных параметров для проектирования АУП	263
9.2.1. Определение группы защищаемого помещения	263
9.2.2. Выбор и обоснование расчетных параметров АУП.....	266
9.3. Стадии проектирования. Проектные организации. Документы, регламентирующие проектирование	267
9.4. Основные принципы анализа проектных решений систем пожарной автоматики	269
9.5. Структура и организация эксплуатации. Проверка работоспособности и комплексные испытания автоматических установок пожаротушения	283
9.5.1. Методика расчета численности обслуживающего персонала	289
ЛИТЕРАТУРА	292

Введение

Изучение пожарной автоматики в высших учебных заведениях пожарно-технического профиля необходимо для решения практических задач, стоящих перед работниками Государственного пожарного надзора по контролю за проектированием, монтажом и эксплуатацией систем автоматической противопожарной защиты. Решение этих задач обусловлено выполнением функций Госпожнадзора в соответствии с Федеральным законом о пожарной безопасности № 69 ФЗ от 21.12.1994 г., Положением о Государственном пожарном надзоре (утверждено постановлением № 820 Правительства Российской Федерации от 21.12.2004 г.) и Инструкцией по организации и осуществлению государственного пожарного надзора в Российской Федерации (приложение к приказу МЧС России от 17.03.2003 г. № 132, зарегистрировано в Минюсте 30.04.2003 г. № 4477).

Технические средства пожарной автоматики разрабатываются и производятся для монтажа на объектах в соответствии с требованиями государственных стандартов России и технических условий на каждый элемент установки. Контроль осуществляется независимыми испытательными лабораториями, аккредитованными Центральным Органом Системы Сертификации в области пожарной безопасности в Российской Федерации, с выдачей сертификата пожарной безопасности.

Проектирование пожарной автоматики производится в соответствии со СНиП, НПБ и другими руководящими документами.

Монтаж пожарной автоматики на объектах осуществляется в соответствии с ведомственными строительными нормами и руководящими документами, согласованными с Управлением ГПН МЧС России.

Эксплуатация установок пожарной автоматики производится в соответствии с технической документацией производителя.

Работы и услуги в области проектирования, монтажа и эксплуатации пожарной автоматики предприятия могут оказывать только при наличии лицензии, выданной органами ГПС.

Таким образом складывается строгая система нормативной документации, которая позволяет создать единые требования к автоматической противопожарной защите объектов.

Пожарная автоматика является одним из эффективных технических средств борьбы с пожарами. Однако эффективность достигается только в том случае, если на всех этапах от производства технических средств до эксплуатации систем на объекте соблюдаются требования нормативно-технической документации.

Основные терминологические понятия в области пожарной автоматики определяются по ГОСТ 12.2.047–86 (ССПБ Пожарная техника. Термины и определения). В соответствии с ГОСТом установка пожаротушения – это совокупность технических средств для тушения пожара за счет выпуска огнетушащего вещества; установка пожарной сигнализации – это совокупность технических средств, установленных на защищаемом объекте, для обнаружения пожара, обработки, представления в заданном виде извещения о пожаре на этом объекте, специальной информации и (или) выдачи команд на включение автоматических установок пожаротушения и технологических устройств.

Установки противопожарной защиты объекта могут объединяться в единую систему – автоматизированную систему управления пожарной безопасностью (АСУПБ).

Глава 1

Автоматические установки пожаротушения

1.1. Исторические сведения об установках пожаротушения

Первая установка водяного пожаротушения была предложена в 1769 г. соратником И. И. Ползунова К. Д. Фроловым. В феврале 1770 г. К. Д. Фролов представил управляющему Змеиногорским рудоуправлением (Алтайский край) модель и подробное описание установки. Изобретение представляло собой стационарную насосную установку с водопроводной сетью для автоматического пожаротушения. Изобретение К. Д. Фролова по распоряжению управляющего рудоуправлением было положено в архив и даже не было запатентовано. Через 36 лет в 1806 г. аналогичная автоматическая установка водяного пожаротушения была запатентована англичанином Дж. Кэри. Он предложил проложить в защищаемом помещении сеть трубопроводов от водонапорного бака, а на сети установить оросители с мелкими отверстиями. В защищаемом помещении протягивался горючий шнур, при перегорании которого открывались замки, удерживающие клапан, клапан освобождался, и вода поступала к оросителям.

Первые спринклерные установки начали появляться в конце XIX в. после того, как англичанин С. Гаррисон в 1864 г. разработал спринклерный ороситель. Большую роль в развитии спринклерных установок сыграли предприимчивые американцы – Г. Пармели и Ф. Гриннель. В конце 60-х гг. XIX в. они развили бурную деятельность по усовершенствованию, производству и внедрению этих систем во многих странах мира. Первые автоматические установки водотушения фирмы «Гриннель» появились в Западной Европе в 1882 г., а в 1902 г. Ф. Гриннель запатентовал запорно-пусковое устройство, явившееся прообразом нынешних запорно-пусковых устройств в спринклерных установках.

В России спринклерные установки начали появляться в конце XIX в. Популяризировали их многие русские инженеры и среди них А. А. Пресс, работы которого по защите предприятий спринклерными установками неоднократно издавались как в предреволюционное время, так и в годы советской власти. К 1918 г. в России насчитывалось около 900 предприятий текстильной, резиновой и мебельной промышленности, оборудованных спринклерными установками [1–3].

В 1926 г. в стране было организовано акционерное общество «Спринклер», которое занималось внедрением новых и восстановлением вышедших из строя спринклерных установок.

Примером автономной автоматической установки водяного пожаротушения может служить стационарный автоматический щелочно-кислотный огнетушитель «Шеф» конструкции изобретателя Фальковского. Огнетушитель состоял из двух основных частей: собственно огнетушителя и связанного с ним электрического сигнализационного устройства, а также приспособления для приведения огнетушителя в действие. Зарядом для огнетушителя служат: растворяемые в 60 кг воды 6 кг двууглекислой соды; 850 г серной кислоты. Раствор соды (щелочной) наливается в корпус огнетушителя, а серной кислотой наполняется помещаемая в сетчатом цилиндре кислотная колба, внутрь колбы вставляется стержневой ударник, который приводится в действие грузом, удерживаемым от падения легкоплавкой пробкой термостата, изготовленной из сплава Вуда. Термостат представляет собой рамку с пружинными металлическими контактами, разъемными эбонитовой (или фибровой) пластиной-ножом, на металлическую рукоятку которого напаивают легкоплавкую пробку. От контактов термостата сигнал передается на приемно-контрольный прибор, который выдает звуковой и световой сигналы (электрическим звонком и электрической лампочкой).

В 1927 г. М. Порфирьев впервые предложил методику приближенного расчета спринклерных установок, которая позднее (в 1933 г.) была уточнена и дополнена инженером В. Г. Лобачевым.

Наиболее полные и систематизированные (для того времени) сведения об устройстве и эксплуатации спринклерных и дренчерных установок содержатся в книге Е. А. Тейхмана «Спринклерное и дренчерное оборудование» (1937 г.).

В предвоенные годы на основе обстоятельных исследований по гидравлике Н. А. Тарасова-Агалакова окончательно сформировалась методика расчета спринклерных и дренчерных установок. Она используется в практике проектирования и учебном процессе Академии ГПС МЧС России в настоящее время.

Установки водяного пожаротушения получили наибольшее распространение в автоматической противопожарной защите. Распределение водяных установок пожаротушения (УПТ) по отраслям народного хозяйства характеризуется следующими данными: объекты промышленности – 77 %; культурно-зрелищные учреждения – 7,8 %; объекты энергетики – 6,2 %; склады, базы – 3 %; прочие объекты – 6 %.

Применение пены для тушения пожаров было предложено русским инженером А. Г. Лораном в 1902 г. Первые опыты А. Г. Лоран проводил с раствором бикарбоната в воде, действуя на него кислотой. В качестве пенообразователя был применен лакричный экстракт. Пена, полученная таким образом, была названа химической. А. Г. Лоран также впервые

применил отдельную подачу кислотного и щелочного раствора к месту пожара по трубам с помощью насоса. О результатах своих исследований А. Г. Лоран доложил 1 декабря 1904 г. на заседании химической секции Русского технического общества. Поиск эффективных огнетушащих средств привел к разработке воздушно-механической пены, предложенной А. Г. Лораном. Он получил воздушно-механическую пену с помощью углекислоты. К сожалению, эти изобретения не нашли применения в России. Ряд патентов А. Г. Лоран, крайне нуждающийся в средствах, продал в Германию. По патенту, купленному у А. Г. Лорана, фирма «Тоталь» (Германия) начала выпускать оборудование для тушения пожара воздушно-механической пеной.

В начале XX в. российское акционерное общество «ШЭФ» разработало и начало выпускать автоматические установки химического пенного тушения с теплотросовым пуском. В 20-х гг. XX в. автоматические установки химического пенного тушения были несколько усовершенствованы инженером С. Д. Богословским, который вместе с М. Г. Холуевым создал пенный спринклер и разработал схему установки.

В конце 20-х – начале 30-х гг. совершенствование пенных средств тушения проходило в основном по линии создания огнетушителей и стационарных установок неавтоматического действия, а также разработки рецептур различного типа пенообразующих веществ. Так, в СССР в 1927 г. В. И. Гвоздевым-Ивановским был создан пеногенераторный порошок.

В Центральной научно-исследовательской пожарной лаборатории (ЦНИИПЛ) успешно вел работы по использованию воздушно-механической пены для тушения пожаров Л. М. Розенфельд. Ему принадлежит изобретение в 1937 г. высокократной воздушно-механической пены, рецептуры «масляной пены» (применялась для тушения спиртов), а также создание установки для тушения спиртов. ЦНИИПЛ были разработаны пеноаккумуляторы для получения химической пены и воздушно-пенная установка, действующая по принципу двойной эжекции.

Автоматические реактивные пенные установки выпускались двух типов: установки, действующие от смешения пенообразующих растворов самотеком, под влиянием их тяжести, и предназначенные для обслуживания объектов с небольшой защищаемой площадью (небольшого диаметра резервуары и баки с ЛВЖ) посредством подачи пены компактной струей; установки, действующие под давлением сжатых газов и оборудуемые для защиты объектов, имеющих большие защищаемые площади (производственные и складские помещения), в которых подача пены осуществляется спринклерными оросителями.

Автоматические установки обоих типов практически всегда соединялись с сигнализационными устройствами, немедленно извещавшими о

начале их работы. Установка представляла собой медный освинцованный цилиндрический бак с поперечной перегородкой, разделяющей бак на две равные части. Одна часть бака заполнялась содоволакричным (или сапониновым) раствором, а другая – слабокислотным раствором сернокислого алюминия (или глинозема). Наполнение каждой половины бака производилось через симметрично расположенные на этих половинках отверстия, закрываемые крышками. Посередине бака монтировалась смесительная камера. При помощи эксцентриковой оси бак укреплялся подвижно в железной раме. На баке с помощью кронштейна, неподвижно устанавливаемого на верхней части рамы, оборудовалось сигнально-контактное устройство. Заряженный бак при помощи цепочки, имеющей одно или несколько звеньев из легкоплавкого металла, устанавливался в наклонном положении. Один конец легкоплавкой цепочки прикреплялся к корпусу бака, а другой – к одному из пружинных, рычажных контактов сигнализационного устройства. В таком положении бак, стремясь опрокинуться крышками вниз, держал цепочку в натянутом положении, при котором цепочка оттягивала один контакт от другого.

В случае возникновения пожара расплавлялось легкоплавкое звено цепочки. Бак, не сдерживаемый цепочкой во взведенном состоянии на своей оси, опрокидывался крышками и смесительной камерой вниз. При таком положении бака пенообразующие растворы, лишь слегка прикрытые в своих отделах легкопадающими крышками, выливались в смесительную камеру, преобразуясь в пену, которая под давлением выделяющейся при этом углекислоты компактной массой покрывала горящую поверхность. Освобожденный вследствие разрыва цепочки контакт занимал свое первоначальное положение сомкнувшись (или разомкнувшись) с другим контактом. При этом приемно-контрольный прибор выдавал звуковой и световой сигналы и одновременно сигнализировал о работе пенной установки.

Пенные спринклерные установки выпускались в двух вариантах: по так называемой однопроводной и двухпроводной схеме. И те и другие действовали под давлением сжатых газов.

Примером *однопроводной пенной спринклерной установки* может служить установка, разработанная инженером Богословским. Установка состояла из двух баков (величины которых определялись размерами защищаемого помещения). Один бак предназначался для щелочно-лакричного, а другой – для слабокислотного раствора. В каждом баке монтировалась сифонная трубка. Концы сифонных трубок вводились в общую смесительную камеру. Питающий трубопровод соединял нижнюю часть смесительной камеры и распределительную сеть со спринклерными оросителями. На питающем трубопроводе (недалеко от смесительной камеры) устанавливался сигнальный манометр. Установка снабжалась компрессором

(или баллонами с жидкой двуокисью углерода), который соединялся с помощью трубопроводов с верхними частями баков, с щелочно-лакричным и слабокислотным растворами, и с верхней частью смесительной камеры. На этом трубопроводе устанавливались манометры, контролирующие создаваемое в установке компрессором давление (от 0,2 до 0,4 МПа).

При возникновении пожара срабатывал спринклер. После этого давление в смесительной камере, распределительной сети, питающем трубопроводе падало до атмосферного. Под действием оставшегося неизменным давления в баках щелочно-лакричный и слабокислотный растворы вгонялись в сифонные трубки и по ним поступали и в смесительную камеру. Вступая в смесительной камере в реакцию, растворы превращались в пену, которая под действием давления выделяющейся при реакции углекислоты подавалась в распределительную сеть к оросителям. Как только срабатывал первый спринклер, падало давление в трубопроводе распределительной сети и питающем трубопроводе. В этом случае срабатывал сигнальный манометр, замыкались электрические контакты сигнализационного устройства и выдавались звуковой и световой сигналы о возникновении пожара. Полученная таким образом пена имела низкую кратность.

Для получения пены более высокой кратности использовалась *двухпроводная спринклерная установка*. В установках данного типа, как и в однопроводных, имелся запас пенообразующих растворов, которые наливались в два бака одинаковой емкости. Растворы подавались по отдельным трубопроводам до самых спринклерных головок (или иных смесительных устройств). Растворы вытеснялись из баков в трубопроводы с помощью сифонных трубок под давлением сжатых газов (воздуха или двуокиси углерода), поступающих в баки от компрессорных установок (или от баллонов с сжатым воздухом или двуокисью углерода). До начала работы трубопроводы установки заполнялись газом от компрессорных установок (или от баллонов с двуокисью углерода), причем давление газов в трубопроводах и давление на растворы в баках устанавливалось одинаковым. Смешивание растворов, образование пены и ее разбрызгивание происходило с помощью специальных смесительных устройств – пенных спринклеров. Применяемые пенные спринклеры можно разделить на три типа: устройства, в которых растворы встречались и перемешивались; устройства, в которых растворы встречались на ходу; устройства, с помощью которых растворы смешивались свободно – в воздухе.

Примером первого устройства может служить спринклерная головка конструкции Богословского. Эта головка представляла собой металлический шар с отверстиями. Внутри этого шара имелись два металлических полушария, располагавшиеся своими краями на некотором расстоянии друг от друга. Внутри головки вводились трубопроводы для подачи щелочного и кислотного растворов. Отверстия труб внутри

головки закрывались клапанами, которые удерживались в прижатом состоянии с помощью замка, состоящего из двух шарнирно соединенных коленчатых рычагов. Длинные концы рычагов притягивались друг к другу при помощи специального металлического хомута, спаянного сплавом Вуда. Короткие концы рычагов обеспечивали закрывание клапанов.

При возникновении пожара расплавлялся легкоплавкий припой и распадались пластины хомута. Концы рычагов (нестягиваемые хомутом) расходились в стороны. Клапаны, закрывающие трубы под действием давления растворов, открывались. Растворы устремлялись во внутреннюю часть пенной головки и начинали смешиваться сначала в пространстве между глухими полушариями, а затем в концентрическом пространстве между наружной шаровой поверхностью головки и полушариями. Образующаяся при этом пена через отверстия в шаровой поверхности головки поступала в очаг пожара.

Так как при этом способе образования внутри шаровой головки пена не проходила длинного пути по трубопроводу, она выходит из аппарата компактной и стойкой.

Примером смесительного устройства второго типа может служить пенный спринклер конструкции Хелуева. Этот спринклер представлял собой двойную медную камеру, состоящую из цилиндрической части и кольцевой части, охватывающей цилиндрическую. Двойная медная камера имела два входных отверстия.

Одно отверстие вело в центральную цилиндрическую часть камеры, другое – в кольцевую часть. Через одно отверстие к головке по отдельной трубе подводился щелочно-лакричный, а через другое, также по отдельной трубе, – кислотный раствор. Отверстие в дне центральной части камеры связывало кольцевую и центральную части камеры. Дно кольцевой камеры представляло собой мембрану из тонкого мельхиорового листа с отверстием в центре. Мембрана зажималась ввертываемым снизу в тело головки медным кольцом со стремечком, внизу которого укреплялась разбрызгивательная розетка. Отверстие из центральной части камеры закрывалось стальным шариком, сающимся на слой мягкого металла. Выход из кольцевой части камеры закрывался стеклянным полусферическим клапаном, который поддерживался посредством медной чашечки обычным спринклерным замком. Стеклянный клапан, в свою очередь, поддерживал и прижимал к седлу шариковый клапан. Рассмотренная автоматическая пенная головка вводилась своими штуцерами в двойной трубопровод автоматической пенной спринклерной установки. При возникновении пожара плавился легкоплавкий сплав Вуда и распадался замок головки.

Открывались и выпадали наружу шариковый и полусферический клапаны. Находящиеся под давлением в трубах пенообразующие растворы устремлялись через отверстия в головке внутрь ее, в центральную и

кольцевую камеры, а из них – в общее выходное отверстие из головки. Встретившись на пути к выходному отверстию, растворы в результате быстрого химического взаимодействия превращались в пену, которая, вытекая под давлением через выходное отверстие, ударялась о спринклерную розетку и поступала в очаг пожара.

Примером смесительного устройства третьего типа может служить пенный спринклер системы Богословского. По этой системе для пенообразования могут быть сдвоены спринклеры любого типа (как Гриннеля, так и Линзера). Спринклеры располагались на определенном расстоянии выходными отверстиями друг к другу, неподвижно навинчивались на концы труб, подводящих от центральных баков пенной спринклерной установки пенообразующие растворы и располагавшихся под потолком защищаемого помещения. В вырезы на концах рычагов, плотно прижимающих к седлам клапаны с разбрызгивающими розетками и закрывающих выходные отверстия спринклеров, вводилась длинная медная рейка. К одному концу рейки присоединялась медная пластина, составленная с помощью сплава Вуда из нескольких отдельных частей. В таком состоянии сдвоенные спринклеры представляли собой жесткую систему, хорошо перекрывающую выходные отверстия разводящих труб заряженной пенной спринклерной установки, по которым к спринклерам подводились под определенным давлением пенообразующие растворы. В случае действия на сдвоенные спринклеры температуры пожара плавилась и распадалась замки спринклеров. Под давлением находящихся в спринклерных трубах пенообразующих растворов открывались и отбрасывались закрывающие отверстия спринклеров клапаны. Выбрасываемые из отверстий спринклеров щелочно-лакричный и кислотный растворы с силой ударялись о розетки спринклеров, разбрызгивались и конусообразной массой устремлялись навстречу друг другу. Сталкиваясь и смешиваясь в воздушном пространстве, щелочно-лакричные и кислотные капли жидкости вступали в химическую реакцию и образуемая при этом пена поступала в очаг пожара. Получаемая таким образом пена не проходила сквозь узкие каналы труб, не сминалась и не деформировалась, что обеспечивало ее максимальный огнетушащий эффект.

В 1936–1937 гг. был создан ряд пенообразователей для получения воздушно-механической пены, в том числе пенообразователь ПО-1 на основе керосинового контакта (в настоящее время снят с производства). В 1948–1951 гг. был разработан пенообразователь ПО-6 на основе нейтрализованного гидролизата технической крови крупного рогатого скота, который применяли до 1974 г. В 60–70-е гг. были созданы новые пенообразователи: ПО-2А (с использованием серийно выпускаемого моющего средства типа «Прогресс»), который представляет собой смесь акилсульфатов натрия на

основе серно-кислых эфиров вторичных спиртов (содержание активного вещества до 30 %); ПО-1Д (на основе 26–29%-ного раствора рафинированного алкиларилсульфоната, состоящего из смеси натриевых солей алкиларилнефтяных сульфокислот); ПО-3А (на основе моющего средства «Типол»), представляющий собой водный раствор натриевых солей, вторичных алкилсульфатов с содержанием 26–27 % активного вещества; ПО-6К – водный раствор нефтяных сульфокислот различного строения (содержание активного вещества 31–34 %); ПО-1С, предназначенный для тушения полярных жидкостей и представляющий собой пасту, приготовленную из рафинированного алкиларилсульфоната, альгината натрия и синтетического жирного спирта с длинной цепью (хранение пасты в водных растворах не допускается; перед применением она должна быть разбавлена водой на 88–89 %).

В конце 70-х – начале 80-х гг. ВНИИПО МВД СССР разработал серию новых высокоэффективных пенообразователей, среди которых ПО-3АИ («ИВА» – ингибированные вторичные алкилсульфаты) на основе сланцевых поверхностно-активных веществ (ПАВ) того же состава, что и ПО-3А. Пенообразователь понижает коррозионную активность материалов, биологически растворим (последнее очень важно с точки зрения борьбы с загрязнением окружающей среды), из него можно получить пену любой кратности (при 3%-ной концентрации водного раствора). Пенообразователь «САМПО» (принятое сокращение означает: С – спирт; А – алкил; М – мочевины, ПО – пенообразователь) создан также на основе ПАВ сланцевого происхождения, ингибированных специальными добавками, что делает его биологически растворимым. Он также обеспечивает пониженную коррозионную активность материалов, из него получают высокостойкую пену любой кратности; им можно тушить горящий ацетон. Антикоррозионными свойствами обладает пенообразователь ПО-1ДИ, им можно тушить ацетон.

Пенообразователь «ФОРЭТОЛ» выпускался по ТУ 60-270-84 и состоял из полиакриловой кислоты; перфторированного ПАВ, акрилсульфатов и ингибитора коррозии. Концентрация его раствора 10 %, предназначался для тушения спиртов.

Морозостойкие пенообразователи «Морозко» (ТУ 38-10969-83) и «Полюс» (ТУ 38-3026-83) рассчитаны на применение при температурах соответственно –30 и –50 °С.

В 50-х гг. за рубежом появились автоматические установки воздушно-пенного тушения. В Англии были применены воздушно-пенные автоматические установки тушения пожаров в закалочных ваннах. Более совершенные пенные спринклерные установки появились в Англии для пожарной защиты нефтеперерабатывающих заводов, в Германии и Швеции – для

пожарной защиты ангаров, эллингов и т. п. В этих установках использовались дозирующие устройства в виде резервуаров с пенообразователем и промежуточной «буферной» жидкостью, которая играла роль поршня при вытеснении пенообразователя водой. Такие дозирующие устройства чрезвычайно неудобны в эксплуатации, так как для вытеснения пенообразователя требуют подачи воды в резервуар с малой скоростью, что существенно ограничивает сферу их применения. Кроме того, используемые в этих устройствах генераторы пены орошают малые площади (9–12 м²) и работают в ограниченном диапазоне давлений.

В 1963 г. во ВНИИПО МВД СССР были разработаны более совершенные автоматические установки пенного пожаротушения спринклерного и дренчерного типов. В последующие годы (1965–1980 гг.) во ВНИИПО МВД СССР создаются установки пенного тушения для угольных шахт, кабельных туннелей, ангаров, маслоэкстракционных цехов, трансформаторов, резервуаров, многостеллажных складов, газокompрессорных станций. ВНИИПО МВД СССР и Специальная научно-исследовательская лаборатория ВНИИПО МВД СССР создают аппаратуру и установки с использованием воздушно-механической пены кратностью до 1000, а также запатентовали изобретение на применение пены с хладоновым наполнением. Установки пенного пожаротушения составляют 34 % от общего количества установок пожаротушения.

Впервые идея тушения пожаров с помощью инертных газов была высказана П. Шумлянским в работе «Дополнение к сочинению о способах против пожара», изданной в 1819 г. Метод газового тушения (в том числе и с помощью двуокиси углерода) был научно обоснован русским инженером-технологом М. Колесником-Кулевичем в книге «О противопожарных средствах» (1888 г).

Однако первые попытки применения инертных газов в стационарных установках относятся лишь к началу XIX в. Огнетушащая эффективность дымовых газов азота, двуокиси углерода, сернистого газа была сравнительно невысокой из-за разбавления продуктов реакции в зоне горения. В 20-х гг. был найден способ повышения эффективности двуокиси углерода благодаря переводу части ее (около 30–40 %) в снегообразное состояние. В этот период времени двуокись углерода применялась лишь для защиты судов и электродвигателей.

В 30-х гг. в ряде стран были разработаны новые огнетушащие средства на основе галоидопроизводных углеводородов. В числе первых соединений этого класса были бромистый метил и четыреххлористый углерод. Их огнетушащий эффект основывался на ингибировании пламени, т. е. на химическом торможении реакции горения. Первыми автоматическими устройствами с использованием бромметила были стационарные бромметилловые огнетушители французской фирмы «Автоматик». Данный

огнетушитель подвешивался за кольцо над подлежащим охране объектом: карбюратором мотора, трансформатором. В качестве побудителя в них использовался спринклер (рассчитанный на температуру вскрытия в среднем около 100 °С). Спринклер ввертывался в горловину, установленную на дне огнетушителя. Огнетушители выпускались емкостью 0,25–5 л и более.

Автоматические огнетушители с четыреххлористым углеродом получили наибольшее распространение для защиты автомобилей и самолетов. В качестве устройства, обеспечивающего вытеснение четыреххлористого углерода из емкости, в них использовался баллончик с углекислотой. Баллончик имеет механический привод ударного действия. Огнетушители данного типа выпускались русским заводом «Огнетушитель».

Автоматические огнетушители «Тетра-Инимакс» и «Авто-Минимакс» отличались от рассмотренных выше тем, что для выбрасывания четыреххлористого углерода в них использовались как жидкие щелочно-кислотные патроны, так и сухие (патроны служили для образования газообразной углекислоты, вытесняющей четыреххлористый углерод).

Автоматическая установка системы «Филякс», которая применялась для защиты самолетов, имела уже систему обнаружения пожара. Данная система состояла из температурной головки, патрон которой, благодаря быстрому испарению находящегося в нем вещества, в случае пожара обеспечивал резкое повышение давления. Под действием высокого давления срабатывал пороховой патрон, от взрыва которого перемещался ударник. Ударник разбивал колбу с серной кислотой в сухом щелочно-кислотном патроне. Образовавшийся углекислый газ вытеснял четыреххлористый углерод из емкости. При взрыве порохового патрона включалось сигнальное устройство, и пилот немедленно узнавал о пожаре в двигательном отсеке самолета.

Для защиты электрических генераторов Гострест «Спринклер» применял автоматические стационарные установки углекислотного тушения следующей конструкции. Установка состояла из шести установленных на весах и соединенных последовательно углекислотных сифонных баллонов с вентилями пробивного действия. Часть баллонов использовалась для мгновенного, а часть для замедленного действия. При возникновении пожара срабатывал тепловой извещатель, на табло загорался сигнал «Пожар» с указанием места возникновения. Затем срабатывало реле, обеспечивающее подачу углекислоты в соответствующем направлении, освобождался груз, который, падая, открывал вентиль на соответствующем ответвлении. После этого срабатывало главное реле на распределительном устройстве и освобождался рычаг, удерживающий во взведенном состоянии груз, который, падая, переворачивал ртутник (действовал по принципу переливания ртути через малое отверстие из одного отделения в другое и замыкания

контактов). Далее срабатывало электромагнитное реле на вентиле каждого баллона с двуокисью углерода, освобождались грузы, которые, падая, приводили в действие трубчатые ударники, прорезавшие мембраны вентилях и открывавшие выход из баллонов углекислоты. К моменту, когда опорожнялись баллоны мгновенного действия и тушился пожар, перевернувшийся ртутник приводил в действие реле баллонов замедленного действия, которые последовательно, с промежутками времени, открывали баллоны. Двуокись углерода выходила из баллонов в течение продолжительного времени, поступала к затушенному генератору и охлаждала его. Таким образом данная установка обеспечивала тушение и охлаждение генераторов на ходу без их отключения.

Несмотря на более высокую огнетушащую эффективность, бромметил и четыреххлористый углерод не смогли вытеснить двуокись углерода из-за своей токсичности и коррозионности. Поэтому во многих странах, вплоть до окончания Второй мировой войны, суда, самолеты и промышленные объекты защищались в основном установками с двуокисью углерода. Однако в ходе Второй мировой войны стала очевидной недостаточная эффективность двуокиси углерода и остро встал вопрос о разработке новых, более совершенных средств тушения. В 1943 г. в Германии был разработан рецепт огнетушащего состава с условным названием «СВ», основным компонентом которого являлся хлорбромметан. По огнетушащей эффективности он в несколько раз превосходил двуокись углерода. После разгрома фашистской Германии США, Англия, захватив патенты немецких фирм, наладили у себя производство огнетушащих веществ на основе хлорбромметана.

В СССР группа сотрудников под руководством Н. И. Мантурова в 1945–1960 гг. разработала целую серию высокоэффективных средств тушения на основе смесей бромэтила и бромметилена с углекислотой: УНД, «3,5», «7», БМ, БФ-1, БФ-2 и др.

Достоинство галоидированных углеводородов не только в повышенной огнетушащей эффективности, но и в возможности использования их для тушения тлеющих материалов, поскольку они обладают хорошей смачивающей способностью. Кроме того, эти составы, имея низкие температуры замерзания, могут применяться для тушения пожаров в условиях Крайнего Севера.

В начале 70-х гг. во ВНИИПО МВД СССР была разработана еще одна группа весьма эффективных средств тушения: хладон 114В2, смесь хладона 114В2 и хладона 13В1, углекислотно-хладоновый и азотно-хладоновый составы, а также был найден способ эффективного использования жидкого азота.

В автоматических установках газового и аэрозольного пожаротушения (УГАПТ) используются обычно 40-литровые транспортные баллоны. Это неудобно с точки зрения эксплуатации и приводит к значительному увеличению металлоемкости установок. ВНИИПО МВД СССР предложил установку с использованием двуокиси углерода при пониженном давлении (около 2 МПа) и отрицательной температуре (-20°C), хранящейся в крупногабаритных изотермических емкостях вместимостью 1000–3000 кг. Применение данных установок весьма перспективно как с точки зрения эффективности и экономичности тушения пожаров, так и по соображениям защиты окружающей среды (многократно уменьшены утечки CO_2 в воздух помещений, а затем в атмосферу). Кроме большой металлоемкости, баллонные газовые установки имеют ряд недостатков, среди которых главные – сложность схемного решения, необходимость разветвленных коммуникаций, что делает их недостаточно надежными. В конце 70-х гг. на Московском экспериментальном заводе «Спецавтоматика» налажен выпуск упрощенных автоматических установок газового пожаротушения с пневматическим пуском (УАГП) и электропуском (БАГЭ). В начале 80-х гг. ВНИИПО МВД СССР разработал, а Ждановский механический завод с 1986 г. начал серийный выпуск установок автоматического пожаротушения УАП-А (автономного действия с термоприводом в виде спринклерной головки) и УАП-М (модульный вариант объемного тушения с электропуском). Эти установки представляли собой малогабаритные емкости (на 5,8 и 16 л), заряжаемые хладагентами или порошковыми составами. Упрощению схемно-конструктивных решений и повышению надежности УГАПТ посвящены и некоторые разработки сотрудников кафедры пожарной автоматики Академии ГПС МЧС России.

Калининским СКБ «Спецавтоматика» разработана малогабаритная хладонная батарея УФМ-14М, выпускаемая Одесским экспериментальным заводом «Спецавтоматика» и предназначенная для небольших по объему помещений (до 60 м^3) – вычислительных и информационно-вычислительных центров, научно-исследовательских учреждений, музеев и других объектов.

Наибольшее распространение УГАПТ получили в ряде пожароопасных отраслей промышленности (около 80 % от общего количества), на объектах энергетики (около 9 %), в музеях (около 1 %).

По виду огнетушащего вещества УГАПТ характеризуются следующими данными: двуокись углерода – 37,6 %; хладон 114В2 – 9,6 %; азот – 2,5 %; аргон – 0,5 %.

Как показали наблюдения, хлор, фтор и бром, входящие в состав хладонов, оказывают разрушающее воздействие на озоновый слой Земли. В связи с этим, в 1987 г. был подписан Монреальский протокол,

ограничивающий применение хладонов. Для уменьшения влияния хладонов на озоновый слой Земли проводятся работы по его замене. Эти работы идут в двух направлениях:

- синтез веществ того же класса – хлорфторуглеводородов, обладающих низким озоноразрушающим действием;
- поиск составов на основе известных огнетушащих веществ, обладающих необходимой совокупностью огнетушащих и эксплуатационных характеристик.

Одним из таких веществ является гексафтористая сера (гексафторид серы), или элегаз (SF_6). От большинства остальных галогенидов серы SF_6 отличается своей исключительной химической инертностью, обусловленной его структурой.

Другим классом огнетушащих веществ, альтернативных хладам, являются аэрозолеобразующие составы (АОС). Аэрозолеобразующие составы используются в установках аэрозольного пожаротушения.

Автоматическая установка аэрозольного пожаротушения состоит из устройства пожарной сигнализации (УПС), одного или более генераторов огнетушащего аэрозоля (ГОА) в зависимости от объема защищаемого помещения и соединительных линий. Принцип действия УАПТ данного типа состоит в следующем: при срабатывании извещателей пожарной сигнализации подается командный импульс на блок управления, который вырабатывает сигнал запуска ГОА. При этом происходит срабатывание исполнительного устройства, которое инициирует заряд аэрозолеобразующего состава. При горении АОС образуется высокодисперсный аэрозоль, состоящий из твердых частиц и инертных газов, который заполняет объем защищаемого помещения и длительное время (до 30–40 мин) находится во взвешенном состоянии. При этом концентрация кислорода в объеме защищаемого помещения снижается незначительно (на 1–3 %). Основное огнетушащее действие на пламя оказывают твердые частицы аэрозоля, высокая огнетушащая эффективность которых определяется их мелкодисперсным состоянием и специально подобранным составом. Аэрозоль после тушения удаляется вентилированием с помощью приточно-вытяжной вентиляции, а налет частиц, осевших на поверхностях, – пылесосом и влажной уборкой (при необходимости).

Исторические документы содержат сведения о случаях применения порошковых средств тушения пожаров еще более 200 лет тому назад. В 1770 г. артиллерийский полковник Рот потушил пожар в магазине г. Эссlingen (Германия), забросив в помещение бочку, начиненную алюминиевыми квасцами и содержащую пороховой заряд. При взрыве заряда бочка разрушилась, квасцы распылились и вместе с продуктами сгорания пороха потушили пожар.

Взрывной способ распыления порошка впоследствии (в конце XVIII и в течение XIX в.) использовался многими изобретателями при создании различного рода огнетушащих приспособлений с дистанционным приведением в действие. Однако научное обоснование применения порошковых составов как средств тушения впервые было дано русским инженером-технологом М. Колесником-Кулевиным в работе «О противопожарных средствах» (1888 г.). Идея порошкового пожаротушения была практически реализована в России в конце 90-х гг. XIX в. в виде автоматического огнетушителя под названием «Пожарогас», созданного Н. Б. Шефталем. Этот огнетушитель представлял собой шестигранную картонную коробку, которая наполнялась огнетушащими веществами (двууглекислой содой, квасцами или сернокислым аммонием, с примесью к ним до 10 % инфузорной земли и такого же количества асбестовых очесок). Внутри коробки вставлялся картонный стакан, в который помещался спрессованный из нескольких слоев бумаги полый картонный патрон, имеющий стенки толщиной до 2 см. Стакан заполнялся солями с им примесями. Патрон наполнялся пороховой массой (до 800 г.). От пороховой массы на верхнее днище огнетушителя выводился бикфордов шнур, который оканчивался пороховой ниткой. Пороховая нитка закрывалась особым картонным футляром, который был забандеролен и имел ленту для быстрого срывания футляра и обнажения пороховой нити. Бикфордов шнур (фитиль) изолировался от окружающих его солей плотной картонной трубкой, причем шнур на всем своем протяжении внутри изоляционной трубки соединялся с тремя-четырьмя хлопушками.

«Пожарогас Шефталя» изготовлялся трех объемов: на 8, 6, 4 кг солей. В случае необходимости применения огнетушителя при помощи ленты быстро срывали изолирующий пороховую нить картонный футляр, обнажали и поджигали нить, а огнетушитель бросали через открытую дверь или окно в горящее помещение.

В последующих конструкциях «Пожарогаса» прибор разделялся вертикальными картонными перегородками на 6 ячеек. Ячейки заполнялись различными огнетушащими веществами в целях лучшего их взаимодействия в момент использования огнетушителя. Идеи, положенные в основу «Пожарогаса», получили дальнейшее развитие в конструкции сухого спецогнетушителя ЦНИПЛ. Сухой спецогнетушитель ЦНИПЛ представлял собой сухой, безопасный огнетушитель мгновенного действия, который состоял из картонного корпуса – бомбы, заполненной сухой огнетушащей смесью соды, песка и извести; пиротехнического заряда, состоящего из картонного герметического цилиндра, находящегося в середине бомбы и снаряженного пороховой смесью; запального приспособления – бахромки из киноплёнки, очищенной от эмульсии. Запальное приспособление соединялось

с пиротехническим зарядом посредством картонной трубки, внутри которой была проложена стопиновая нить. Для защиты бахромки от повреждений на нее надевали картонный колпачок. Огнетушитель имел деревянную ручку и металлический стержень (служил остовом корпуса).

Взрыв бомбы происходил от соприкосновения бахромки с пламенем. Бахромка при этом загоралась и поджигала стопиновую нить, от которой, в свою очередь, воспламенялась пороховая смесь пиротехнического заряда. Под действием давления, образующегося при взрыве пороховых газов, корпус огнетушителя разрывался, и огнетушащая смесь разбрасывалась. Силой взрыва сбивалось пламя с горячей поверхности и огнетушащая смесь засыпала тонким слоем горящую поверхность.

На смену «Пожарогасу» пришли переносные и перевозные огнетушители «Тайфун-Гигант», промышленный выпуск которых был начат в СССР в 1924 г. В огнетушителях типа «Тайфун» порошок выбрасывался в очаг пожара с помощью двуокиси углерода, которая подавалась из баллона, смонтированного на корпусе огнетушителя. Заряд переносного огнетушителя «Тайфун» составлял 45 кг порошка бикарбоната натрия, а в «Тайфуне-Гиганте» – 90 кг.

Бурное развитие в 50 – 60-х гг. XX в. таких отраслей промышленности, как химическая, нефтехимическая, нефтеперерабатывающая, привело к появлению множества веществ (щелочные металлы, кремний и металлоорганические соединения, сжиженные газы, полярные жидкости: спирт, ацетон и др.), тушение пожаров которых традиционными огнетушащими средствами (вода, пена, газ) не давало требуемого эффекта, а в ряде случаев было просто невозможным. Поэтому во многих странах вновь вернулись к порошковому пожаротушению. С середины 50-х гг. и по настоящее время в Англии, Германии, Франции, США, Италии, России и в ряде других стран были разработаны и запатентованы многие десятки рецептур порошковых составов. В середине 60 – начале 70-х гг. во ВНИИПО МВД СССР на основе различных порошковых составов были созданы ручные огнетушители («Спутник», «Турист», «Момент», ОП на 1, 2, 5 и 10 кг порошка), а также передвижные огнетушители СИ-120, ОПП-100 и ОПП-250 (цифры обозначают массу порошка в килограммах).

В конце 60-х гг. М. Н. Исаевым были проведены исследования транспортировки и распыления порошка с помощью стационарной установки с автоматическим приводом. По результатам исследований были разработаны методики расчета и рекомендации по проектированию установок порошкового пожаротушения. На основе исследований, проведенных в ВИПТШ МВД СССР, была разработана методика расчета распределительной сети для помещений большой высоты. В 1983 г. Ждановский механический завод начал серийный выпуск автоматического порошкового

огнетушителя типа ОПА, разработанного Киевским филиалом ВНИИПО МВД СССР. Здесь же были освоены и модульные установки на базе огнетушителя ОПА-100.

ВНИИПО МВД СССР совместно с Институтом химической физики АН СССР и Ворошиловградским машиностроительным ПТИ в середине 70-х гг. разработал автоматическую систему локального пожаротушения порошком. Во ВНИИПО МВД СССР были разработаны также малогабаритные автоматические установки порошкового тушения УАП-А (автономного действия) и УАП-М (модульные), которые с 1986 г. выпускались Ждановским механическим заводом.

В 90-х гг. РАО Газпром «Кубаньгазпром» начат выпуск автоматической установки пожаротушения АУПТ-2М. Установка предназначалась для тушения горящих жидкостей и газов и электроустановок под напряжением (до 1000 В) на объектах народного хозяйства (кроме веществ, горение которых может происходить без доступа воздуха). В качестве огнетушащего вещества в установке использовался порошок Пирант-А в количестве (70 ± 4) кг.

Впервые идея тушения пожаров водяным паром была научно обоснована в работе русского инженера-техника М. Колесника-Кулевича. В 1900 г. инженер И. А. Вермишев впервые организовал опыты по тушению горячей нефти испаряющейся (кипящей) водой. Еще в 1893 г. во время пожара на нефтепромысле он заметил «вскипание» нефти в открытом нефтяном «амбаре», на дне которого хранилась вода. «Вскипавшая» нефть перелилась через обваловку «амбара» и потухла. Заинтересовавшись этим явлением, И. А. Вермишев провел многочисленные опыты по тушению горячей нефти водой, в результате которых он пришел к выводу, что наибольший эффект тушения достигается при вскипании воды и превращении ее в пар. Его доклад «Применение кипящей воды для тушения пожара» был одобрен Одесским отделением Русского технического общества, а особая комиссия провела ряд опытов и подтвердила выводы И. А. Вермишева. Результаты своих опытов И. А. Вермишев представил на суд выдающегося русского химика Д. И. Менделеева, который отнесся к ним весьма одобрительно. В ноябре 1900 г. в Петербурге были проведены опыты по тушению горячей нефти сплошными водяными распыленными струями, а также кипящей водой. Опыты подтвердили результаты, полученные И. А. Вермишевым.

Однако пар для тушения пожаров начал применяться позже и прежде всего на судах. На промышленных объектах тушение пожаров паром стало использоваться с середины 20-х гг. главным образом на мукомольных и овсообдирочных заводах Урала и Зауралья. В журнале «Советское мукомолье и хлебопечение» (1931 г., № 8) инженер В. И. Войнов описывал

существовавшие в то время установки пожаротушения и натурные опыты по тушению пожара водяным паром, а также дал приближенную методику расчета установок.

Наиболее систематизированные сведения об установках паротушения содержались в книгах Ф. М. Михайлова «Передвижные и стационарные химические огнетушители» (1933 г.) и М. Н. Вассермана «Стационарные системы огнетушения» (1933 г.).

Первые отечественные нормативные документы, регламентирующие применение водяного пара для тушения пожаров, появились в конце 30-х гг. и распространялись на защиту судов и объектов нефтеперерабатывающей промышленности.

Тушение паром осуществлялось с помощью паровой установки по системе Балаева. Эта установка применялась для тушения горячей смеси олифы с канифолью и керосином, которая находилась в открытом резервуаре диаметром 1,6 м. На верхнем крае резервуара укреплялась кольцевая труба диаметром 38 мм, на которой с помощью тройника устанавливались восемь сопел диаметром 38 мм каждый, обращенных отверстиями внутрь резервуара. На выходных отверстиях сопел укреплялись медные пластины, в которых было просверлено шесть отверстий. С помощью парового рукава кольцевая труба соединялась с паровым котлом, из которого в нее направлялся пар. Выходящими из сопел и перекрещивающимися над поверхностью жидкости струями пара горячая жидкость в резервуаре тушилась в течение 12–15 с. Такая техника тушения пожара могла быть применена на целом ряде производств, хранящих в цехах или использующих в открытых резервуарах горючие или легковоспламеняющиеся жидкости и имеющих достаточно мощное паровое хозяйство.

В 50-х и 60-х гг. XX в. нормативы для установок паротушения действовали уже в целом ряде отраслей промышленности, а в 70-е гг. они были включены в инструкцию по проектированию УПА.

1.2. Классификация, область применения и основные требования к установкам пожаротушения

Автоматические установки (системы) пожаротушения (АУП) предназначены для тушения или локализации пожара. Для противопожарной защиты применяют различные стационарные установки. Эти установки можно классифицировать (рис. 1.1) по их назначению, виду огнетушащего вещества, режиму работы, степени автоматизации, конструктивному исполнению, принципу действия и инерционности [4–8].



Рис. 1.1. Обобщенная классификация установок пожаротушения

Наибольшее распространение как у нас в стране, так и за рубежом получили установки водяного и пенного пожаротушения. Их доля в общем объеме автоматических установок пожаротушения превышает 80 %. Современные установки водяного пожаротушения позволяют предотвратить крупные пожары, что значительно сокращает материальные потери. Эти установки находят применение в различных отраслях народного хозяйства, используются для защиты объектов, на которых применяются и перерабатываются такие вещества и материалы, как хлопок, лен, древесина, ткани, пластмассы, резина, горючие и сыпучие вещества, а также ряд огнеопасных жидкостей. Эти установки используются также для защиты технологического оборудования, кабельных сооружений, объектов культуры (театров, домов культуры и других аналогичных сооружений).

Установки пенного пожаротушения применяются для защиты технологического оборудования химических и нефтехимических производств, складов и

баз нефти и нефтепродуктов, а также других объектов, где в больших количествах применяются легковоспламеняющиеся и горючие жидкости.

Автоматические установки газового и аэрозольного пожаротушения предназначены для защиты помещений, в которых хранятся и перерабатываются огнеопасные жидкости, трюмов кораблей, залов и хранилищ картинных галерей, помещений музеев, архивов, различных электроустановок, находящихся под напряжением, помещений вычислительных центров, а также во всех случаях, когда применение воды или воздушно-механической пены (ВМП) невозможно.

Установки порошкового пожаротушения в зависимости от типа огнетушащего порошка применяются для тушения пожаров классов А, В, С, Д и электроустановок с открытыми токоведущими частями под напряжением до 1000 В. Наиболее эффективно применение этих установок для тушения легковоспламеняющихся и горючих жидкостей углеводородного ряда, спиртов, эфиров и других продуктов, а также горючих газов (в том числе и в сжиженном состоянии), щелочных, щелочно-земельных металлов и металлоорганических соединений.

Необходимость применения и выбор типа АУП обусловлены уровнем противопожарной защиты конкретного объекта с учетом скорости развития пожара в начальной стадии, экономической целесообразности их применения и оперативно-тактических возможностей пожарных подразделений.

Установки (системы) одновременно с функциями тушения или локализации должны выполнять и функции автоматической пожарной сигнализации.

Установки (системы) должны обеспечивать:

- время срабатывания, меньшее предельно допустимого времени свободного развития пожара (критического времени);
- время действия в режиме тушения, необходимое для ликвидации пожара;
- время действия в режиме локализации, необходимое для прибытия и боевого развертывания оперативных подразделений;
- интенсивность подачи (концентрацию) огнетушащего вещества не ниже нормативной;
- надежность функционирования.

Установки (системы) должны быть оснащены устройствами:

- выдачи звукового и светового сигналов оповещения о пожаре;
- контроля давления (уровня) в заполненных трубопроводах, импульсном устройстве и емкостях, содержащих огнетушащее вещество;
- для ремонта и контроля работоспособности контрольно-пусковых устройств, распределителей и насосов без выпуска огнетушащего вещества из распределительной сети или емкостей, содержащих огнетушащее вещество;
- подачи огнетушащего вещества от передвижной пожарной техники;
- подвода газа и(или) жидкости для промывки (продувки) трубопроводов и при проведении испытаний;

- монтажа и обслуживания оросителей и трубопроводов при заданной высоте их размещения.

Установки (системы) объемного пожаротушения должны обеспечивать формирование командного импульса:

- на автоматическое отключение вентиляции и перекрытие при необходимости проемов в смежные помещения до начала выпуска огнетушащего вещества в защищаемое помещение;

- на самозакрывание дверей;

- на задержку срабатывания установки на время, необходимое для эвакуации людей, но не менее чем на 10 с.

Сигнал в виде надписи на световых табло «Газ – уходи!» («Пена – уходи!») и звуковой сигнал оповещения должны выдаваться внутри защищаемого помещения. У входа в защищаемое помещение должен включаться световой сигнал «Газ – не входить!» («Пена – не входить!»), а в помещении дежурного персонала – соответствующий сигнал с информацией о подаче огнетушащего вещества.

Установки (системы), кроме спринклерных, должны быть оснащены ручным пуском: дистанционным – от устройств, расположенных у входа в защищаемое помещение, и при необходимости – с пожарного поста; местным – от устройств, расположенных на станции пожаротушения; местным – от устройств, расположенных на запорно-пусковом узле.

Устройства ручного пуска установок (систем) должны быть защищены от случайного приведения их в действие и механического повреждения, и находиться вне возможной зоны горения.

Малоинерционные установки (системы) должны иметь автоматический водопитатель, обеспечивающий работу установки с расчетным расходом воды (раствора пенообразователя) до выхода основного водопитателя на рабочий режим.

Установки (системы) пенного пожаротушения должны быть обеспечены устройствами для приготовления раствора или автоматического дозирования пенообразователя, предотвращения попадания пенообразователя (раствора пенообразователя) в сети водопроводов питьевого и производственного назначения, а также емкостями для слива пенообразователя (раствора пенообразователя) из трубопроводов и распределительной сети.

Установка (система) пенного пожаротушения должна иметь 100%-ный резерв пенообразователя.

При использовании в установках газового пожаротушения в качестве огнетушащего вещества диоксида углерода и составов, аналогичных по увеличению объема при фазовом переходе, в защищаемых помещениях должны быть предусмотрены легкобрасываемые конструкции, площадь которых определяется проектом.

Установки газового пожаротушения должны быть обеспечены устройствами контроля массы огнетушащего вещества.

Глава 2

Автоматические установки водяного пожаротушения

2.1. Назначение, устройство и работа установок водяного пожаротушения

2.1.1. Функциональная схема и режимы функционирования водяных АУП

На рис. 2.1 представлена структурная блок-схема одного из типов водяных установок пожаротушения – спринклерной установки.

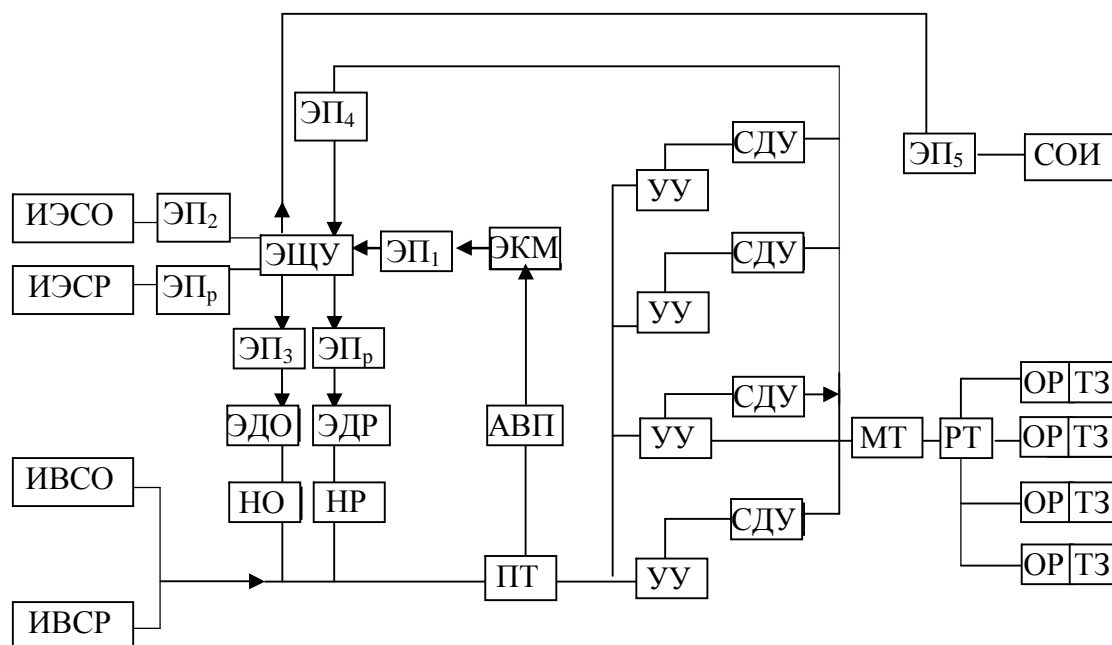


Рис. 2.1. Структурная блок-схема спринклерной установки водяного пожаротушения:
ТЗ – тепловой замок спринклера; ОР – ороситель (спринклер); РТ – распределительный трубопровод;
МТП – магистральный трубопровод; УУ – узел управления; ПТ – питательный трубопровод;
АВП – автоматический водопитатель; ЭКМ – электроконтактный манометр; ЭП₁ – электропровода, соединяющие ЭКМ с электрическим щитом управления (ЭЩУ); ИЭСО – основной источник электроснабжения; ИЭСР – резервный источник электроснабжения; ЭП₂ – электропровода, соединяющие ЭЩУ с ИЭСО и ИЭСР; ЭП₃ – электропровода, соединяющие ЭЩУ с основным электродвигателем ЭДО; ЭДР – резервный электродвигатель; ЭП_р – электропровода резервных цепей управления; НСО – основной насос; НСР – резервный насос; ИВСО (ИВСП) – основной (резервный) источник водоснабжения; СДУ – сигнализатор давления универсальный; ЭП₄ – электропровода, соединяющие СДУ со щитом управления ЭЩУ; ЭП₅ – электропровода, соединяющие ЭЩУ с системой оповещения и информации

Установки пожаротушения имеют следующие режимы работы: дежурный режим, режим тушения пожара, режим технического обслуживания, режим ремонта и режим нахождения в состоянии «отказ».

2.1.2. Спринклерные и дренчерные установки, их виды, схемы, принципы действия, область применения

По принципу действия установки водяного пожаротушения подразделяются на спринклерные и дренчерные. Они получили свое название от английских слов sprinkle (брызгать, моросить) и drench (мочить, орошать).

Спринклерные установки предназначены для обнаружения и локального тушения пожаров и загораний, охлаждения строительных конструкций и подачи сигнала о пожаре.

Дренчерные установки служат для обнаружения и тушения пожаров по всей защищаемой площади, а также для создания водяных завес.

Спринклерная установка водяного пожаротушения, представленная на рис. 2.2, работает следующим образом. В дежурном режиме спринклерная установка находится под давлением, создаваемым импульсным устройством 10. При возникновении пожара вскрывается тепловой замок спринклерного оросителя 6. Распыленная вода из распределительной сети 5 через спринклеры подается в очаг пожара. Давление в питающем трубопроводе 4 падает, срабатывает контрольно-сигнальный клапан узла управления 7, пропуская воду в распределительную сеть установки. Вода в начальный период поступает к узлу управления от импульсного устройства 10. При срабатывании клапана в узле управления вода поступает и к сигнализатору давления (СДУ) 3. Электрический импульс от СДУ подается на щит управления и контроля 2, обеспечивающего включение насоса 14 и подачу сигнала тревоги о возникновении пожара и срабатывании установки. Электроконтактные манометры (ЭКМ) 11, установленные на импульсном устройстве 10, предназначены для формирования сигнала об утечке (падении давления) воды (воздуха), а в отдельных случаях – для обеспечения включения насоса.

Спринклерные установки водяного пожаротушения в зависимости от температуры воздуха в защищаемых помещениях бывают: водозаполненные – для помещений с минимальной температурой воздуха 5 °С и выше; воздушные – для неотапливаемых помещений зданий, с минимальной температурой воздуха ниже 5 °С.

В случае, когда питающая и распределительная сеть спринклерной установки заполнена воздухом, при срабатывании оросителя из сети выходит воздух, давление в ней падает, а далее работа установки происходит аналогично водозаполненной установке.

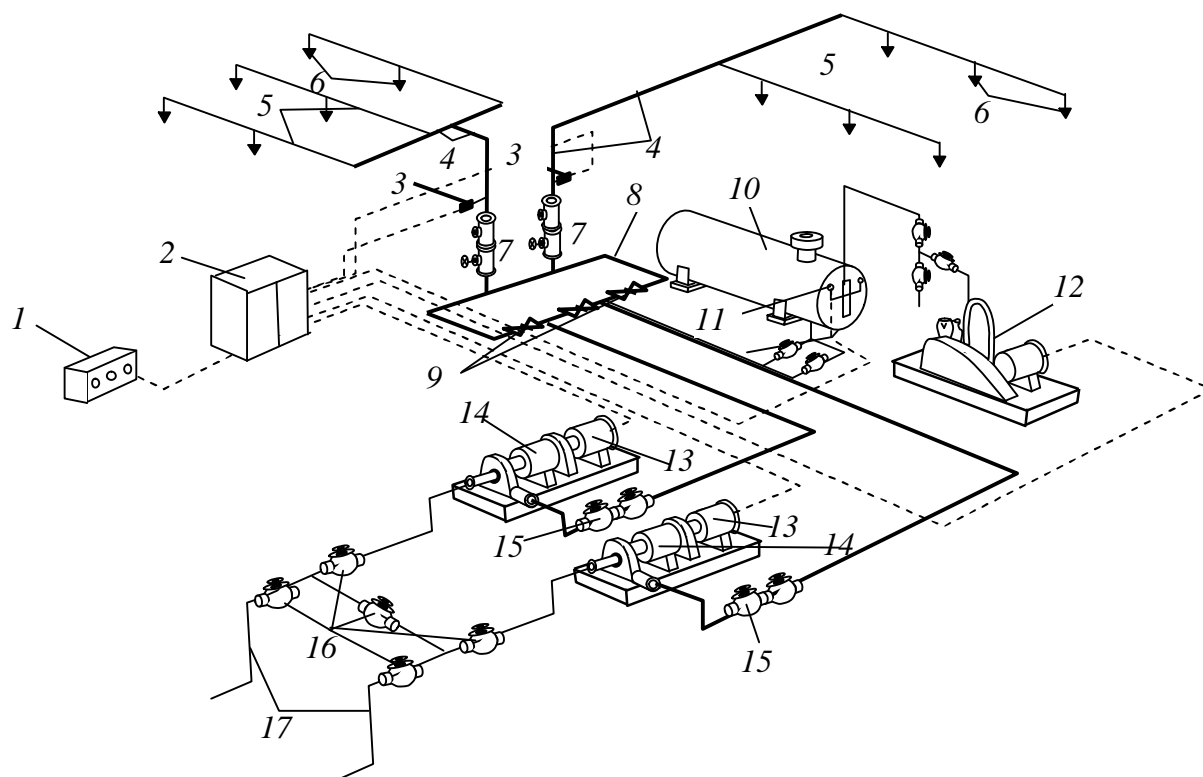


Рис. 2.2. Принципиальная схема спринклерной установки водяного пожаротушения:
 1 – приемно-контрольный прибор; 2 – щит управления; 3 – сигнализатор давления СДУ;
 4 – питающий трубопровод; 5 – распределительный трубопровод; 6 – спринклерные оросители; 7 – узел управления; 8 – подводящий трубопровод; 9, 16 – нормально открытые задвижки; 10 – гидропневмобак (импульсное устройство);
 11 – электроконтактный манометр; 12 – компрессор; 13 – электродвигатель;
 14 – насос; 15 – обратный клапан; 17 – всасывающий трубопровод

Автоматическое включение дренчерных установок осуществляют от побудительной системы с тепловыми замками или спринклерными оросителями, от автоматических пожарных извещателей, а также от технологических датчиков.

Работа дренчерной установки водяного пожаротушения, схема которой представлена на рис. 2.3, осуществляется следующим образом.

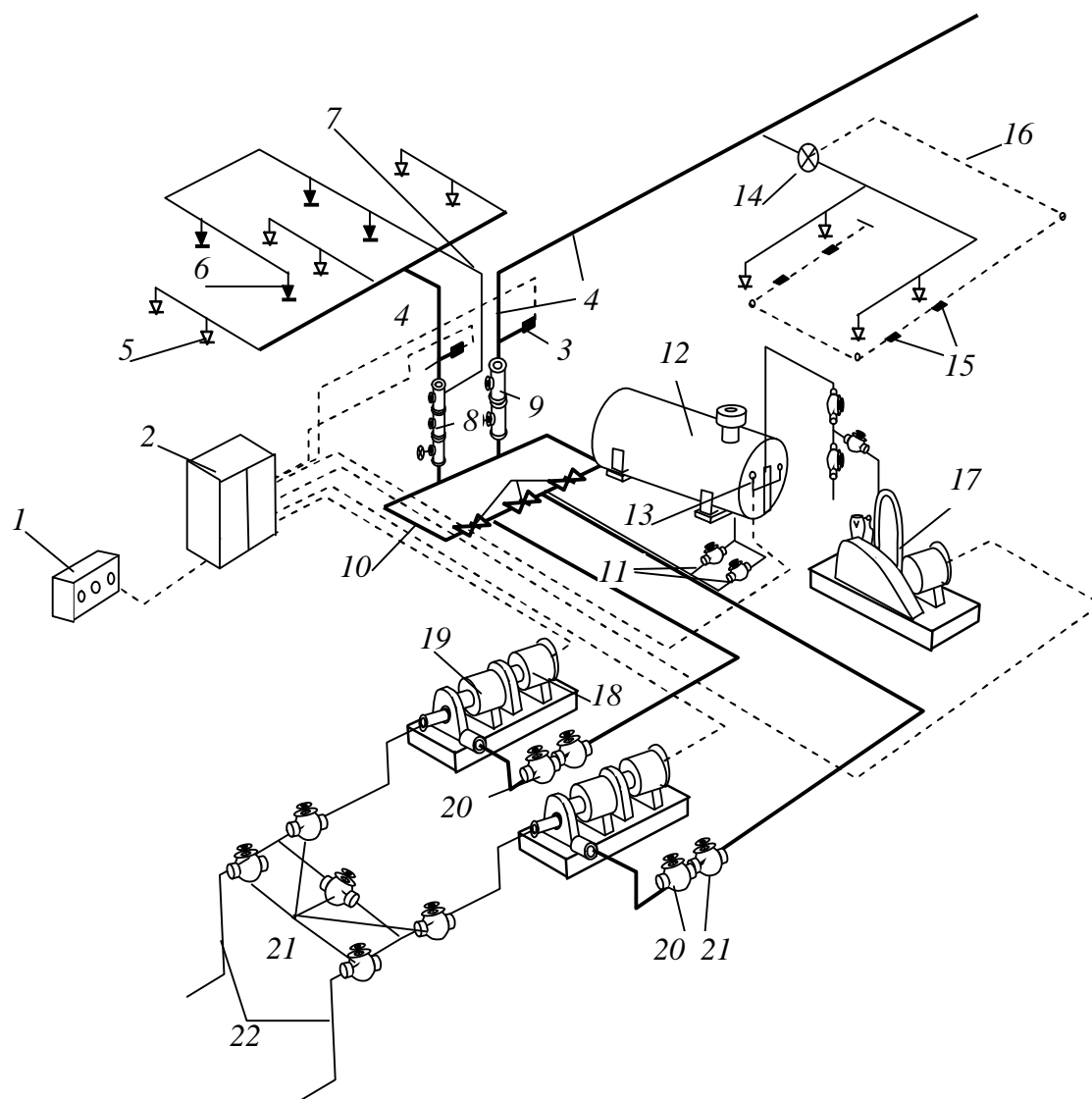


Рис. 2.3. Принципиальная схема дренчерной установки водяного пожаротушения:
 1 – щит сигнализации; 2 – щит управления; 3 – сигнализатор давления СДУ;
 4 – питающий трубопровод; 5 – дренчерные оросители; 6 – спринклерные оросители;
 7 – побудительная сеть; 8 – узел управления с клапаном ГД; 9 – узел управления
 с клапаном ГД; 10 – подводящий трубопровод; 11, 21 – нормально открытые задвижки;
 12 – гидропневмобак; 13 – ЭКМ; 14 – клапан пусковой тросовый типа КПТА;
 15 – тросовый замок; 16 – трос; 17 – компрессор; 18 – электродвигатель; 19 – насос;
 20 – обратный клапан; 22 – всасывающий трубопровод

В дежурном режиме побудительная сеть 7 со спринклерными оросителями 6 находится под давлением воды, создаваемым гидропневмобаком 12, а питающий трубопровод 4 через дренчерные оросители 5 сообщается с атмосферой. При пожаре спринклерный ороситель вскрывается, вода выходит из побудительной сети 7, давление в ней падает, в результате чего

срабатывает клапан группового действия (ГД) 8. Вода из распределительной сети поступает к дренчерным оросителям 5. При падении давления в системе трубопроводов установки снижается давление и в гидропневмобакке 12, электроконтактные манометры 13 выдают импульс на щит управления 2. Со щита управления сигнал поступает на выносной щит сигнализации 1 и командный импульс на включение электродвигателя 18 насоса 19, обеспечивающего требуемый расход воды на тушение пожара.

В случае использования тросового привода при повышении температуры распадается тросовый замок 15, обеспечивая включение клапана побудительного тросового (КПТА) 14. При срабатывании КПТА падает давление воды в трубопроводе 4 над клапаном 9, вследствие чего он открывается и пропускает воду к дренчерным оросителям. Далее работа установки происходит аналогично спринклерной.

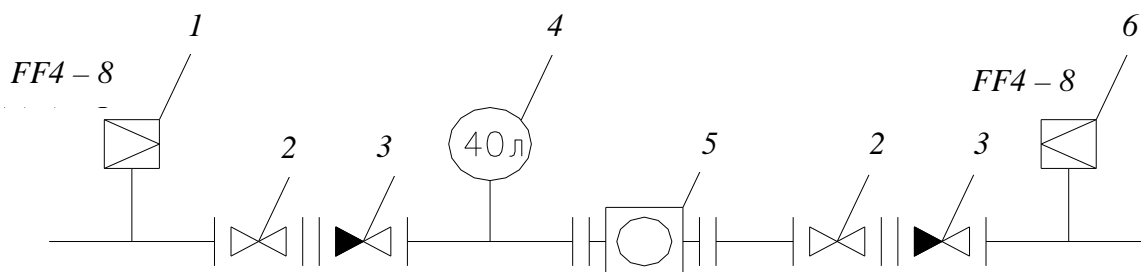


Рис. 2.4. Схема автоматического водопитателя с насосом подкачки:
1 – реле давления; 2 – механическая задвижка; 3 – обратный клапан;
4 – буферная емкость; 5 – насос-жокей; 6 – реле сухого хода

Вместо больших по емкости автоматических водопитателей в настоящее время применяют насосы подкачки (насос-жокей). На рис. 2.4 изображена одна из схем подключения насоса подкачки в установку пожаротушения. Насос-жокей поддерживает с сети трубопроводов заданный напор. Реле давления 1 включается при падении давления, и насос подкачки поднимает напор до требуемого уровня. Задвижки 2 необходимы для производства ремонтных работ на насосе. Обратные клапаны 3 не дают протока воды из распределительных трубопроводов установки, буферная емкость 4 необходима для сглаживания небольших толчков давления в сети. Реле сухого хода 6 не включает насос при отсутствии воды в системе.

2.1.3. Конструктивные особенности элементов и узлов водяных АУП. Оросители, узлы управления, водопитатели, устройства для хранения огнетушащего вещества, приборы контроля, клапаны

Классификация и обозначение оросителей

Оросители установок водяного пожаротушения предназначены для тушения, локализации или блокирования пожара путем разбрызгивания или распыления воды и (или) водных растворов.

Оросители классифицируют по следующим показателям [9]:

По наличию теплового замка или привода для срабатывания на:

- спринклерные (С);
- дренчерные (Д);
- с управляемым приводом: электрическим (Э), гидравлическим (Г), пневматическим (П), пиротехническим (В);
- комбинированные (К).

По назначению:

- общего назначения (О), в том числе предназначенные для подвесных потолков и стеновых панелей: углубленные (У), потайные (П), скрытые (К);
- предназначенные для завес (З);
- предназначенные для стеллажных складов (С);
- предназначенные для пневмо- и массопроводов (М);
- предназначенные для предупреждения взрывов (В);
- предназначенные для жилых домов (Ж);
- специального назначения (S).

По конструктивному исполнению:

- розеточные (Р);
- центробежные (эвольвентные) (Ц);
- диафрагменные (каскадные) (Д);
- винтовые (В);
- щелевые (Щ);
- струйные (С);
- лопаточные (Л);
- прочие конструкции (П).

По виду используемого огнетушащего вещества (ОТВ):

- водяные (В);
- для водных растворов (Р), в том числе пенные (П);
- универсальные (У).

По форме и направленности потока огнетушащего вещества:

- симметричные: концентричные, эллипсоидные (0);
- неконцентричные односторонней направленности (1);
- неконцентричные двусторонней направленности (2);
- прочие (3).

По капельной структуре потока ОТВ:

- разбрызгиватели;
- распылители.

По виду теплового замка:

- с плавким термочувствительным элементом (П);
- с разрывным термочувствительным элементом (Р);
- с упругим термочувствительным элементом (У);
- с комбинированным тепловым замком (К).

По монтажному расположению:

- вертикально, поток ОТВ из корпуса направлен вверх (В);
- вертикально, поток ОТВ из корпуса направлен вниз (Н);
- вертикально, поток ОТВ из корпуса направлен вверх или вниз (универсальные) (У);
- горизонтально, поток ОТВ направлен вдоль оси распылителя (Г);
- вертикально, поток ОТВ из корпуса направлен вверх, а затем в сторону (вдоль направляющей лопатки или образующей корпуса оросителя) (Г_В);
- вертикально, поток ОТВ из корпуса направлен вниз, а затем в сторону (вдоль направляющей лопатки или образующей корпуса оросителя) (Г_Н);
- вертикально, поток ОТВ из корпуса направлен вверх или вниз, а затем в сторону (вдоль направляющей лопатки или образующей корпуса оросителя) (универсальные) (Г_У);
- в любом пространственном положении (П).

По виду покрытия корпуса:

- без покрытия (о);
- с декоративным покрытием (д);
- с антикоррозионным покрытием (а).

По способу создания диспергированного потока:

- прямоструйные;
- ударного действия;
- завихренные.

Оросители для воды и водных растворов. Спринклерные оросители предназначены для распыления воды и распределения ее по защищаемой площади для локального тушения очагов пожара или их локализации при повышении температуры в защищаемом помещении свыше допустимой.

Спринклерный ороситель – ороситель с запорным устройством входного отверстия, вскрывающимся при срабатывании теплового замка.

Общий вид водяных спринклерных оросителей представлен на рис. 2.5.

В зависимости от вида исполнения спринклеры бывают: с вогнутой розеткой (В); с плоской розеткой (П); настенного исполнения (Н); с плавким элементом (Э); со стеклянной колбой (К).

Для одной секции спринклерной установки следует принимать не более 800 спринклерных оросителей всех типов. Оросители устанавливают: розеткой вверх (СВ), розеткой вниз (СП), перпендикулярно плоскости перекрытия (покрытия), розеткой параллельно плоскости пола (СН).

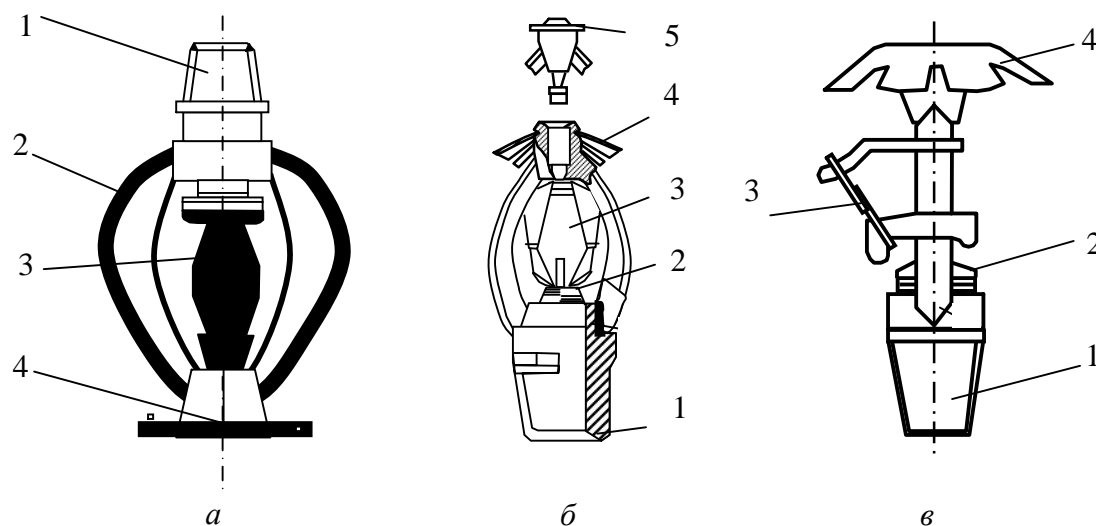


Рис. 2.5. Спринклерные оросители:

а – ороситель с плоской розеткой и стеклянной колбой:

1 – крепление к распределительному трубопроводу; 2 – клапан;
3 – стеклянная колба; 4 – плоская розетка;

б – ороситель с вогнутой розеткой и плавким элементом:

1 – крепление к распределительному трубопроводу; 2 – клапан;
3 – плавкий элемент; 4 – вогнутая розетка; 5 – розетка;

в – ороситель с вогнутой розеткой и выносным плавким элементом:

1 – крепление к распределительному трубопроводу; 2 – клапан;
3 – выносной плавкий элемент; 4 – вогнутая розетка

Спринклерные оросители водозаполненных установок следует устанавливать розетками вверх, вниз или горизонтально.

Выбор спринклерных оросителей производится в зависимости от максимально возможной температуры воздуха в условиях нормальной эксплуатации помещения (табл. 2.1).

Таблица 2.1

Условие выбора спринклерных оросителей

Температура, °С	
в защищаемом помещении	разрушения теплового замка
До 41	57–67
От 42 до 50	68–79
« 51 « 70	93
« 71 « 100	141
« 101 « 140	182
« 141 « 200	240

Температура разрушения теплового замка оросителя указывается на пластинах легкоплавкого элемента. В качестве теплового замка спринклерных оросителей могут быть использованы стеклянные колбы с подкрашенной жидкостью с соответствующим коэффициентом объемного расширения. В табл. 2.2 приведены цвета жидкости в зависимости от номинальной температуры разрушения теплового замка.

Таблица 2.2

Соответствие цвета жидкости номинальной температуре разрушения теплового замка

Номинальная температура разрушения теплового замка, °С	Цвет жидкости
57	Оранжевый
72	Красный
93	Зеленый
141	Голубой
182	Фиолетовый
240	Черный

В дренчерных установках водяного пожаротушения применяются дренчерные оросители с вогнутой (ДВ) и плоской (ДП) розеткой (рис. 2.6) с диаметром выходного отверстия 8, 10, 15 и 20 мм. Оросители ДВ устанавливаются розетками вверх, ДП – розетками вниз. Для создания водяных завес с целью защиты вертикальных проемов и ограждений применяются дренчерные оросители лопаточного типа ДЛ.

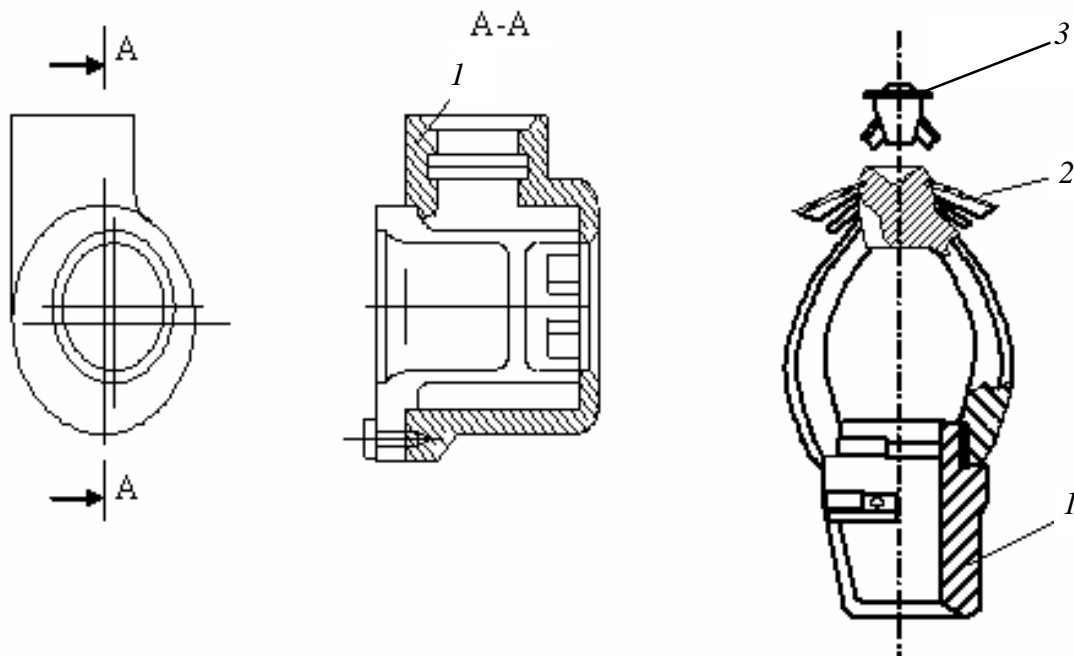


Рис. 2.6. Дренчерные оросители:
1 – крепление к трубопроводу; 2, 3 – розетки

Примеры описания и условного обозначения оросителей:

1. Описание. Спринклерный водяной ороситель специального назначения с концентричным потоком ОТВ, диафрагменный, устанавливаемый вертикально, поток ОТВ направлен вверх, с антикоррозионным покрытием, коэффициентом производительности, равным 1,26, присоединительным размером G 1¹/₂, тепловым замком в виде разрывного элемента (термоколбы), номинальной температурой срабатывания 68 °С, климатическим исполнением О, категорией размещения 4, тип согласно ТД – «РОЗА».

Условное обозначение. Ороситель CBSO-ДВа 1,26 – G 1¹/₂/ P68.04 – «РОЗА».

2. Описание. Дренчерный водяной распылитель общего назначения, предназначенный для распыления ОТВ, с потоком ОТВ односторонней направленности, щелевого конструктивного исполнения, устанавливаемый в любом положении в пространстве, без покрытия, коэффициентом производительности, равным 0,45, присоединительным размером R 1¹/₂ климатическим исполнением О, категорией размещения 2, тип согласно ТД – «Туман».

Условное обозначение. Распылитель ДВ01-ЩП 0,45 – R 1¹/₂ – «Туман».

Ороситель дренчерный для водяных завес предназначен для охлаждения технологического оборудования и предотвращения распространения пожара через оконные, дверные и технологические проёмы за пределы защищаемого оборудования, зон или помещений, а также обеспечения приемлемых условий при эвакуации людей из горящих зданий.

Оросители тонкораспылённой воды спринклерные и дренчерные предназначены для равномерного распыления воды по защищаемым площади и объёму путём создания тонкодисперсного потока огнетушащего вещества и применяются для тушения или локализации пожара, создания водяных завес, охлаждения несущих поверхностей и технологического оборудования.

Распылитель центробежный РЦ предназначен для получения потока воды в дренчерных установках пожаротушения, со среднеарифметическим диаметром капель в потоке менее 150 мкм.

Оросители эвольвентные предназначены для формирования более плотного (по сравнению с розеточными оросителями) конической формы потока воды или пенного раствора, благодаря центробежным усилиям возникающим в камере завихрения. Применяются в дренчерных установках автоматического пожаротушения, для тушения пожаров технологического оборудования и орошения защищаемой площади.

Узел управления (УУ) – совокупность устройств (трубопроводной арматуры, запорных и сигнальных устройств, ускорителей их срабатывания, устройств, снижающих вероятность ложных срабатываний, измерительных приборов и прочих устройств), которые расположены между подводящим и питающим трубопроводами спринклерных и дренчерных установок водяного и пенного пожаротушения.

УУ предназначены для контроля состояния и проверки работоспособности установок в процессе эксплуатации, а также для пуска огнетушащего вещества, выдачи сигнала для формирования командного импульса на управление элементами пожарной автоматики (насосами, системой оповещения, отключением вентиляторов и технологического оборудования и др.).

В узлах управления водонаполненных спринклерных установок допускается предусматривать перед сигнализатором давления (СДУ) камеры задержки для ускорения (замедления) их срабатывания.

Классификация и обозначение узлов управления

Узлы управления подразделяют [10]:

По виду: спринклерные (С) и дренчерные (Д).

По среде заполнения питающего и распределительных трубопроводов: водозаполненные (В) и воздушные (Вз).

В обозначении дренчерных сигнальных клапанов среду заполнения питающего и распределительного трубопроводов не указывают.

По виду привода дренчерного или универсального сигнального клапана: гидравлические (Г), пневматические (П), электрические (Э), ручные (Р), механические (М), комбинированные (различные сочетания двух букв Г, П, Э, М или Р).

После обозначения вида привода указывают соответственно:

- для электрического привода и его различных комбинаций – номинальное напряжение питания в вольтах, например (Э24), (Э220М);

- для пневматического и гидравлического привода – минимальное рабочее давление в мегапаскалях, например (Г 0,05).

По рабочему положению на трубопроводе относительно горизонтальной плоскости на: вертикальные (В), горизонтальные (Г) и универсальные (У). Для универсальных УУ – не менее чем в двух пространственных положениях.

По типу соединения с трубопроводом и (или) арматурой: фланцевые (Ф), муфтовые (М), штуцерные (Ш), хомутовые (Х) и комбинированные (различные сочетания двух букв Ф, М, Ш или Х).

При двухбуквенном обозначении первая буква означает входное соединение, вторая – выходное соединение.

Примеры описания и условного обозначения узлов управления:

1. Описание. Спринклерный УУ с проходом условным диаметром 100 мм, максимальным рабочим давлением 1,2 МПа, для водозаполненного питающего трубопровода, с вертикальным рабочим положением на трубопроводе, фланцевым типом соединения с арматурой, климатическим исполнением У, категорией размещения 4, условным наименованием «Гранат».

Условное обозначение. Узел управления УУ – С 100/1, 2В-ВФ. У4 – «Гранат».

2. Описание. Дренчерный УУ с проходом условным диаметром 150 мм, максимальным рабочим давлением 1,6 МПа, комбинированным гидравлическим и электрическим приводами на номинальное напряжение 24 В, для воздушного питающего трубопровода, с горизонтальным рабочим положением на трубопроводе, фланце-хомутовым типом соединения с арматурой (ФХ), климатическим исполнением У, категорией размещения 4, условным наименованием «КБГМ-А».

Условное обозначение. Узел управления УУ–Д 150/1,6(ГЭ24) ВЗ-ГФХ. У4-«КБГМ-А».

Узлы управления следует размещать в помещениях насосных станций, пожарных постов, а также в защищаемых помещениях или вне их. Их необходимо размещать в местах с температурой воздуха 5 °С и выше, к которым имеется свободный доступ обслуживающего персонала. При этом узлы управления, размещаемые в защищаемых помещениях, следует отделять от этих помещений противопожарными перегородками и перекрытиями с пределом огнестойкости не менее REI45 и дверьми с пределами огнестойкости не ниже E 130; узлы управления, размещаемые вне защищаемых помещений выделять остекленными или сетчатыми перегородками. Для каждой секции установки пожаротушения следует предусматривать отдельный узел управления. В узлах управления в качестве запорного устройства применяются клапаны различных конструкций: тарельчатые водосигнальные (ВС), мембранные, магнитные и др. В спринклерных установках водяного пожаротушения применяются узлы управления с водосигнальными тарельчатыми клапанами, в воздушных спринклерных установках применяются клапаны группового действия и др. [11].

Узел управления водозаполненной спринклерной установки с клапаном (рис. 2.7) состоит из задвижки, клапана, вентиля комбинированного, манометров и трубопроводов обвязки. Внутренняя полость клапана ВС разделена тарельчатым клапаном 9 на две камеры: верхнюю и нижнюю, которые в рабочем состоянии заполнены водой под давлением. При этом клапан плотно прилегает к седлу, закрывая доступ воде в сигнальный канал 11, сообщающийся через пробковый кран 10 с сигнальным трубопроводом 12 и СДУ 8.

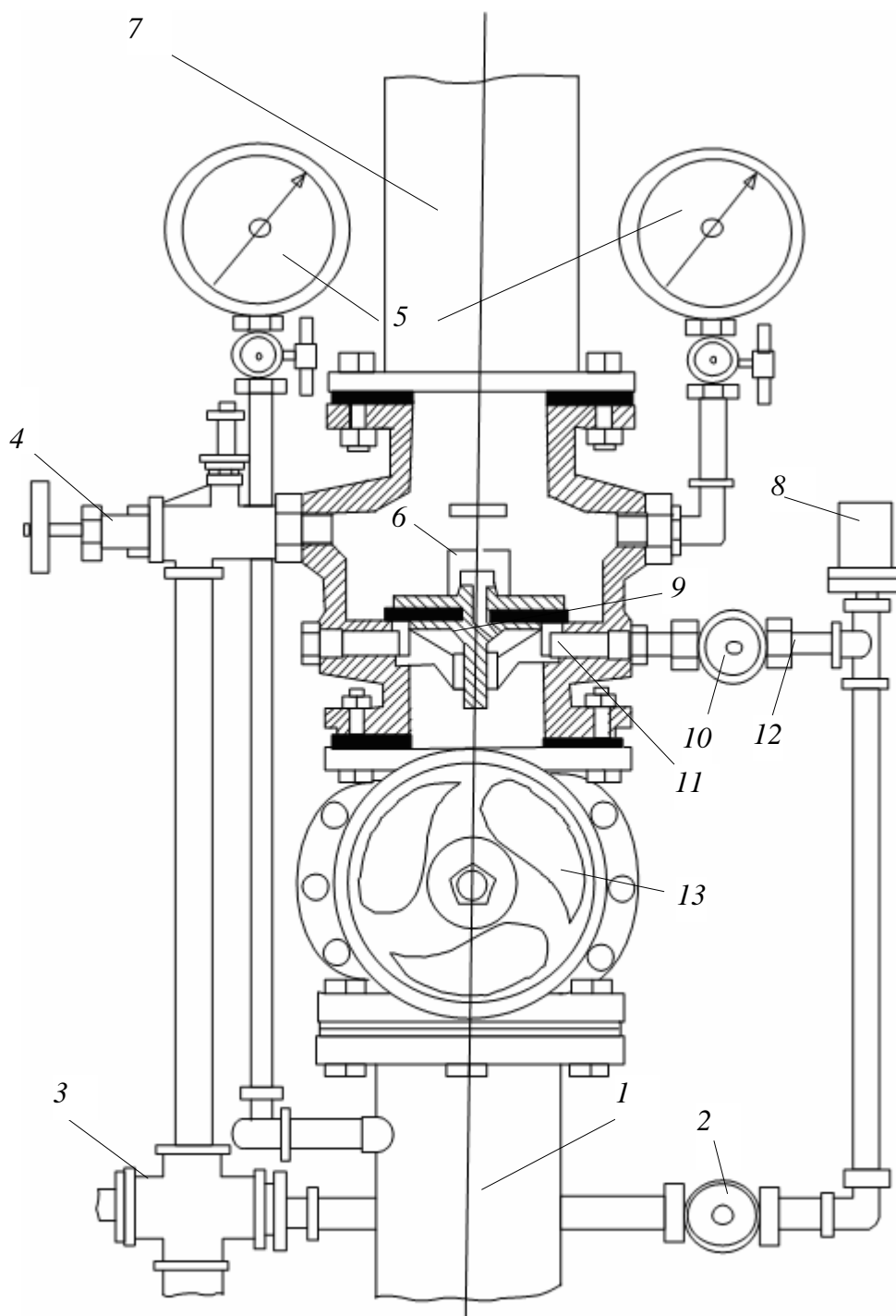


Рис. 2.7. Узел управления спринклерной установки пожаротушения:
 1 – подводящий трубопровод; 2 – кран с малым отверстием типа 3-МО; 3 – крестовина;
 4 – комбинированный вентиль типа KB50×13; 5 – манометр; 6 – клапан типа ВС;
 7 – питающий трубопровод; 8 – сигнализатор давления типа СДУ; 9 – тарельчатый
 клапан; 10 – пробковый кран; 11 – сигнальный канал; 12 – сигнальный трубопровод;
 13 – задвижка

При вскрытии одного или нескольких оросителей давление в верхней камере водосигнального канала уменьшается, вследствие чего тарельчатый клапан поднимается и пропускает воду в распределительную сеть. Одновременно вода по сигнальному каналу 11 поступает к СДУ 8. Чтобы привести установку в рабочее состояние после срабатывания, закрывают пробковый кран 10 и краны комбинированного вентиля 4. Медленно открывают задвижку 13 и заполняют сеть водой. Вывертывают пробку крестовины 3. Для проверки плотности посадки тарельчатого клапана 9 открывают пробковый кран 10. При плотной посадке тарельчатого клапана вода не должна поступать в крестовину 3 сливного трубопровода. После проверки пробку крестовины завертывают, кран 10 и кран с малым отверстием 2 оставляют открытыми, показания манометров 5 должны быть одинаковыми.

Клапан ВС оборудован компенсатором, вмонтированным в стержень тарельчатого клапана. Он предназначен для компенсации возможных небольших утечек воды и установки без вскрытия клапана, а также смягчения гидравлических ударов. Спуск воды из распределительной сети установки на время ремонта осуществляется с помощью большого крана комбинированного вентиля 4.

Узел управления дренажной установки пожаротушения с клапаном типа КЗС (рис. 2.8) включает задвижку, клапан типа КЗС, манометры для контроля давления огнетушащего вещества в подводящем и побудительном трубопроводах, вентили и трубопроводную обвязку.

Клапан запорный сигнальный (КЗС) выпускается с диаметром условного прохода 65, 100 и 150 мм. В КЗС применен клапан 6 с мембраной 4.

В заряженном состоянии камеры А и 7 клапана заполнены водой, находящейся под давлением от гидропневмобака, а камера В соединена с дренажной сетью. Поскольку площадь мембраны 4 со стороны камеры 7 больше площади клапана 6, то при одинаковом давлении воды в камерах А и 7 клапан закрыт.

При срабатывании спринклерного оросителя (открытии крана ручного пуска 9), вентиля с электромагнитным приводом или побудительного клапана 7п (на схеме не показаны), которые могут быть установлены на побудительном трубопроводе 10, в камере 7 клапана КЗС падает давление. Клапан 6 перемещается влево, открывая доступ воде в камеру В и далее в дренажную сеть и к СДУ 13 через открытый пробковый кран 14, СДУ выдает импульс на включение пожарного насоса, световой и звуковой сигнализации.

При зарядке УУ с клапаном КЗС необходимо закрыть задвижки 12 и 18, вентили 2, 17 и краны 9, 14, 16. Затем медленно открыть вентиль 2 и заполнить водой побудительный трубопровод 10 (по окончании его заполнения показания манометров должны быть одинаковы). Открыть задвижку 18 и кран 14. Убедившись в плотности посадки клапана, открыть задвижку 12, краны с малым отверстием 3, 16, закрыть вентиль 2.

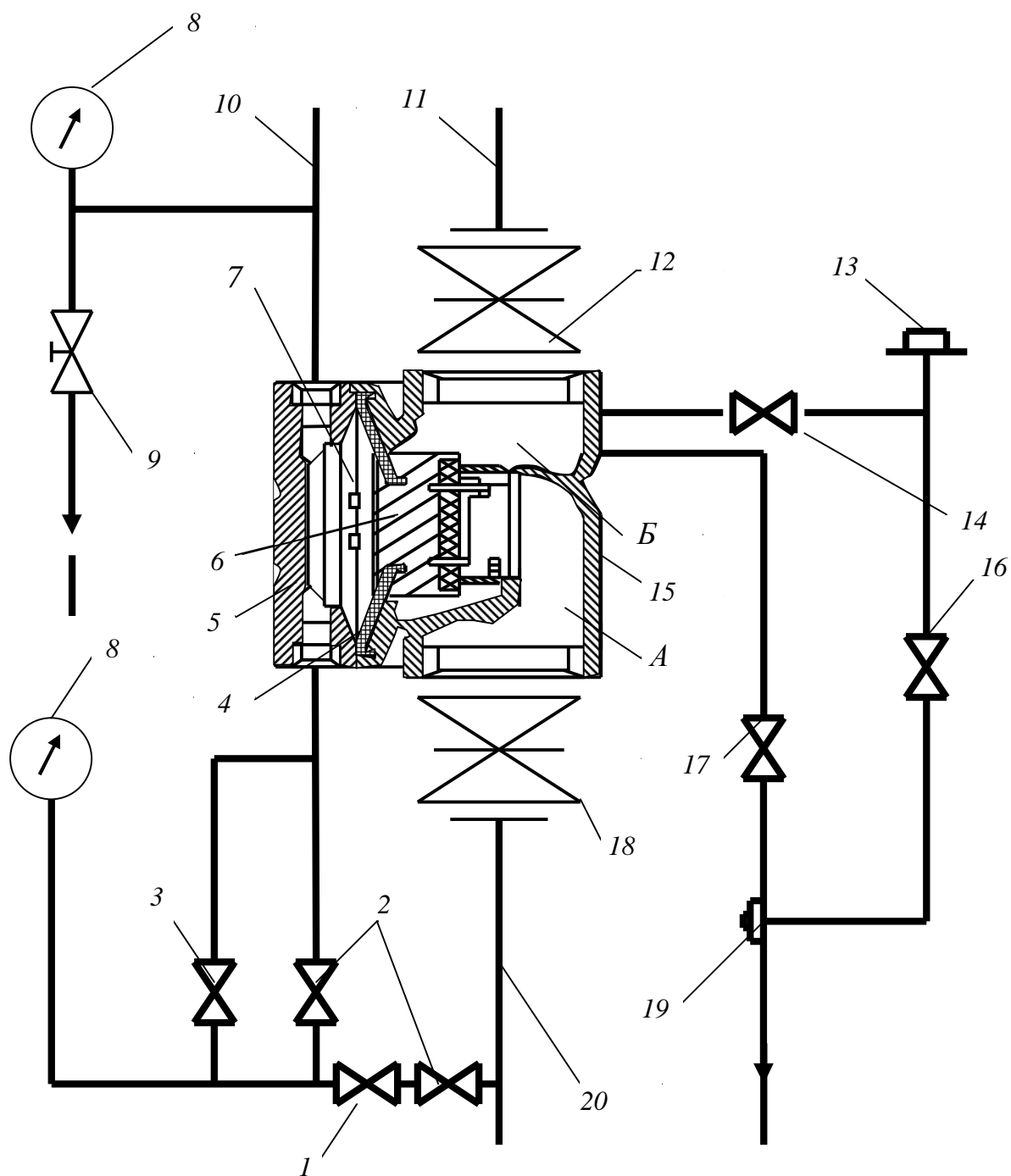


Рис. 2.8. Узел управления дренажной установки водяного пожаротушения:
 1 – вентиль запорный; 2, 17 – вентили; 3, 16 – краны с малым отверстием;
 4 – мембрана; 5 – крышка узла управления; 6 – клапан; 7 – камера;
 8 – манометр показывающий; 9, 14 – краны; 10 – побудительный трубопровод;
 11 – напорный трубопровод; 12, 18 – задвижки; 13 – СДУ; 15 – корпус клапана;
 19 – тройник; 20 – подводящий трубопровод

Для включения дренчерных секций в спринклерных установках пожаротушения или дренчерных завес применяются клапаны побудительные тросовые. Клапан приводится в действие при срабатывании легкоплавких замков в тросовой системе пуска.

В дренчерных установках пожаротушения используются узлы управления с контрольно-сигнальными клапанами и электроздвижки.

Во время пожара при повышении температуры происходит расплавление припоя легкоплавкого теплового замка, рычаг освобождает защелку, давая возможность золотнику вместе со штоком переместиться в верхнее положение. Клапан открывает проход воды в боковой патрубке и дренчерную секцию.

Сигнализатор потока жидкости (СПЖ) (рис. 2.9) предназначен для извещения о вскрытии спринклерных оросителей и устанавливается на горизонтальных участках трубопровода диаметром 50 и 80 мм в спринклерных установках.

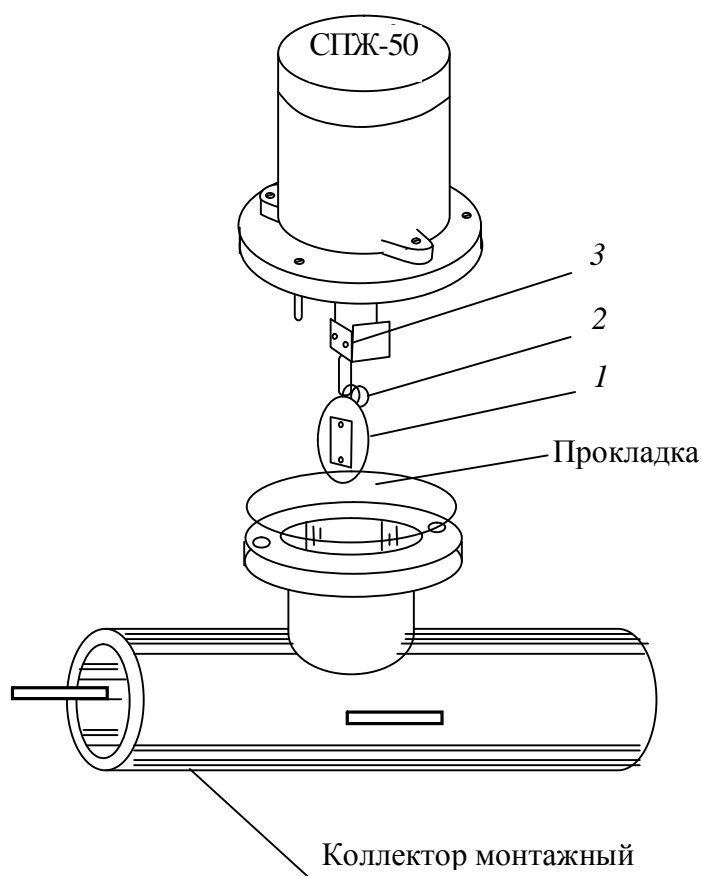


Рис. 2.9. Сигнализатор потока жидкости:
1 – регистратор; 2 – пружина; 3 – микропереключатель

Принцип действия сигнализатора заключается в следующем. При отсутствии движения огнетушащего вещества регистратор 1, уравновешенный с помощью пружины 2, находится в нейтральном положении. В этом положении контакты микропереключателя 3 разомкнуты. При вскрытии одного или более оросителей поток огнетушащего вещества отклоняет регистратор 1, который, свободно перемещаясь в резиновом уплотнении маятника, действует на микропереключатель 3 и замыкает его контакты. В результате этого выдается сигнал о срабатывании установки пожаротушения.

Сигнализатор давления универсальный (СДУ-М) предназначен для выдачи сигнала о поступлении огнетушащих веществ в питающие трубопроводы установок водяного, пенного и газового пожаротушения при срабатывании узлов управления или распределительных устройств.

Установки водяного пожаротушения должны бесперебойно снабжаться водой. В качестве источников водоснабжения могут быть использованы водопроводы любого назначения, в том числе промышленные и городские водопроводы, естественные и искусственные водоемы и подземные источники. Если водопровод достаточен по производительности, но не обеспечивает расчетного напора в сети, предусматриваются насосы-повысители. Если же источник водоснабжения не обеспечивает расчетный расход воды, то предусматриваются насосы-повысители и запасные резервуары с неприкосновенным запасом воды для пожаротушения.

Для обеспечения расчетного давления в трубопроводах спринклерных установок и подводящих трубопроводах дренчерных установок, необходимого для срабатывания узлов управления, предусматриваются импульсные устройства – металлический сосуд, заполненный водой или раствором пенообразователя и сжатым воздухом.

Разработаны импульсные устройства емкостью 500 л в вертикальном ИУ-500В и горизонтальном ИУ-500Г исполнении. ИУ-500 может быть изготовлено и смонтировано непосредственно на монтажной площадке защищаемого объекта, а также в мастерских монтажных организаций.

В соответствии с Правилами устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением, утвержденными Госгортехнадзором, импульсные устройства ИУ-500 регистрации и выдаче разрешения на пуск их в эксплуатацию в органах Госгортехнадзора не подлежат (как сосуды, работающие под давлением, у которых произведение емкости, л, на давление, кгс/см², не превышает 10 000).

$$V_{\text{л}} P_{\text{кгс/см}^2} = 54 \cdot 10 = 5400, \quad \text{что меньше } 10000.$$

ИУ-500 должен учитываться владельцем в специальной книге учета и освидетельствования сосудов на основе акта, удостоверяющего, что

монтаж и установка сосуда произведены в соответствии с проектом и правилами устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением.

По степени обеспечения надежности электроснабжения электроприемники установок водяного и пенного пожаротушения относятся к I категории согласно Правилам устройства электроустановок (ПУЭ), за исключением электродвигателей компрессора, насосов дренажного и подкачки пенообразователя, относящихся к III категории. Для формирования и выдачи команд на включение автоматических установок пожаротушения предназначены приборы и устройства управления. Приборы управления призваны обеспечить автоматизацию процесса пожаротушения.

2.2. Локальные и модульные автоматические установки пожаротушения (АУП)

Модульная установка пожаротушения тонкораспыленной водой [12, 13] – это установка, состоящая из одного или нескольких модулей, способных самостоятельно выполнять функцию пожаротушения, размещенных в защищаемом помещении или рядом с ним и объединенных единой системой обнаружения пожара и приведения в действие.

Тонкораспыленная струя воды – струя воды со среднеарифметическим диаметром капель до 100 мкм.

Установка поверхностного пожаротушения распыленной водой – установка, воздействующая на горящую поверхность защищаемого помещения (сооружения).

Установка водяного комбинированного пожаротушения – установка, в которой в качестве огнетушащего вещества используются вода, вода с добавками в комбинации с различными огнетушащими газовыми составами, применяемыми в качестве газа-вытеснителя.

Инерционность МУПТВ – промежуток времени от момента подачи сигнала на пуск до момента начала подачи распыленной воды из самого удаленного от МУПТВ насадка.

Малоинерционная МУПТВ – установка с инерционностью не более 3 с; среднеинерционная МУПТВ – установка с инерционностью от 3 до 180 с.

Водопитатель МУПТВ – устройство, обеспечивающее работу установки с расчетным расходом и давлением воды и (или) водного раствора, указанными в технической документации (ТД), в течение установленного времени.

Расход огнетушащего вещества – масса огнетушащего вещества, подаваемого МУПТВ в единицу времени.

Огнетушащая способность – способность МУПТВ обеспечивать тушение модельных очагов пожара определенных классов и рангов.

Запорно-пусковое устройство (ЗПУ) – устройство, предназначенное для подачи воды.

МУПТВ кратковременного действия – установка со временем подачи огнетушащего вещества от 1 до 600 с.

МУПТВ непрерывного действия – установка с непрерывной подачей огнетушащего вещества в течение времени действия.

МУПТВ циклического действия – установка, подача огнетушащего вещества которой осуществляется по многократному циклу «подача-пауза».

Продолжительность действия – время с момента начала до момента окончания подачи распыленной воды из насадка.

Рабочее давление $P_{\text{раб}}$ – максимальное внутреннее избыточное давление в сосуде, возникающее при нормальном протекании рабочего процесса.

Насадок – устройство для выпуска и формирования струи (струй) огнетушащего вещества.

Обозначение МУПТВ должно иметь следующую структуру:

$$\text{МУПТВ} - \text{XXX} - \text{X} - \text{XX} - \text{TU} \\ (1) \quad (2) \quad (3) \quad (4) \quad (5),$$

где 1 – наименование изделия;

2 – масса огнетушащего вещества (ОТВ), заправляемого в МУПТВ, кг;

3 – тип МУПТВ по водопитателю (сжатый газ – Г, газогенератор – ГЗ, комбинированный – К);

4 – вид огнетушащего вещества (вода – В, вода с добавками – ВД, газоводяная смесь – ГВ);

5 – обозначение технической документации, в соответствии с которой изготовлена установка.

Пример условного обозначения.

МУПТВ – 250 – Г – ГВ – ТУ... – модульная установка пожаротушения тонкораспыленной водой с массой ОТВ 250 кг, тип по водопитателю – сжатый газ, ОТВ – газоводяная смесь, изготовленная в соответствии с ТУ.

Общие технические требования. МУПТВ должны соответствовать требованиям ПБ 03-576-03 [14], ГОСТ 12.2.003–91 [15], ГОСТ 12.4.009–83[16] и ТД, утвержденной в установленном порядке.

МУПТВ закачного типа (рис. 2.10) должны иметь манометр (класса точности не ниже 2,5) или индикатор давления с рабочим диапазоном, выбранным с учетом соотношения «температура – давление». На шкале индикатора давления должны быть указаны (отметками с цифрами) значения минимального и максимального рабочего давления, установленные в ТД на МУПТВ. Участок шкалы индикатора давления, охватывающий диапазон рабочего давления, должен быть окрашен в зеленый цвет. Участки шкалы вне диапазона рабочего давления должны быть окрашены в красный цвет и иметь надпись:

- «Превышение давления» – для участка шкалы выше максимального рабочего давления;
- «Требуется зарядка» – для участка шкалы от нуля до минимального значения рабочего давления.

Участки шкалы манометра также рекомендуется выделять путем нанесения линии, полосы или сектора различного цвета.

Конструкция МУПТВ должна обеспечивать удаление измерительных устройств для их поверки.

МУПТВ должны быть оборудованы:

- устройствами слива и наполнения ОТВ из емкостей (баллонов) и трубопроводов для их хранения;
- устройствами контроля уровня или массы ОТВ в емкостях (баллонах) для их хранения;
- вентилем для выпуска газовой фазы из баллонов и трубопроводов;
- штуцером для присоединения манометра;
- предохранительным устройством.

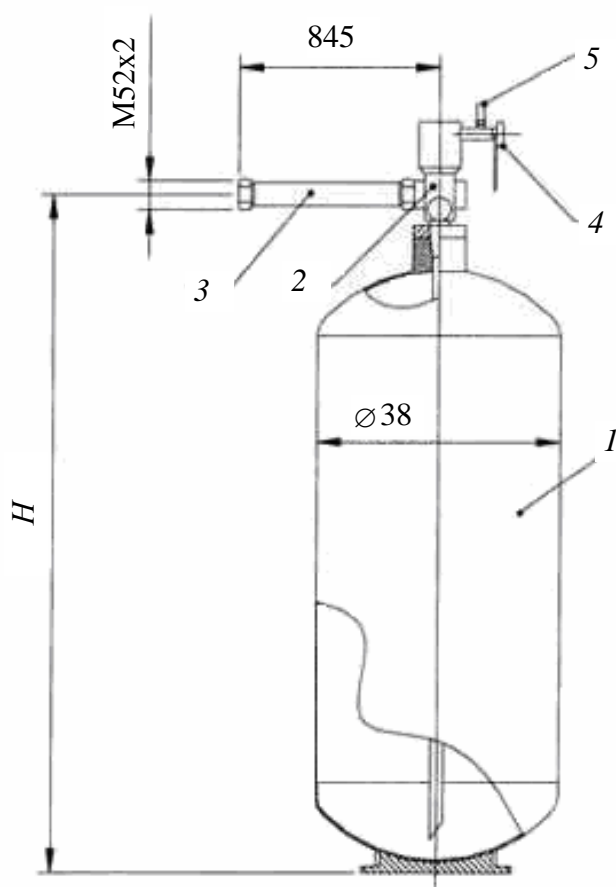


Рис. 2.10. Модульная установка водяного пожаротушения закачного типа:

- 1 – баллон; 2 – ЗПУ; 3 – рукав высокого давления (РВД);
4 – устройство ручного пуска; 5 – устройство инициирования пуска

Устройства пуска установки должны быть защищены от случайных срабатываний.

Запорные устройства (краны) должны быть снабжены указателями (стрелками) направления потока жидкости (газа) и (или) надписями «Откр» и «Закр».

Насадки, используемые в МУПТВ, должны быть стойкими к коррозионному и тепловому воздействию. Насадки, изготовленные из некоррозионно-стойких материалов, должны иметь защитные и защитно-декоративные покрытия и выдерживать в течение не менее 10 мин нагрев при температуре 250 °С.

Сосуды, работающие под давлением, должны быть снабжены предохранительными устройствами, срабатывающими в интервале давлений от $1,15 \text{ Ч } P_{\text{раб}}$ до $1,25 \text{ Ч } P_{\text{раб}}$.

МУПТВ должны быть герметичными. Для МУПТВ закачного типа потери давления в баллоне модуля (в баллоне с газом-вытеснителем) не должны превышать 5 % от начального в течение года.

Усилие приведения в действие установки при ручном пуске: одним пальцем руки не более 100 Н и кистью руки не более 150 Н.

Ресурс срабатываний МУПТВ должен быть не менее 10.

МУПТВ должны обеспечивать тушение модельных очагов пожара на всей площади защиты.

Наружная поверхность корпуса МУПТВ должна быть окрашена в красный цвет. Допускается, по требованию заказчика, окраска в тон интерьера.

При использовании в качестве ОТВ водных растворов в МУПТВ должны быть предусмотрены устройства для их перемешивания.

В МУПТВ для вытеснения ОТВ допускается использование газогенерирующих или пиротехнических элементов (рис. 2.11).

МУПТВ должны иметь фильтрующие элементы, размер ячейки которых должен быть меньше минимального сечения канала истечения насадка.

Для модульных установок в качестве газа-вытеснителя применяются воздух, инертные газы, CO_2 , N_2 . Сжиженные газы, используемые в качестве вытеснителей огнетушащего вещества, не должны ухудшать параметры работы установки.

В установках для вытеснения огнетушащего вещества допускается применение газогенерирующих элементов, прошедших промышленные испытания и рекомендованных к использованию в пожарной технике.

Конструкция газогенерирующего элемента должна исключать возможность попадания в огнетушащее вещество каких-либо его фрагментов или шлаков.



Рис. 2.11. Модуль водяного пожаротушения с пиротехническим генератором газа-вытеснителя

Запрещается применение газогенерирующих элементов в качестве вытеснителей огнетушащего вещества при защите культурных ценностей.

Установки должны быть снабжены сетчатыми фильтрами, установленными перед распылителем, размер фильтрующей ячейки должен быть меньше минимального сечения канала истечения распылителя.

Выходные отверстия насадков (распылителей) должны быть защищены от загрязняющих факторов внешней среды. Защитные приспособления (декоративные корпуса, колпачки) не должны ухудшать параметров работы установок.

Трубопроводы установок должны быть выполнены из оцинкованной или нержавеющей стали.

Модуль водяного пожаротушения с газовым баллоном (рис. 2.12) состоит из корпуса для хранения огнетушащего вещества 1, автономного источника сжатого газа (баллона) 8 с узлом вскрытия 7 и пускового устройства 5 с газогенерирующим элементом.

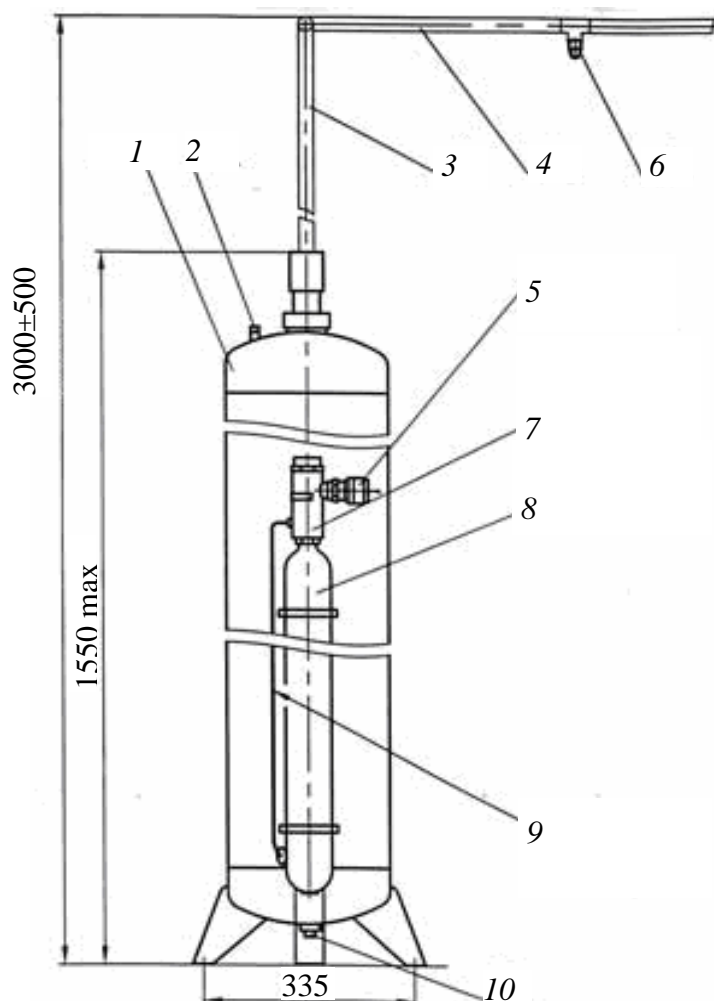


Рис. 2.12. Модуль водяного пожаротушения с газовым баллоном:
 1 – корпус; 2 – предохранительный клапан; 3 – подводящий трубопровод;
 4 – распределительный трубопровод; 5 – пусковое устройство; 6 – насадок;
 7 – узел вскрытия; 8 – баллон; 9 – аэратор; 10 – штуцер

При возникновении пожара поступает электрический импульс на пусковое устройство 5, после чего происходит срабатывание газогенерирующего элемента и разрыв мембраны в узле вскрытия. Рабочий газ из баллона через аэратор 9 поступает в корпус 1 модуля. После повышения давления в корпусе до рабочего значения происходит вскрытие мембраны в горловине корпуса, и огнетушащее вещество в виде газовой смеси поступает в распределительный трубопровод 4 и далее через насадки 6 на защищаемую площадь.

В целях обеспечения безопасности при повышении давления в корпусе сверх рабочего модуль оснащен предохранительным клапаном 2. Основной режим работы модуля в составе автоматической системы пожаротушения – автоматический, когда электрический сигнал на срабатывание модуля поступает от установки пожарной сигнализации объекта. Срабатывание установки может осуществляться также от устройства ручного дистанционного пуска УРП-7.

Заправка модуля огнетушащим веществом (ОТВ) производится через горловину корпуса, слив – через штуцер 10 в днище корпуса или через горловину корпуса.

2.3. Основные сведения о паровых установках пожаротушения

Тушение пожаров с помощью водяного пара (как влажного насыщенного, так и перегретого) основано на разбавлении концентрации кислорода до таких пределов, при которых продолжение горения становится невозможным (при концентрации кислорода 15 % и менее). Наряду с этим происходит и некоторое охлаждение зоны горения, а также механический срыв пламени струями пара.

Наибольший эффект применения пара достигается в достаточно герметизированных слабо вентилируемых помещениях объемом до 500 м³ с использованием влажного насыщенного пара. Возможно также применение перегретого и мятого (отработанного) пара. При пожаре в помещении, ограждающие конструкции которого нагреты выше температуры конденсации пара при атмосферном давлении, эффект тушения достигается объемной концентрацией пара, равной 35 %. При более низких температурах происходит интенсивная конденсация пара, и пожар может быть не потушен. Расход пара принимается с учетом возможной конденсации его в зависимости от герметичности помещений.

В этом случае фактическая объемная концентрация пара в начальный момент выпуска его в помещение будет выше огнетушащей концентрации. Так, при времени выпуска, равном 3 мин, и удельном расходе пара 0,002 кг/(с·м³) и 0,005 кг/(с·м³) концентрация пара соответственно 60 и 150 %.

Паротушение применяется на объектах, где по условиям совместимости допускается контакт пара с веществами и материалами, подлежащими тушению, а мощность паросилового хозяйства позволяет расходовать пар для целей пожаротушения без ущерба для основного производства и без дополнительных затрат на сооружение магистрального паропровода большой протяженности.

Паровое пожаротушение широко применяется на судах, предприятиях химической, нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности, а также в окрасочных и сушильных камерах ряда отраслей промышленности (деревообработка, производство горючих стройматериалов, домостроительные предприятия, автомобилестроение и др.).

Многие технологические процессы и аппараты, а также открытые установки на нефтеперерабатывающих заводах для локализации пожара обеспечиваются устройствами, создающими паровые завесы.

Методика расчета паровой завесы изложена в Приложении Н, ГОСТ Р 12.3.047–98 ССБТ Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля [17].

При проектировании паровых установок пожаротушения нужно учитывать следующие особенности:

1. Помещения должны быть достаточно герметизированными, а их объем не превышать 500 м³.

2. Автоматический пуск допускается только для помещений, не связанных с пребыванием в них людей.

3. В качестве датчиков используются спринклеры и тепловые пожарные извещатели.

4. Впуск пара в защищаемое помещение может предусматриваться как с помощью перфорированных трубопроводов, так и через насадки (сопла), врезанные в трубы.

Трубопроводы располагаются по периметру помещения на расстоянии 200–300 мм от пола. Отверстия и выпускные насадки устанавливаются таким образом, чтобы впуск пара происходил внутрь защищаемого помещения, а не вдоль стенок (перегородок).

Для тушения локальных очагов устраиваются шланги со spryskami.

5. Требования к размещению узлов управления те же, что и для водяных АУП.

2.4. Роботизированные установки пожаротушения

Роботизированная установка пожаротушения (РУП) [18] – стационарное автоматическое средство, которое смонтировано на неподвижном основании, состоит из пожарного ствола, имеющего несколько степеней подвижности и оснащенного системой приводов, а также из устройства программного управления и предназначено для тушения и локализации пожара или охлаждения технологического оборудования и строительных конструкций.

Дистанционно управляемый лафетный ствол (ДУЛС) – пожарный лафетный ствол, оснащенный системой приводов, позволяющей осуществлять дистанционное управление стволом.

Устройство управления – устройство для формирования и выдачи управляющих команд пожарному стволу РУП в соответствии с управляющей программой.

Местный пульт управления – пульт управления, располагаемый в непосредственной близости от пожарного ствола.

Дистанционный пульт – пульт управления, располагаемый в пультной, обособленном или отгороженном помещении.

Программное управление – автоматическое управление пожарным стволом РУП по заранее введенной программе.

Позиционное управление – управление пожарным стволом РУП, при котором движение его рабочего органа (насадка, пеногенератора) происходит по заданным точкам позиционирования без контроля траектории движения между ними.

Контурное управление – управление пожарным стволом РУП, при котором движение его рабочего органа (насадка, пеногенератора) происходит по заданной траектории.

Программирование обучением – программирование РУП, при котором составление и ввод управляющей программы осуществляется оператором при помощи движения непосредственно пожарного ствола РУП.

Оперативная программа управления – управляющая программа, формируемая непосредственно на рабочем месте с учетом конкретных факторов пожара (размеров очага горения, вида горючего), направления и дальности подачи огнетушащего вещества.

Продолжительность программирования – время, необходимое для составления и отладки программы.

Управляющая программа – совокупность команд, определяющая заданное функционирование РУП.

Режим холостого хода – движение пожарного ствола без подачи огнетушащего вещества.

Рабочий режим (режим функционирования под нагрузкой) – движение пожарного ствола с подачей огнетушащего вещества.

Сканирование – управляемое по определенной программе пространственное движение пожарного ствола.

РУП и ДУЛС классифицируют по следующим признакам.

В зависимости от функциональных возможностей:

- универсальные (У), формирующие сплошную и распыленную (с изменяемым углом факела) струи воды, а также струю воздушно-механической пены, и перекрывные, имеющие переменный расход;
- формирующие сплошную струю воды и струю воздушно-механической пены (без индекса).

В зависимости от величины расхода воды: расход до 20 л/с (20); от 20 до 40 л/с (40); от 40 до 60 л/с (60); от 60 до 100 л/с (100).

В зависимости от вида привода: с электрическим приводом (Э); с гидравлическим (Г); с пневматическим (П); с комбинированным (К).

В зависимости от места монтажа: напольные (Н); подвесные (П); настенные (С).

В состав РУП должны входить: модуль пожаротушения – пожарный лафетный ствол с системой приводов и насадков; система управления (пульты управления, программное обеспечение); соединительные кабельные линии связи.

Максимальное рабочее давление РУП должно быть не менее 1 МПа (10 кгс/м²).

В состав ДУЛС должны входить: модуль пожаротушения – пожарный лафетный ствол с системой приводов и насадков; пульты управления; соединительные кабельные линии связи.

Максимальное рабочее давление ДУЛС должно быть не менее 0,8 МПа (8 кгс/м²).

Дальность подачи сплошной и распыленной водяных струй, а также струи пены низкой кратности должна соответствовать ТД на РУП и ДУЛС.

Угол факела распыленной струи воды должен соответствовать ТД на РУП и ДУЛС.

Гидравлические потери давления на пожарном стволе не должны превышать 0,05 МПа (0,5 кгс/м²).

Угловая скорость наведения пожарного ствола РУП и движения пожарного ствола ДУЛС на холостом ходу должна быть не менее 9 град/с.

Угловая скорость сканирования пожарным стволом РУП при подаче огнетушащего вещества должна быть не менее 3 град/с.

Диапазон перемещений пожарного ствола в горизонтальной плоскости должен соответствовать требованиям ТД на РУП и ДУЛС; в вертикальной плоскости при отсчете от горизонтальной плоскости диапазон перемещений ствола должен быть: вверх не менее 75°, вниз не менее 15°.

Диапазон перемещений пожарного ствола в горизонтальной плоскости должен соответствовать требованиям ТД на РУП и ДУЛС; в вертикальной плоскости при отсчете от горизонтальной плоскости диапазон перемещений ствола должен быть: вверх не менее 75°, вниз не менее 15°.

Максимальный диапазон углов сканирования пожарным стволом РУП в горизонтальной и вертикальной плоскостях должен быть не менее 60°.

Минимальный диапазон углов сканирования пожарным стволом РУП в горизонтальной и вертикальной плоскостях должен быть не более 2°.

Продолжительность непрерывной работы в режиме подачи огнетушащего вещества должна быть не менее 6 ч.

Программируемых каналов должно быть не менее 8 (один из них оперативный).

В РУП и ДУЛС должна быть предусмотрена возможность одновременного движения пожарного ствола по двум степеням подвижности.

Каналов связи с внешним оборудованием, подключаемых на вход и выход, должно быть не менее 2 на каждый вход и выход.

Программирование РУП при контурном управлении должно осуществляться манипуляцией пожарным стволом по требуемой траектории.

Программирование РУП при позиционном управлении должно осуществляться путем фиксации координат двух взаимно диагональных точек растра построчного сканирования и количества строк в растре (или шага сканирования) или путем фиксации точек заданной траектории движения ствола.

В РУП должна быть предусмотрена возможность управления от аппаратуры обнаружения пожара.

Управление пожарным стволом должно осуществляться как дистанционно, так и вручную (непосредственно рычагом ствола).

Продолжительность формирования оперативной программы (растра сканирования) при позиционном управлении РУП должна быть не более 5 с с момента наведения ствола на исходную позицию (начальную точку программного сканирования).

Длительность цикла выполнения каждой программы РУП должна быть не менее 1 мин.

Продолжительность пауз при реверсе пожарного ствола РУП не должна превышать 0,5 с.

РУП и ДУЛС должны иметь сигнализацию о режимах работы, включении РУП, пожарного ствола и пожарного запорного устройства, работе устройств внешнего орошения пожарного ствола.

Приоритеты управления (по важности) для РУП: управление вручную – управление с МПУ – управление с ДПУ – программное сканирование; для ДУЛС: управление вручную – управление с МПУ – управление с ДПУ.

РУП и ДУЛС должны быть окрашены в красный цвет, а трубопровод обвязки допускается окрашивать в белый или серебристый цвет.

Конструкция РУП должна обеспечивать защиту от ошибок оператора и несанкционированного доступа, а также отключение привода при предельных значениях диапазона перемещения пожарного ствола РУП и ДУЛС.

2.5. Гидравлический расчет спринклерных и дренчерных водяных АУП

Гидравлический расчет спринклерной сети имеет целью определение расхода воды у «диктующего» спринклера (водопитателя наиболее удаленного и высоко расположенного относительно напорного патрубка) и сравнение расчетной интенсивности орошения с требуемой (нормативной); определение необходимого напора у водопитателя и наиболее экономичных диаметров труб.

Планы размещения оросителей и трассировку сети (трассы для прокладки трубопроводов) выполняют в соответствии с НПБ 88–2001* [19].

Трассировка спринклерной сети во многом зависит от конфигурации помещений, формы перекрытий, наличия опорных колонн, фонарей, балок.

На выбор места для спринклеров и трассировку трубопроводов большое влияние оказывает форма перекрытия и степень его огнестойкости. Спринклеры следует располагать в местах сосредоточения теплых масс воздуха между несущими балками, ребрами жесткости, чтобы обеспечить их быстрое вскрытие.

При выступающих вниз балках с резко выраженными главными балками (прогонами) и второстепенными балками, питающие трубопроводы располагаются перпендикулярно главным балкам, а распределительные трубопроводы – перпендикулярно второстепенным. Этим достигается расположение трубопроводов близко к балкам и обеспечивается крепление труб, а также облегчается вскрытие легкоплавких замков спринклеров.

Дренчерные установки группового действия используются для защиты производственных помещений различных отраслей химической промышленности, складов особо пожароопасных материалов, а также для защиты сценических коробок театров с установкой дренчеров под колосниками, нижними ярусами рабочих галерей и переходных мостиков, в сейфах для хранения скатанных декораций.

Дренчерные завесы устраиваются для орошения отдельных конструкций, дверных и других проемов между смежными особо пожароопасными помещениями (если проем открытый, устанавливаются дренчеры с розеткой, если имеется дверь – дренчеры с лопаткой).

После составления плана размещения оросителей и трассировки сети делают чертеж аксонометрической схемы сети. Примеры выполнения различных вариантов аксонометрических схем показаны на рис. 2.13.

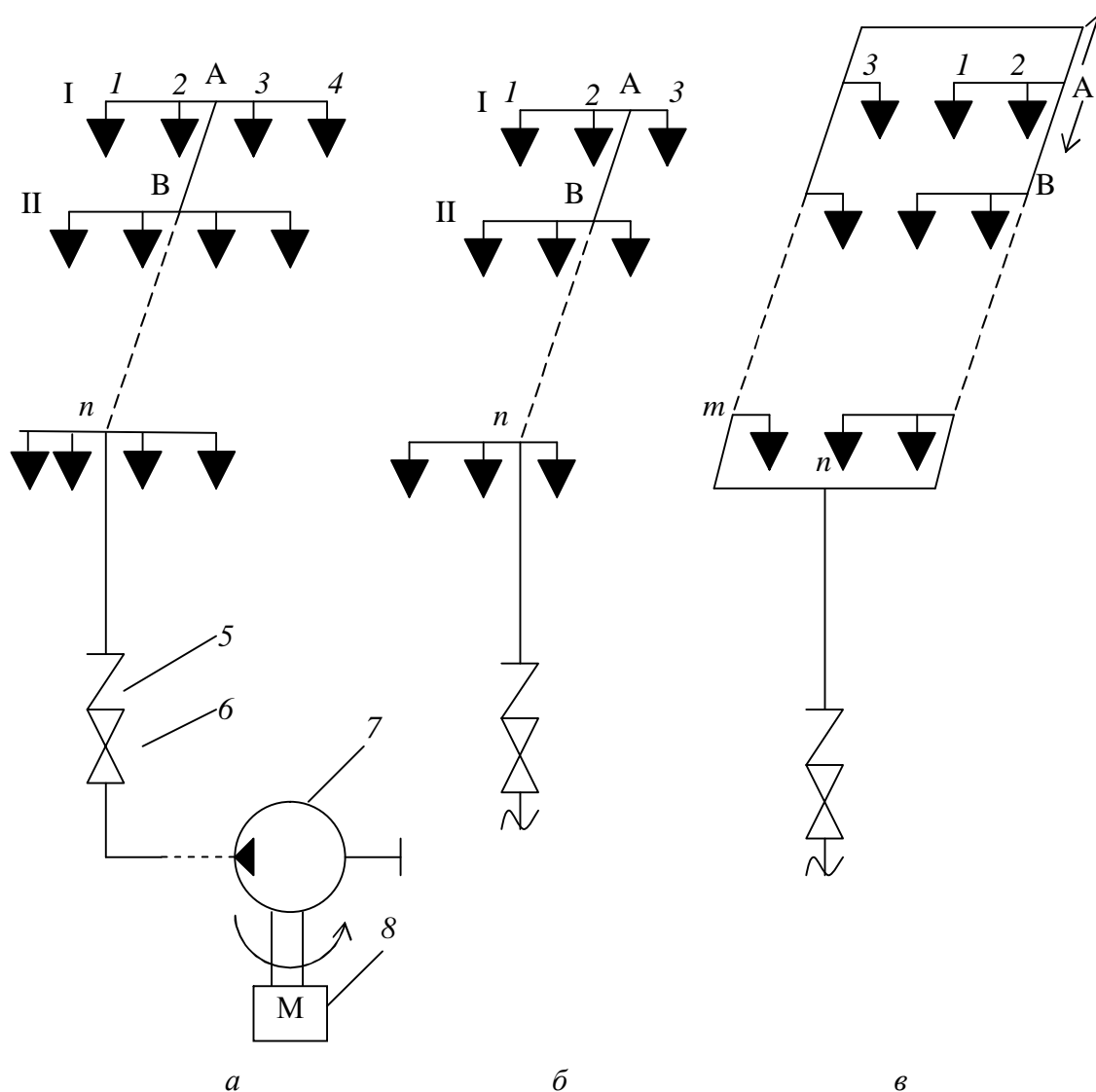


Рис. 2.13. Расчетные схемы водяных установок пожаротушения:
а – тупиковая симметричная схема; *б* – тупиковая несимметричная схема;
в – кольцевая схема; 1, 2, 3, 4 – оросители; 5 – клапан; 6 – задвижка; 7 – насос;
 8 – электродвигатель; А, В, *n*, *m* – точки сопряжения

Преимущество кольцевой сети перед «тупиковой» состоит в возможности некоторого уменьшения диаметра кольцевого трубопровода по сравнению с диаметром трубопровода между рядками. При двустороннем расположении ветвей массу трубопровода между рядками можно снизить примерно в два раза по сравнению с массой аналогичного трубопровода при одностороннем расположении ветвей. По НПБ 88–2001* [19] определяют группу помещений (производства технологических процессов) по степени опасности развития пожара. Для помещений с учетом требований нормативных документов принимают интенсивность орошения, площадь,

защищаемую одним оросителем или легкоплавким замком, площадь для расчета расхода воды (расчетную площадь для спринклерных установок) и продолжительность работы установки. Для складских помещений интенсивность орошения определяется в зависимости от высоты складирования материалов и пожарной нагрузки.

Расчетное количество спринклеров определяется делением площади для расчета расхода воды на площадь, защищаемую одним спринклерным оросителем. Расход воды для дренчерных установок рассчитывают из условия одновременной работы всех дренчеров защищаемого помещения. Для дренчерных установок допускается разбивка на секции. Однако число этих секций должно быть не менее трех, исходя из возможности возникновения пожара на границе двух секций и необходимости их одновременного срабатывания. В этом случае рассчитывается одна наиболее удаленная секция, а на участке от запорно-пускового узла до насоса расход удваивается.

Расход воды, а также количество одновременно работающих секций для защиты помещений 1, 2, 3 и 4 групп находят в зависимости от технологических данных, а при их отсутствии – по НПБ 88–2001* [19].

Гидравлический расчет установки пожаротушения будем производить в соответствии со схемой расстановки оросителей, показанной на рис. 2.13, а. Гидравлический расчет начинается с определения необходимого напора на «диктующем» оросителе [19, 20].

В качестве «диктующего» принимаем ороситель 1. Величина напора на «диктующем» оросителе определяется как наибольшая из двух следующих значений:

$$H_1 = \max \left\{ \begin{array}{l} H_{\text{расч}} = \left(\frac{IF_c}{K} \right)^2 \\ H_{\text{min}} \end{array} \right., \quad (2.1)$$

где H_{min} – свободный минимальный напор на оросителе, необходимый для обеспечения паспортной площади орошения, м; $H_{\text{расч}}$ – напор, необходимый для обеспечения заданной интенсивности орошения л/(с·м²) на площади орошения F_c оросителя с коэффициентом производительности оросителя K , который определяется по техническим данным завода-производителя; F_c – площадь орошения оросителя рассчитывается с учетом расстановки оросителей и не должна превышать величины, указанной в НПБ 88–2001* [19].

Определяем расход из оросителя 1 (л/с):

$$q_1 = K \sqrt{H_1}. \quad (2.2)$$

Для выбора оптимального типа оросителя определяем требуемые напор H_1 и расход Q_1 на «диктующем» оросителе для двух типоразмеров оросителей и сравниваем полученные значения интенсивностей орошения с нормативной величиной. Принимаем в качестве расчетного тот ороситель, у которого превышение расчетной интенсивности над нормативной наименьшее.

Затем определяем потери напора на участке 1-2:

$$h_{1-2} = \frac{l_{1-2} Q_{1-2}^2}{K_1}, \quad (2.3)$$

где l_{1-2} – длина участка 1-2, м; Q_{1-2} – расход на участке 1-2, л/с; K_1 – характеристика трения трубопровода, л²/с².

Для определения характеристики трения трубопровода необходимо рассчитать диаметр условного прохода трубопровода на участке 1-2:

$$d_{1-2}^{\text{тр}} = \sqrt{\frac{4 Q_{1-2} 10^{-3}}{\pi V}}, \quad (2.4)$$

где V – скорость движения воды по трубам, м/с (рекомендуется $V = 3-5$ м/с).

Полученный по результатам расчёта диаметр условного прохода трубопровода округляют до ближайшего значения для труб стальных электросварных.

Напор у оросителя 2 вычисляется по формуле

$$H_2 = H_1 + h_{1-2}.$$

Расход воды из оросителя 2 находится по формуле

$$Q_2 = K \sqrt{H_2}. \quad (2.5)$$

По известному расходу воды на участке 2-А ($Q_{2-А} = Q_1 + Q_2$) определяются потери напора на этом участке:

$$h_{2-А} = \frac{l_{2-А} Q_{2-А}^2}{K_1}. \quad (2.6)$$

Напор в точке А:

$$H_A = H_2 + h_{2-А}. \quad (2.7)$$

Таким образом, для левой ветви рядка I (см. рис. 2.13, а) необходимо обеспечить расход $Q_{2-А}$ при напоре H_A . Правая часть рядка симметрична левой, поэтому расход для этой ветви тоже будет равен $Q_{2-А}$, а напор в точке А будет равен H_A . Следовательно, для рядка I имеем напор, равный H_A ,

а расход воды $Q_I = 2 Q_{2-A}$. Правая ветвь ряда I (рис. 2.13, б) несимметрична левой ветви, поэтому правую ветвь рассчитывают отдельно и определяют для нее H_A и Q_{3-A} .

Расчет параметров правой ветви ведется по методу характеристик, разработанному проф. В. Г. Лобачевым. Сущность метода заключается в определении одной из трех величин: расхода Q , характеристики B или напора H , если известны две из них. Связь между приведенными величинами определяется по формуле

$$Q = \sqrt{BH} . \quad (2.8)$$

Характеристика правой ветви 3-A есть величина постоянная для данной ветви и определяется диаметром трубы, шероховатостью стенок, количеством оросителей и их параметрами, расстоянием между оросителями.

Для определения характеристики правой ветви задаемся напором и расходом из оросителя 3 $H_3 = H_I$, $Q_3 = Q_I$, и определяем напор в точке А (м):

$$H_A = H_3 + \frac{l_{3-A} Q_{3-A}^2}{K_I} , \quad (2.9)$$

где Q_{3-A} – расход из правой ветви (равен Q_3), л/с.

Затем определяем характеристику правой ветви 3-A

$$B_{3-A} = \frac{Q_{3-A}^2}{H_A} . \quad (2.10)$$

Сравнивая напоры для питания левой ветви I-A с напором для питания правой ветви 3-A, видим, что больший напор необходим для питания левой ветви I-A. Его и следует поддерживать в разветвлении (так как в одной точке не могут быть два разных напора). Следовательно, в качестве расчетного принимаем больший напор H_A и для него определяем исправленный (уточненный) расход для правой ветви

$$Q_{3-A} = \sqrt{B_{3-A} H_A} . \quad (2.11)$$

Расход воды из ряда I равен $Q_I = Q_{I-A} + Q_{3-A}$.

Потери напора на участке А-В находят по формуле

$$h_{A-B} = \frac{l_{A-B} Q_I^2}{K_I} . \quad (2.12)$$

Напор в точке В

$$H_B = H_A + h_{A-B} . \quad (2.13)$$

Рядок II рассчитывается по его характеристике B_p . Так как характеристики рядков, выполненных конструктивно одинаково, равны, то характеристику рядка II определяют по параметрам рядка I:

$$B_p = \frac{Q_1^2}{H_A}. \quad (2.14)$$

Расход воды из рядка II определяют по формуле

$$Q_{II} = \sqrt{B_p H_B}. \quad (2.15)$$

Расчет всех последующих рядков ведется аналогично расчету рядка II. Расчет сети производится до тех пор, пока в него не будет включено то количество оросителей, которое обеспечивает орошение расчетной площади.

Расчет кольцевой сети (рис. 2.13, в) начинают с определения диаметра кольцевого трубопровода. Диаметр кольцевого трубопровода определяется с учетом прохождения по каждому полукольцу (относительно узла подвода питающего трубопровода, точка n на рис. 2.13, в) половины расчетного расхода воды. В установках водяного пожаротушения кольцевого типа определение напора и расхода воды в ветвях производится также, как в тупиковых. Затем рассчитываются значения напора и расхода в месте соединения ветви с «диктующим» оросителем и кольца (точка А на рис. 2.13, в).

Расход в точке А делится на две части для правого и левого полукольца, которые рассматриваются справа и слева от точки А до точки n ввода питающего трубопровода. Соотношение расходов в правом и левом полукольце определяется количеством в них оросителей и гидравлическим сопротивлением полуколец. Далее определяется напор и расход в точке n при обходе по правому и левому полукольцу. Если разность между напорами в точке n меньше 0,5 м, то соотношение расходов в точке А выбрано верно. Напор в точке n H_n определяется как среднее арифметическое значений напоров, полученных для левого и правого полукольца, а расход в точке n Q_n будет равен сумме расходов из правого и левого полукольца. Определяем требуемый напор у основного водопитателя (на насосе) по формуле

$$H_{\text{вод}} = 1,2 h_{\text{лин}} + h_{\text{кл}} + Z + H_1 - H_{\Gamma}, \quad (2.16)$$

где $h_{\text{лин}}$ – суммарные потери напора в сети (коэффициент 1,2 учитывает 20 %-ный запас на неучтенные местные потери напора сети), которые определяются следующим образом:

$$h_{\text{лин}} = h_{\text{распр}} + h_{\text{ст}} + h_{\text{подв}}, \quad (2.17)$$

где $h_{\text{распр}}$ – потери в распределительной сети, $h_{\text{распр}} = H_n - H_1$; $h_{\text{ст}}$ – потери напора в стояке; $h_{\text{подв}}$ – потери напора в подводящем трубопроводе; $h_{\text{кл}}$ – потери напора в клапане узла управления, $h_{\text{кл}} = \xi Q^2$, ξ – коэффициент потерь напора в узле управления, принимается по техническим данным завода-производителя, Q – расчетный расход воды через узел управления, л/с; Z – разность отметок «диктующего» оросителя и напорного патрубка водопитателя, м; H_1 – напор на «диктующем» оросителе, м; H_{Γ} – гарантированный напор в водопроводной сети (если забор воды ведется из резервуара,

то $H_r = 0$), м; H_n – напор в месте соединения распределительной сети и питающего трубопровода.

Расчет и выбор элементов установки пожаротушения производят таким образом, чтобы напор у водопитателя не превышал 100 м. Если получившаяся величина напора превосходит это значение, следует использовать одну из перечисленных ниже рекомендаций (или их комбинацию):

- произвести кольцевание сети, если расчет производился для тупиковой сети;

- уменьшить напор на «диктующем» оросителе, если он определяется величиной $H_{расч}$, для чего или увеличить диаметр оросителя, или уменьшить площадь, защищаемую одним оросителем, уменьшив расстояние между ними;

- увеличить диаметры распределительных, питающего и подводящего трубопроводов;

- для дренчерных установок допускается разбивка на секции.

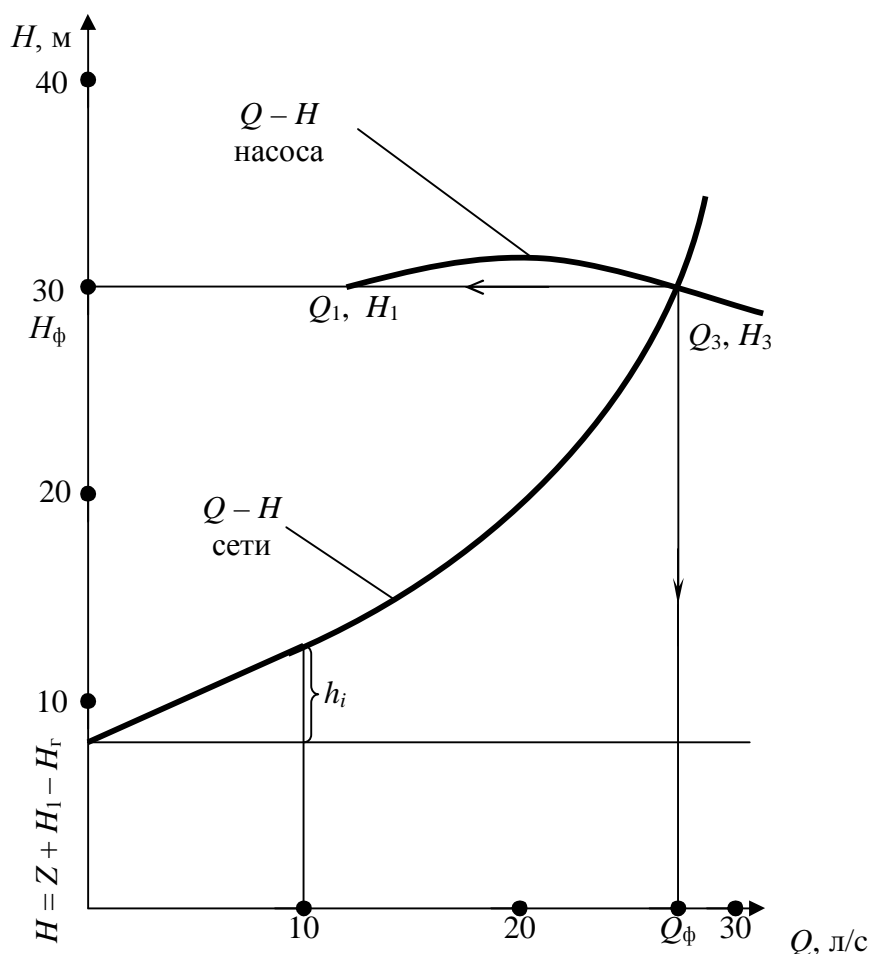


Рис. 2.14. График насос-сеть

По величинам расхода Q и напора $H_{\text{вод}}$ подбирается марка насоса и строится его $Q - H$ характеристика (рис. 2.14). Затем находится фактическое значение напора и расхода воды в сети, которое определяется точкой пересечения $Q - H$ характеристик насоса и сети на совмещённом графике.

Для построения характеристики сети определяется сопротивление сети

$$S_{\text{сети}} = \frac{1,2 h_{\text{лин}} + h_{\text{кл}}}{Q^2}. \quad (2.18)$$

Задаваясь различными значениями расхода Q_i , рассчитываем значения потерь напора $h_i = S Q_i^2$. Для построения совмещённого графика на оси ординат откладываем значения $H = Z + H_1 - H_r$ и от этого значения откладываем величины h_i для каждого Q_i (см. рис. 2.14). Затем находится фактическое значение напора и расхода воды в сети, которое определяется точкой пересечения $Q - H$ характеристик сети и насоса на совмещённом графике.

2.6. Электроуправление и сигнализация водяных АУП

Аппаратура электроуправления установок пожаротушения должна обеспечивать [19]:

- формирование команды на автоматический пуск установки пожаротушения при срабатывании двух или более пожарных извещателей, а для установок водяного пожаротушения допускается формирование команды от двух датчиков давления;
- автоматическое переключение цепей питания с основного ввода электроснабжения на резервный при исчезновении напряжения на основном вводе, с последующим переключением на основной ввод электроснабжения при восстановлении напряжения на нем;
- возможность отключения и восстановления режима автоматического пуска установки;
- автоматический пуск рабочих насосов;
- автоматический пуск резервных насосов в случае отказа пуска или невыхода рабочих насосов на режим в течение установленного времени;
- автоматическое включение электроприводов запорной арматуры;
- автоматический пуск и отключение дренажного насоса;
- местный, а при необходимости дистанционный пуск и отключение насосов (за исключением спринклерных систем);

- автоматическое и местное управление устройствами компенсации утечки огнетушащего вещества и сжатого воздуха из трубопроводов и гидропневматических емкостей.

Аппаратура управления установок пожаротушения должна обеспечивать автоматический контроль:

- соединительных линий между приборами приемно-контрольными пожарной сигнализации и приборами управления, предназначенными для выдачи команды на автоматическое включение установки (для установок водяного пожаротушения – пожарных насосов) на обрыв и короткое замыкание;

- соединительных линий световых и звуковых оповещателей на обрыв и короткое замыкание;

- электрических цепей дистанционного пуска установки пожаротушения на обрыв и короткое замыкание (рекомендуется);

- исправности световой и звуковой сигнализаций (по вызову), в том числе оповещателей;

- отключения звуковой сигнализации при сохранении световой сигнализации (на приборе);

- автоматического включения звуковой сигнализации при поступлении следующего сигнала о пожаре от системы пожарной сигнализации;

- формирования команды на управление технологическим оборудованием и инженерными системами объекта (при необходимости);

- формирования команды на отключение вентиляции (при необходимости);

- формирования команды на включение системы оповещения (при необходимости);

- электрических цепей запорных устройств с электроприводом на обрыв;

- электрических цепей приборов, регистрирующих срабатывание узлов управления, формирующих команду на автоматическое включение пожарных насосов на обрыв и короткое замыкание;

- аварийного уровня в резервуаре, в дренажном приемке;

- давления в гидроимпульсном устройстве.

Устройства отключения и восстановления режима автоматического пуска дренчерных установок должны быть размещены в помещении дежурного поста или другом помещении с персоналом, ведущим круглосуточное дежурство.

При наличии защиты от несанкционированного доступа устройства восстановления автоматического пуска могут быть размещены у входов в защищаемые помещения.

Общие требования к сигнализации. В помещении пожарного поста или другом помещении с персоналом, ведущим круглосуточное дежурство, должна быть предусмотрена *световая и звуковая сигнализация*:

- о возникновении пожара (с расшифровкой по направлениям или помещениям в случае применения адресных систем пожарной сигнализации);
- о срабатывании установки (с расшифровкой по направлениям или помещениям);
- о пуске насосов;
- о начале работы установки с указанием направлений, по которым подается огнетушащее вещество (рекомендуется подача кратковременного звукового сигнала);
- об отключении автоматического пуска насосов и установки;
- о неисправности установки;
- об исчезновении напряжения на основном и резервном вводах электропитания установки;
- об отсутствии полного открытия задвижек запорных устройств с электроприводом в режиме подачи команды на их открытие;
- о неисправности цепей электроуправления запорных устройств;
- о снижении ниже допустимого уровня воды и давления воздуха (звуковой сигнал общий);
- об аварийном уровне в пожарном резервуаре, дренажном приемке (общий сигнал);

световая сигнализация:

- о наличии напряжения на основном и резервном вводах электропитания;
- об отключении звуковой сигнализации о пожаре (при отсутствии автоматического восстановления сигнализации);
- об отключении звуковой сигнализации о неисправности (при отсутствии автоматического восстановления сигнализации);
- о положении задвижек с электроприводом (открыты, закрыты).

Звуковой сигнал о пожаре должен отличаться тональностью или характером звука от сигнала о неисправности и срабатывании установки.

В помещении насосной станции следует размещать устройства местного пуска и остановки насосов (допускается осуществлять пуск и остановку пожарных насосов из помещения дежурного поста), местного пуска и остановки компрессора.

Перед входами в защищаемые помещения необходимо предусматривать световую сигнализацию об отключении автоматического пуска дренажной установки.

В помещении насосной станции следует предусматривать *световую сигнализацию*:

- о наличии напряжения на основном и резервном вводах электропитания;
- об отключении автоматического пуска пожарных насосов, насосов-дозаторов, дренажного насоса;
- о неисправности электрических цепей приборов, регистрирующих срабатывание узлов управления и выдающих команду на включение установки и запорных устройств (с расшифровкой по направлениям);
- о неисправности электрических цепей управления задвижками запорных устройств с электроприводом (с расшифровкой по направлениям);
- об отсутствии полного открытия задвижек запорных устройств с электроприводом в режиме подачи команды на их открытие (с расшифровкой по направлениям);
- об аварийном уровне в пожарном резервуаре, в дренажном приямке (общий сигнал).

Если электрозадвижки установлены не в помещении насосной станции, то сигналы неисправности электроцепей и отсутствие полного открытия задвижек выдаются по месту установки электрозадвижек.

Схема автоматизации установки пожаротушения (рис. 2.15) включает в себя шкаф управления пожарным насосом *АС1*, который служит для включения резервного насоса, подающего огнетушащее вещество в распределительную сеть при отказе рабочего насоса; электроконтактный манометр *СП3*, обеспечивающий посредством шкафа автоматического управления *АС3* включение резервного насоса при отсутствии сигнала на включение рабочего насоса; шкаф автоматического управления *АС3* для включения основного водопитателя посредством шкафа управления пожарными насосами *АС1*. Сигнал на шкаф управления пожарным насосом *АС1* поступает при одновременной выдаче сигнала электроконтактными манометрами *СП1* и *СП2*, устанавливаемыми на импульсном устройстве. Сигнализаторы давления универсальные *НР1* и *НР2*, которые могут использоваться как для запуска пожарных насосов (при их одновременном срабатывании), так и для выдачи сигнала о прохождении огнетушащего вещества в распределительную сеть при срабатывании одного сигнализатора давления универсального.

Электронный регулятор сигнализатор уровня *АИ-2* служит для контроля уровня воды в дренажной системе, используется для включения ящика управления дренажным насосом *АС2*. Дренажный насос в насосной станции устанавливается в том случае, если пожарные насосы располагаются ниже уровня грунтовых вод.

2.7. Методики проверки работоспособности и приемки в эксплуатацию водяных АУП. Требования к эксплуатации водяных АУП

В местах, где имеется опасность механических повреждений, оросители должны быть защищены надежными ограждениями, не влияющими на карту орошения и распространения тепловых потоков. Оросители должны постоянно содержаться в чистоте. В период проведения в защищаемых помещениях ремонтных работ оросители должны быть защищены от попадания на них штукатурки, краски и побелки. После окончания ремонта помещения защитные приспособления должны быть сняты.

Запас оросителей на объекте (предприятии) должен быть не менее 10 % для каждого типа оросителей из числа смонтированных на распределительных трубопроводах, для их своевременной замены в процессе эксплуатации.

Запрещается устанавливать взамен вскрывшихся или неисправных оросителей пробки и заглушки, а также устанавливать оросители с иной (кроме предусмотренной проектно-сметной документацией) температурой плавления замка; складировать материалы на расстоянии менее 0,6 м от оросителей.

Трубопроводы в помещениях с химически активной или агрессивной средой должны быть защищены кислотоупорной краской.

Запрещается использование трубопроводов установок пожаротушения для подвески или крепления какого-либо оборудования; присоединение производственного оборудования или санитарных приборов к питательным трубопроводам установки пожаротушения; установка запорной арматуры и фланцевых соединений на питательных и распределительных трубопроводах; использование внутренних пожарных кранов, установленных на спринклерной сети, для других целей, кроме тушения пожара; использование компрессоров не по прямому назначению.

У каждого узла управления должна быть вывешена функциональная схема обвязки, а на каждом направлении – табличка с указанием рабочих давлений, наименования защищаемых помещений, типа и количества оросителей в каждой секции системы, положения (состояния) запорных элементов в дежурном режиме.

Резервуары для хранения неприкосновенного запаса воды для целей пожаротушения должны быть оборудованы устройствами, исключающими расход воды на другие нужды.

Помещение насосной станции должно быть обеспечено телефонной связью с диспетчерским пунктом.

У входа в помещение насосной станции должна быть вывешена табличка «Станция пожаротушения» и должно постоянно функционировать световое табло с аналогичной надписью.

В помещении насосной станции должны быть вывешены четко и аккуратно выполненные схемы обвязки насосной станции и принципиальная схема установки пожаротушения. Все показывающие измерительные приборы должны иметь надписи о рабочих давлениях и допустимых пределах их измерений.

На диспетчерском пункте (объекте) должен круглосуточно находиться дежурный персонал в количестве не менее 2 человек.

Диспетчерский пункт должен быть обеспечен прямой телефонной связью с помещением насосной станции, основного водопитателя, городской телефонной связью, исправными электрическими фонарями (не менее 3 штук), а также средствами индивидуальной защиты.

В диспетчерском пункте должна быть предусмотрена световая и звуковая сигнализации о срабатывании установок пожаротушения, а также о возникших в системе неисправностях.

В диспетчерском пункте должна быть вывешена инструкция о действиях дежурного персонала при поступлении сигналов о срабатывании установки.

При проверке организации эксплуатации АУП представитель органов ГПН должен:

- убедиться в наличии приказа (распоряжения) администрации объекта о назначении ответственного лица за эксплуатацию установки и персонала для технического обслуживания и оперативного круглосуточного контроля ПС и АУП;

- ознакомиться с технической документацией (проектом, рабочими или исполнительными чертежами, актами приемки и сдачи установок в эксплуатацию, паспортами на приборы и оборудование, инструкцией по эксплуатации установок, план-графиком ТО, перечнем регламентных работ, журналом учета ТО и неисправностей установок, должностными инструкциями для обслуживающего и оперативного персонала, программой и методикой комплексных испытаний установок);

- проверить умение дежурного (оперативного) и обслуживающего персонала работать с приемно-контрольными приборами (щитами) сигнализации, а также знание ими порядка проверки работоспособности установок и действий при срабатывании извещателей и приборов;

- провести контроль технического состояния, проверить работоспособность ПС и АУП;

- проверить наличие и исправность телефонной связи с пожарным постом или диспетчерским пультом объекта.

При контроле технического состояния провести внешний осмотр оборудования. Проверить наличие пломб на элементах и узлах, подлежащих опломбированию.

При проверке работоспособности представитель ГПН должен:

- убедиться в срабатывании извещателей и выдаче соответствующих извещений на ППКП и сигналов управления с ППУ;
- убедиться в работоспособности шлейфа ПС по всей его длине путем имитации обрыва или короткого замыкания в конце шлейфа ПС, а также проверить исправность электрических цепей запуска;
- убедиться в работоспособности приемно-контрольных приборов, а также приборов управления совместно с периферийными устройствами (оповещателями, исполнительными устройствами).

Эти проверки должны выполняться лицами, ответственными за эксплуатацию систем.

Типовой регламент технического обслуживания установок водяного пожаротушения должен содержать работы, предусмотренные технической документацией заводов-изготовителей на элементы установки. Кроме того, содержать следующие работы по техническому обслуживанию установки в целом.

Внешний осмотр составных частей установки на отсутствие повреждений, коррозии, грязи, течи, прочность крепления, наличие пломб. Проверяется оборудование:

- технологической части – трубопроводов, оросителей, обратных клапанов, дозирующих устройств, запорной арматуры, манометров, пневмобака, насосов;
- электротехнической части – шкафов электроуправления, электродвигателей;
- сигнализационной части – приемно-контрольных устройств (приборов), шлейфов сигнализации, извещателей, оповещателей.

Контроль давления, уровня воды, рабочего положения запорной арматуры и т. д.

Контроль основного и резервного источников питания и проверка автоматического переключения питания с рабочего ввода на резервный.

Проверка работоспособности составных частей установки (технологической части, электротехнической части, сигнализационной части).

Проверка работоспособности установки в ручном (местном и дистанционном) и автоматическом режимах.

Промывка трубопроводов и смена воды в установке и резервуарах при необходимости.

Метрологическая поверка КИП. Измерение сопротивления защитного и рабочего заземления.

Измерение сопротивления изоляции электрических цепей.

Гидравлические и пневматические испытания трубопроводов на герметичность и прочность.

Техническое освидетельствование составных частей установки, работающих под давлением в соответствии с нормами Госгортехнадзора.

Глава 3

Автоматические установки пенного пожаротушения

3.1. Назначение, устройство и работа установок пенного пожаротушения

Установки пенного пожаротушения применяются для защиты технологического оборудования химических и нефтехимических производств, складов и баз нефти и нефтепродуктов, а также других объектов, где в больших количествах применяются легковоспламеняющиеся и горючие жидкости.

По составу и принципу действия установки пенного пожаротушения во многом аналогичны установкам водяного пожаротушения. Дополнительными элементами в пенных установках являются устройства образования пены (оросители и генераторы), а также системы хранения и дозирования пенообразователя [19, 21]. Кроме того, отличие пенных установок от водяных заключается в том, что источником водоснабжения установок пенного пожаротушения должны служить водопроводы непитьевого назначения, при этом количество воды, необходимое для получения пены, должно удовлетворять требованиям технических документов на применяемые пенообразователи.

По функциональным признакам и конструктивным особенностям автоматические установки пенного пожаротушения классифицируют, исходя из кратности применяемой пены, времени пуска, продолжительности их работы, способа питания и получения пенообразующего раствора, типа пенообразующих устройств и способа заполнения трубопроводов.

В зависимости от того, насколько увеличивается объем по сравнению с исходным, пены бывают низкой (до 20), средней (от 20 до 200) и высокой (более 200) кратности. Соответственно, установки пожаротушения подразделяются на установки тушения пеной низкой, средней и высокой кратности.

По способу воздействия на очаг пожара пенные установки делятся на установки общеповерхностного, локально-поверхностного, общеобъемного, локально-объемного и комбинированного тушения:

- общеповерхностные: дренчерные – для защиты всей расчетной площади; установки для защиты резервуаров с горючими жидкостями;
- локально-поверхностные: спринклерные – для защиты отдельных аппаратов, отдельных участков помещений; дренчерные – для защиты отдельных объектов, аппаратов, трансформаторов и т. п.;

- общеобъемные – предназначены для заполнения защищаемых объемов;

- локально-объемные – для заполнения отдельных объемов технологических аппаратов, небольших встроенных складских помещений и др.;

- комбинированные – соединены схемы установок локально-поверхностного и локально-объемного тушения для одновременной подачи пены в объем или по поверхности технологических аппаратов и на поверхность вокруг них.

Пенообразующий раствор в пенных АУП может быть получен объемным способом (предварительное приготовление водного раствора пенообразователя в резервуаре, из которого насосами он подается в распределительную сеть); при помощи струйных устройств, автоматических дозаторов, насосных дозирующих систем.

По типу пенообразующих устройств пенные АУП делятся на установки с механическими пенообразующими устройствами для получения пены низкой кратности (оросители типа СПУ-0,15-Р68-В3, ДПУ-0,15-В3; оросители эвольвентные ДО-0,1П(ВП)ПА16-0,27/93 «ОЭ-16», ДО-0,15П(ВП)Па25-0,81/93 «ОЭ-25») и устройствами для получения пены средней кратности (сеточными генераторами) типа ГПСС-200, ГПСС-600, ГПСС-2000, ГЧСМ.

По способу заполнения трубопроводов пенные АУП могут быть сухотрубными, заливными и циркуляционными. Сухотрубные установки заполнены пенообразующим раствором до запорно-пусковых устройств, поэтому при включении установки требуется некоторое время для заполнения трубопроводов. Этот вариант может применяться в инерционных пенных АУП.

В целях сокращения времени включения пенных АУП используют способ заполнения трубопроводов до оросителей (в пенных АУП спринклерного типа) или до уровня распределительных рядков в стояках (в пенных АУП дренчерного типа).

В быстродействующих установках применяют способ постоянного циркулирования пенообразующего раствора в трубопроводах, что в значительной степени повышает оперативную готовность пенных АУП.

Оросители СПУ-0,15-Р68-В3, ДПУ-0,15-В3; оросители эвольвентные ДО-0,1П(ВП)ПА16-0,27/93 «ОЭ-16», ДО-0,15П(ВП)Па25-0,81/93 «ОЭ-25» предназначены для получения из водных растворов пенообразователей воздушно-механической пены (ВМП) низкой кратности ($K_n < 20$). В настоящее время в установках пожаротушения применяются следующие пенные оросители дренчерного типа ДПУ-0,15-В3 (рис. 3.1, а) и спринклерные типа СПУ-0,15-Р68-В3 (рис. 3.1, б), устанавливаемые в зависимости от условий эксплуатации как розеткой вниз, так и розеткой вверх.

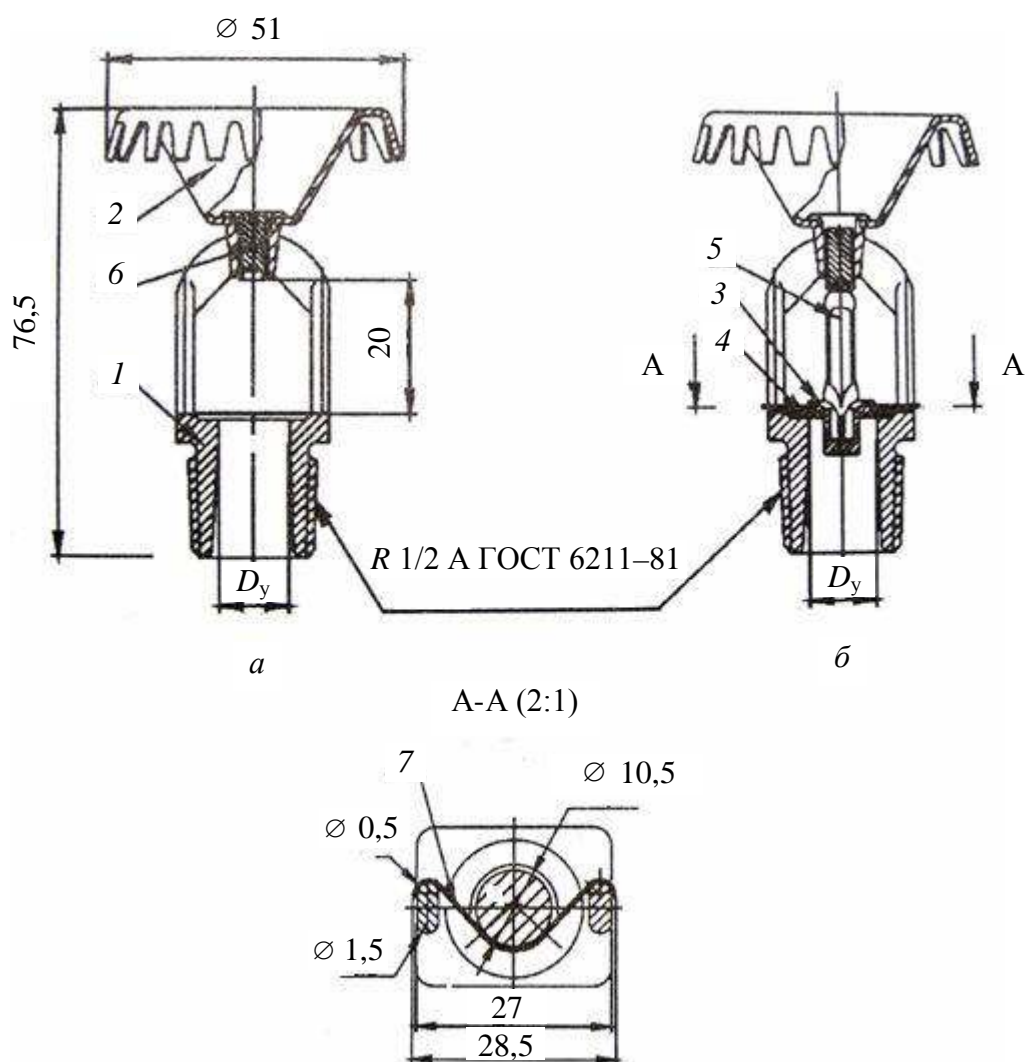


Рис. 3.1. Ороситель пенный дренчерный (а) и ороситель пенный спринклерный (б):
 1 – штуцер; 2 – розетка; 3 – крышка; 4 – пружина; 5 – стеклянная термоколба
 (разрывной термочувствительный элемент); 6 – винт; 7 – пружина сброса крышки

Минимальное рабочее давление перед оросителем 0,15 МПа, площадь орошения этих оросителей составляет 12 м^2 , коэффициент производительности оросителей $0,77 \text{ л}/(\text{с} \cdot \text{м}^{0,5})$, номинальная температура срабатывания спринклерных оросителей 68°C . Кратность пены 5–20. Карта орошения данных оросителей представлена на рис. 3.2.

В дренчерных установках пенного пожаротушения также применяются пенные оросители эвольвентные ДО-0,1П(ВП)ПА16-0,27/93 «ОЭ-16», ДО-0,15П(ВП)ПА25-0,81/93 «ОЭ-25» (рис. 3.3) с диаметром выходного отверстия 16, 25 мм соответственно. Они орошают площадь 9 м^2 при

высоте расположения оросителя 3 м. Коэффициент производительности оросителей «ОЭ-16» $0,27 \text{ л/(с}\cdot\text{м}^{0,5})$, «ОЭ-25» $0,81 \text{ л/(с}\cdot\text{м}^{0,5})$.

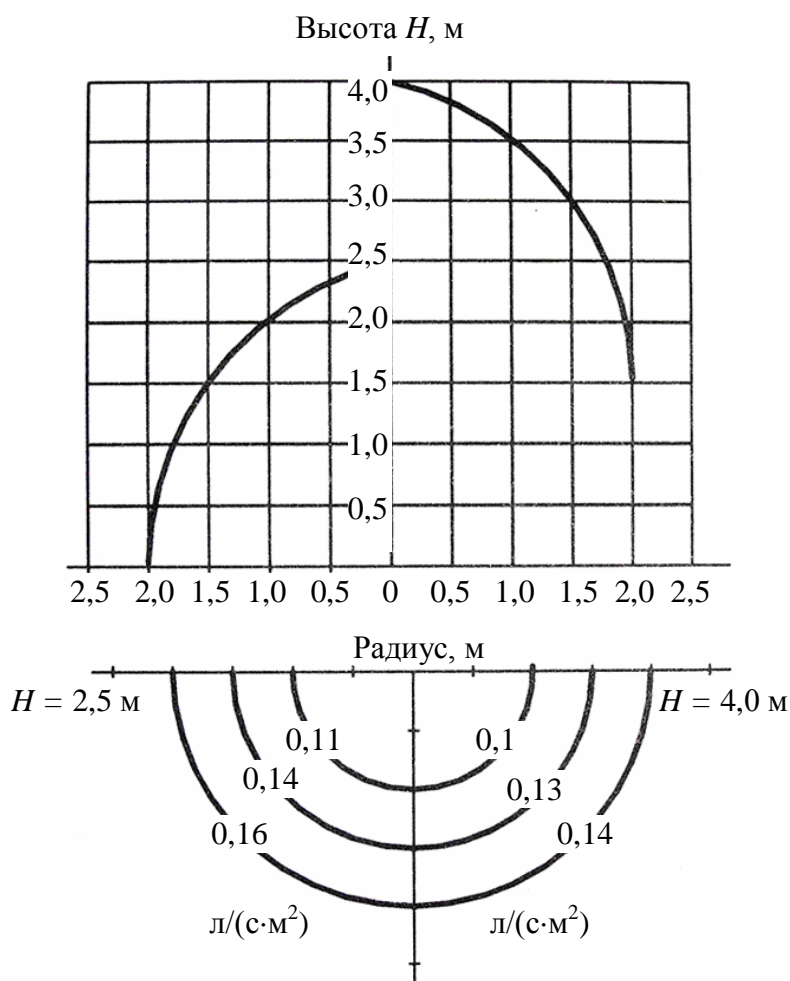


Рис. 3.2. Карта орошения оросителей СПУ-0,15-Р68-В3 и ДПУ-0,15-В3 при давлении перед оросителем $P = 0,15 \text{ МПа}$ и коэффициенте производительности $K = 0,77 \text{ л/(с}\cdot\text{м}^{0,5})$

Оросители предназначены для формирования более плотного (по сравнению с розеточными оросителями) конической формы потока пены, благодаря центробежным усилиям, возникающим в камере завихрения. Оросители устойчиво работают под любым углом к горизонту.

Кратность пены соответственно 6 и 8. Оросители отличаются друг от друга только размерами и представляют собой устройство центробежного типа для распыления жидкости с входом ее в ороситель по эвольвентной кривой. Струя пенообразующего раствора закручивается в корпусе и выходит через выходные отверстия в виде капельного потока с углом раскрытия 90° .

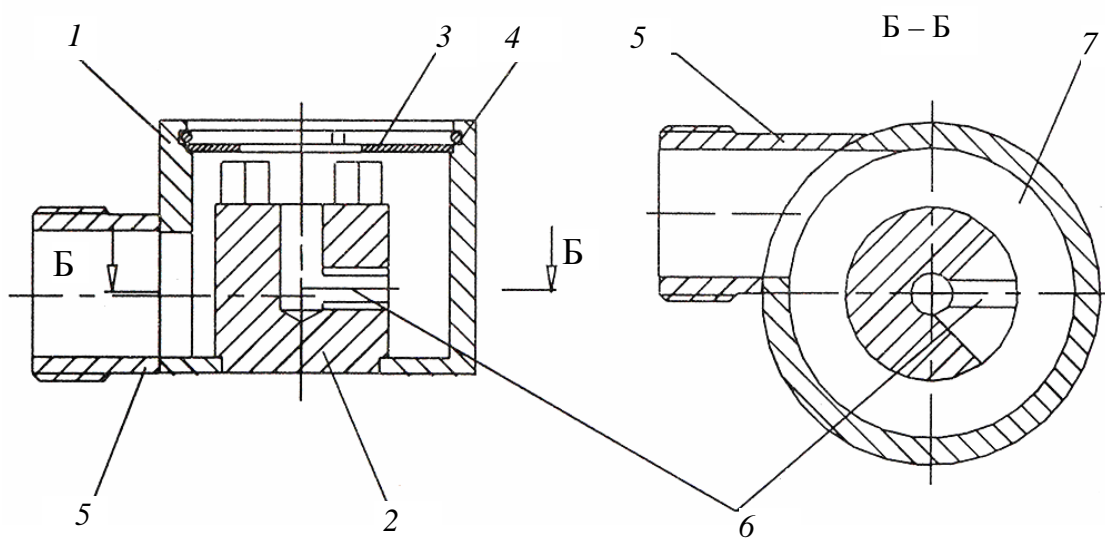


Рис. 3.3. Ороситель эвольвентный дренажный:
 1 – корпус; 2 – втулка; 3 – диафрагма; 4 – запорное кольцо;
 5 – патрубок; 6 – канал; 7 – камера

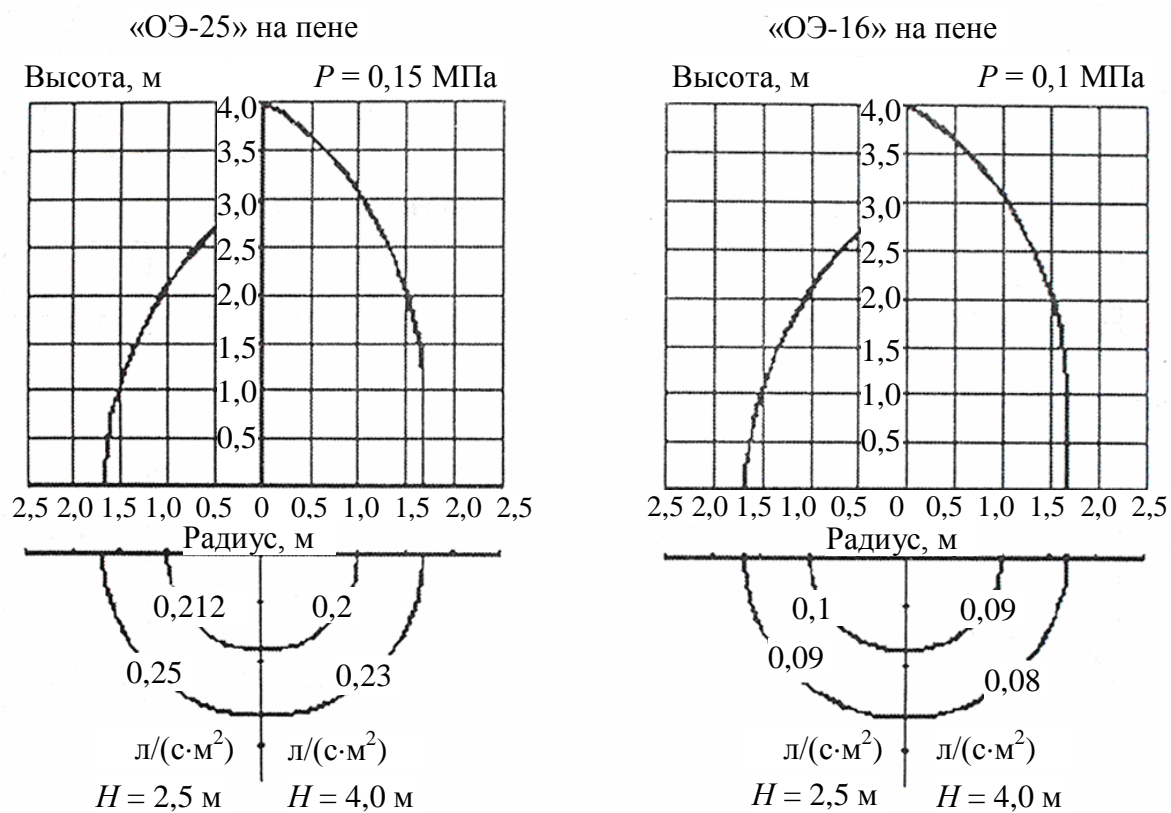


Рис. 3.4. Карты орошения оросителей «ОЭ-25» и «ОЭ-16»

Данные диаграммы (рис. 3.4) получены для оросителей «ОЭ-25» при коэффициенте производительности $K = 0,66 \text{ л/(с·м}^{0,5}\text{)}$ и «ОЭ-16» при $K = 0,27 \text{ л/(с·м}^{0,5}\text{)}$, которые определялись по формуле $K = \frac{Q}{\sqrt{P}}$ (по НПБ 87-2001 [22], где Q , л/с; P , МПа).

Для получения пены средней кратности (70–100) из раствора пенообразователя промышленность выпускает два типа генераторов: ГПС (генератор пены средней кратности) и ГЧСМ (генератор четырехструйный сеточный). Генераторы ГПС (рис. 3.5) изготавливаются в трех модификациях ГПС – 200, 600 и 2000. Имеют одинаковую конструкцию и отличаются только габаритными размерами и производительностью по пене (200, 600 и 2000 л/с соответственно). При попадании водного раствора пенообразователя в центробежный распылитель образуется капельный поток, который при движении в корпусе генератора подсасывает воздух через конфузторную часть. Поступающий на пакет сеток поток образует ВМП. Рабочий напор у распылителя 0,4–0,6 МПа (4–6 кгс/см²).

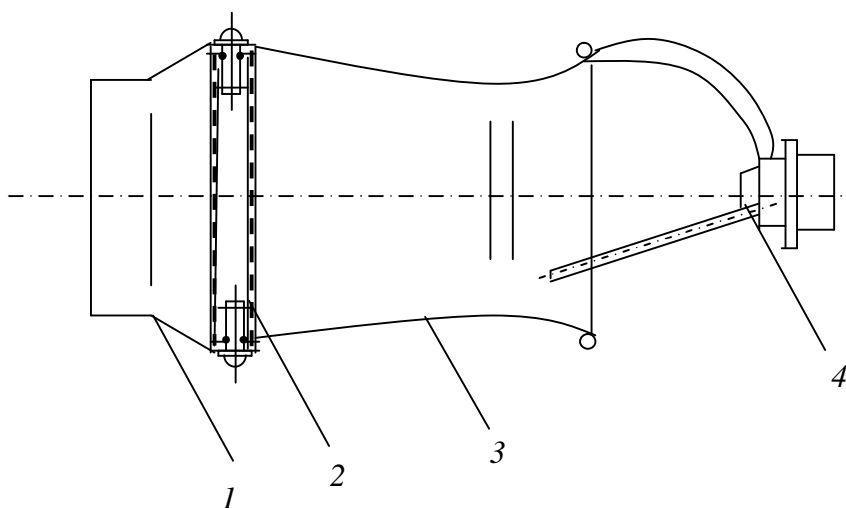


Рис. 3.5. Генератор пены средней кратности (ГПС-200, ГПС-600 и ГПС-2000):
1 – насадка; 2 – пакет сеток; 3 – корпус; 4 – распылитель

Генераторы ГПСС применяются в основном для защиты резервуаров с нефтепродуктами.

Для объемного тушения пожаров в помещениях с наличием легковоспламеняющихся и горючих жидкостей применяются генераторы ГЧСМ (рис. 3.6). Распылитель представляет собой металлическую пустотелую отливку, передняя стенка которой выполнена в виде угла с направлением вершины внутрь корпуса. В образованных углом плоскостях имеются цилиндрические каналы, оси которых пересекаются за пределами корпуса. При подаче пенообразующего раствора в корпус распылителя цилиндрические каналы формируют струи, которые соударяются за пределами распылителя, образуют плоский капельный поток перед пакетом сеток. На сетках образуется ВМП средней кратности (40–50), которая выбрасывается из генератора в виде веера шириной до 6 м, длиной до 8 м. Рекомендуемый для работы генератора напор 15–45 м.

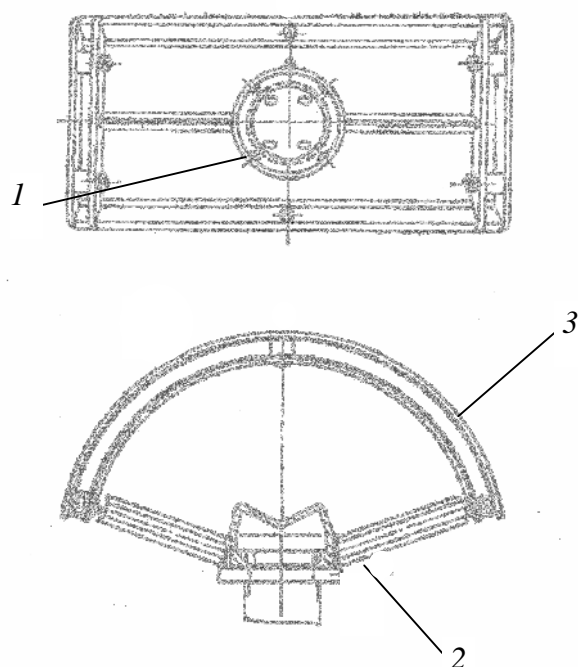


Рис. 3.6. Генератор пены средней кратности:

1 – струйный распылитель; 2 – кронштейны; 3 – пакет сеток

Генератор пены средней кратности стационарный с коробом типа ГПСК-2000 (рис. 3.7) предназначен для получения из водного раствора пенообразователя ВМП средней кратности (70) и подачи ее в резервуар со стационарной крышей для хранения нефти и нефтепродуктов при тушении пожара. Генератор состоит из корпуса, кассеты сеток, центробежного распылителя, короба с герметичным затвором и генератора. Короб выполняет функцию пенопровода и приворачивается через фланец и плиту к резервуару.

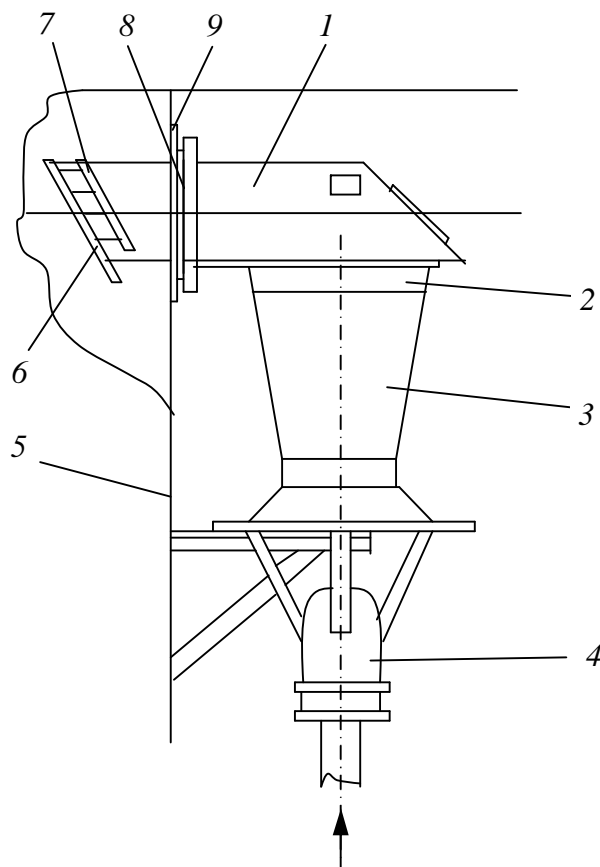


Рис. 3.7. Генератор пены средней кратности с коробом типа ГПСК-2000:
 1 – короб; 2 – кассета сеток; 3 – корпус; 4 – распылитель; 5 – резервуар;
 6 – герметизирующая крышка; 7 – замок-стяжка; 8 – фланец; 9 – плита

На задней крышке имеется смотровое окно для технического обслуживания генератора. Герметизирующая крышка с прокладкой препятствует проникновению паров нефтепродуктов во внешнюю среду. Для равномерного и плотного прижатия герметизирующей крышки к коробу предусмотрено 11 стяжек-замков, состоящих из двух частей, спаянных легкоплавким припоем. При повышении температуры внутри резервуара при пожаре замки размыкаются и крышка под собственной массой падает, освобождая доступ пене.

Для защиты резервуаров с нефтепродуктами применяются также генераторы ГПСС-2000 и ГПСС-600. Они предназначены для получения пены средней кратности из водного раствора пенообразователя и доставке ее в виде компактной струи в зону пожара (рис. 3.8).

Данные устройства применяются в автоматических установках пенного пожаротушения для ликвидации пожара в резервуарах, но могут быть использованы для тушения пожара в помещениях объемным способом.

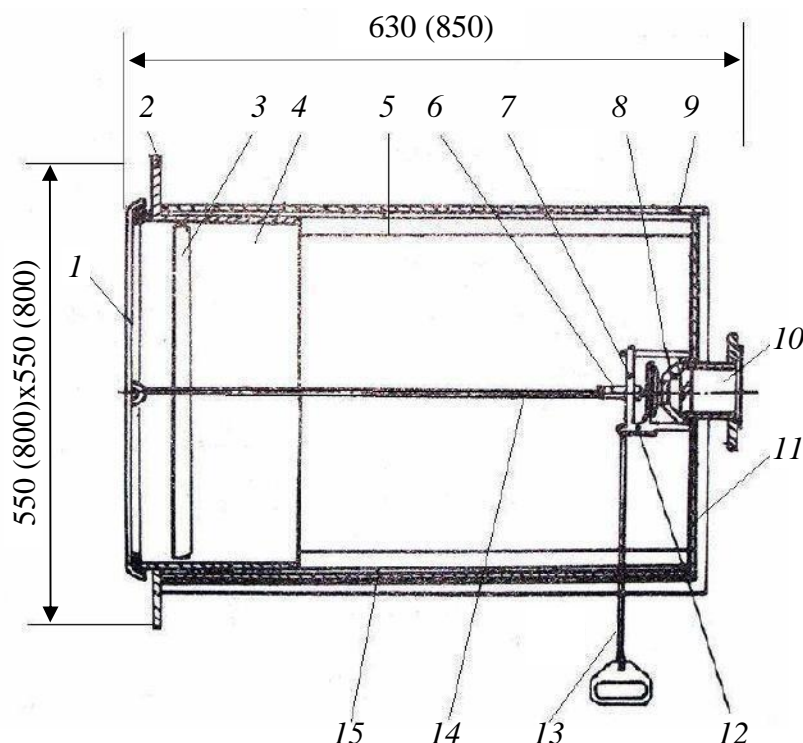


Рис. 3.8. Генератор пены средней кратности ГПСС-2000 (ГПСС-600):
 1 – крышка-затвор; 2 – фланец; 3 – пакет сеток; 4 – обечайка; 5 – корпус; 6, 14 – тяга;
 7 – рычаг; 8 – стойка; 9 – кожух; 10 – распылитель; 11 – стенка; 12 – защёлка;
 13 – ручка; 15 – защитная сетка

Генератор используется в стационарных системах дренчерного пожаротушения. В рабочем состоянии защищаемый объем отделен от полости генератора герметичной крышкой. В случае пожара запускается насос, раствор пенообразователя поступает в распылитель, давлением струи через защелку и рычаг вскрывается крышка затвора, раствор поступает на сетку, а образовавшаяся пена – в защищаемый объем.

Техническая характеристика генератора

Тип генератора.....	ГПСС-600	ГПСС-2000
Рабочий напор перед распылителем, МПа.....	От 0,4 до 0,6	
Кратность пены.....	От 70 до 100	
Производительность по раствору:		
- при минимальном напоре.....	От 1,6 до 4,8	
- при максимальном напоре.....	От 16 до 20	
Производительность по пене,		
при максимальном напоре и кратности, л/с.....	600; 2000	

Минимальный напор перед распылителем
 для автоматического срабатывания затвора,
 не менее, МПа.....0,2
 Ресурс сетки, не менее, ч.....25
 Масса, не более, кг.....55; 100
 Температура окружающей среды, °С.....От –50 до +60
 Относительная влажность при 25 °С,%.....98±2
 Срок службы, не менее, лет.....10

Для получения ВМП в автоматических установках пенного пожаротушения используются водные растворы пенообразователей [23] (табл. 3.1).

Таблица 3.1

Характеристики водных растворов пенообразователей

Марка	Основной компонент	Концентрация в растворе, %	Биологически мягкий	Назначение
ПО-3АИ («ИВА»)	Ингибированные вторичные алкилсульфаты натрия	3	Да	Общее
ПО-1	Натриевые соли нефтяных сульфокислот	6	Нет	То же
ПО-1Д	То же	6	То же	—
ПО-6К	—	6	—	—
ПО-6ТС	—	6	Да	—
Подслойный	—	6	Нет	Целевое
ПО-6А3F	—	6	Да	То же
«Меркуловский»	—	1, 3, 6	Да	—
ТЭАС	Триэтаноламиновые соли первичных алкилсульфатов	6	Да	—
Универсальный	Фторированные ПАВ	10	Нет	Целевое
Пленкообразующий (легкая вода)	Смесь фторированных и нефторированных ПАВ	6	То же	То же
ФОРЭТОЛ	—	10	—	—
САМПО	Спирт, алкилсульфат, мочевины, пенообразователь (ПО – АИ + добавки)	6	Да	—

Дозирующие устройства предназначены для непрерывного введения требуемого количества пенообразователя в поток воды в целях получения раствора определенной концентрации [24]. Для получения пенообразующих растворов чаще всего применяются следующие способы и конструкции дозирующих устройств.

1. Способ объемного дозирования (рис. 3.9) заключается в смешивании воды и пенообразователя в определенных пропорциях в резервуаре. Из резервуара 1 пенообразующий раствор насосами 6 подается в распределительную сеть установки пожаротушения. Для перемешивания раствора открывают задвижку 5 на трубопроводе 4. Раствор пенообразователя из нижней части резервуара насосами 6 через нормально открытую задвижку 5 на всасывающем трубопроводе 3 подается в перфорированный трубопровод 2, расположенный в верхней части резервуара по его периметру на 0,1 м ниже расчетного уровня воды в нем.

Запас раствора пенообразователя, как правило, следует хранить в двух резервуарах.

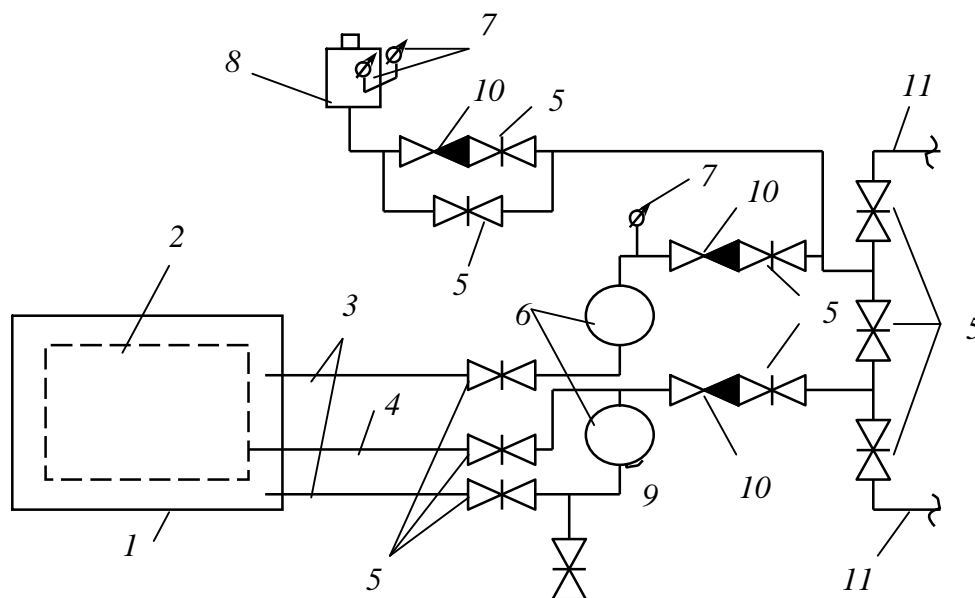


Рис. 3.9. Способ объёмного дозирования:

- 1 – резервуар; 2 – перфорированный трубопровод; 3 – всасывающий трубопровод;
- 4 – трубопровод для подачи пенообразователя в резервуар и перемешивания раствора пенообразователя; 5 – задвижка; 6 – основной и резервный насосы;
- 7 – электроконтактный манометр; 8 – автоматический водопитатель;
- 9 – головка соединительная; 10 – обратный клапан;
- 11 – трубопровод к узлам управления

Этот способ дозирования пенообразователя является наиболее простым, надежным в работе и применяется в пенных установках пожаротушения спринклерного типа, так как в настоящее время не существует устройств дозирования, реагирующих на изменение расхода воды. Он имеет и ряд недостатков:

- необходимость устройства резервуаров большой вместимости;
- небольшой срок хранения раствора пенообразователя;
- необходимость защиты стенок резервуара от коррозии.

2. Дозирование пенообразователя с помощью насоса-дозатора (рис. 3.10). Этот способ заключается в подаче пенообразователя из емкости 1 в поток воды в напорном трубопроводе основного насоса 8 через дозирующую шайбу 6 насосом-дозатором 2.

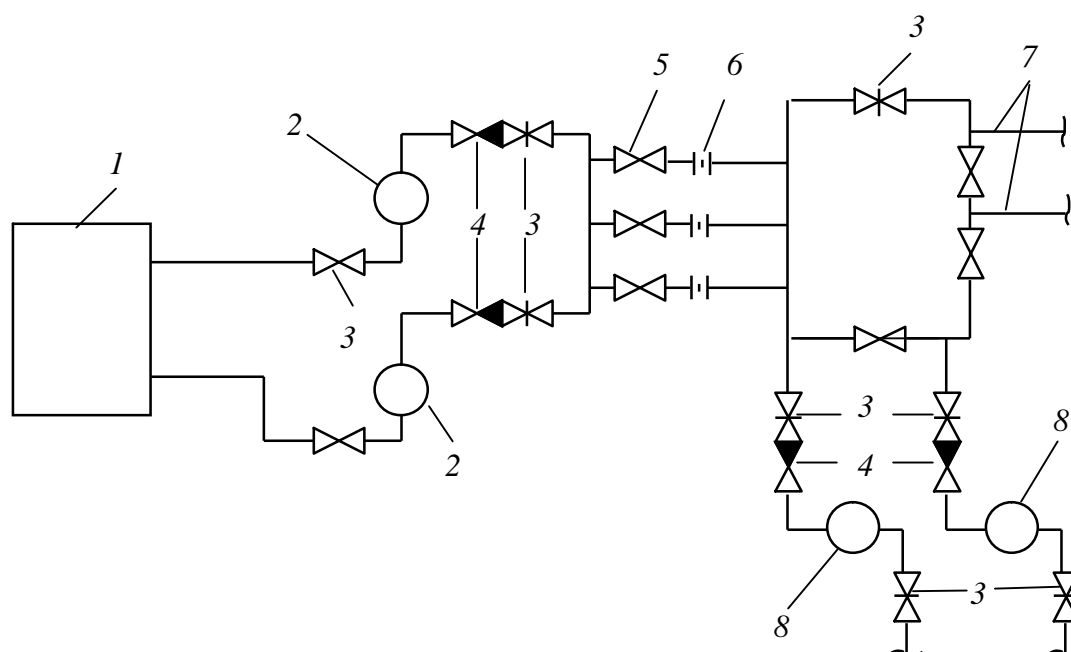


Рис. 3.10. Схема дозирования пенообразователя с помощью насоса-дозатора:
 1 – ёмкость с пенообразователем; 2 – насос-дозатор; 3 – задвижка; 4 – обратный клапан;
 5 – вентиль с электромагнитным приводом; 6 – дозирующая шайба;
 7 – подводящий трубопровод; 8 – основной и резервный насосы

Расчетный расход пенообразователя в разные защищаемые помещения обеспечивают с помощью дозирующих (дрессельных) шайб, диаметр которых определяют расчетом и уточняют путем подбора при наладке установки. При этом необходимо учитывать, что напор, создаваемый насосом-дозатором в точке присоединения дозирующей шайбы к напорному трубопроводу основного насоса, должен быть на 3 м больше, чем напор основного насоса.

В практике проектирования этот способ чаще всего применяется в дренчерных установках пожаротушения.

3.2. Гидравлический расчет спринклерных и дренчерных установок пенного пожаротушения

Расчет автоматической установки пожаротушения с использованием пены низкой кратности (при тушении по поверхности) начинают с определения группы защищаемого помещения (производств и технологических процессов) по степени опасности развития пожара в зависимости от его функционального назначения и пожарной нагрузки по прил. 1 НПБ 88–2001* [19].

Затем для помещений 1; 2; 3; 4.1, 4.2 групп высотой до 10 м по табл. 1 п. 4.4 НПБ 88–2001* [19], для помещений высотой более 10 м по табл. 3 определяют интенсивность орошения пеной низкой кратности, площадь для расчета расхода раствора пенообразователя (для спринклерных установок), расстояние между спринклерными оросителями или легкоплавающими замками. Для помещений 5; 6; 7 групп (складские помещения) интенсивность орошения определяется по табл. 2 НПБ 88–2001* [19].

После этого по каталогам производят выбор типа оросителя. При этом необходимо учитывать, что площадь, защищаемая оросителями ОЭ-16 и ОЭ-25 при высоте установки 4 м и более, составляет соответственно 16 м² и 19,6 м².

Далее производят расстановку оросителей и трассировку трубопроводов в соответствии с требованиями НПБ 88–2001* [19].

Гидравлический расчет установок пенного пожаротушения пеной низкой кратности производится аналогично гидравлическому расчету установок водяного пожаротушения.

После определения фактических значений расхода раствора пенообразователя $Q_{\text{ф}}$ и напора $H_{\text{ф}}$ определяется расход пенообразователя, необходимый объем пенообразователя и его резервный запас.

Расход пенообразователя определяется следующим образом:

$$q_{\text{по}} = (C/100) Q_{\text{ф}},$$

где C – концентрация пенообразователя в растворе пенообразователя;

$Q_{\text{ф}}$ – фактический расход раствора пенообразователя, л/с.

Расчетный объем пенообразователя на одно тушение

$$V_{\text{по}} = q_{\text{по}} \tau_{\text{туш}},$$

где $\tau_{\text{туш}}$ – продолжительность работы установки пенного пожаротушения с пеной низкой кратности (п. 3* примечания табл. 1 раздел 4 НПБ 88–2001* [19]).

Резервный запас пенообразователя согласно п. 4.58 НПБ 88–2001* [19] составляет 100 %. Таким образом, общий объем пенообразователя (с учетом резерва)

$$V_{\text{общ}} = 2 V_{\text{по}}.$$

Тушение пожара с помощью пены низкой кратности производят либо с использованием заранее приготовленного раствора пенообразователя, либо с помощью раствора пенообразователя, получаемого путем дозированного введения пенообразователя в подаваемую воду. Первый способ наиболее целесообразно применять в спринклерных установках, второй – в дренчерных.

Наиболее часто применяемый способ дозирования в дренчерных установках – использование насоса-дозатора с дозирующей шайбой. Исходя из величины расхода пенообразователя $q_{\text{по}}$ производим выбор насоса-дозатора и строим его характеристику (рис. 3.11). По характеристике определяем напор на насосе-дозаторе для обеспечения необходимого расхода пенообразователя $q_{\text{по}}$.

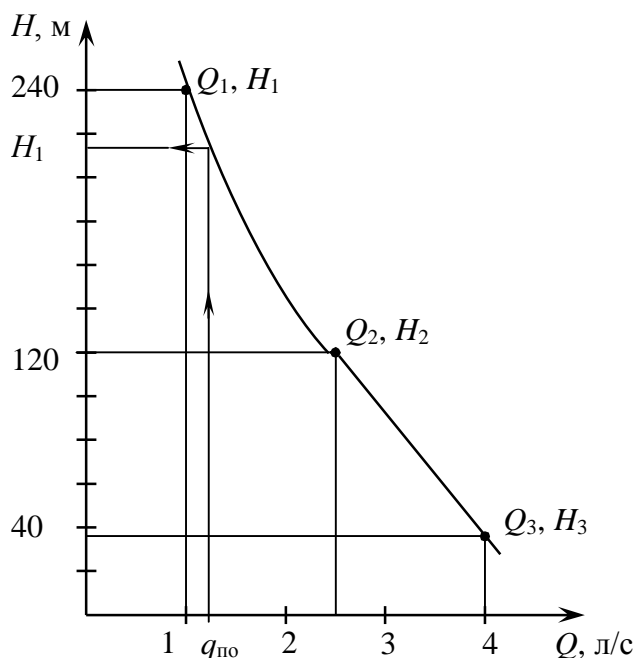


Рис. 3.11. Характеристика насоса-дозатора

Определяем диаметр дозирующей шайбы:

$$d_{\text{ш}} = \sqrt{\frac{q_{\text{по}} 10^{-3}}{\pi \mu \sqrt{2 g \Delta H}}},$$

где $\mu = 0,62$ – коэффициент расхода шайбы; $q_{\text{по}}$ – расход пенообразователя, л/с; $\Delta H = H_1 - H_{\text{ф}}$, H_1 – напор, определяемый по характеристике насоса-дозатора; $H_{\text{ф}}$ – фактический напор в сети, н; g – ускорение свободного падения, м/с².

Расчет автоматических установок пенного пожаротушения с использованием пены средней кратности (тушение по объему производится в соответствии с п. 11 прил. 2 НПБ 88–2001* [19]) начинается с определения объема раствора пенообразователя V_1 , м³.

$$V_1 = \frac{k_2 V}{k_3}, \quad (3.1)$$

где k_2 – коэффициент разрушения пены (принимается по табл. 2 прил. 2 НПБ 88–2001* [19]); V – объем, заполняемый пеной, м³ (определяется с учетом п. 4.26 НПБ 88–2001* [19]); k_3 – кратность пены.

Затем определяем число одновременно работающих генераторов пены n по формуле

$$n = \frac{V_1}{q_{\text{г}} t}, \quad (3.2)$$

где $q_{\text{г}}$ – производительность одного генератора по раствору пенообразователя, м³/мин; t – продолжительность работы установки с пеной средней кратности, мин (принимается по табл. 2 прил. 2 НПБ 88–2001* [19]).

$$q_{\text{г}} = K \sqrt{H_{\text{г}}}, \quad (3.3)$$

где $H_{\text{г}}$ – напор на генераторе пены, м; K – коэффициент производительности генератора пены (определяется по паспорту на изделие).

После определения количества генераторов пены производим их установку в защищаемом помещении с учетом карты орошения. Распределительные сети в этом случае прокладывают, как правило, по кольцевой трассе с равномерным размещением генераторов на трубопроводе. Генераторы пены в защищаемом помещении должны располагаться таким образом, чтобы потоки пены, выходящие из каждого генератора, имели одно направление. Генераторы пены целесообразно размещать горизонтально под перекрытием защищаемого помещения и так, чтобы они не мешали нормальной эксплуатации оборудования. В то же время генераторы

должны устанавливаться на высоте не менее 1 м от верхнего уровня защищаемого оборудования (п. 4.26 НПБ 88–2001* [19]).

После расстановки генераторов пены определяют «диктующий» генератор и производят гидравлический расчет сети по аналогии с методиками, применяемыми для расчета установок водяного пожаротушения.

По результатам гидравлического расчета определяют фактический расход $Q_{\text{ф}}$ и напор $H_{\text{ф}}$ на основном водопитателе. Затем определяют основной и резервный запас пенообразователя и производят выбор дозирующего устройства (в качестве дозирующего устройства наиболее часто применяют дозирующую шайбу с насосом-дозатором) и производят его расчет.

3.3. Расчет автоматических установок пенного пожаротушения для защиты резервуаров с огнеопасными жидкостями

Резервуары с нефтью и нефтепродуктами в наземных резервуарных парках вместимостью 5000 м³ и более, а также здания и помещения склада, указанные в п. 8.5 СНиП 2.11.03–93 [25] подлежат защите системами автоматического пожаротушения. При этом на складах IIIа категории (см. п. 1.1 табл. 1 СНиП 2.11.03–93 [25]) при наличии не более двух наземных резервуаров вместимостью 5000 м³, допускается тушение пожаров передвижной пожарной техникой, для чего резервуары оборудуются стационарно установленными генераторами пены и сухими трубопроводами (с соединительными головками для присоединения пожарной техники и заглушками), выведенными за обвалование. Для подземных резервуаров объемом 5000 м³ и более, сливноналивных эстакад и устройств для железнодорожных и автомобильных цистерн на складах I и II категорий, согласно п. 8.4 СНиП 2.11.03–93 [25], необходимо предусматривать стационарные системы пожаротушения (неавтоматические).

Здания и помещения складов нефти и нефтепродуктов, подлежащие оборудованию стационарными установками автоматического пожаротушения, приведены в табл. 7 СНиП 2.11.03–93 [25].

Для наземных и подземных резервуаров объемом менее 5000 м³, продуктовых насосных станций, размещаемых на площадках сливноналивных эстакад и устройств для железнодорожных и автомобильных цистерн на складах III категории, а также указанных в п. 8.5 СНиП 2.11.03–93 [25] зданий и помещений складов при площади этих помещений и производительности насосных станций менее приведенных в табл. 7 СНиП 2.11.03–93 [25], согласно п. 8.6 СНиП 2.11.03–93 [25], следует, как минимум, предусматривать тушение передвижной пожарной техникой. При этом на резервуарах

объемом от 1000 до 3000 м³ (включительно) следует устанавливать пеногенераторы с сухими трубопроводами (с соединительными головками и заглушками), выведенными за обвалование. Для тушения пожаров в резервуарах применяют воздушно-механическую пену средней кратности (до 200).

Для исключения деформации горящего и прогрева смежных резервуаров их охлаждают вертикальными водяными завесами (вдоль стенок резервуара). Стационарная установка охлаждения резервуара состоит из горизонтального секционного кольца орошения (оросительного трубопровода с устройствами для распыления воды, в качестве которых может использоваться перфорированный трубопровод или дренчеры), размещаемого в верхнем поясе стенок резервуара, сухих стояков и горизонтальных трубопроводов, соединяющих секционное кольцо орошения с сетью противопожарного водопровода, и задвижек с ручным приводом для обеспечения подачи воды при пожаре на охлаждение всей поверхности резервуара либо ее четверти или половины (считая по периметру) в зависимости от расположения резервуаров в группе.

В соответствии с п. 8.7 СНиП 2.11.03–93 [25] наземные резервуары объемом 5000 м³ и более должны быть оборудованы стационарными установками охлаждения, причем для резервуаров с теплоизоляцией из негорючих материалов допускается стационарную установку охлаждения не присоединять к противопожарному водопроводу, при этом сухие трубопроводы её должны быть выведены за пределы обвалования и оборудованы соединительными головками и заглушками. Для подачи воды на охлаждение наземных резервуаров вместимостью менее 5000 м³, а также подземных резервуаров вместимостью более 400 м³ предусматривается использовать передвижную пожарную технику. На складах I и II категории для охлаждения железнодорожных цистерн, сливноналивных устройств и эстакад следует предусматривать лафетные стволы.

Согласно п. 8.8 СНиП 2.11.03–93 [25] на складах III категории с резервуарами вместимостью менее 5000 м³ допускается не устраивать противопожарный водопровод, а предусматривать подачу воды на охлаждение и тушение пожара передвижной пожарной техникой из противопожарных емкостей (резервуаров) или открытых искусственных и естественных водоемов.

При расчете установок в соответствии с п. 8.11 СНиП 2.11.03–93 [25] допускается не учитывать подачу воды на охлаждение соседних с горящим наземных резервуаров с теплоизоляцией из негорючих материалов, а также соседних с горящим наземных резервуаров, расположенных на расстоянии более двух нормативных расстояний (указанных в п. 3.2 СНиП 2.11.03–93 [25]) от горящего резервуара.

Расчетный расход воды при пожаре на складе нефти и нефтепродуктов определяется согласно п. 8.9 СНиП 2.11.03–93 [25]. Расход огнетушащего

вещества в соответствии с п. 8.10 СНиП 2.11.03–93 [25] следует определять, исходя из интенсивности их подачи на 1 м² расчетной площади. Требуемый расход раствора пенообразователя для каждого резервуара $q_{р.р}$ определяется по формуле

$$q_{р.р} = I_p F_{рез}, \quad (3.4)$$

где I_p – интенсивность подачи раствора, л/(с·м²) (определяется согласно табл. 1 прил. 3 СНиП 2.11.03–93 [25]); $F_{рез}$ – площадь «зеркала горения» резервуара, м² (определяется в соответствии с п. 8.10 СНиП 2.11.03–93 [25]).

Число пеногенераторов для каждого резервуара определяется следующим образом:

$$n_{пг} = \frac{q_{р.р}}{q_{пг}}, \quad (3.5)$$

где $q_{пг}$ – производительность пеногенератора по раствору при оптимальном напоре, л/с.

Расход из пеногенератора определяется по формуле

$$q_{пг} = K \sqrt{H}, \quad (3.6)$$

где H – выбирается с учетом требований п. 11 прил. 3 СНиП 2.11.03–93 [25]; K – коэффициент производительности генератора (определяется по технической документации).

Количество пеногенераторов и расстояние между ними принимается в соответствии с п. 8 прил. 3 СНиП 2.11.03–93 [25].

Расчетный расход раствора пенообразователя определяют после округления числа генераторов пены (для наибольшего резервуара). Фактический расход пенообразующего раствора

$$q_p = n_{пг} q_{пг} N_{п}, \quad (3.7)$$

где $N_{п}$ – расчетное количество пожаров (один пожар при площади склада до 150 га и два пожара при площади склада более 150 га).

Диаметры напорных трубопроводов d_t , м, определяют по формуле

$$d_t = \sqrt{\frac{4q_{рт} 10^{-3}}{\pi V}}, \quad (3.8)$$

где $q_{рт}$ – расход жидкости на рассматриваемом участке, л/с; V – скорость жидкости на рассматриваемом участке, м/с, принимают не более 3 м/с – во всасывающих трубопроводах насоса при работе от водопровода; 1 м/с – во всасывающих трубопроводах насоса при работе от водоема; не более 10 м/с – в напорных трубопроводах насоса; 0,9 м/с – в трубопроводе от бака с пенообразователем до дозирующего устройства.

Напор у основного водопитателя определяется по формуле

$$H \geq H_{\text{ген}} + 1,2 \sum H_1 + Z_{\text{г}} - H_{\text{г}}, \quad (3.9)$$

где $H_{\text{ген}}$ – расчетный напор у пеногенератора, м (принимается в соответствии с п. 11 прил. 3 СНиП 2.11.03–93 [25]); H_1 – потеря напора по длине трубопровода, м;

$$H_1 = \sum_{i=1}^n \frac{q_{\text{pi}}^2 l_i}{k_{\text{Ti}}}, \quad (3.10)$$

где q_{pi} – расход жидкости на i -м участке, л/с; l_i – длина трубопровода на рассматриваемом участке, м; k_{Ti} – удельная характеристика трения трубопровода, л²/с² (определяется по табл. 1 прил. 2 НПБ 88–2001* [19]); 1,2 – коэффициент, учитывающий местные потери напора, которые в среднем составляют 20 % от потерь напора по длине трубопровода; $Z_{\text{г}}$ – разность отметок оси напорного патрубка автоматического водопитателя и распылителя пеногенератора; $H_{\text{г}}$ – гарантированный напор в водопроводе, м.

По вычисленным значениям напора H и расхода $q_{\text{р}}$ (по каталогу) подбирают соответствующий насос для питания автоматической установки пенообразующим раствором.

Расчетный расход пенообразователя $q_{\text{по}}$, л/с,

$$q_{\text{по}} = q_{\text{р}} \frac{C_{\text{по}}}{100}, \quad (3.11)$$

где $C_{\text{по}}$ – концентрация пенообразователя в водном растворе, % (определяется по табл. 2 прил. 3 СНиП 2.11.03–93 [25]).

Расход воды $q_{\text{в}}$ для получения пенообразующего раствора

$$q_{\text{в}} = q_{\text{р}} \frac{C_{\text{в}}}{100}, \quad (3.12)$$

где $C_{\text{в}}$ – количество воды в растворе пенообразователя, %.

При выборе насоса, подающего раствор, учитывают не только расход раствора для питания пеногенераторов $q_{\text{р}}$, но и расход воды $q_{\text{в}}$ в системе дозирования, если принятая в установке схема дозирования требует дополнительных расходов воды.

Объем пенообразователя $V_{\text{по}}$ (с учетом запаса в соответствии с п. 9 прил. 3 СНиП 2.11.03–93 [25]) определяется по формуле

$$V_{\text{по}} = K_{\text{зап}} \tau_{\text{туш}} q_{\text{по}} + V_{\text{по.тр}}, \quad (3.13)$$

где $K_{\text{зап}}$ – запас пенообразователя, определяется в соответствии с п. 9 прил. 3 СНиП 2.11.03–93 [25]; $\tau_{\text{туш}}$ – нормативное время тушения пожара в

резервуаре, с (принимается в соответствии с п. 3 прил. 3 СНиП 2.11.03–93 [25]); $q_{\text{по}}$ – расход пенообразователя, л/с; $V_{\text{по.тр}}$ – объем пенообразователя в растворопроводах, л.

Хранение пенообразователя осуществляется в соответствии с п. 10 прил. 3 СНиП 2.11.03–93 [25].

Расход воды на охлаждение горящего и смежного с ним резервуаров $q_{\text{в}}^{\text{охл}}$, л/с, равен

$$q_{\text{в}}^{\text{охл}} = \pi(I_{\text{в}}^{\text{гор}} D_{\text{рез}}^{\text{гор}} + 1/2 I_{\text{в}}^{\text{см}} D_{\text{рез}}^{\text{см}} n_{\text{рез}}^{\text{см}}) N_{\text{п}}, \quad (3.14)$$

где $I_{\text{в}}^{\text{гор}}$ – интенсивность подачи на 1 м длины окружности горящего резервуара, л/с (определяется в соответствии с п. 8.11 СНиП 2.11.03–93 [25]); $I_{\text{в}}^{\text{см}}$ – интенсивность подачи на 1 м половины длины окружности соседнего резервуара, л/с (определяется в соответствии с п. 8.11 СНиП 2.11.03–93 [25]); $D_{\text{рез}}^{\text{гор}}$, $D_{\text{рез}}^{\text{см}}$ – диаметры горящего и смежных резервуаров защищаемой группы, м; $n_{\text{рез}}^{\text{см}}$ – количество смежных резервуаров; $N_{\text{п}}$ – расчетное количество пожаров (один пожар при площади склада до 150 га и два пожара при площади склада более 150 га).

Общий расход воды на охлаждение наземных горизонтальных резервуаров объемом 100 м^3 (горящего и соседнего с ним) на основании п. 8.12 СНиП 2.11.03–93 [25] следует принимать 20 л/с. Общий расход воды на охлаждение подземных резервуаров (горящего и соседних с ним) следует принимать в соответствии с п. 8.13 СНиП 2.11.03–93 [25]. Общий расход воды на охлаждение лафетными стволами, число и расположение лафетных стволов, а также их диаметр определяются в соответствии с п. 8.14 СНиП 2.11.03–93 [25]. Свободный напор в сети противопожарного водопровода следует принимать согласно п. 8.15 СНиП 2.11.03–93 [25].

Диаметр перфорированного трубопровода (кольца водяного орошения) $d_{\text{ор}}^{\text{к}}$, мм, определяют из условия равномерной раздачи воды из отверстий:

$$d_{\text{ор}}^{\text{к}} = \sqrt{\frac{4 \sum f_{\text{отв}}}{\pi (0,3 - 0,5)}}, \quad (3.15)$$

где $f_{\text{отв}}$ – площадь сечения выпускного отверстия в перфорированном трубопроводе, мм^2 .

Обычно в перфорированном трубопроводе просверливают отверстия диаметром 3 мм; расход из одного отверстия 0,08 л/с. Расстояние между отверстиями

$$l_{\text{отв}} = \frac{\pi D_{\text{рез}}^{\text{гор}}}{n_{\text{отв}}}, \quad (3.16)$$

где $n_{\text{отв}}$ – количество отверстий на кольце охлаждения.

По величинам $d_{\text{ор}}^{\text{к}}$ и $d_{\text{т}}$ и соответствующему ГОСТу подбирают типы труб для магистральных, распределительных и перфорированных трубопроводов.

Напор, развиваемый насосом системы охлаждения,

$$H_{\text{н}}^{\text{охл}} \geq H_{\text{ор}}^{\text{к}} + 1,2 H_{\text{л}} + Z_{\text{ор}}^{\text{к}} - H_{\text{гар}}, \quad (3.17)$$

где $H_{\text{ор}}^{\text{к}} \geq 10$ м – минимальный свободный напор на уровне оросительного кольца (определяется в соответствии с п. 8.15 СНиП 2.11.03–93 [25]); $Z_{\text{ор}}^{\text{к}}$ – разность отметок наиболее удаленного и высоко расположенного оросительного кольца и оси насоса, м.

Общий объем воды определяется по формуле

$$U_{\text{в}} = q_{\text{р}} \tau_{\text{т}} + q_{\text{в}}^{\text{охл}} \tau_{\text{охл}}, \quad (3.18)$$

где $\tau_{\text{охл}}$ – определяется согласно п. 8.16 СНиП 2.11.03–93 [25].

Сети противопожарного водопровода и растворопровода следует проектировать в соответствии с п. 13 и 14 прил. 3 СНиП 2.11.03–93 [25].

3.4. Установки пожаротушения высокократной пеной

Установки пожаротушения высокократной пеной применяются для объемного и локально-объемного тушения пожаров классов А2, В по ГОСТ 27.331–87 [26], для тушения пожаров отдельных агрегатов или оборудования в тех случаях, когда применение установок для защиты помещения в целом технически невозможно или экономически нецелесообразно.

По воздействию на защищаемые объекты установки подразделяются на:

- установки объемного пожаротушения;
- установки локального пожаротушения по объему.

По конструкции пеногенераторов установки подразделяются на:

- установки с генераторами, работающими с принудительной подачей воздуха (как правило, вентиляторного типа);
- установки с генераторами эжекционного типа.

Общие требования к проектированию установок пожаротушения высокократной пеной можно свести к следующим:

- установки должны соответствовать общим техническим требованиям, установленным ГОСТ Р 50800–95 [21];
- в установках следует использовать только специальные пенообразователи, предназначенные для получения пены высокой кратности;
- установки должны обеспечивать заполнение защищаемого объема пеной до высоты, превышающей самую высокую точку оборудования не менее чем на 1 м, в течение не более 10 мин;

- оборудование, длину и диаметр трубопроводов необходимо выбирать из условия, что инерционность установки не превышает 180 с;
- производительность установок и количество раствора пенообразователя определяются исходя из расчетного объема защищаемых помещений в соответствии с рекомендуемым прил. 3 НПБ 88–2001* [19];
- при применении установок в нескольких помещениях в качестве расчетного принимается то помещение, для защиты которого требуется наибольшее количество раствора пенообразователя;
- при применении установок для локального пожаротушения по объему защищаемые агрегаты или оборудование ограждаются металлической сеткой с размером ячейки не более 5 мм. Высота ограждающей конструкции должна быть на 1 м больше высоты защищаемого агрегата или оборудования и находиться от него на расстоянии не менее 0,5 м;
- расчетный объем локального пожаротушения определяется произведением площади основания огораживающей конструкции агрегата или оборудования на ее высоту;
- время заполнения защищаемого объема при локальном тушении не должно превышать 180 с;
- установки должны быть снабжены фильтрующими элементами, установленными на питающих трубопроводах перед распылителями, размер фильтрующей ячейки должен быть меньше минимального размера канала истечения распылителя;
- в одном помещении должны применяться генераторы пены только одного типа и конструкции;
- количество пеногенераторов определяется расчётом, но принимается не менее двух;
- при расположении генераторов пены в местах их возможного механического повреждения должна быть предусмотрена их защита;
- в установках кроме расчетного количества должен быть 100%-ный резерв пенообразователя;
- при проектировании насосных станций водоснабжения установок, трубопроводов и их крепления необходимо руководствоваться требованиями раздела 4 НПБ 88–2001* [19];
- трубопроводы следует проектировать из оцинкованных стальных труб по ГОСТ 3262–75 [27].

Требования к установкам с генераторами, работающими с принудительной подачей воздуха

Генераторы пены должны размещаться в насосной станции или непосредственно в защищаемом помещении. В первом случае пена в защищаемое помещение подается либо непосредственно из выходного патрубка генератора, либо по специальным каналам, диаметр которых должен быть не

менее диаметра выходного патрубка генератора, а длина не более 10 м. Во втором случае должен быть обеспечен забор свежего воздуха или применены пенообразователи, способные образовывать пену в среде продуктов горения.

Каналы для подачи пены должны соответствовать классу пожарной опасности КО.

В верхней части защищаемых помещений должен быть предусмотрен сброс воздуха при поступлении пены.

Если площадь защищаемого помещения превышает 400 м², то ввод пены необходимо осуществлять не менее чем в двух местах, расположенных в противоположных частях помещения.

Требования к установкам с генераторами эжекционного типа

Установка может защищать как весь объем помещения (установка объемного пожаротушения), так и часть помещения или отдельную технологическую единицу (установка локального пожаротушения по объему). В первом случае генераторы размещаются под потолком и распределяются равномерно по площади помещения так, чтобы обеспечить заполнение пеной всего объема помещения, включая выгороженные в нем участки. Во втором случае генераторы размещаются непосредственно над защищаемым участком помещения или технологической единицей.

3.4.1. Расчет параметров установок пожаротушения высокократной пеной

Расчёт параметров установок пожаротушения высокократной пеной производится на основании методики, изложенной в прил. 3* НПБ 88–2001* [19]. Определяется расчетный объем V , м³, защищаемого помещения или объем локального пожаротушения. Расчетный объем помещения определяется произведением площади пола на высоту заполнения помещения пеной, за исключением величины объема сплошных (непроницаемых) строительных несгораемых элементов (колонны, балки, фундаменты и т. д.).

Выбираются тип и марка генератора высокократной пены и устанавливается его производительность по раствору пенообразователя q , дм³·мин⁻¹.

Определяется расчетное количество генераторов высокократной пены:

$$n = \frac{aV10^{-3}}{q\tau K}, \quad (3.19)$$

где a – коэффициент разрушения пены; τ – максимальное время заполнения пеной объема защищаемого помещения, мин; K – кратность пены.

Значение коэффициента a рассчитывается по формуле

$$a = K_1 K_2 K_3, \quad (3.20)$$

где K_1 – коэффициент, учитывающий усадку пены, принимается равным 1,2 при высоте помещения до 4 м и 1,5 – при высоте помещения до 10 м, при высоте помещения свыше 10 м определяется экспериментально; K_2 – учитывает утечки пены, при отсутствии открытых проемов принимается равным 1,2, при наличии открытых проемов определяется экспериментально; K_3 – учитывает влияние дымовых газов на разрушение пены, для учета влияния продуктов горения углеводородных жидкостей значение коэффициента принимается равным 1,5, для других видов пожарной нагрузки определяется экспериментально.

Максимальное время заполнения пеной объема защищаемого помещения принимается не более 10 мин.

Определяется производительность системы по раствору пенообразователя Q , $\text{м}^3 \cdot \text{с}^{-1}$:

$$Q = \frac{nq}{60 \cdot 10^3}. \quad (3.21)$$

По технической документации устанавливается объемная концентрация пенообразователя в растворе c , %.

Определяется расчетное количество пенообразователя $V_{\text{пен}}$, м^3 :

$$V_{\text{пен}} = c Q \tau 10^{-2} \cdot 60. \quad (3.22)$$

Глава 4

Автоматические установки газового пожаротушения

Применение газовых огнетушащих средств: двуокиси углерода, хладонов, азота, аргона, галоидированных углеводородов и их смесей – может обеспечить тушение большинства горючих жидкостей, газов, твердых веществ и материалов. Основными объектами применения установок газового пожаротушения являются энергетические объекты (трансформаторы напряжением более 500 кВ; кабельные туннели, шахты, подвалы и полуэтажи); маслоподвалы металлургических предприятий; турбогенераторы ТЭЦ, ГРЭС (используется технологическая двуокись углерода); окрасочные цехи, склады огнеопасных жидкостей и лакокрасочных материалов; моторные и топливные отсеки кораблей, самолетов, тепловозов и электровозов; лабораторные помещения с использованием большого количества огнеопасных жидкостей; склады ценных материалов (для пищевых продуктов следует применять азот и двуокись углерода), в том числе таможенные; контуры теплоносителей АЭС (жидкий азот); склады меховых изделий (двуокись углерода); помещения вычислительных центров (машинные залы, центры управления – главным образом инерген и хладон); библиотеки, музеи, архивы (используются в основном хладоны и двуокись углерода), банковские хранилища (двуокись углерода). Установки газового пожаротушения составляют около 15 % от общего числа АУП [28].

Специфика применения установок автоматических газового пожаротушения предъявляет особые требования к разработчикам, изготовителям и проектировщикам таких систем. Это связано с обеспечением безопасной эксплуатации оборудования систем газового пожаротушения, работающего под высоким давлением сжатого воздуха, азота или газовых огнетушащих средств (ГОС). Поэтому разработку, изготовление, проектирование, монтаж и эксплуатацию УАГП осуществляет ограниченное число специализированных организаций, имеющих на это соответствующие лицензии. Среди них: ЗАО МЭЗ «СПЕЦАВТОМАТИКА», ЗАО «КОСМИ», ЗАО «Инженерный Центр-Спецавтоматика», ЗАО «АРТСОК», НПО «Астрофизика», ОАО «МГП СПЕЦАВТОМАТИКА», ООО «НПО Пожарная автоматика сервис», ООО «Противопожарная автоматика-ГАЛАКС» и др.

Исследованиям в области разработки, применения, проектирования установок газового пожаротушения и их надежности посвящены работы отечественных ученых: Н. И. Мантурова, А. А. Родэ, А. Н. Баратова, Н. Ф. Бубыря, В. А. Меркулова, А. Ф. Жевлакова, В. М. Николаева, С. С. Пустынникова, Г. Х. Харисова, Ю. В. Быстрова, В. А. Литвинова и др.

Из зарубежных поставщиков оборудования установок газового пожаротушения заслуженное признание в Российской Федерации получили фирмы «ANSUL Inc.» (США), «MINIMAX Gmbh» (Германия), «LPG» (Испания), «KIDDE DEUGRA», «CERBERUS GUINARD» (Швейцария), «TORNADO» (Австрия), «Chubb» (Великобритания), «EUSEBI IMPIANTI» (Италия), «Fire Eater ^{A/S}» (Дания).

4.1. Классификация и область применения газовых установок пожаротушения

Установки автоматические газового пожаротушения (УАГП) применяются для ликвидации пожаров классов А, В, С по ГОСТ 27331–87 [29] и электрооборудования. Газовые средства недостаточно эффективны для тушения веществ, содержащих связанный кислород; волокнистых, сыпучих, пористых и склонных к тлению внутри объема веществ (хлопок, травяная мука и др.); веществ, склонных к тлению и горению без доступа воздуха; гидридов металлов, пирофорных веществ и порошков металлов (натрий, калий, магний, титан и др.) [19]. В последнем случае для тушения пирофорных материалов и щелочных металлов используется жидкий азот [30] или специальные порошковые составы. Классификация УАГП [31, 32] представлена на рис. 4.1.

Технологическая часть установки (типовой вариант) в зависимости от способа хранения газового огнетушащего вещества и конструктивного исполнения содержит:

а) *модульную установку:*

- модули газового пожаротушения (далее – модули);
- распределительные трубопроводы;
- насадки;

б) *централизованную установку:*

- батареи газового пожаротушения, модули или изотермические резервуары, размещенные в помещении станции пожаротушения;
- коллектор в станции пожаротушения и установленные на нем распределительные устройства;
- магистральный и распределительный трубопроводы;
- насадки.

Кроме того, в состав технологической части установки может входить побудительная система.

В состав электротехнической части входит система обнаружения пожара, контроля и управления УАГП.

Для автоматической установки газового пожаротушения могут быть предусмотрены следующие виды включения (пуска):

- автоматический (основной);
- дистанционный (ручной);
- местный (ручной).

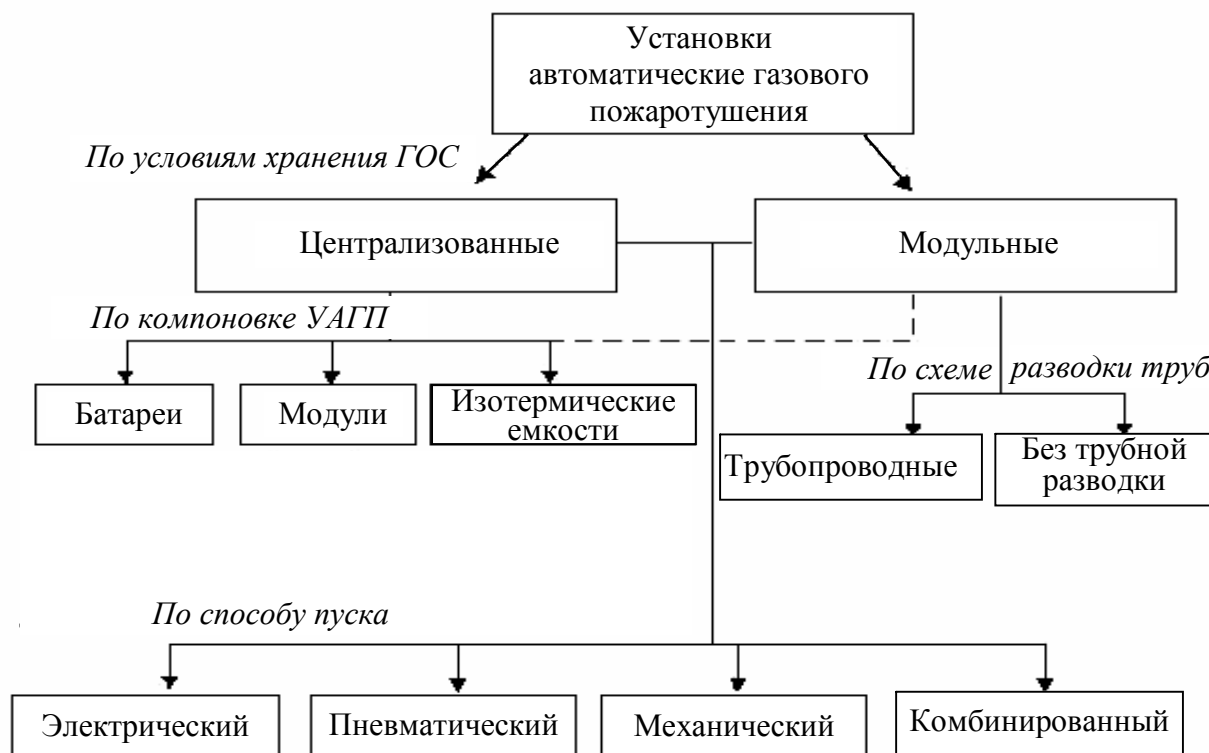


Рис. 4.1. Классификация установок автоматических газового пожаротушения

По условиям хранения газовых огнетушащих составов и функциональному признаку УАГП бывают централизованные и модульные.

Централизованная установка – установка газового пожаротушения, в которой баллоны с газом размещены в помещении станции пожаротушения.

Модульная установка – установка газового пожаротушения, содержащая один или несколько модулей газового пожаротушения, баллоны которых размещены в защищаемом помещении или рядом с ним.

На практике основными критериями выбора типа УАГП являются:

- количество защищаемых помещений на объекте;
- объемы защищаемых помещений;
- наличие специального помещения для размещения станции пожаротушения;
- удаленность защищаемых помещений от станции пожаротушения.

По способу пуска УАГП распределяются следующим образом: с электрическим пуском – 64,6 %; с пневматическим пуском – 27,6 %; с механическим (тросовым) пуском – 4,4 %; с комбинированным пуском – 3,4 %.

Местный пуск УАГП осуществляют из станции пожаротушения. Для этого вручную открывают клапан распределительного устройства на нужном направлении и головку-затвор на пусковом баллоне или модуле. Для периодической подкачки воздуха в побудительные и пусковые баллоны предусмотрена зарядная станция, баллон-ресивер и распределитель воздуха. Для защиты больших по объему помещений, а также при наличии на объекте нескольких помещений, требующих применения систем газового пожаротушения, часто эффективнее (по металлоемкости и стоимостным показателям) использовать именно централизованную УАГП (рис. 4.2).

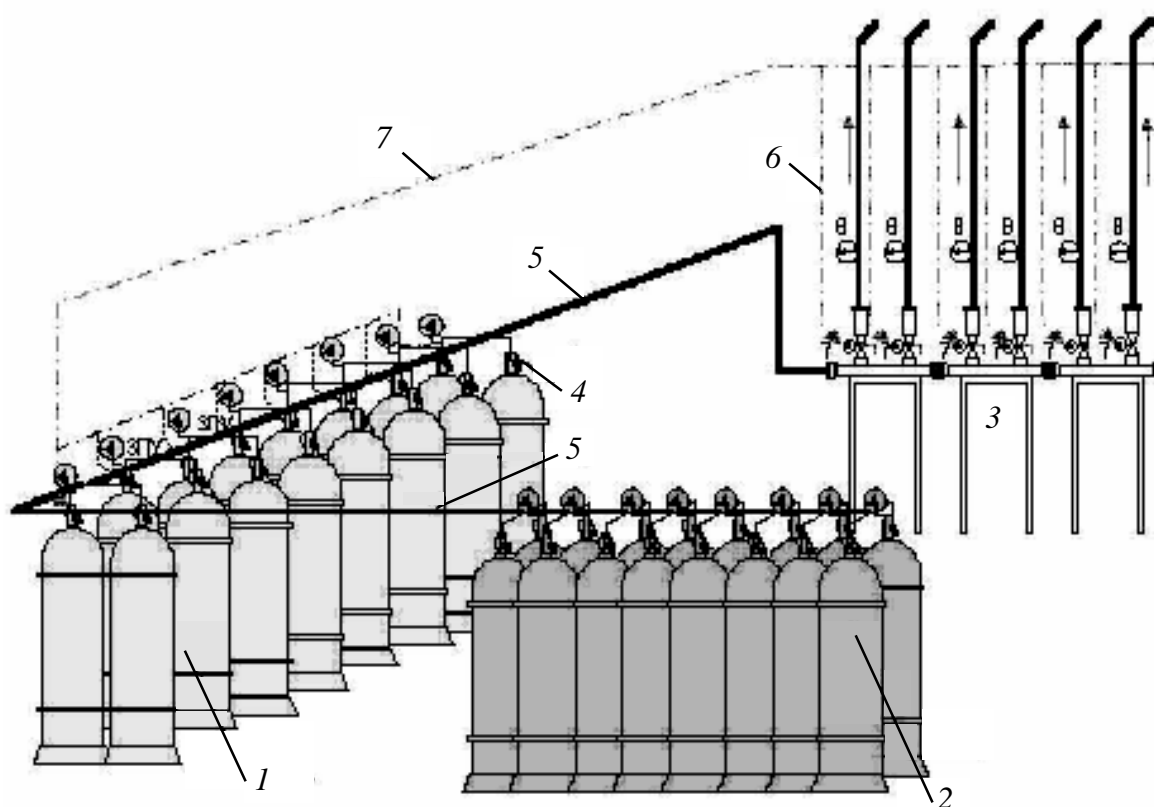


Рис. 4.2. Централизованная УАГП на шесть направлений тушения:
 1 – УАГП с рабочими модулями; 2 – УАГП с резервными модулями;
 3 – распределительное устройство; 4 – запорно-пусковое устройство;
 5 – общий коллектор; 6 – пусковые цепи; 7 – СДУ

При разработке чертежей и экспертизе проектов УАГП используют условные обозначения приборов и аппаратуры, установленные РД 25.953–90 [33], ГОСТ 12.1.114-82* [34], ГОСТ 2.601–95 ЕСКД [35] и другими нормативно-техническими документами. В табл. 4.1 представлены условные обозначения, используемые в отечественной, а также зарубежной практике проектирования систем газового пожаротушения.

Таблица 4.1

Условные обозначения элементов УАГП

	Обозначение
Приемно-контрольный прибор управления	 ARK
Вентиль с электроприводом	
Замок тросовой системы пуска	
Ролик и приспособление натяжения троса с замками	
Сигнализатор давления универсальный	
Выпускной насадок	
Головка-затвор с электроприводом	
Клапан двойного действия для батарей УАГП	
Кнопка (пульт, щиток) дистанционного управления	
Модуль установки газового пожаротушения	
Датчик контактный	
Комбинированный светозвуковой оповещатель	
Трубопроводы систем газового пожаротушения	П21 _____
Баллон испытательный переносной	
Распределительное устройство	

Работа установки происходит по следующей схеме. При пожаре в одном из защищаемых помещений срабатывает автоматическая система пожарной сигнализации (АПС) от двух извещателей по схеме логического «И».

Пусковой приемно-контрольный прибор управления (ППКПУ) включает информационное табло «Газ – уходи!» и звуковую сирену внутри защищаемого помещения, а также табло «Газ – не входи!» снаружи помещения.

После этого, с задержкой по времени, достаточной для эвакуации людей, подается управляющий импульс от пускового блока ППКПУ на срабатывание запорно-пусковых устройств (ЗПУ) на требуемом расчетном количестве модулей и ЗПУ на распределительном устройстве (РУ) по направлению тушения пожара.

Газовый огнетушащий состав по магистральному трубопроводу подается в защищаемое помещение. При этом срабатывает сигнализатор давления (СДУ), который выдает информационный сигнал на ППКПУ. Для того чтобы исключить ложное срабатывание УАГП в помещении, когда в нем находятся люди, на входную дверь устанавливается концевой выключатель, с помощью которого при открывании двери (в начале рабочего дня) ППКПУ переводится из автоматического режима работы в ручной. Пуск УАГП возможен только от кнопки дистанционного пуска и при закрытой входной двери помещения.

Хранение огнетушащего вещества УАГП осуществляется в модулях, батареях и в изотермических емкостях.

Батарея газового пожаротушения – группа модулей газового пожаротушения, объединенных общим коллектором и устройством ручного пуска.

Модуль газового пожаротушения – баллон с запорно-пусковым устройством для хранения и выпуска газовых огнетушащих веществ.

Рабочее давление ГОС в модулях и батареях составляет 5–15 МПа.

За счет высокого давления достигается требуемая интенсивность подачи ГОС в защищаемое помещение и его расчетное время выпуска. Модули являются сборочными унифицированными устройствами, способными в комплекте с приборами управления самостоятельно выполнять задачу по тушению пожара. Для защиты небольших помещений кладовых, помещений с электронной аппаратурой или ЛВЖ допускается применять модульные УАГП без использования трубной разводки (рис. 4.3). При этом на резьбу выходного штуцера модуля крепится короткий отрезок трубы $D = 20$ мм, на котором устанавливается выпускной насадок. Так как в этом случае модуль размещается у стены или в углу помещения, выпускной насадок должен иметь ориентированный факел распыла и угол выброса, равный 180° («пристенный») или 90° («угловой»).

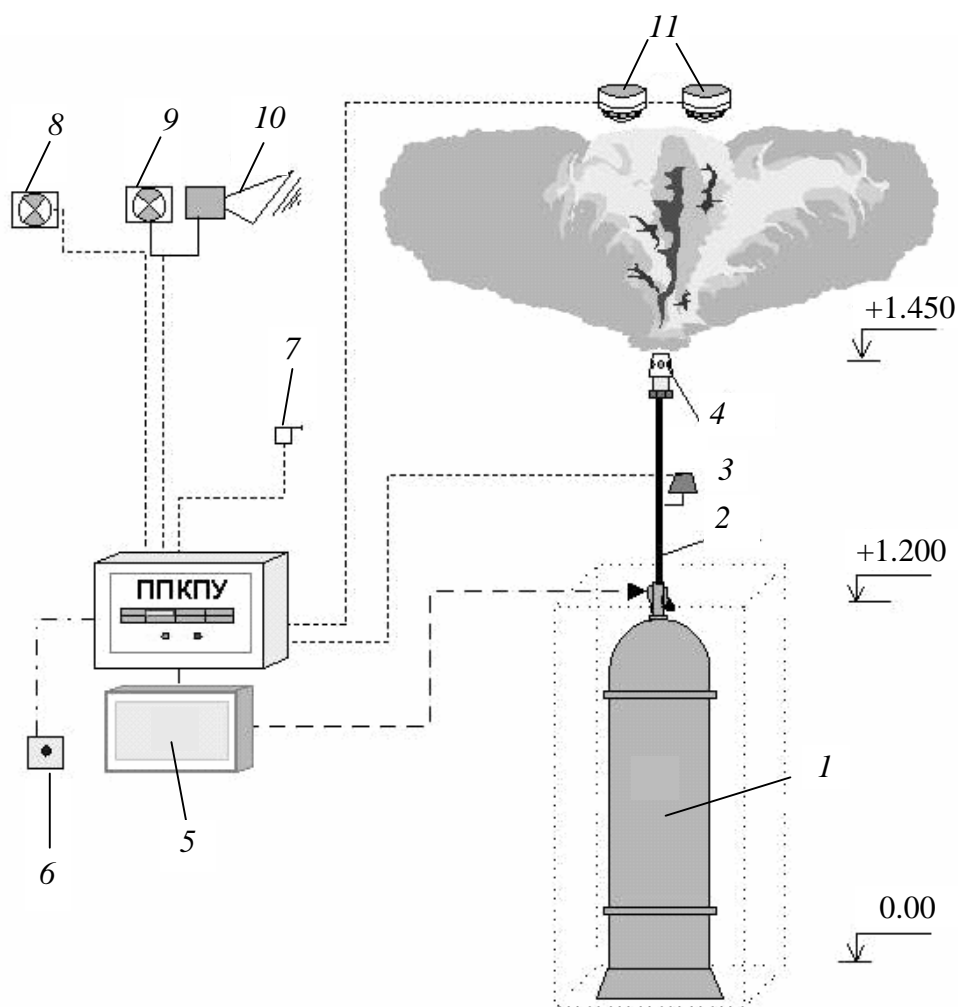


Рис. 4.3. Схема модульной УАГП без трубной разводки:
 1 – модуль МГП 16-25; 2 – трубопровод; 3 – СДУ; 4 – выпускной насадок; 5 – модуль пуска;
 6 – кнопка ручного пуска; 7 – датчик контроля двери; 8 – табло «Газ – не вход!»;
 9 – табло «Газ – уходи!»; 10 – звуковая сирена; 11 – пожарные извещатели

Следует помнить, что при использовании такой схемы УАГП расстояние между выпускным насадком и стенами не должно превышать предельно допустимых значений, по условию распыления ГОС и создания равномерной расчетной концентрации в объеме помещения. Размещение выпускных насадков определяется технической документацией и расчетом.

Изотермическая емкость – специальный резервуар для хранения двуокси углерода при низком (до $P = 2,0$ МПа) давлении, оборудованный системой поддержания заданной температуры.

По способу тушения УАГП делятся на установки объемного и локального (местного) пожаротушения.

При *объемном пожаротушении* огнетушащее вещество распределяется равномерно и создается огнетушащая концентрация во всем объеме помещения, что обеспечивает эффективное тушение в любой точке помещения, в том числе и труднодоступной. Установка объемного пожаротушения предназначена для создания среды, не поддерживающей горение во всем объеме защищаемого помещения (сооружения).

Установки объемного пожаротушения (кроме установок азотного и аргонового пожаротушения) применяются для защиты помещений (оборудования), имеющих стационарные ограждающие конструкции с параметром негерметичности не более значений, указанных в табл. 4.2 [36].

Таблица 4.2

Значения параметра негерметичности

Параметр негерметичности, не более, м^{-1}	Объем защищаемого помещения, м^3
0,016	От 75 до 100
0,010	» 250 » 300
0,008	» 400 » 500
0,006	» 750 » 1000
0,0045	» 1500 » 2000
0,0030	» 4000 » 5000
0,001	Свыше 10000

При разделении объема защищаемого помещения на смежные зоны (фальшпол, фальшпотолок и т. п.) параметр негерметичности не должен превышать указанных значений для каждой зоны. Параметр негерметичности определяют без учета проемов в ограждающих поверхностях между смежными зонами, если в них предусмотрена одновременная подача газовых огнетушащих веществ. Для установок азотного и аргонового пожаротушения параметр негерметичности не должен превышать $0,001 \text{ м}^{-1}$.

Способ *локального тушения* основан на создании концентрации огнетушащего вещества в пожароопасном пространственном участке помещения и применяется для тушения пожаров отдельных агрегатов и оборудования при невозможности или нецелесообразности тушения в объеме всего помещения.

Установка локального пожаротушения по объему – установка объемного пожаротушения, действующая на часть объема помещения и (или) на отдельную технологическую единицу. Установка локального тушения аналогична устройству установки объемного тушения, но в отличие от нее разводка распределительных трубопроводов выполняется не по

всему помещению, а непосредственно над пожароопасным оборудованием. В случае, если над защищаемым оборудованием невозможно или нецелесообразно монтировать стационарный распределительный трубопровод, локальный пожар тушится вручную от полуавтоматических установок, соединенных магистральным трубопроводом со станцией пожаротушения. Установки локального пожаротушения по объему применяются для тушения пожара отдельных агрегатов или оборудования в тех случаях, когда применение установок объемного пожаротушения технически невозможно или экономически нецелесообразно.

На рис. 4.4 в качестве примера представлена схема установки локального пожаротушения по объему трех емкостей с ЛВЖ. Выпускные насадки располагаются в трех уровнях по высоте: над защищаемым оборудованием, под рабочей площадкой и в поддоне для сбора пролитой горючей жидкости.

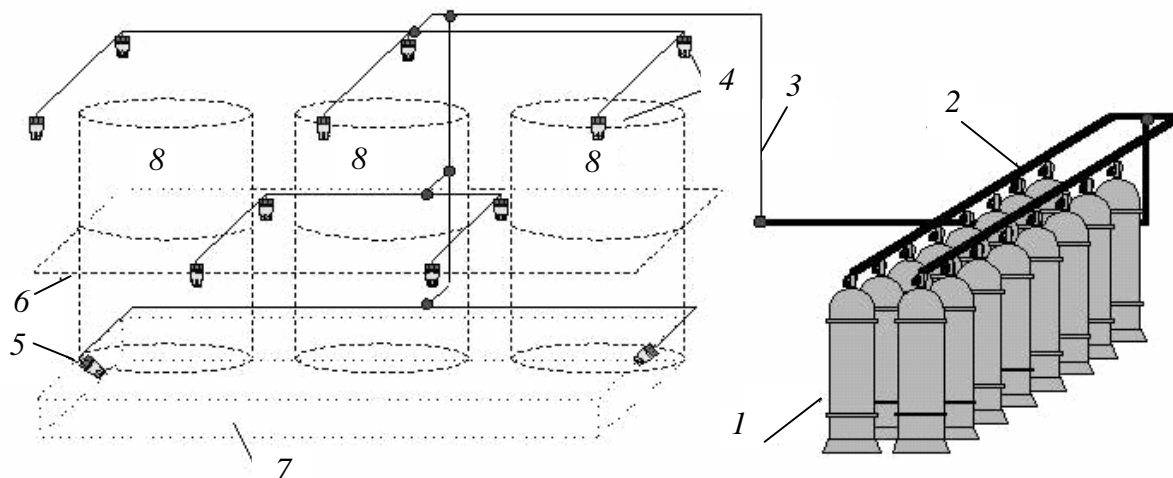


Рис. 4.4. Технологическая схема локально-объемной установки пожаротушения:

- 1 – батарея Б8-40 (рабочие и запасные модули); 2 – общий коллектор;
- 3 – магистральный трубопровод; 4 – выпускные насадки над емкостью с ЛВЖ;
- 5 – выпускные насадки в поддоне; 6 – рабочая площадка; 7 – поддон;
- 8 – защищаемая емкость с ЛВЖ

4.2. Общие требования, предъявляемые к установкам автоматическим газового пожаротушения (УАГП)

При обследовании смонтированных УАГП, или проведении экспертизы проектной документации, следует обращать внимание на следующие особенности использования систем газового тушения.

Централизованные установки, кроме расчетного количества ГОС, должны иметь его 100%-ный резерв. Допускается совместное хранение

расчетного количества и резерва ГОС в изотермическом резервуаре при условии оборудования последнего запорно-пусковым устройством с реверсивным приводом и техническими средствами его управления.

Модульные установки, кроме расчетного количества ГОС, должны иметь его 100%-ный запас. При наличии на объекте нескольких модульных установок запас предусматривается в объеме, достаточном для восстановления работоспособности установки, сработавшей в любом из защищаемых помещений объекта. Запас следует хранить в модулях, аналогичных модулям установок. Модули с запасом ГОС должны храниться на складе объекта или организации, осуществляющей сервисное обслуживание установок пожаротушения.

УАГП должна обеспечивать задержку выпуска газового огнетушащего вещества в защищаемое помещение при автоматическом и дистанционном пуске на время, необходимое для эвакуации из помещения людей, отключение вентиляции (кондиционирования и т. п.), закрытие заслонок (противопожарных клапанов и т. д.). Инерционность установки (время срабатывания без учета времени задержки выпуска ГОС) не должно превышать 15 с. Подача 95 % массы ГОС должна производиться за временной интервал, не превышающий:

- 10 с – для модульных установок, в которых в качестве ГОТВ применяются сжиженные газы (кроме двуокиси углерода);
- 15 с – для централизованных установок, в которых в качестве ГОС применяются сжиженные газы (кроме двуокиси углерода);
- 60 с – для модульных и централизованных установок, в которых в качестве ГОС применяются двуокись углерода или сжатые газы (азот, аргон, инерген).

В централизованных установках модули и батареи следует размещать в станциях пожаротушения. В модульных установках модули могут располагаться как в самом защищаемом помещении, так и за его пределами, в непосредственной близости от него. Распределительные устройства следует размещать, как правило, в помещении станции пожаротушения. Размещение технологического оборудования централизованных и модульных установок должно обеспечивать возможность их обслуживания.

При подключении двух и более модулей к коллектору применяют баллоны одного типоразмера с равным наполнением ГОС и давлением газа-вытеснителя (если в качестве ГОС применяется сжиженный газ) и с равным давлением ГОС, если применяется сжатый газ. Подключение модулей к коллектору следует производить через обратный клапан или аналогичное устройство, автоматически исключающее потери ГОС из коллектора при отключении одного из модулей. Модули, содержащие сжиженные газы без газа-вытеснителя, должны быть оборудованы устройствами контроля его массы. При использовании в качестве ГОС сжатого

газа, а также газа-вытеснителя, сосуды обеспечиваются устройствами контроля давления.

Трубопроводы установок следует выполнять из стальных бесшовных горячедеформированных (или холоднодеформированных) труб по ГОСТ 8732 или ГОСТ 8734. Соединения трубопроводов в установках пожаротушения должны быть сварными или резьбовыми. На конце каждого участка распределительного трубопровода следует установить грязевую ловушку – ниппель длиной не менее 50 мм от последнего тройника. Система распределительных трубопроводов, как правило, должна быть симметричной. Внутренний объем трубопроводов не должен превышать 80 % объема жидкой фазы расчетного количества ГОС при температуре 20 °С.

Централизованные установки должны быть оснащены устройствами местного пуска. Для модульных установок, модули которых размещены в защищаемом помещении, местный пуск должен быть исключен, а пусковые элементы на модулях должны быть блокированы. Пусковые устройства должны располагаться на высоте не более 1,7 м от пола и иметь защиту от несанкционированного пуска. Размещение устройств дистанционного пуска допускается в помещении пожарного поста или другом помещении с персоналом, ведущим круглосуточное дежурство [19].

4.2.1. Требования к аппаратуре управления установок автоматических газового пожаротушения

Для управления УАГП широко применяются как специальные устройства и приборы управления: «РОСА-2SL», «С2000-АСПТ», «АРГУС-ППУ», «CLP-4», «ГЕРМЕС», так и комплексы технических средств для построения адресно-аналоговых систем обработки сигнала о пожаре фирм «SECURITON» (Швейцария), «HONEYWELL» (США), «eff-eff» и «ESSER» (Германия), «SCHRACK» (Австрия), «ESMI» (Финляндия), «CERBERUS» (Швейцария) и др.

Наряду с общепринятыми задачами для АПС, приборы управления позволяют осуществлять специфические функции, определяемые требованиями нормативных документов для УАГП [19]:

- контроль состояния шлейфов АПС и концевого выключателя на входной двери защищаемого помещения;
- ввод команд с клавиатуры и контроль состояния переключателя режимов работы;
- управление средствами световой и звуковой индикации;
- автоматический пуск средств пожаротушения при обнаружении пожара в защищаемом помещении;
- блокировку автоматического пуска при открытой входной двери в защищаемое помещение;

- переход из автоматического режима в ручной и наоборот с помощью переключателя режима работы;

- тестирование средств пожаротушения, индикации шлейфов АПС и извещателей.

Аппаратура управления установок пожаротушения должна обеспечивать:

- а) формирование команды на автоматический пуск установки пожаротушения при срабатывании двух пожарных извещателей по схеме логического «И»;

- б) автоматическое переключение цепей управления, сигнализации с основного ввода электроснабжения на резервный при исчезновении напряжения на основном вводе;

- в) формирование команды на управление технологическим оборудованием, инженерными системами и вентиляцией.

- г) срабатывание *световой и звуковой сигнализаций* (в помещении пожарного поста или охраны):

- о возникновении пожара (с расшифровкой по направлениям или помещениям в случае применения адресных систем пожарной сигнализации);

- о срабатывании установки и прохождении огнетушащего вещества к защищаемому помещению (с расшифровкой по направлениям или помещениям);

- световой сигнализации:*

- о наличии напряжения на основном и резервном вводах электроснабжения;

- об отключении звуковой сигнализации о неисправности (при отсутствии автоматического восстановления сигнализации);

- д) дистанционный пуск установки (у входов в защищаемые помещения, допускается в помещении пожарного поста);

- е) автоматический контроль:

- электрических цепей управления пусковыми устройствами и цепей пусковых устройств на обрыв;

- давления в пусковых баллонах и побудительном трубопроводе для УАГП;

- ж) задержку выпуска газового огнетушащего вещества в защищаемое помещение при автоматическом и дистанционном пуске на время, необходимое для эвакуации из помещения людей, отключение вентиляции (кондиционирования и т. п.), закрытие заслонок (противопожарных клапанов и т. д.), но не менее 10 с от момента включения в помещении устройств оповещения об эвакуации;

- з) отключение автоматического и дистанционного пуска установки с индикацией отключенного состояния при открывании дверей в защищаемое помещение.

На дверях в защищаемые помещения необходимо предусматривать устройства, отключающие автоматический пуск установки при их открывании.

Перед входами в защищаемые помещения необходимо предусматривать сигнализацию об отключении автоматического пуска установки. В помещении пожарного поста или другом помещении с персоналом, ведущим круглосуточное дежурство, должна быть предусмотрена *световая и звуковая сигнализации*:

- о неисправности установки;
- о падении давления в побудительных трубопроводах и пусковых баллонах до предельно допустимого значения, указанного в технической документации на УАГП;
- об исчезновении напряжения на основном и резервном вводах электроснабжения (звуковой сигнал общий);

световая сигнализация:

- об отключении автоматического пуска (с расшифровкой по защищаемым направлениям или помещениям).

В помещении станции пожаротушения должна быть визуальная индикация о падении давления в побудительных трубопроводах и пусковых баллонах.

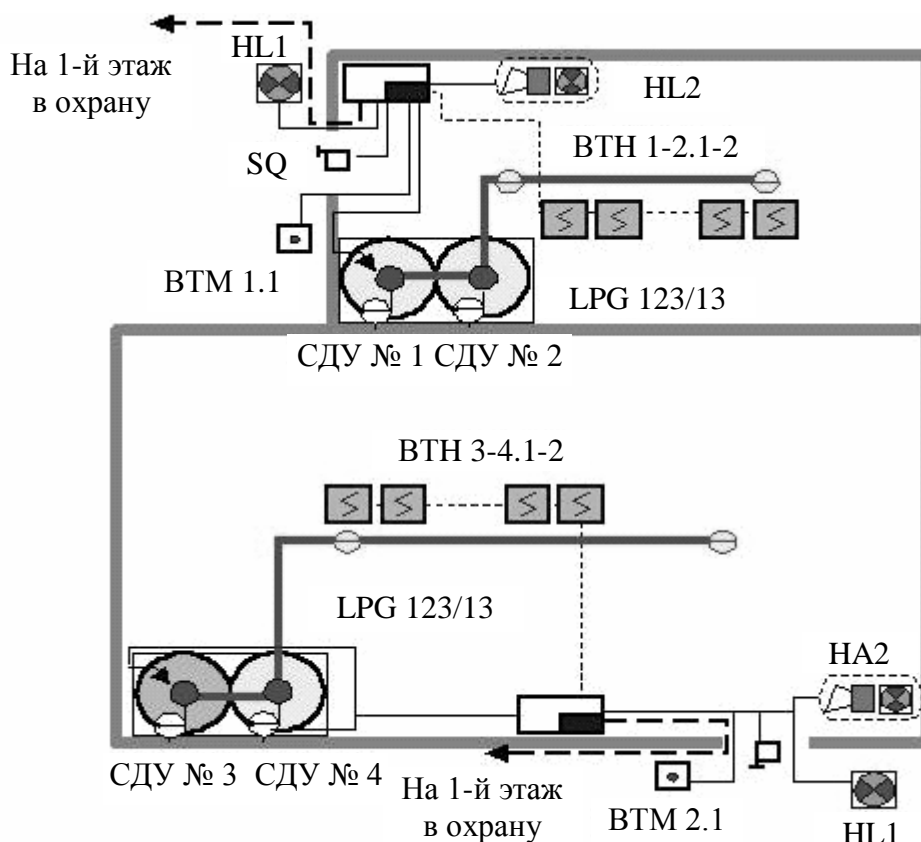


Рис. 4.5. План защищаемых помещений с расстановкой оборудования УАГП

Для управления системами УАГП могут быть использованы специальные устройства и адресно-аналоговые приборы АПС.

На рис. 4.5 представлена типовая схема размещения оборудования модульных АУГП и устройств электроуправления в двух смежных защищаемых помещениях. В качестве примера эффективной реализации перечисленных функций управления установкой газового пожаротушения представлены устройства: «АСТ-4.2» и «ГЕРМЕС» («СТАЛТ»), адресно-аналоговый прибор «MCU 211» («Securiton») и прибор управления «POCA-2SL».

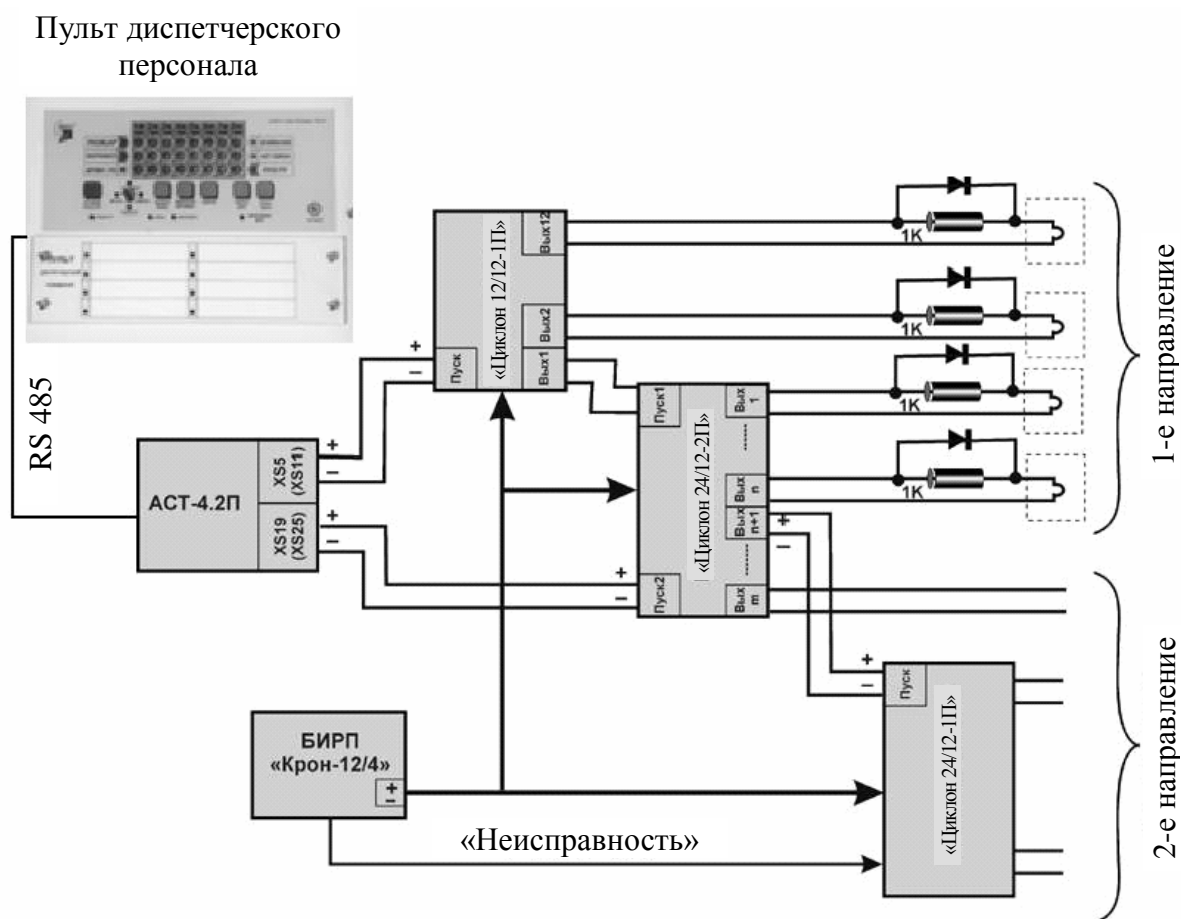


Рис. 4.6. Структурная схема системы электроуправления на базе «АСТ-4.2П»

ППКиУП «АСТ-4.2П» (рис. 4.6) предназначен для противопожарной защиты объектов промышленного и гражданского назначения по двум независимым направлениям газового пожаротушения с обеспечением автоматического пуска резерва по обоим направлениям. Обеспечена выдача команд для управления другими устройствами и передача информации на ПЦН.

Блок расширения для приборов управления «Циклон» предназначен для совместной работы с ППКиУП «АСТ-4.2П» либо блоками «ГЕРМЕС-Т» и служит для управления пуском до 24 газовых модулей. К одному ППКиУП «АСТ-4.2П» непосредственно может подключаться до 4 блоков «Циклон» (по 2 в каждое направление). Для увеличения числа управляемых модулей возможен запуск БР «Циклон» от БР «Циклон» (неограниченно). Прибор обеспечивает индивидуальный контроль каждой выходной пусковой цепи на исправность (отдельно на ОБРЫВ и КЗ), принимает и передает сигналы о неисправностях и вскрытии корпуса изделия. Принимают следующие параметры пусковых импульсов: напряжение 12 (24) В, до 2,5 (3,7) А; интервал пуска (длительность пускового импульса) от 0,5 до 10 с.

Прибор управления «ГЕРМЕС» разработан компанией «СТАЛТ» и предназначен для построения адресно-аналоговых систем управления газовыми УАГП. «ГЕРМЕС» программируется для работы с извещателями и модулями «System Sensor» серий 200/500 либо ЕСО2000. К прибору подключается два кольцевых шлейфа. Число защищаемых направлений газового пожаротушения может быть увеличено до 30 (рис. 4.7).

Электроуправление АУП осуществляется через модули автоматики «ГЕРМЕС-Т» (от одного до трех направлений). Пуск производится непосредственно от модулей «ГЕРМЕС-Т-1», либо через блоки расширения «Циклон» (при большом количестве исполнительных устройств). При любой архитектуре системы обеспечивается индивидуальный контроль каждой исполнительной цепи. Прибор поддерживает два различных протокола обмена с извещателями. Отличительной особенностью схемы приборов является возможность работы с адресно-аналоговыми дымовыми, тепловыми, ручными и комбинированными пожарными извещателями серии ЕСО2003, СО2005, ЕСО2001, ЕСМ12251ТЕМ.

В состав структуры системы электроуправления входят: адресный приемно-контрольный прибор; модули автоматики пожаротушения, выносные сигнальные устройства. Базовое исполнение ППКиПУ «ГЕРМЕС-232» или «ГЕРМЕС-532» обеспечивает полный набор выполняемых функций по НПБ-88: приём адресно-аналоговой информации от адресных АПИ в двух кольцевых шлейфах; контроль внешних цепей и устройств; управление АУП с формированием импульса запуска при срабатывании двух или трех пожарных извещателей, установленных в одном защищаемом помещении, с программированной задержкой времени пуска; формирование выходных сигналов и команд на адресные исполнительные элементы, пульт централизованного наблюдения (ПЦН) и другие устройства.

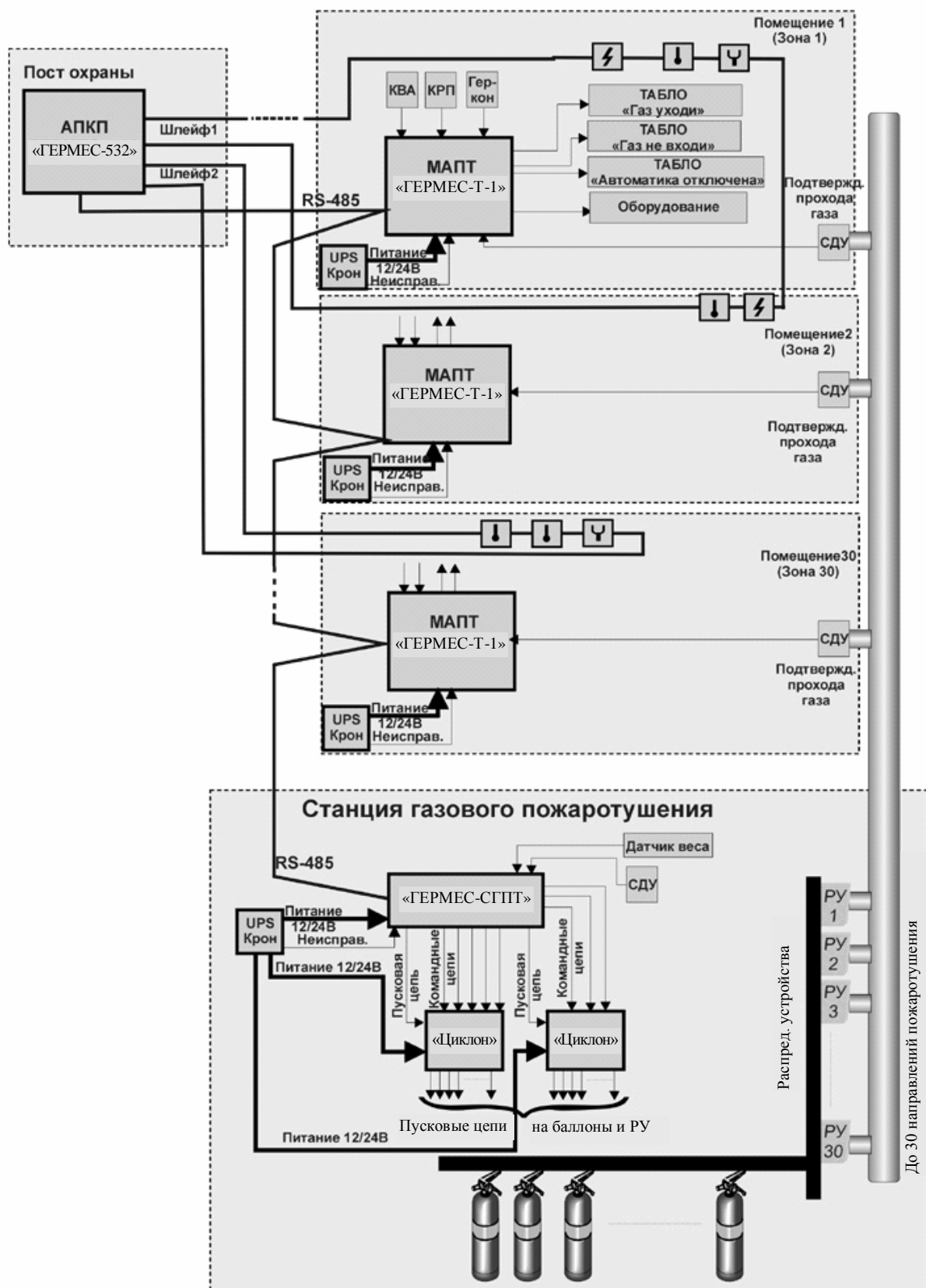


Рис. 4.7. Структурная схема системы противопожарной защиты объекта на 30 направлений тушения с использованием ППКПУ «ГЕРМЕС»

Прибор «РОСА-2SL» имеет 8 выходных цепей для подключения модулей УАГП с возможностью расширения до 16 (рис. 4.8). Ток в цепи режима пуска составляет 3А. В функции установок при пожаре также входит подача управляющего импульса на отключение вентиляционных приточно-вытяжных устройств при срабатывании системы АПС. С целью исключения ложных срабатываний проектируемой системы противопожарной защиты формирование управляющего сигнала на включение модульных установок газового пожаротушения осуществляется по схеме совпадения сигнала, при срабатывании двух пожарных извещателей.

Защита помещений может быть также эффективно реализована с применением адресно-аналоговой аппаратуры «SecuriPro MCU 211». Для обеспечения автоматической противопожарной защиты помещений используется адресно-аналоговая система АПС с автоматическим самоконтролем. Защищаемое помещение оборудуется дымовыми оптикоэлектронными пожарными извещателями типа SSD 531/501 фирмы «SECURITON».

В каждом помещении устанавливается три адресно-аналоговых дымовых извещателя SSD 531/501 (п. 13.3* НПБ 88–2001* [19]). Расстояние между дублирующими извещателями до 2,0 м. Расстояние от извещателя до стены 2,5 м.

С целью повышения надежности получения достоверной информации о пожаре, с точной адресацией места его возникновения, в качестве приемной аппаратуры АПС принята гибкая многофункциональная аппаратура «MCU 211» фирмы «SECURITON». Подключение информационных параметров в виде адресных команд в кольцевую сеть АПС осуществляется через модули ИОМ 81.

В дежурном режиме работы установки приборы пожарной сигнализации осуществляют постоянный контроль за появлением дыма в защищаемых помещениях. При пожаре на приемную аппаратуру пожарной сигнализации выдается соответствующий сигнал о пожаре. Командный импульс на включение от прибора «MCU 211» через релейный модуль ИОМ 81 подается на электропривод МГП. При этом через релейный модуль обеспечивается включение предупредительной сигнализации (сирена, табло «Газ – уходи!» «Газ – не входи!») и включение электропривода запорно-пускового устройства МГП. От импульса электрического тока вскрывается головка-затвор, установленная на модуле МГП. Огнетушащее вещество из баллонов поступает по трубопроводам к насадкам, через которые выходит в защищаемое помещение, создавая своими парами огнетушащую концентрацию. При поступлении огнетушащего вещества в магистральный трубопровод срабатывает сигнализатор давления СДУ и выдает сигнал о срабатывании установки на приемный пульт.

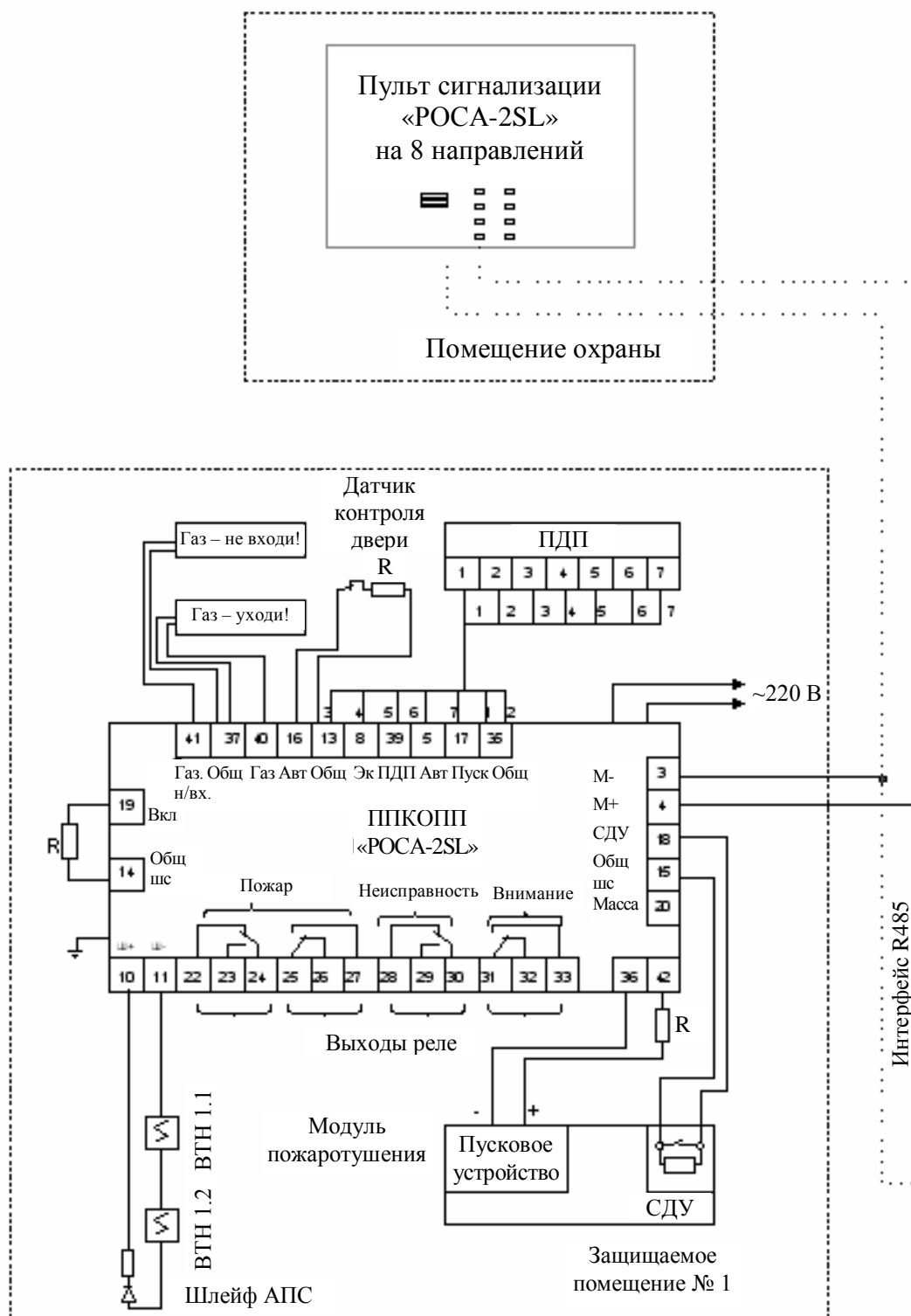


Рис. 4.8. Прибор управления «POCA-2SL»

Приемно-контрольная аппаратура позволяет производить отключение, включение и управление внешними электрическими устройствами. Отключение систем вентиляции производится непосредственно от релейной группы (нагрузочная характеристика выходных контактов реле ИОМ-81 до $U = 220$ В и не более $I = 3,0$ А) при срабатывании автоматической пожарной сигнализации при пожаре.

Прибор управления «SecuriPro MCU 211» устанавливается в помещении охраны. Релейный модуль «ИОМ 81» размещается у защищаемого помещения. Пульт дистанционного пуска ПДП (ручной адресный извещатель FT 513-30) размещается снаружи помещения на высоте 1,5 м от пола.

Для получения информации о срабатывании УАГП и подаче огнетушащего средства в помещение служит сигнализатор давления универсальный (СДУ) (рис. 4.9). Сигнализатор реагирует на изменение давления замыканием/размыканием контактной группы.

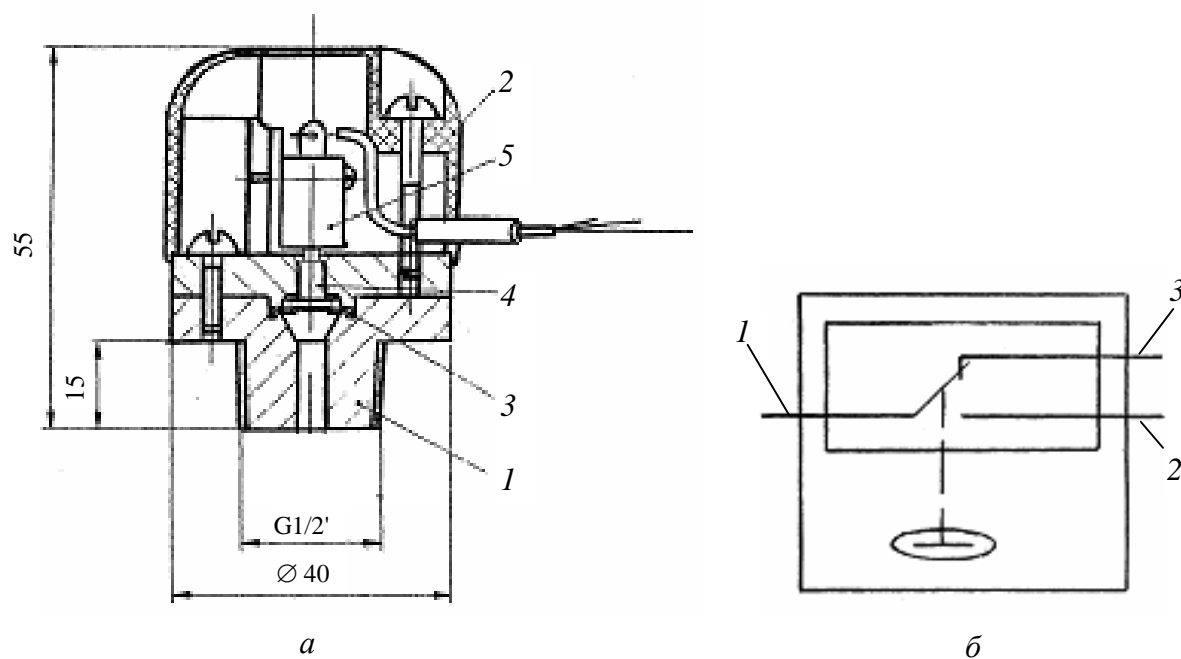


Рис. 4.9. Сигнализатор давления универсальный СДУ-М:
а – габаритный чертеж СДУ; 1 – штуцер; 2 – крышка; 3 – мембрана;
 4 – плунжер; 5 – микропереключатель;
б – схема электрическая принципиальная СДУ-М; 1 – длинный вывод;
 2 – средний вывод; 3 – короткий вывод

Сигнализатор рассчитан на круглосуточный режим работы. Технические характеристики СДУ-М представлены в табл. 4.3.

Таблица 4.3

Технические характеристики СДУ-М

Наименование	Значение характеристики
Давление рабочей газовой среды под мембраной сигнализатора, МПа	0,02–12,0
Давление рабочей водяной или пенной среды под мембраной сигнализатора, МПа	0,02–1,5
Давление срабатывания сигнализатора, МПа	0,02–0,6
Время срабатывания сигнализатора, с, не более	2
Коммутируемый ток, А, не более:	
- постоянный	4,0
- переменный	3,0
Коммутируемое напряжение, В, не более:	
- постоянное	30,0
- переменное	250,0
Масса сигнализатора, кг, не более	0,4
Срок службы сигнализатора, лет, не менее	10

4.2.2. Требования к помещению станции пожаротушения

Помещения станций пожаротушения, как правило, необходимо располагать в подвале, цокольном этаже или на первом этаже зданий. Допускается размещение станции пожаротушения выше первого этажа, при этом подъемно-транспортные устройства зданий, сооружений должны обеспечивать возможность доставки оборудования к месту установки и проведения эксплуатационных работ. Выход из станции следует предусматривать наружу, на лестничную клетку, имеющую выход наружу, в вестибюль или в коридор, при условии, что расстояние от выхода из станции до лестничной клетки не превышает 25 м и в этот коридор нет выходов из помещений категорий А и Б.

Помещения станций пожаротушения должны быть отделены от других помещений противопожарными перегородками 1-го типа и перекрытиями 3-го типа. Помещения станции нельзя располагать под и над помещениями категорий А и Б. Помещения станций должны быть оборудованы приточно-вытяжной вентиляцией не менее чем с двукратным воздухообменом, а также телефонной связью с помещением дежурного персонала, ведущим круглосуточное дежурство.

У входа в помещение станции должно быть установлено световое табло «Станция пожаротушения». Входная дверь должна иметь запорное устройство, исключающее несанкционированный доступ в помещение станции пожаротушения.

При наличии нескольких направлений подачи ГОС пусковые элементы устройств местного пуска батарей (модулей) и распределительных устройств должны иметь таблички с указанием защищаемого помещения (направления) [19].

4.3. Устройство и принцип работы установок газового пожаротушения

4.3.1. Конструкция установок газового пожаротушения

Основной особенностью установок газового пожаротушения является наличие специальной системы хранения огнетушащего вещества. УАГП по своей конструкции различаются большим разнообразием. Огнетушащее вещество в установке может находиться в модулях (баллонах), батареях и в изотермических емкостях. Модули могут быть следующих типоразмеров по объему: 8; 10; 25; 40; 50; 67,5; 80; 100; 150 и 160 л.

ЗАО МЭЗ «Спецавтоматика» – ведущий разработчик и поставщик средств УАГП в России. Завод серийно выпускает УАГП широкого спектра типоразмеров и конструкций. Модули 1М2-8 используются для защиты небольших помещений и пространств за подвесными потолками и в фальшполах (рис. 4.10).

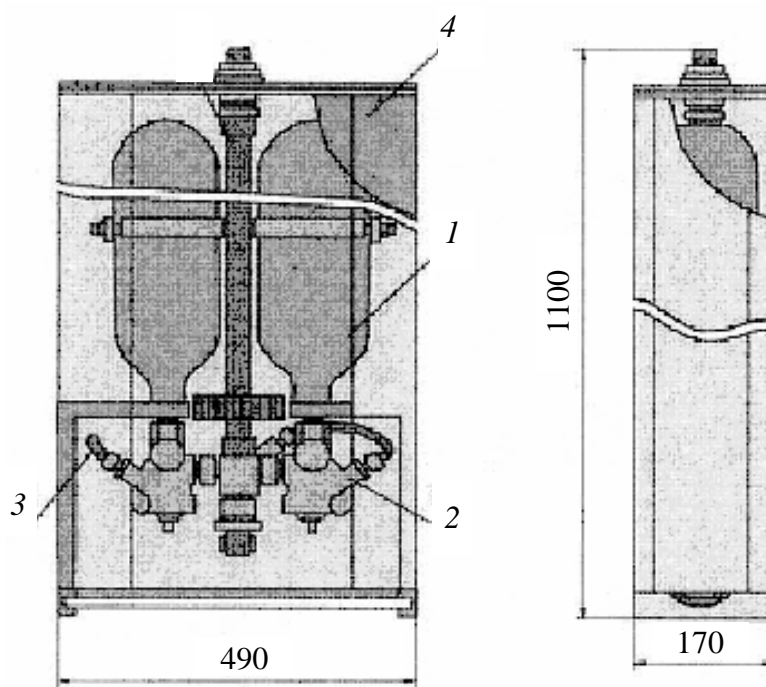


Рис. 4.10. Конструкция модуля 1М2-8:
1 – баллон; 2 – запорно-пусковое устройство (ЗПУ); 3 – пиропатрон; 4 – шкаф

Конструкция модулей 1М2-8 достаточно проста, а для удобства монтажа и улучшения дизайна УАГП выполнена в закрытом шкафу, который может размещаться напольно. Оба модуля имеют пуск от пиропатронов типа ПП-3, размещенных в ЗПУ ГЗСМ (автоматическая головка-затвор для выпуска заряда).

Комплект модулей типа 1М1-40 (рис. 4.11, *а*) (автоматический с электрическим пуском) состоит из одной или нескольких секций, в каждую из которых входят два 40-литровых баллона с огнетушащим веществом. Все баллоны смонтированы на основании металлической рамы. На 40-литровых баллонах установлены головки типа ГЗСМ.

Выпускные головки баллонов соединительными трубками связаны с общим секционным коллектором. Модуль 2М1-40 (рис. 4.11, *б*) отличается устройством индикатора контроля потери массы. На передней панели модулей установлены манометры и рукоятки ручного пуска головок ГЗСМ.

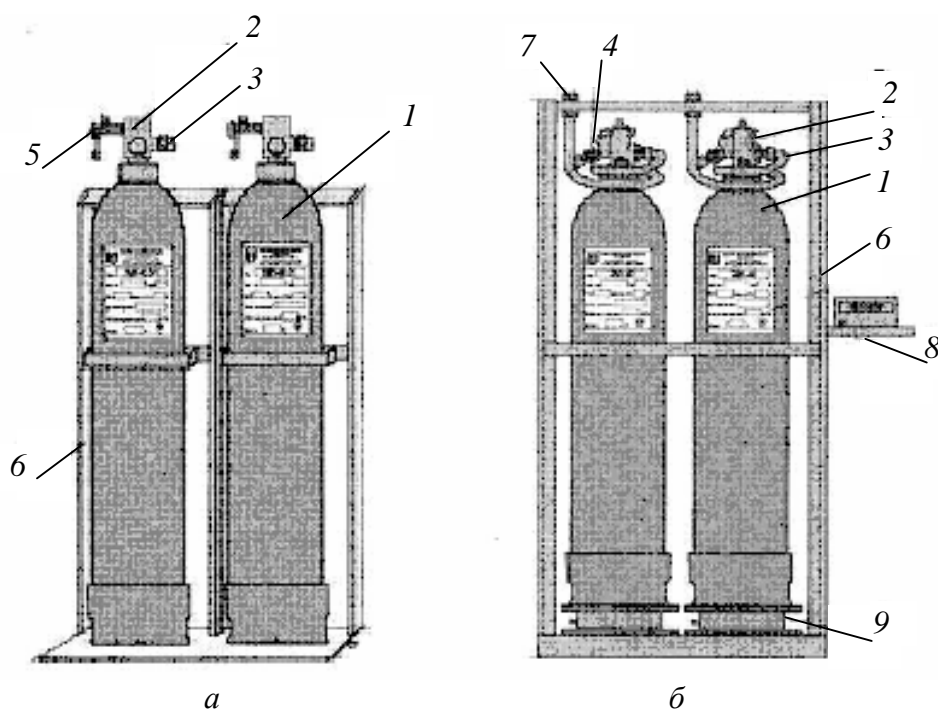


Рис. 4.11. Конструкция модулей 1М1-40 (*а*) и 2М1-40 (*б*):
 1 – модуль 1М1-40 и 2М1-40; 2 – ЗПУ; 3 – пиропатрон; 4 – накидная гайка; 5 – ручной пуск;
 6 – рама; 7 – присоединительный штуцер; 8 – индикатор массы; 9 – весовая площадка

В модуле 1М1-40 включение головки ГЗСМ осуществляется электроприводом с помощью пиропатрона типа ПП-3. Количество баллонов с огнетушащим веществом может быть увеличено за счет секции сборной, состоящей из четырех 40-литровых баллонов, смонтированных между собой коллекторами. Модули являются аналогами распространенных и ранее выпускавшихся установок с электропуском типа БАГЭ и УАГЭ.

В батарею хладонового пожаротушения 1Б2-10-40 (табл. 4.4) с электрическим пуском включается от двух до десяти 40-литровых баллонов (рабочих и резервных) с пусковым баллоном (запорная головка типа ГЗСМ). В батарее 2Б2-40 (табл. 4.5) используется огнетушащее вещество типа CO₂.

Таблица 4.4

Основные технические данные батарей хладонового пожаротушения типа 1Б2-10-40

Наименование		Рабочий баллон У = 40 л								
		1Б2-40	1Б3-40	1Б4-40	1Б5-40	1Б6-40	1Б7-40	1Б8-40	1Б9-40	1Б10-40
Коллектор Д, мм		32×3	38×3	57×3,5				68×4		
Габариты, мм	A	530	770	1010	1250	1490	1730	1970	2210	2450
	B	320								
	C	1840								
Количество баллонов		2	3	4	5	6	7	8	9	10
Масса батареи, кг		149	185	229	280	343	387	438	482	533
Максимальная загрузка ГОС, кг	хладон 114В2	120	180	240	300	360	420	480	540	600
	хладон 125	72	108	144	180	216	252	288	324	360
Защищаемый объем, м	хладон 114В2	134	201	268	335	402	469	536	603	670
	хладон 125	324	486	648	810	972	1134	1296	1458	1620

Таблица 4.5

Основные технические данные батарей с двуокисью углерода (CO₂) типа 2Б2...10-40

Наименование		Рабочий баллон У = 40 л								
		2Б2-40	2Б3-40	2Б4-40	2Б5-40	2Б6-40	2Б7-40	2Б8-40	2Б9-40	2Б10-40
Коллектор Д, мм		32×3	32×3	32×3	40×5	40×5	40×5	50×6		
Габариты, мм	A	580	870	1160	1450	1740	2030	2320	2610	2900
	B	320								
	C	1700								
Количество баллонов		2	3	4	5	6	7	8	9	10
Масса батареи, кг		150	230	310	390	470	670	760	880	940
Максимальная загрузка CO ₂ , кг		48	72	96	120	144	168	192	216	240
Защищаемый объем, м ³		88	132	176	220	264	308	352	396	440

В батарее осуществляется автоматический контроль потери массы ОС. Все узлы расположены на общей раме, которая спереди закрыта панелью. В модулях могут быть использованы все виды газовых огнетушащих составов.

Использование пневмопривода от специального пускового баллона (ЭПБ) или с помощью давления самого огнетушащего средства позволяет значительно упростить схему электроуправления пуском установки пожаротушения, а сам запуск всей батареи осуществлять при подаче электрического импульса только на один пиропатрон или один электромагнитный клапан модуля УАГП (рис. 4.12).

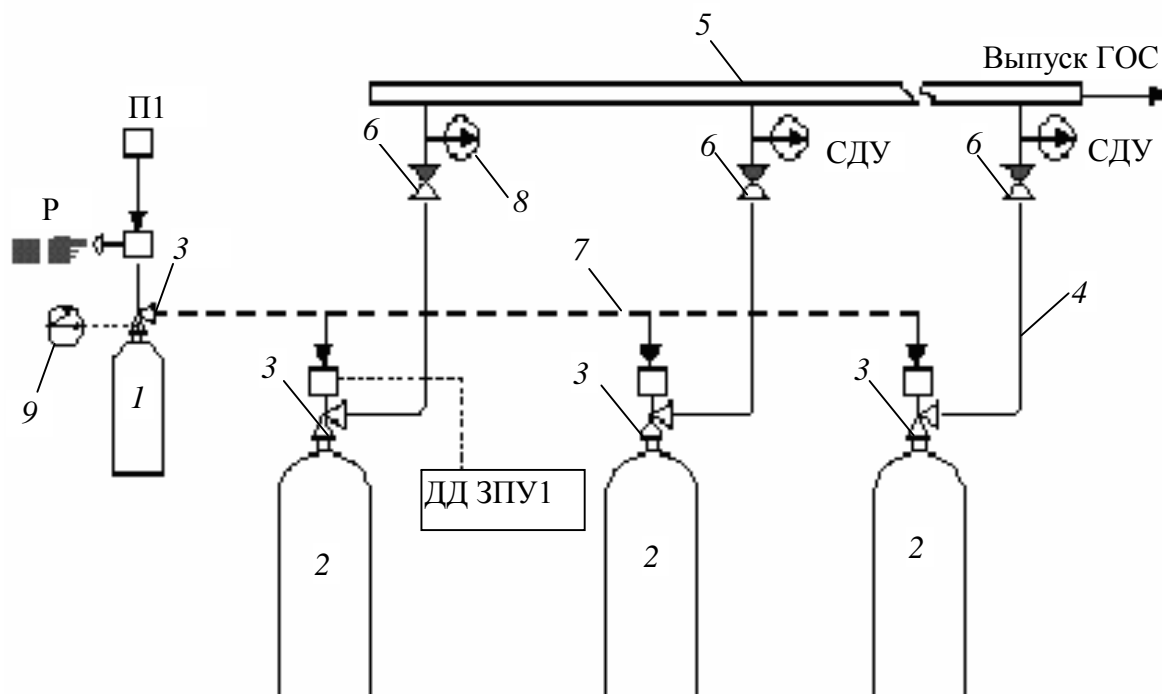


Рис. 4.12. Схема батареи типа 1Б с электропневматическим пуском от специального пускового баллона (ЭПБ):

- 1 – баллон пусковой; 2 – баллон с огнетушащим средством; 3 – ЗПУ;
- 4 – выпускной трубопровод; 5 – коллектор; 6 – обратный клапан;
- 7 – коллектор пневмопуска; 8 – СДУ; 9 – манометр показывающий

Далее давлением азота из пускового баллона (или повышенным давлением выходящего огнетушащего средства из первого модуля), через рукав высокого давления (РВД), осуществляется включение ЗПУ ЭМК на всех рабочих модулях. Через общий коллектор установки и магистральный трубопровод ГОС подается в защищаемое помещение.

Конструкция батареи с электромагнитным и промежуточными пневмоклапанами модулей представлена на рис. 4.13.

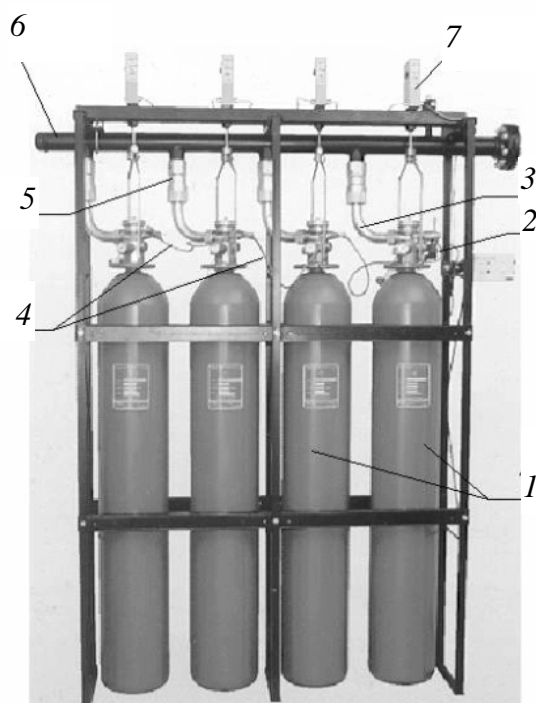


Рис. 4.13. Конструкция батареи с электромагнитным (ЗПУ ЭМК первый модуль) и промежуточными пневмоклапанами модулей:

1 – модули МГП; 2 – ЗПУ; 3 – рукав высокого давления (РВД); 4 – РВД пневмопуска; 5 – обратный клапан; 6 – коллектор; 7 – трубопровод к защищаемому помещению

Набор изделий, обеспечивающих систему пуска, состоит из пускателя (электропиротехнического или электромагнитного), пускового пневмопровода с пневматическим пускателем и входит в комплект поставки «комплекта модулей». Принципиальная схема электропневматического пуска представлена на рис. 4.14, а, б.

Выпуск ГОТВ из модулей комплекта может осуществляться в любой последовательности. При этой схеме пуска комплект может иметь несколько групп модулей и, соответственно, несколько пусковых модулей, на которых устанавливается электрический пускатель (электромагнитный или электропиротехнический) (крайний случай – все модули комплекта являются пусковыми). Модули внутри каждой группы соединены между собой пусковым пневмопроводом. При подаче электрического импульса на пусковой модуль группы происходит выпуск ГОТВ из него в нужном направлении. Одновременное срабатывание всех модулей комплекта обеспечивается подачей электрического сигнала на все пусковые модули комплекта.

При последовательном срабатывании модулей комплекта все модули обязательно должны комплектоваться обратными клапанами, исключающими попадание ГОТВ в модули, выпуск ГОТВ из которых уже был произведен согласно алгоритму работы комплекта модулей.

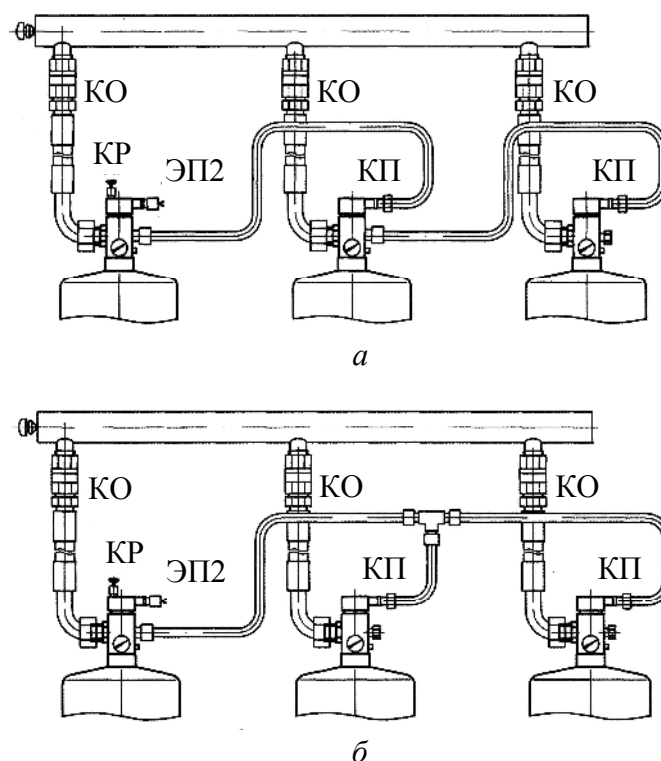


Рис. 4.14. Схемы электропневматического пуска модулей:
а – последовательный пуск; *б* – параллельный пуск

ЗАО «АРТСОК» использует модули серии МГП 50-60, МГП 50-80 и МГП 50-100 с рабочим давлением до 5,88 МПа, а также МГП 16-25, МГП 16-40, МГП 16-80, МГП 16-100 с рабочим давлением до 14,7 МПа.

Первая цифра 50 и 16 в наименовании МГП обозначает диаметр сифонной трубки, мм, а вторая цифра указывает вместимость модуля, л.

Отличительной особенностью модулей МГП является использование запорно-пусковых устройств с электромагнитным (ЗПУ ЭМК) и пневмоприводами (ЭПБ) многоразового действия.

ОАО «МГП СПЕЦАВТОМАТИКА» выпускает унифицированные модули газового пожаротушения для хладоновых огнетушащих составов. Модули газового пожаротушения МПХ38-50/100-403 и МПХ38-50/100-468 предназначены для хранения и выпуска газовых огнетушащих составов – хладона 125ХП, хладона 318ц «Игмер» (318С), хладона 227еа (FM 200), хладона 114В2 (Halon 2402), хладона 13В1 (Halon 1301) (табл. 4.6). Модули имеют ручной, пневматический и электрический пуски и могут комплектоваться рукавами высокого давления РВД. Модули соответствуют климатическому исполнению «О» категории размещения 4 по ГОСТ 15150–69 в диапазоне температур от –10 до +50 °С.

Основные показатели модулей МПХ38-50/100-403 и МПХ38-50/100-468

Наименование показателей	МПХ38-50-403	МПХ38-100-403	МПХ38-50-468	МПХ38-100-468
Емкость баллона, л	50	100	50	100
Количество ГОС, максимальное, кг: - хладон 125ХП (FE-25) - хладон 318Ц («Игмер») - хладон 227еа (FM-200) - хладон 114В2 (Halon 2402)	45 55 55 75	90 110 110 150	45 55 55 75	90 110 110 150
Максимальное рабочее давление, МПа	4,0	4,0	6,3	6,3
Устройство электропуска	Пиропатрон DR2005/C1 или ПП-7	Пиропатрон DR2005/C1 или ПП-7	Соленоид	Соленоид
Масса модуля без заряда, кг	57	85	58	86
Периодичность освидетельствования баллона, лет	8	8	8	8
Срок службы до списания, не менее, лет	11,5	11,5	11,5	11,5

Модули типа МПГ-40 (150) НПО «Пожарная автоматика сервис» предназначены для использования в централизованных и модульных УАГП (рис. 4.15, табл. 4.7).

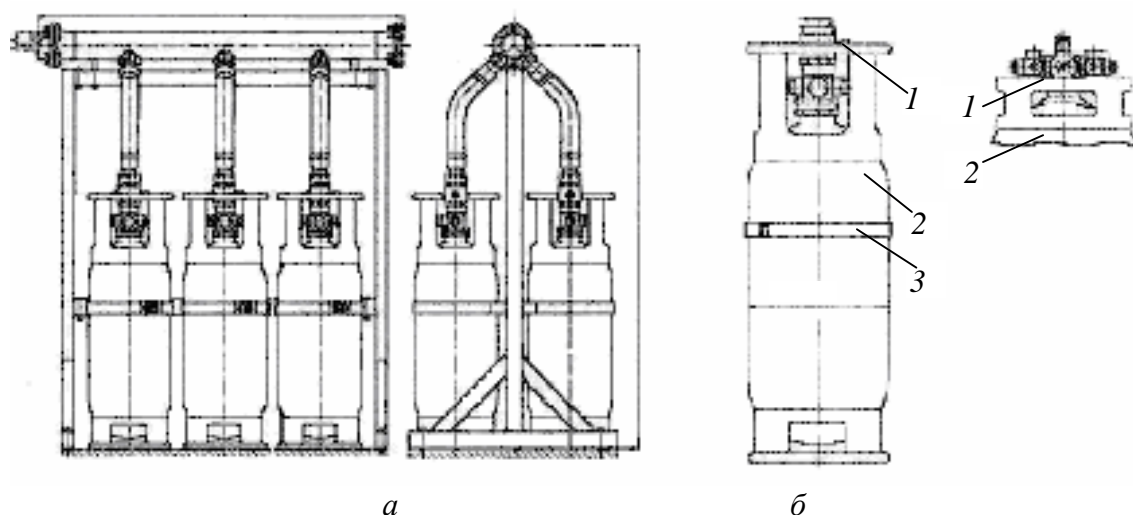


Рис. 4.15. Стойка монтажная двухрядная СМД-40 (а);
модуль пожаротушения газовый МПГ-40 (б):
1 – ЗПУ; 2 – модуль; 3 – крепежный хомут

Отличительной особенностью модулей 2 является наличие двух запорно-пусковых устройств с пиропатронами типа ЗПУ-40-24-2 I, с целью сокращения времени подачи ГОС, повышения надежности УАГП, а также возможности защиты двух помещений. Модули крепятся к стене с помощью специальных хомутов 3.

Таблица 4.7

**Технические характеристики стоек монтажных
СМД-150, СМД-40, СМО-40 и СМО-150**

Обозначение стойки	Тип модулей	Число модулей	Рабочее давление, МПа	Вместимость модуля, л
СМД-4-150-80	МПГ-150	4	14,7	80
СМД-12-150-80	МПГ-150	12	14,7	80
СМД-8-150-100	МПГ-150	8	14,7	100
СМД-20-150-100	МПГ-150	20	14,7	100
СМД-10-40-80	МПГ-40	10	3,92	80
СМД-12-40-100	МПГ-40	12	3,92	100
СМО-2-40-80	МПГ-80	2	3,92	80
СМО-6-40-80	МПГ-80	6	3,92	80
СМО-6-40-100	МПГ-100	6	3,92	100
СМО-2-150-100	МПГ-100	2	14,7	100
СМО-10-150-100	МПГ-150	10	14,7	100

Модули в батарее УАГП могут монтироваться в стойках в один ряд или в два ряда. На рис. 4.15, а показан монтаж модулей МПГ-40 вместимостью 40 л в двухрядной стойке СМД-40. В двухрядных монтажных стойках может размещаться до 20 модулей типа МПГ. Однорядные монтажные стойки используются для размещения 2–10 модулей.

Модуль газового пожаротушения типа МГХ (ООО «Противопожарная автоматика-ГАЛАКС») представляет собой баллон с запорно-пусковым устройством (ЗПУ), в качестве которого могут быть использованы пиропатрон, головка-затвор ГЗСМ или электромагнитный клапан (рис. 4.16). Модуль предназначен для длительного хранения под давлением газовых огнетушащих веществ и их экстренного выпуска для тушения пожара объемным или локально-объемным способом. Модуль используется в составе централизованных и модульных установок автоматического газового пожаротушения. Модуль соответствует климатическому исполнению УХЛ, категория размещения 4 по ГОСТ 15150, температура окружающего воздуха от –30 до +50 °С. Габаритные размеры данного модуля представлены в табл. 4.8.

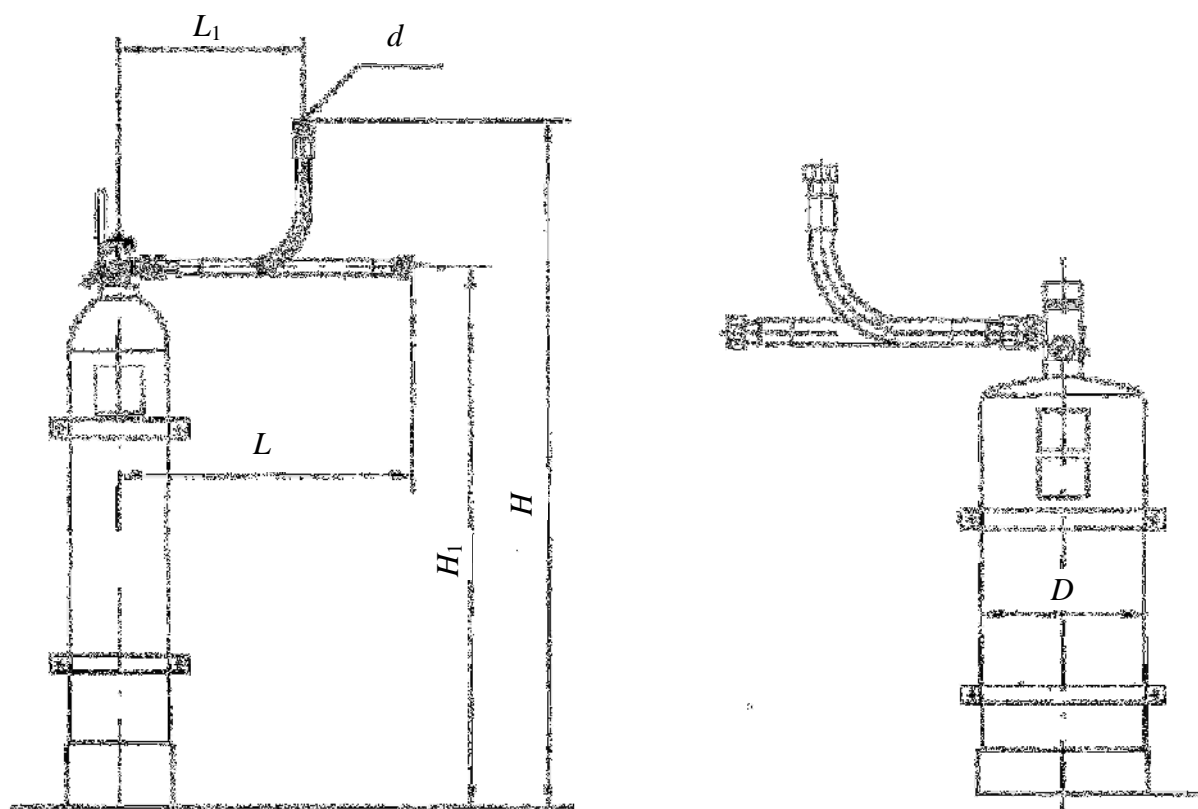


Рис. 4.16. Габаритные размеры модулей МГХ «ГАЛАКС»

Таблица 4.8

Габаритные размеры модулей газового пожаротушения типа МГХ

Тип модуля	Исполнение	Размеры, мм					
		<i>H</i>	<i>H</i> ₁	<i>L</i>	<i>L</i> ₁	<i>D</i>	<i>d</i>
МГХ(125-25-12)	А	1235	965	650	270	219	М27×1,5
МГХ(125-32-12)		1490	1220				
МГХ(125-40-12)		1685	1415				
МГХ(65-40-18)	Б	1800	1490	660	300	357	М36×2
МГХ(65-50-18)		2120	1810				
МГХ(65-80-32)		1870	1085	1260	060		М52×2
МГХ(65-100-32)		2085	1290				

В случае необходимости возможно изготовление модулей с баллонами вместимостью до 40 л с ЗПУ ГЗСМ для установки в горизонтальном положении, например, для размещения в пространстве под фальшполом защищаемого помещения. Общий вид горизонтального модуля представлен на рис. 4.17.

Выбор типа модулей и стоек для МПГ определяется требуемым расчетным количеством модулей, их вместимостью, наличием требуемого резерва, условиями удобства размещения в помещении станции пожаротушения.

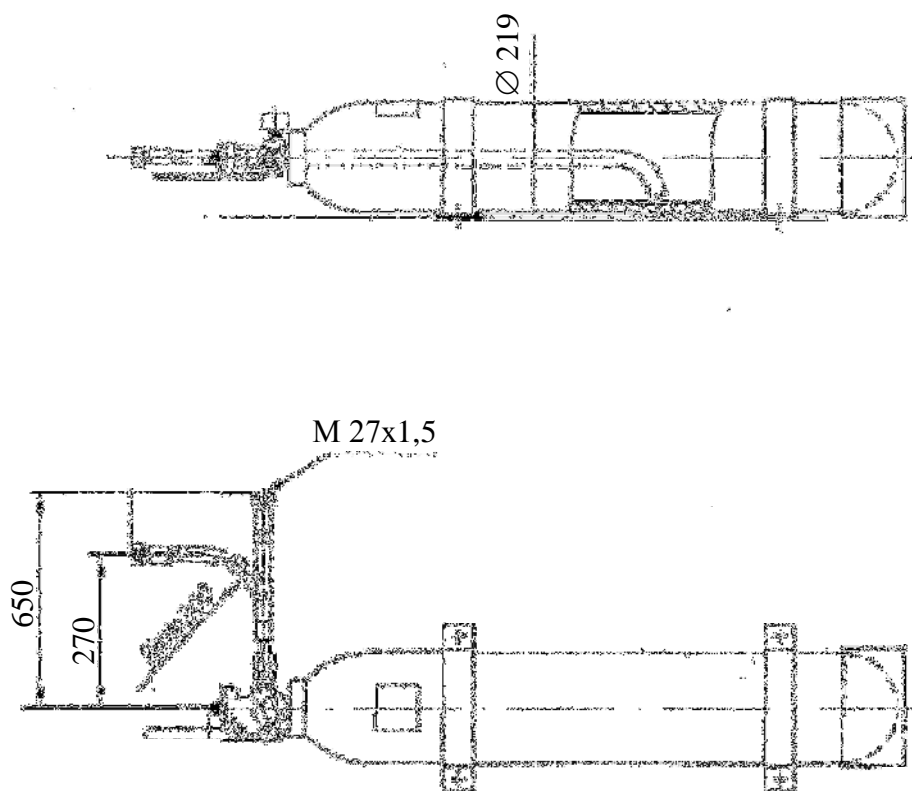


Рис. 4.17. Модуль горизонтального расположения

Использование разнообразных видов и конструкций модулей и их компоновка позволяют осуществлять многовариантные схемные решения по противопожарной защите объектов различного назначения. Например, часто на практике с помощью УАГП защищены помещения вычислительных центров, серверных, АТС, которые имеют не только основное рабочее помещение, но и свободное пространство за подвесным потолком или в фальшполах, где может размещаться пожарная нагрузка в виде силовых и контрольных кабелей с большой насыщенностью сгораемыми материалами. В этом случае требуется произвести распределение огнетушащего средства в защищаемые пространства различного объема (рис. 4.18).

Это достигается правильной трассировкой сети трубопроводов, оптимальным выбором типа насадков и использованием средств раннего обнаружения пожара не только в объеме рабочего помещения, но и защищаемых технологических пространствах.

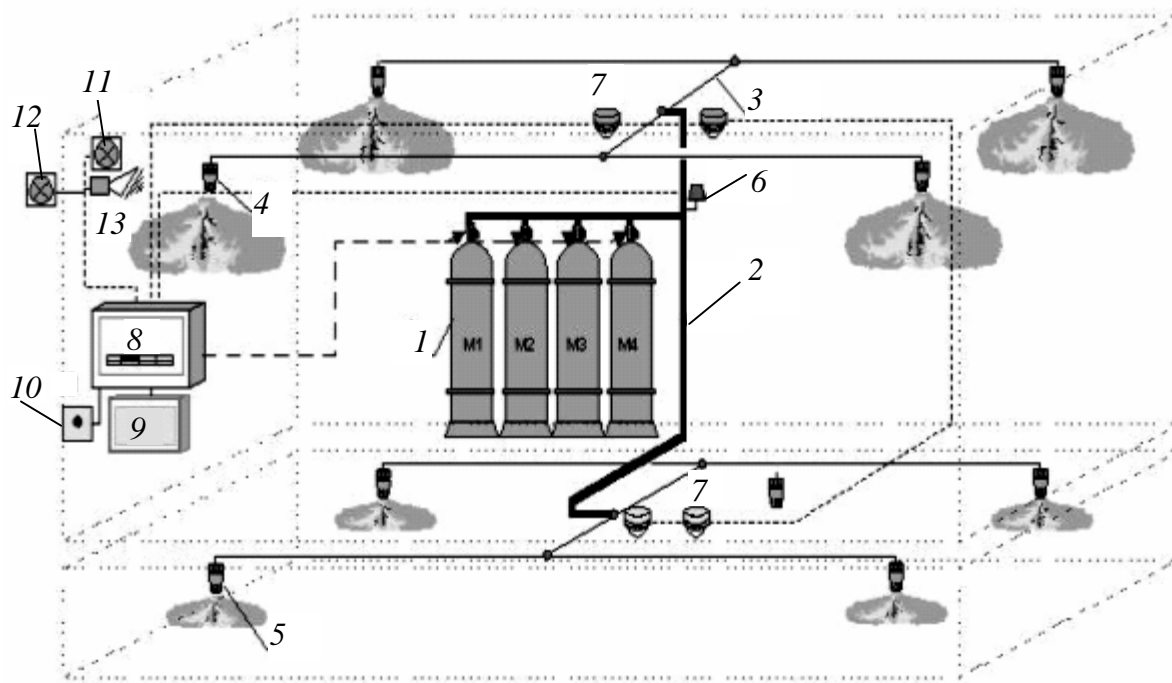


Рис. 4.18. Технологическая схема модульной УАГП по защите помещения и пространства фальшпола:

- 1 – модули МГП 16-40; 2 – магистральный трубопровод;
 3 – распределительный трубопровод; 4 – выпускной насадок в помещении;
 5 – выпускной насадок в фальшполу; 6 – СДУ; 7 – пожарные извещатели;
 8 – прибор управления; 9 – блок питания; 10 – кнопка дистанционного пуска;
 11 – табло «Газ – уходи!»; 12 – табло «Газ – не входи!»; 13 – звуковая сирена

В последние годы находят широкое применение УАГП с инертным огнетушащим газом аргон. Это одноатомный и инертный по своим свойствам газ, не вызывающий коррозию. В отличие от хладонов аргон менее вреден для человека даже при максимальных концентрациях. В серийно выпускаемой установке аргонного пожаротушения (рис. 4.19) фирмы «EUSEBI IMPIANTI» (Италия) применяется система автоматического управления с использованием устройств пневмо- и электропуска.

Модули изготавливаются вместимостью 40; 67,5; 80 и 140 л со стандартными коллекторами на 2, 3, 4 и 6 модулей. Максимальное давление в баллонах 20 МПа. В конструкции установки команда на запуск производится от электрического импульса с передачей его на пиропатрон или ЭМК одного из модулей.

Дальнейшее управление включением ЗПУ на модулях и распределительных устройствах производится по пневматическим линиям и рукавам высокого давления с помощью пневмоклапанов.

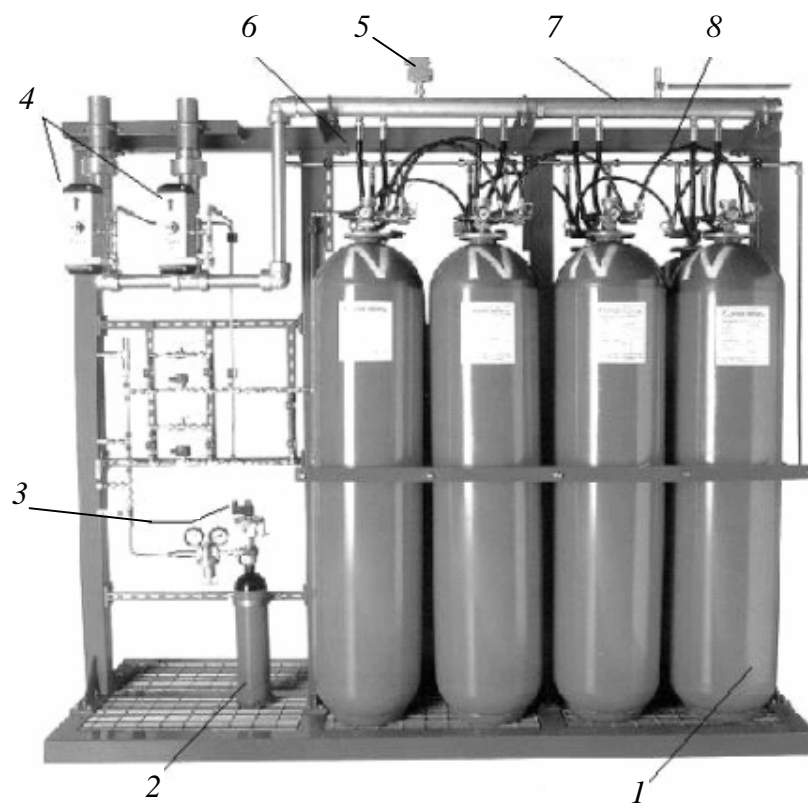


Рис. 4.19. Батарея с модулями для хранения аргона:
 1 – модули; 2 – пусковой баллон; 3 – электромагнитный пусковой клапан;
 4 – распределительное устройство; 5 – СДУ; 6 – РВД; 7 – общий коллектор;
 8 – РВД пневмопуска

Важное место при эксплуатации УАГП занимает вопрос эффективного контроля возможных несанкционированных утечек из модулей огнетушащего средства. Для установок с использованием ГОС, находящихся в сжиженном состоянии, применяются специальные системы весового контроля с помощью противовесов и специальной весовой платформы. В первом случае модуль крепится с помощью специальной подвесной скобы, через коромысло к противовесу (рис. 4.20).

При утечке ГОС и уменьшении веса модуля происходит перемещение груза, что вызывает срабатывание микропереключателя весового устройства и включение световой (или звуковой) индикации о состоянии УАГП.

В последние годы широкое распространение для защиты объектов с постоянным пребыванием людей находят установки газового пожаротушения с использованием газа инерген.

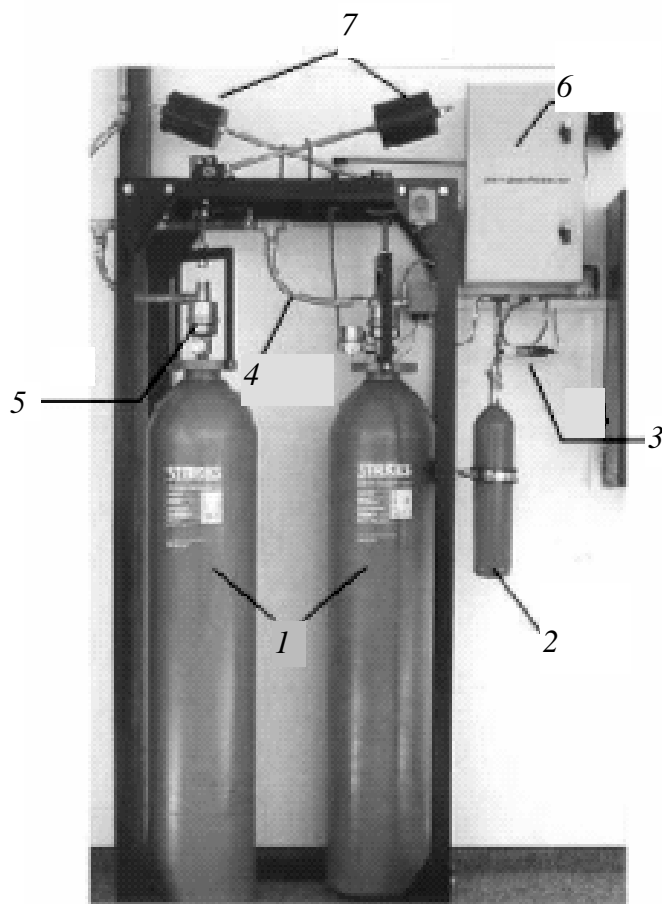


Рис. 4.20. Модульная УАГП, оборудованная системой автоматического контроля массы ГОС с использованием противовесов:
 1 – модули; 2 – пусковой баллон;
 3 – электромагнитный пусковой клапан; 4 – РВД; 5 – пневмоклапан;
 6 – весовое устройство; 7 – грузы противовесы

Для применения ГОС типа инерген по технологии «Fire Eater^{A/S}» используется модульная установка FE-ISM7-200 (Дания). Рабочее давление в модулях 15–20 МПа; время выпуска ГОС до 60 с.

На рис. 4.21 представлена конструкция модульной УАГП с использованием ГОС инерген. Баллоны для инергена имеют четыре типоразмера для хранения ГОС на 5,7; 7,1; 9,9 и 12,3 м³ газа, соответственно. Для понижения давления в потоке ГОС при его движении по трубам используются специальные соединительные муфты с диафрагмами, которые устанавливаются в начале магистрального трубопровода.

Установки газового пожаротушения с хранением огнетушащего вещества в изотермической емкости представляют собой полностью изолированный сосуд большой емкости, работающий под относительно низким давлением около 2,0 МПа, защищенный алюминиевым кожухом, охлаждающей установки, обеспечивающей рабочую температуру около –20 °С, предохранительного клапана, вентилей управления. В состав охлаждающей установки входит расширительный клапан, регулирующий

подачу хладагента в змеевик резервуара, компрессор, двигатели вентиляторов, органы управления, обеспечивающие работу установки. Разработкой изотермических емкостей занимаются фирмы «ANSUL Inc.», «MINIMAX GmbH», «KIDDE DEUGRA», «APTCOK» и НПО «Астрофизика».

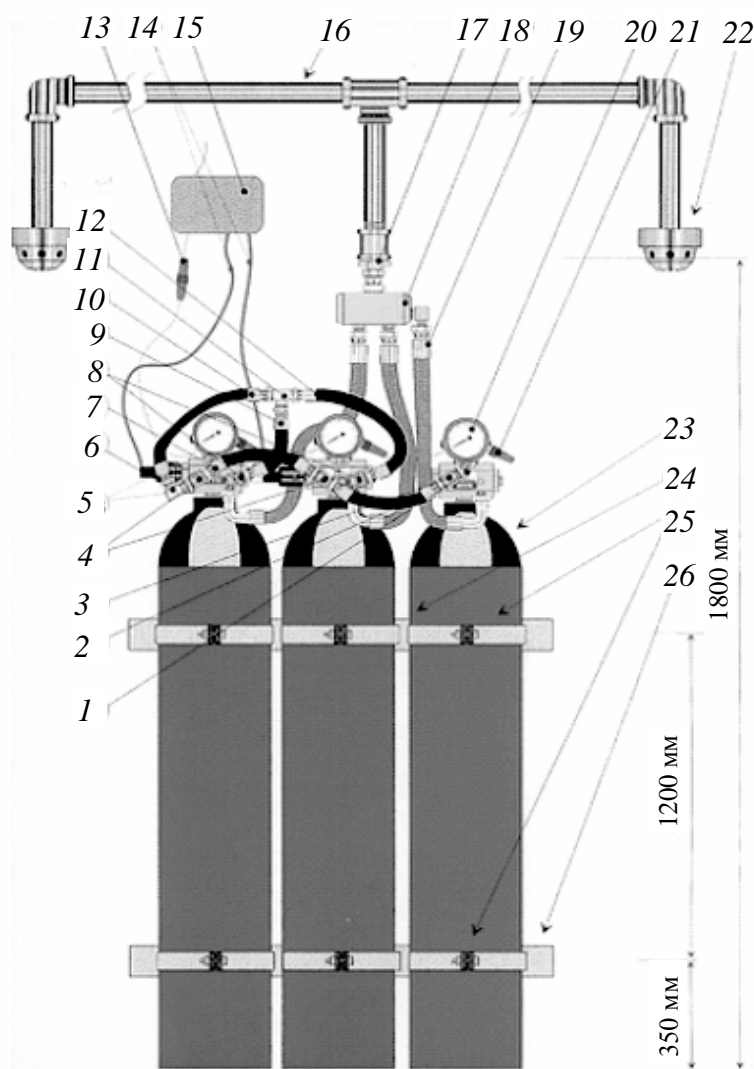


Рис. 4.21. Установка из 3 модулей FE-ISM7-200 с ГОС инерген:
 1, 21 – заглушка; 2, 3, 7, 9, 10, 12, 19 – рукав высокого давления; 4, 8 – адаптер;
 5 – активатор; 6 – колено; 11 – тройник; 13, 14 – кабель; 15 – пусковой блок;
 16 – распределительный трубопровод; 17 – переходник; 18 – коллектор; 20 – клапан;
 22 – выпускной насадок; 23 – баллон с ГОС; 24, 25, 26 – крепление модуля

Фирма «ANSUL Inc.» (США) поставляет на российский рынок изотермические емкости до 30 м³ (рис. 4.22), в том числе установки типа «Mini-Bulk» на 159; 227; 363; 454 и 680 кг с СО₂. Система «Mini-Bulk» разработана в целях создания альтернативы батареям с СО₂ высокого давления, состоящим из большого количества модулей. Каждый изотермический резервуар оборудован паровым компрессором воздушного охлаждения. «Mini-Bulk» имеют вертикальную конфигурацию, что обеспечивает значительное уменьшение занимаемой ими площади в помещении и снижение металлоемкости системы на 60 %. В этом их существенное преимущество по сравнению с батареями газового пожаротушения высокого давления.

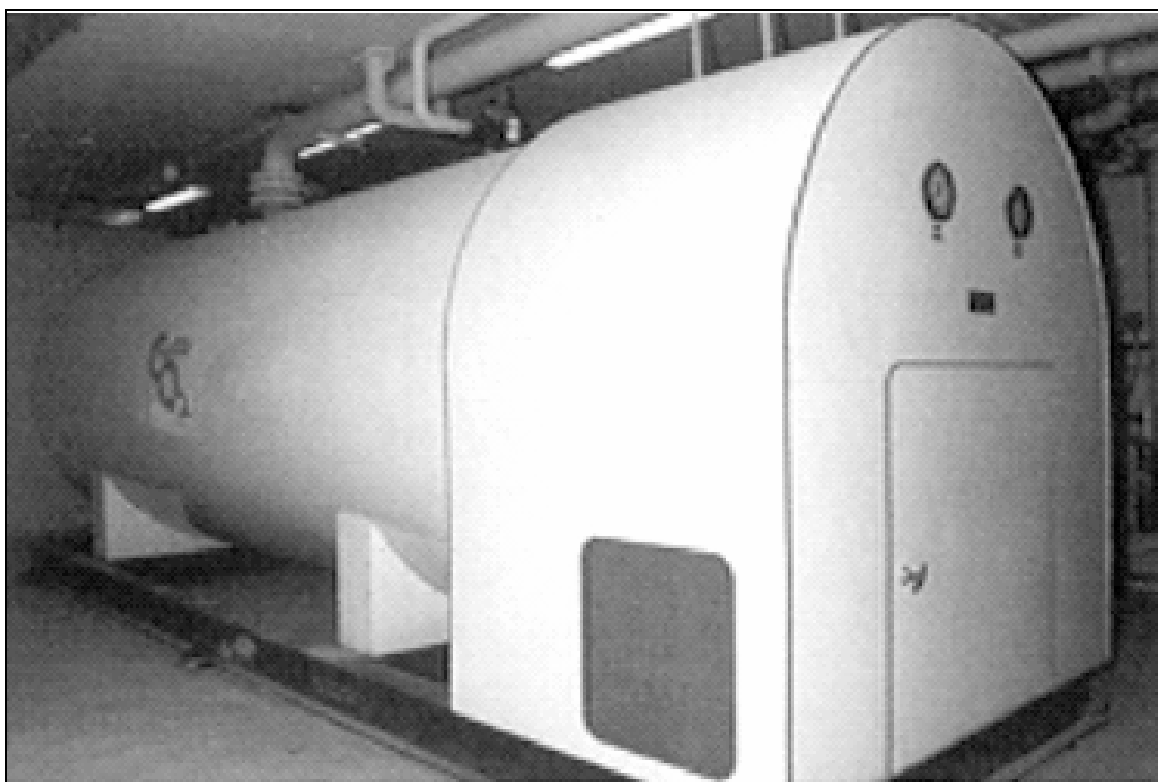


Рис. 4.22. Модуль изотермический для жидкой двуокиси углерода фирмы «ANSUL Inc.»

Устройства проектируются для СО₂ в соответствии с НПБ 88–2001* [19]; для N₂ на основании «Рекомендаций по проектированию, устройству и эксплуатации установок пожаротушения азотом» (М., 1991), разработанных Академией ГПС МЧС России и НПО «Астрофизика». Применение изотермических емкостей позволяет значительно снизить металлоемкость установок, особенно при защите помещений больших объемов, и уменьшить площади станции пожаротушения. Считается, что применение изотермических емкостей эффективно при защите помещения объемом более 2000 м³.

Системы газового пожаротушения с CO_2 низкого давления находят все большее применение наряду с традиционными установками высокого давления, так как комплекс оборудования позволяет создавать как модульные, так и стационарные системы защиты практически для любых объемов помещений.

В изотермической емкости постоянно поддерживается заданная температура (около $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$) с помощью специального рефрижератора. Сертифицированные резервуары с CO_2 имеют рабочий объем вместимостью 5443, 7258, 9072, 10886, 12700 и 16330 кг.

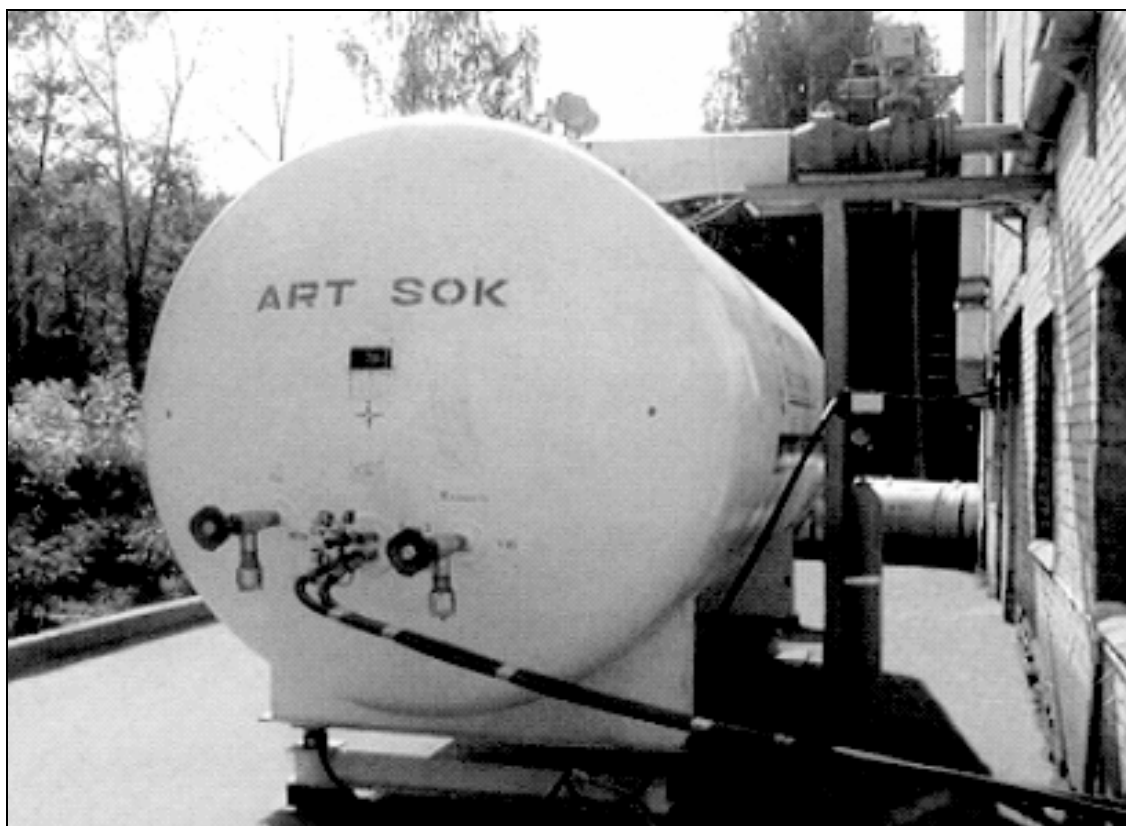


Рис. 4.23. Модуль изотермический (МИЖУ) для жидкой двуокиси углерода ЗАО «АРТСОК»

Объемное тушение одним изотермическим модулем типа МИЖУ (рис. 4.23, табл. 4.9), в зависимости от объема резервуара, эффективно в помещениях от 800 до 25000 м^3 . Отличительной особенностью МИЖУ является дозированный выпуск CO_2 по времени или массе ГОС. Изотермические резервуары допускается устанавливать вне помещения станции с устройством навеса для защиты от осадков и солнечной радиации с ограждением по периметру площадки.

При этом следует предусмотреть аварийное освещение в месте установки резервуара; подъездные пути к резервуару и выполнить мероприятия, исключающие несанкционированный доступ людей к резервуару, узлам его управления (пуска) и распределительным устройствам.

Основные показатели изотермических модулей для жидкой двуокиси углерода

Наименование показателей	МИЖУ 3/2.2	МИЖУ 5/2.2	МИЖУ 10/2.2	МИЖУ 16/2.2	МИЖУ 25/2.2
Емкость резервуара, м ³	3	5	10	16	25
Рабочее давление, МПа	1,95–2,05	1,95–2,05	1,95–2,05	1,95–2,05	1,95–2,05
Диаметр резервуара, мм	1712	1712	2416	2416	2416
Длина резервуара	3710	3640	7050	9950	16300
Время выпуска 50 % массы CO ₂ , с	60	60	60	60	60
Масса резервуара, кг	2550	3640	7050	9950	16300

Выпуск двуокиси углерода из МИЖУ может осуществляться дозированно по времени или массе, для чего используется запорно-пусковое устройство с пневмо- или электроприводом, которое устанавливается на емкости (рис. 4.24).

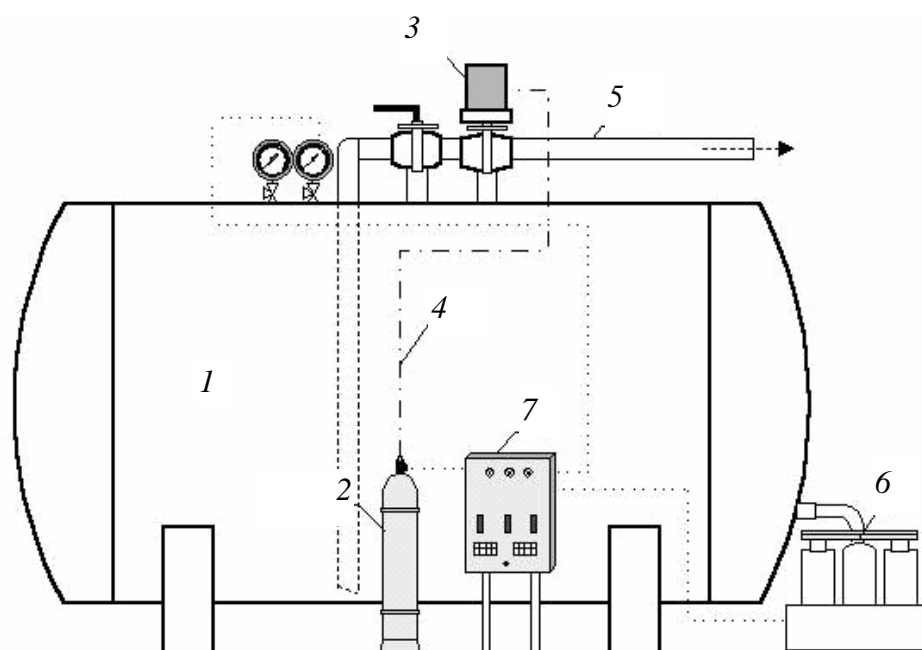


Рис. 4.24. Конструкция модуля изотермического (МИЖУ «АРТСОК»):
 1 – изотермическая емкость; 2 – пусковой баллон; 3 – запорно-пусковое устройство;
 4 – пусковой трубопровод; 5 – напорный магистральный трубопровод;
 6 – холодильный агрегат; 7 – шкаф управления

МИЖУ в собранном виде состоит из резервуара, запорной и предохранительной арматуры, приборного оборудования и трубопроводов обвязки. Непосредственно резервуар представляет собой горизонтальный цилиндрический сосуд с нанесенной на него тепловой изоляцией. Патрубки и трубопроводы резервуара выполнены из нержавеющей стали 12Х18Н10Т.

Для резервуаров, располагаемых вне помещения, при возможной температуре окружающего воздуха ниже $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ в сосуде установлены два электронагревателя, один из которых – резервный.

Для защиты сосуда резервуара в случае повышения давления установлены два предохранительных клапана, которые обеспечивают сброс ГОС при достижении давления в резервуаре свыше $P_{\text{раб}}$, но не более $1,1 P_{\text{раб}}$.

МИЖУ имеет специальный клапан, предназначенный для заправки и слива CO_2 из резервуара. С помощью шланга осуществляется заправка ЖУ из транспортной цистерны в резервуар. Электроконтактные манометры обеспечивают контроль давления в резервуаре, одновременно манометр № 1 выдает сигнал на включение/отключение холодильного агрегата; манометр № 2 – резервный. Для внутреннего осмотра и регламентных работ резервуар имеет расположенный в днище люк-лаз.

Запорно-пусковое устройство состоит из шарового крана с ручным приводом, шарового крана с электропневмоприводом, побудительного баллона емкостью 40 л с запорным устройством с электроконтактным манометром, устройства местного пуска и опорной стойки. Кран шаровой с электропневмоприводом при эксплуатации модуля находится в закрытом положении и открывается только при необходимости подачи ЖУ в защищаемое установкой газового пожаротушения помещение. МИЖУ имеет два холодильных агрегата (ХА), один из которых резервный, с необходимым оборудованием, которые предназначены для поддержания давления в резервуаре не выше заданного. В случае отказа основного ХА автоматически включается резервный. ХА соединены трубопроводами с испарителями, расположенными внутри резервуара выше уровня жидкой CO_2 . Включение и отключение ХА осуществляется автоматически. Один ХА должен обеспечивать заданное давление в резервуаре при хранении за суммарное время работы не более 12 ч в сутки.

Шкаф управления МИЖУ обеспечивает:

- ручное и автоматическое управление ХА;
- контроль массы ЖУ в резервуаре;
- контроль и поддержание в заданных пределах давления в резервуаре;
- сигнализацию состояния оборудования («включен»/«отключен») и отклонения параметров от нормы на панели шкафа управления;

- сигнализацию о наличии напряжения основного и резервного питания в цепях ШУ;
- выдачу информации о состоянии исполнительных механизмов и технологических параметров в систему управления установкой газового пожаротушения;
- прием управляющего сигнала системы пожаротушения и выдачу импульса на выпуск ГОС.

Изотермические емкости типа МИЖУ должны применяться в условиях внешнего воздействия температур от -40 до $+50$ °С.

В ОКБ «ГРАНАТ» НПО «Астрофизика» разработана автоматическая установка азотного пожаротушения «КРИОУСТ-5000» для защиты помещений объемом от 1000 до 5000 м³ (рис. 4.25). Азот в количестве примерно 5 т хранится в изотермической емкости в жидком состоянии, практически без потерь на испарение, благодаря использованию реCONDENSАТОРА паров азота. Конструкция установки позволяет подавать азот в помещение в виде газа, с расходом до 50 кг/с. Время выпуска ГОС равно 60 с.

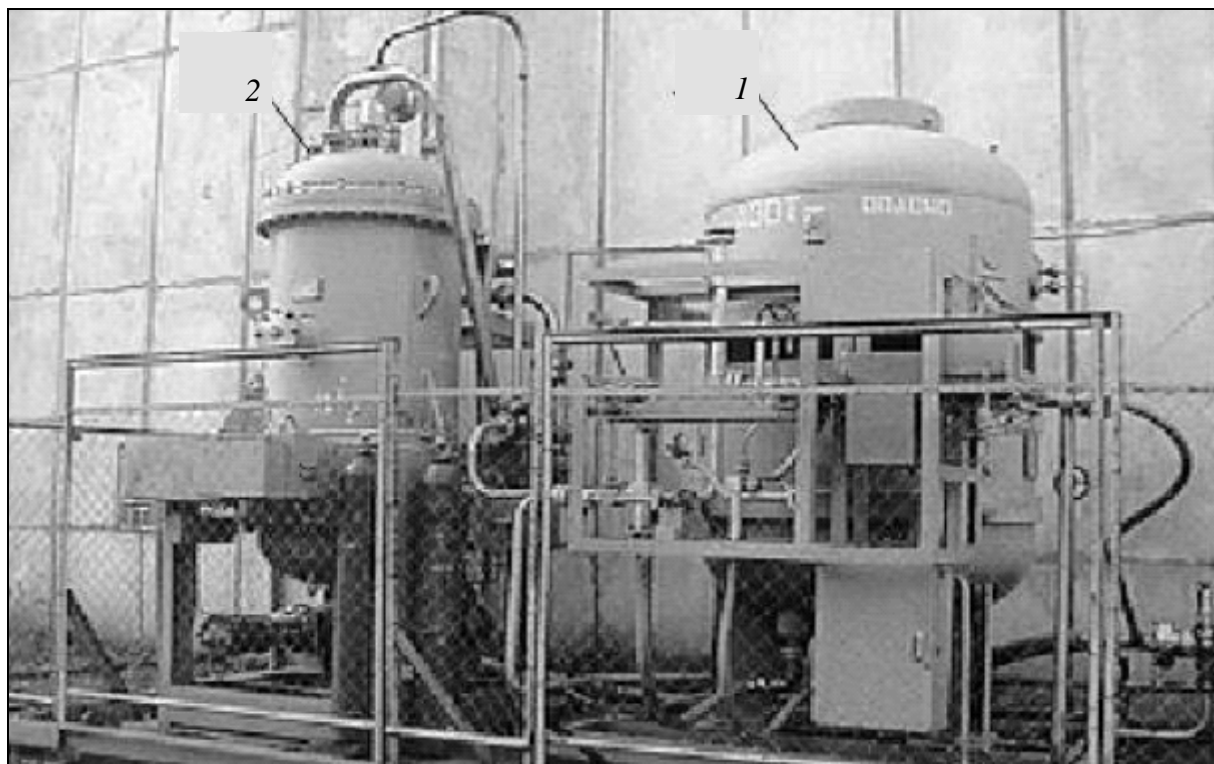


Рис. 4.25. Установка азотного пожаротушения «КРИОУСТ-5000»:
1 – изотермическая емкость СКА-8,0-1,6; 2 – блок испарителя ИГ-6,0-1,6

Установка пожаротушения «КРИОУСТ» состоит из изотермической емкости СКА-8,0-1,6 1 и блока испарителя 2. В емкости СКА-8,0-1,6 размером 4100 мм, диаметром 2200 мм и объемом 8,0 м³ размещается жидкий азот в количестве до 5160 кг, с рабочим давлением 1,6 МПа. Масса порожней емкости составляет 7650 кг.

В блоке испарителя ИГ-6,0-1,6 (габаритные размеры 6500x2700x3733 мм, масса 21400 кг) в качестве рабочей среды используется азот под давлением 1,6 МПа. Производительность испарителя до 6,0 кг/с.

Работа установки «КРИОУСТ» представляет сложный физико-химический нестационарный процесс, происходящий при изменяющейся в динамике температуре азота и возникающих гидравлических явлениях при протекании жидкого азота, его испарении и подаче в защищаемый объем в виде газа.

При пожаре в защищаемом помещении срабатывают пожарные извещатели. Сигнал о пожаре поступает на приемно-контрольный прибор, который подает управляющий сигнал на щит управления, после чего подается электрический импульс на ЗПУ системы. Сжатый азот, находящийся в сжиженном состоянии, из изотермической емкости поступает через выпускной клапан и трубопроводы в испаритель-газификатор. Вытеснение жидкого огнетушащего вещества может осуществляться от специального собственного испарителя наддува или дополнительной емкости с азотом. Азот в сжиженном состоянии поступает из изотермической емкости в испаритель при температуре 80–100 К и испаряется за счет тепла окружающей среды. Для снижения термодинамической пульсации газового потока, поступающего из испарителя, и охлаждения его до 100–300 К – в верхнюю часть испарителя (камеру смешения) по трубопроводу через центробежные распыливающие устройства подается жидкий азот, который испаряется на турбулизирующих сетках и, смешиваясь с газовым потоком, выходящим из насадок, образует гомогенный поток газообразного вещества. Этот поток проходит через насыпные устройства, являющиеся сепаратором не испарившихся капель. Далее газообразное и охлажденное огнетушащее вещество подается через открытый клапан в распределительную сеть к выпускным насадкам в защищаемое помещение для тушения пожара.

Таким образом, в результате сложного технологического процесса из 1 л жидкого азота образуется около 600 л газа. Количество блоков испарителя выбирается, исходя из требуемого расхода азота на тушение пожара в данном помещении.

Применение резервуаров большой вместимости для целей пожаротушения практически снимает ограничения на объем защищаемых

с помощью УАГП помещений. Такие установки в отличие от установок баллонного типа характеризуются значительно меньшей металлоемкостью. Контроль за утечкой огнетушащего вещества осуществляется визуально по шкале уровнемера и не связан с трудоемким взвешиванием каждого баллона, как в случае установок высокого давления.

С увеличением требуемого расчетного количества ГОС преимущество установок низкого давления существенно возрастает. Технико-экономические расчеты показывают, что критичным верхним пределом баллонных установок является запас модулей в количестве не более 80 МГП. Это объясняется сложностью электроуправления системой, ее контроля и организации эксплуатации. В случае большей массы, соответственно большего числа баллонов, технически более рациональным и экономически более выгодным является применение установок низкого давления.

4.3.2. Запорно-пусковые устройства установок автоматических газового пожаротушения

Важными элементами УАГП являются технические устройства для выпуска ГОС из модулей. Существует три типа запорно-пусковых устройств (ЗПУ):

- ЗПУ, имеющие разрушающийся элемент (мембрану, колбу) и пиропатрон;
- ЗПУ, имеющие запорный орган в виде клапана, который открывается после срабатывания пиропатрона;
- ЗПУ в виде клапана с электромагнитным или пневматическим пуском.

Исследования надежности автоматических установок газового пожаротушения, проведенные в Академии ГПС МЧС России доктором технических наук, профессором Г. Х. Харисовым [37], позволили установить, что около 34 % отказов установок в режиме дежурства связаны с пусковыми, выпускными, запорными устройствами и клапанами УАГП. При отказах этих элементов происходят утечки ГОС и снижается общая эффективность применения установок по тушению пожара. Поэтому правильная организация эксплуатации и технического обслуживания элементов системы является условием надежной работы УАГП.

Виды пусковых устройств представлены на рис. 4.26.

Принцип действия запорных устройств заключается в надежном запирании находящихся в модулях газовых огнетушащих составов и выпуске их по сигналу от системы обнаружения пожара или вручную.

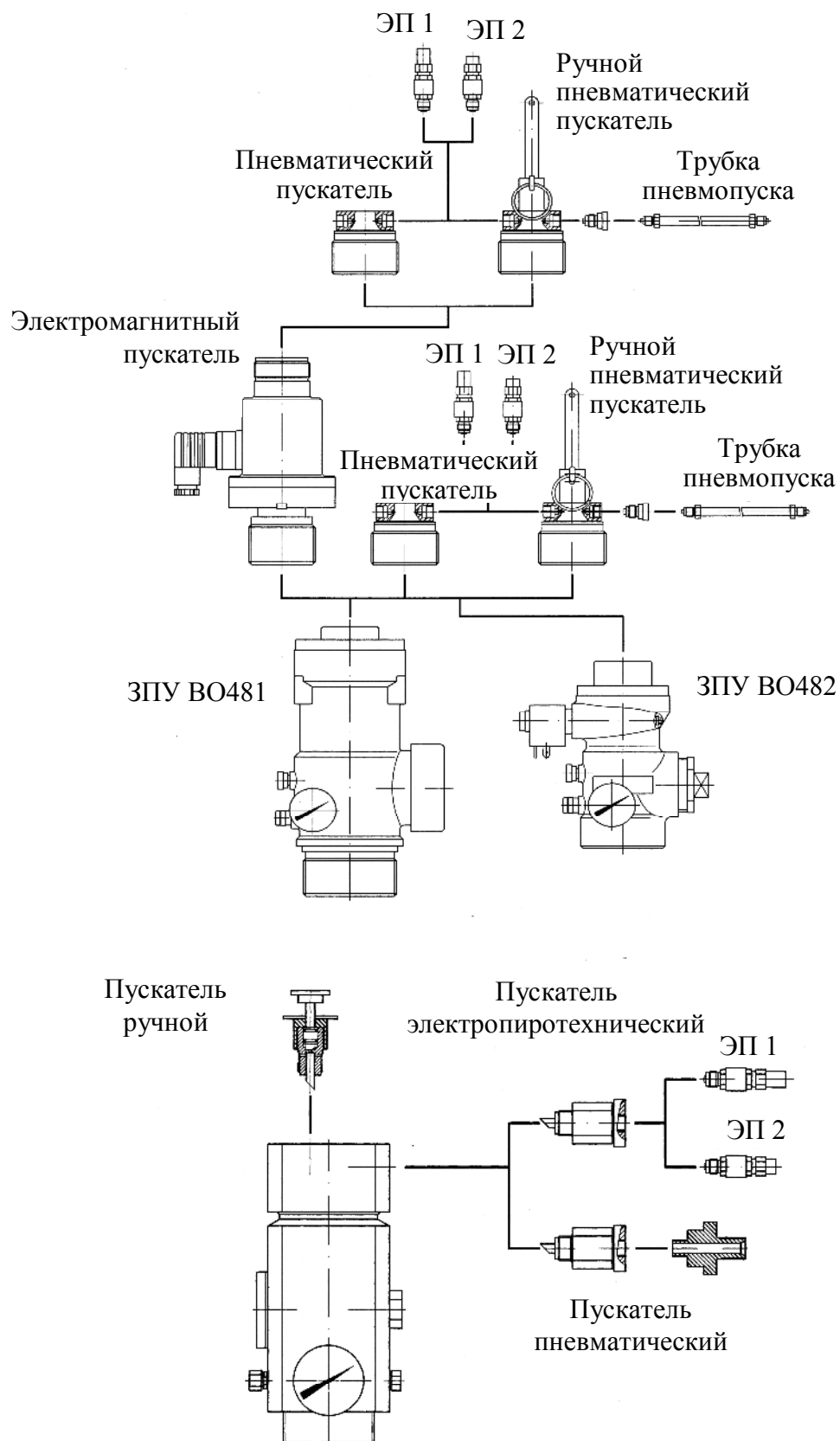


Рис. 4.26. Виды пусковых устройств модулей УАГП

В установках традиционной конструкции с электрическим пуском типа БАГЭ-2-12, УАГЭ и др. для выпуска ГОС используется специальная выпускная головка-затвор типа ГЗСМ (рис. 4.27).

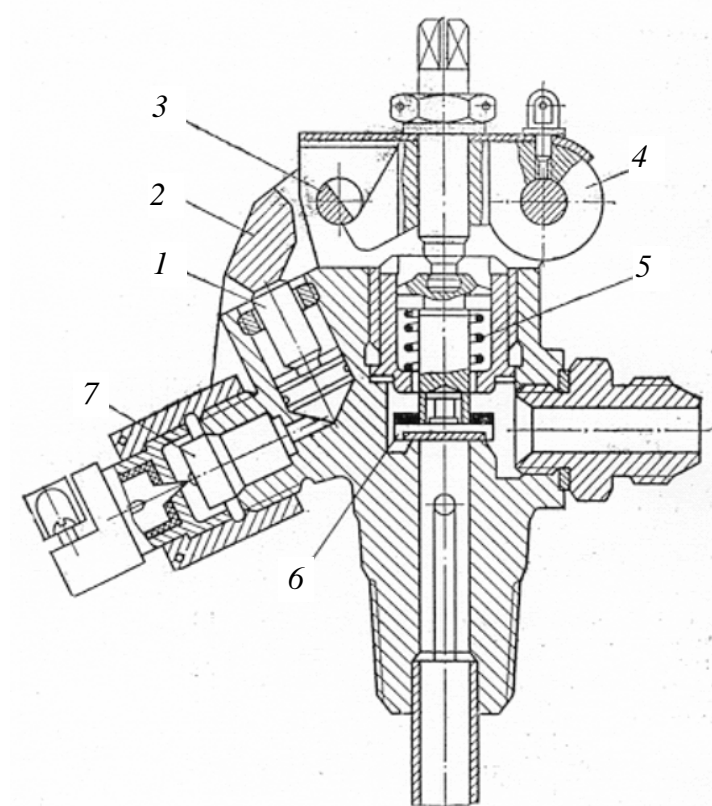


Рис. 4.27. Головка-затвор типа ГЗСМ:

- 1 – толкатель;
- 2 – рукоятка;
- 3 – ось-защелка;
- 4 – рычаг;
- 5 – пружина;
- 6 – золотник (клапан);
- 7 – пиропатрон

Головка ГЗСМ состоит из золотника 6, который удерживается горизонтальным рычагом 4 с натяжным винтом. Рычаг 4 удерживается от поворота рукояткой 2, имеющей упор, который воздействует на золотник 6. В рабочем (дежурном) состоянии рычажная система головки замкнута рукояткой 2. При подрыве пиропатрона 7 толкатель 1 под действием пороховых газов давит на рукоятку 2, поворачивает ее и тем самым освобождает горизонтальный рычаг 4, который, поворачиваясь на оси, дает возможность золотнику 6 переместиться вверх под действием избыточного давления сжатого воздуха пускового баллона либо огнетушащего средства рабочего баллона. В установках с пневматическим пуском головка ГЗСМ на пусковом баллоне батареи аналогична описанной выше; разница лишь в том, что вместо пиропатрона 7 к головке подведен трубопровод от пускового баллона. В этом случае толкатель 1 перемещается давлением сжатого воздуха от пускового баллона. Для ручного включения головки ГЗСМ необходимо потянуть на себя рукоятку 2.

В современных модулях УАГП российского и зарубежного производства все более широкое применение находят специальные выпускные устройства с электромагнитным приводом типа ЗПУ-16 и ЗПУ-50 (рис. 4.28, а,б).

Такие устройства не требуют использования дефицитных пиропатронов, которые являются неремонтируемыми изделиями разового использования.



а



б

Рис. 4.28. Запорно-пусковые устройства ЗПУ-16 «EUSEBI IMPIANTI» (*а*) и «KIDDE DEUGRA» (*б*)

ЗПУ-16(50) присоединяется к сифонной трубке и устанавливается непосредственно на модуле. ЗПУ состоит из корпуса, золотника, электромагнитного клапана (соленоида), устройства ручного пуска. При подаче электрического напряжения от системы управления на электромагнит соленоид увлекает за собой запирающий клапан, открывая проход ГОС в общий коллектор и магистральный трубопровод.

В установках газового пожаротушения распределительные устройства типа РУ с электрическим пуском на два направления предназначены для распределения огнетушащего средства (по защищаемым направлениям). РУ выпускаются с условным проходом 25, 32, 50, 70 и 80 мм. Основным рабочим узлом в распределительных устройствах является клапан с электрическим пуском типа КЭ (рис. 4.29), предназначенный для распределения огнетушащего средства в помещение, в котором возник пожар. Клапан служит запорным устройством в системе распределения огнетушащего средства от батареи УАГП по защищаемым помещениям. Вскрывается автоматически и вручную.

Состоит из корпуса 1, внутри которого установлен поршень 2. Поршень одним своим концом запирает входное отверстие корпуса, а другим – упирается на запорное устройство 4. Запорное устройство кинематически связано с узлом автоматического пуска 3, к которому, в свою очередь, присоединен узел электропуска 5 для установки пиропатронов типа ПП-3 и подведен электрокабель от пускового модуля. Под давлением пороховых газов, образующихся при взрыве пиропатрона, перемещается поршень узла автоматического пуска 3, тем самым открывая клапан.

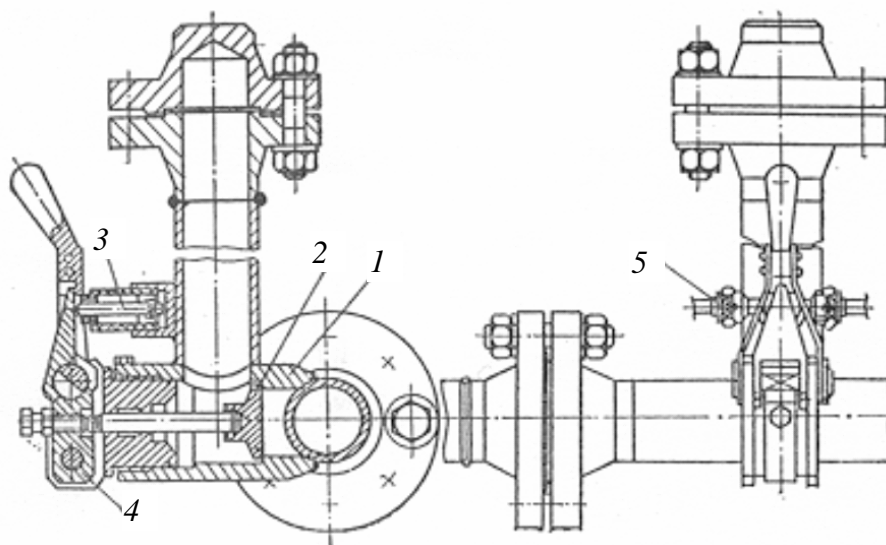


Рис. 4.29. Клапан с электропуском КЭ на РУ-32:

1 – корпус; 2 – поршень; 3 – узел автоматического пуска; 4 – запирающее устройство; 5 – узел электропуска

В современных установках все шире используются распределительные устройства (РУ) с электромагнитными и пневматическими запорно-пусковыми устройствами или клапанами. На рис. 4.30 показано РУ-А-32 (50) ЗАО «АРТСОК», состоящее из кронштейна, на котором установлены пневмоклапан и электромагнитный пускатель, соединенные между собой медной трубкой.

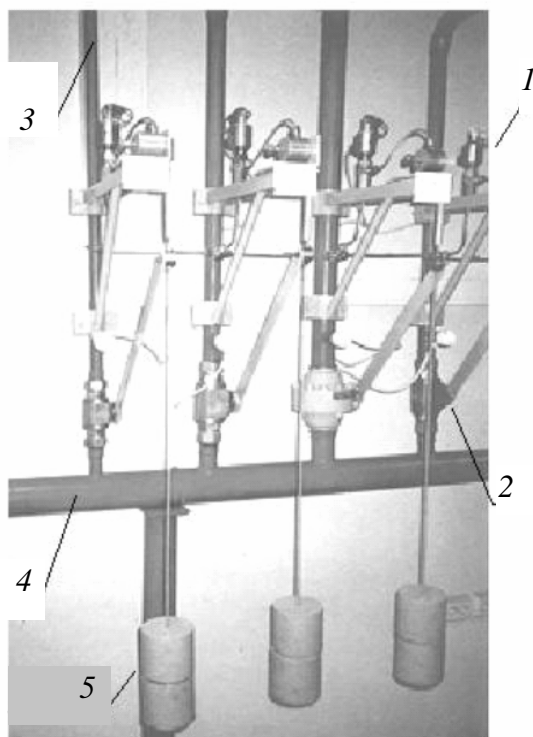


Рис. 4.30. Конструкция РУ-А-32 (50) на 4 направления с электромагнитным приводом:

1 – электромагнитный клапан; 2 – шаровой кран; 3 – магистральный трубопровод; 4 – общий коллектор; 5 – груз

На шток пневмоклапана подвешен груз. При срабатывании электромагнитного пускателя газ из коллектора по медным трубопроводам $D_y = 4$ мм поступает в пневмоклапан и перемещает шток в крайнее левое положение, в результате чего серьга, расположенная на штоке, срывается и груз, падая, перемещает запорный рычаг вниз, открывает шаровой кран. РУ-А также снабжено устройством местного (ручного) пуска.

Усовершенствованная конструкция РУ-А (рис. 4.31) выпускается семи типоразмеров диаметром 20; 25; 32; 50; 80; 100; 150 и 200 мм.

В состав РУ-А входит кронштейн, который закреплен на трубопроводе. На кронштейне 1 установлены пневмоцилиндр 2 и пускатель 3, соединенные между собой медным трубопроводом $D_y 4$. Шток пневмоцилиндра соединен с рычагом шарового крана 4. Пускатель 3 соединяется медным трубопроводом $D_y 4$ с побудительным баллоном. При срабатывании пускателя газ из побудительного баллона по медным трубопроводам $D_y 4$ поступает в пневмоцилиндр 2 и перемещает шток в крайнее нижнее положение, в результате чего открывается шаровой кран 5. РУ-А снабжено также местным пуском 6, расположенном на пускателе. После срабатывания РУ-А шаровой кран закрывается с помощью возвратного рычага. На трубопроводе имеется штуцер 7 для установки СДУ.

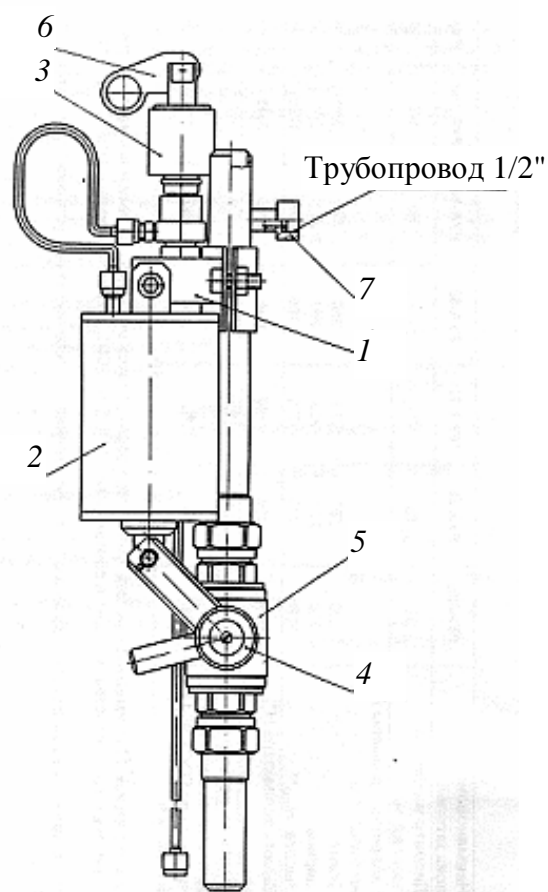


Рис. 4.31. Распределительное устройство РУ-А:

1 – кронштейн; 2 – пневмоцилиндр;
3 – пускатель; 4 – рычаг шарового крана;
5 – шаровой кран; 6 – рукоятка ручного
пуска; 7 – штуцер

Параметры электрического пуска РУ-А 24В постоянного тока ($I = 0,45\text{--}0,55$ А). Время приложения напряжения не менее 1,0 с. Давление при пневмопуске 3,9–5,9 МПа. Величина тока при проверке целостности цепи электромагнитного привода не должна превышать 0,1 А.

ЗАО МЭЗ СА разработано распределительное устройство типа РУ МЭЗ-25(32,50)-150 с пиротехническим приводом от пиропатрона ПП-3 или 7-ПП. Открытие устройства осуществляется дистанционно от электрического импульса, подаваемого на пиропатрон. Величина тока $I = 3$ А; напряжение $U = 10\text{--}26$ В. Технические характеристики РУ МЭЗ представлены в табл. 4.10.

Таблица 4.10

Технические характеристики распределительных устройств типа РУ МЭЗ

Наименование изделия	РУ МЭЗ-25-150	РУ МЭЗ-32-150	РУ МЭЗ-50-150
Диаметр условного прохода, мм	25	32	50
Рабочее давление, МПа	15,0	15,0	15,0
Диаметр наружный, мм	34×5,5	40×5,0	63,5×7,5
Тип пиропатрона	ПП-3 или 7-ПП	ПП-3 или 7-ПП	ПП-3 или 7-ПП
Количество пиропатронов	1	1	1
Вероятность безотказной работы	0,95	0,95	0,95
Параметры пускового импульса:			
напряжение, В	10–26	10–26	10–26
сила тока, А	3,0	3,0	3,0
Масса, кг	1,8	2,3	5,5
Срок службы, лет	11,5	11,5	11,5

Распределительное устройство типа РУ МЭЗ (рис. 4.32) диаметром 25, 32 и 50 мм предназначено для подачи ГОС по двум и более направлениям. На общем коллекторе УАГП монтируется необходимое количество таких устройств (рис. 4.33).

Открытие РУ МЭЗ осуществляется дистанционно от электрического пускового импульса, подаваемого на пиропатрон типа ПП-3 или 7-ПП. Кроме того, предусмотрен ручной пуск от специальной рукоятки.

При пожаре электрический импульс подается на пиропатрон, который давлением пороховых газов освобождает удерживаемый подпружиненный шток с запорным клапаном. Клапан опускается вниз, открывая проход ГОС по соответствующему направлению.

Рис. 4.32. Конструкция РУ МЭЗ 25(32,50):

1 – запорный клапан; 2 – выходной патрубок; 3 – входной патрубок; 4 – шток; 5 – пиропатрон; 6 – рукоятка ручного пуска

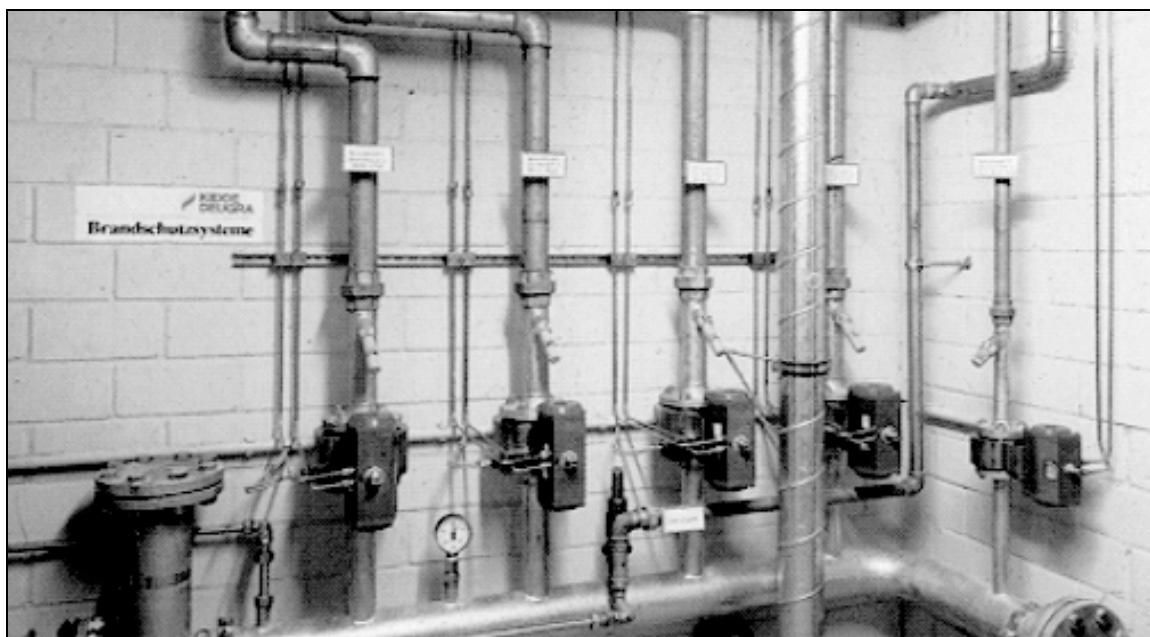
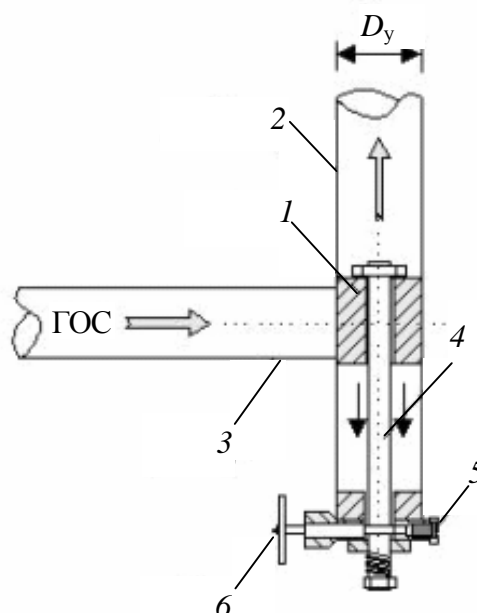


Рис. 4.33. Вид помещения с установленными распределительными устройствами на 5 направлений с РУ для УАГП с изотермической емкостью

В комплекс технических средств газового пожаротушения «ГАММА» входит распределительное устройство типа РУ-24 (32,50,70,100). Распределительное устройство предназначено для управления потоком ГОС в централизованных УАГП и имеет диаметр условного прохода от 24 до 100 мм. Вес от 2,1 до 17,5 кг.

Распределительные устройства, используемые в системах газового пожаротушения с изотермическими емкостями, устанавливаются в специальном отапливаемом помещении и имеют пневмо- или электропривод.

4.3.3. Выпускные насадки установок автоматических газового пожаротушения

Важными элементами УАГП являются выпускные насадки. Как правило, это струйные насадки с распылением ГОС на 360 и 180° (рис. 4.34). Выбор типа насадков определяется их техническими характеристиками для конкретного ГОС и условиями размещения оборудования в помещении.

Насадки изготавливаются из материала, не подверженного коррозии – латуни, бронзы. Присоединительные размеры насадков от 3/8" до 2" (дюймов). В насадках имеются отверстия диаметром 3–15 мм. Количество отверстий – 4, 6, 8, 12 – определяется типом насадка и требуемой по расчету площадью выпускных отверстий. Габаритные размеры струйных насадков представлены на рис. 4.35 и в табл. 4.11. Насадки должны размещаться в защищаемом помещении с учетом его геометрии и обеспечивать распределение ГОС по всему объему помещения с концентрацией не ниже нормативной. Насадки, установленные на трубопроводах для подачи ГОС, плотность которых при нормальных условиях больше плотности воздуха, должны быть расположены на расстоянии не более 0,5 м от перекрытия (потолка, подвесного потолка, фальшпотолка) защищаемого помещения.

Разница расходов ГОС между двумя крайними насадками на одном распределительном трубопроводе не должна превышать 20 %. На входе в насадок, диаметр индивидуальных выпускных отверстий которого не превышает 3 мм, рекомендуется устанавливать специальные металлические фильтры.

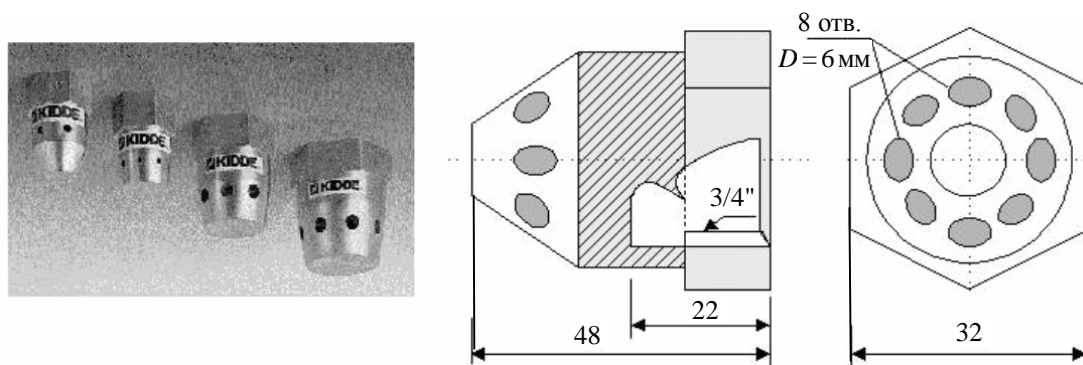


Рис. 4.34. Струйные насадки-распылители для УАГП

Насадки установок должны быть размещены и ориентированы в пространстве в соответствии с проектом на установку и технической документацией завода-изготовителя. При расположении в местах возможного их

повреждения они должны быть защищены. В одном помещении (защищаемом объеме) должны применяться насадки только одного типоразмера. Выпускные отверстия насадков должны быть установлены таким образом, чтобы струи ГОС не были непосредственно направлены в постоянно открытые проемы защищаемого помещения.

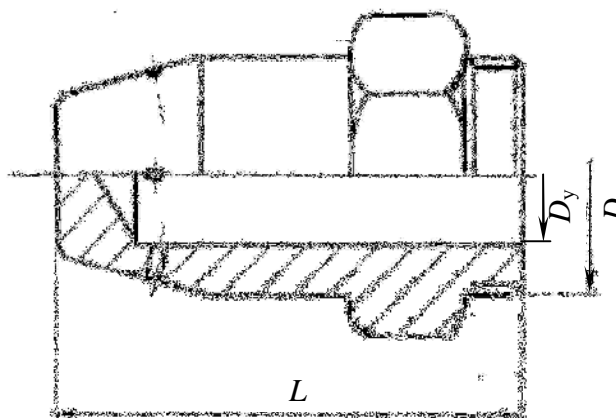


Рис. 4.35. Габаритные размеры струйных насадков

Таблица 4.11

Габаритные размеры струйных насадков

Обозначение насадка при заказе	D_y , мм	D , мм	S , мм	L , мм	F_{\max} отв., мм ²	Кол-во отв., шт.
Насадок $1/2''$ -360°-F	16	G $1/2$	27	39	265	6
Насадок $3/4''$ -360°-F	20	G $3/4$	32	42	302	6
Насадок 1"-360°-F	25	G1	41	56	570	6
Насадок 1 $1/4''$ -360°-F	32	G1 $1/4$	50	74	736	6
Насадок $1/2''$ -180°-F	16	G $1/2$	27	39	176	4
Насадок $3/4''$ -180°-F	20	G $3/4$	32	42	201	4
Насадок 1"-180°-F	25	G1	41	56	380	4
Насадок 1 $1/4''$ -180°-F	32	G1 $1/4$	50	74	490	4

Схемы размещения насадков зависят от особенностей конкретного помещения и условий размещения пожарной нагрузки (рис. 4.36). Эксперименты показали, что максимальные расстояния между выпускными насадками в зависимости от диаметра выпускных отверстий, вида огнетушащего средства и рабочего давления в модулях могут находиться в пределах 4–6 м.

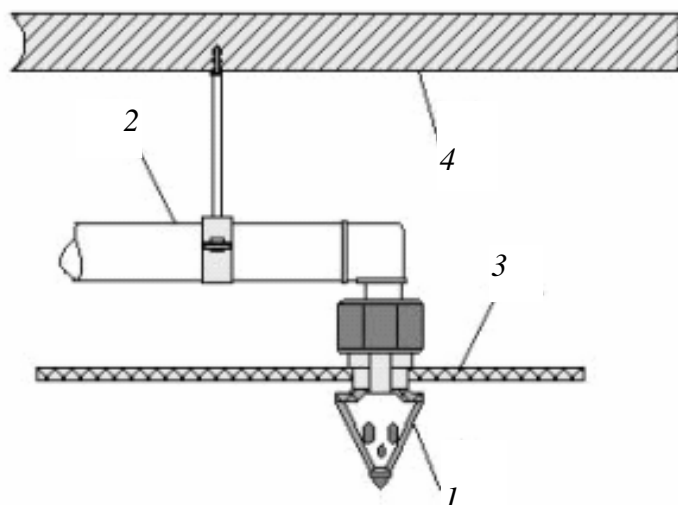


Рис. 4.36. Типовая схема размещения выпускного струйного насадка в конструкции подвесного потолка:

1 – выпускной струйный насадок;
2 – распределительный трубопровод; 3 – подвесной потолок;
4 – плита перекрытия

Отличительной особенностью конструкции выпускных насадков для подачи хладона 114В2 (насадки с соударением струй) являются относительно малые выпускные отверстия $D = 2\text{--}3$ мм для обеспечения пересекающихся в пространстве и распыляемых под избыточным давлением струй ГОС (рис. 4.37).

Такая конструкция насадка связана с тем, что хладон 114В2 имеет положительную температуру кипения ($+46,7\text{ }^{\circ}\text{C}$) и при нормальной температуре окружающей среды обладает недостаточной летучестью для быстрого создания огнетушащей концентрации в помещении. Поэтому в начальной стадии пожара требуется более эффективное его распыление по сравнению с остальными видами хладонов.

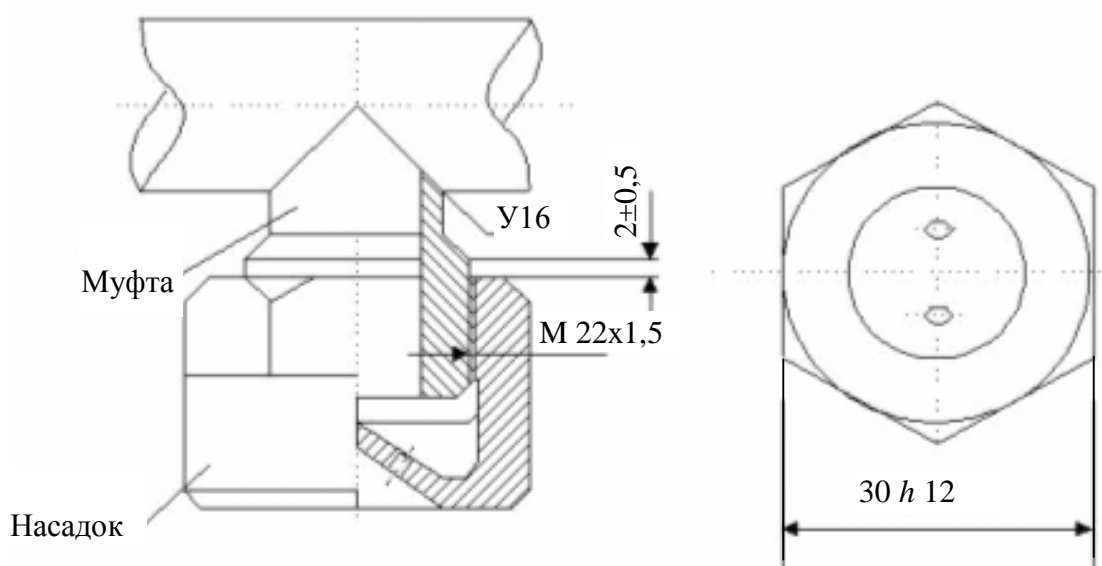


Рис. 4.37. Конструктивный чертеж насадка-распылителя с соударением струй АПЭ1234 (ЗАО «МЭЗ СА»)

Выбор схемы размещения насадков, угол выброса и разводка трубопроводов должны осуществляться с целью равномерного распределения ГОС в защищаемом помещении. При этом диаметры трубопроводов и металлоемкость УАГП должны быть минимизированы.

Техника, применяемая в УАГП, непрерывно совершенствуется, создаются новые огнетушащие составы, элементы систем, повышается их надежность и эффективность.

4.4. Виды и характеристика газовых огнетушащих средств

Согласно НПБ 88–2001* [19] в установках газового пожаротушения могут применяться огнетушащие средства в виде сжиженных и сжатых под избыточным давлением газов (табл. 4.12).

Таблица 4.12

Основные виды газовых огнетушащих средств

Сжиженные газы	Сжатые газы
1. Двуокись углерода (CO_2); 2. Хладон 125 ($\text{C}_2\text{F}_5\text{H}$); 3. Хладон 218 (C_3F_8); 4. Хладон 227ea ($\text{C}_3\text{F}_7\text{H}$); 5. Хладон 318Ц ($\text{C}_4\text{F}_8\text{I}$); 6. Хладон 114B2 ($\text{C}_2\text{F}_4\text{Br}_2$); 7. Хладон 23 (CF_3H); ТФМ-18; 8. Шестифтористая сера (SF_6).	1. Азот (N_2); 2. Аргон (Ar); 3. Инерген: азот – 52 % (об.); аргон – 40 % (об.); двуокись углерода – 8 % (об.)

Следует отметить, что наряду с приведенными в ГОСТ 12.4.009–83 [16] видами ГОС также широко используются на практике находящиеся в эксплуатации высокоэффективные средства тушения на основе хладона 13B1 (трифторбромметан – CF_3Br), а также смесей бромэтила и бромэтилена с углекислотой.

Двуокись углерода (диоксид углерода, CO_2) является традиционным средством газового пожаротушения. CO_2 в обычных условиях бесцветный газ, не имеющий запаха и вкуса, более чем в 1,5 раза тяжелее воздуха. Хранят CO_2 в жидком виде в баллонах под давлением до 12,5 МПа (125 кгс/см^2). Применение углекислоты для тушения обусловлено тем, что она, будучи продуктом окисления углерода, в обычных условиях является инертным соединением, не поддерживающим горения веществ и материалов. Механизм тушения CO_2 состоит в основном в охлаждении зоны горения и снижении концентрации кислорода в воздухе защищаемого помещения до уровня, при котором прекращается горение. При снижении концентрации кислорода с 21 до 14 % пламенное горение практически прекращается.

Огнетушашая концентрация – не менее 30 % по объему ($0,637 \text{ кг/м}^3$). Для помещений с повышенной пожарной опасностью категорий А и Б нормативную массовую огнетушашую концентрацию увеличивают до $0,768 \text{ кг/м}^3$. Расчетная массовая огнетушашая концентрация для установок локального тушения по объему двуокисью углерода составляет не менее $6,0 \text{ кг/м}^3$ [36].

Углекислота в отличие от галоидированных углеводородов, воды и пенных средств тушения не наносит повреждений оборудованию, в том числе электронике, картинам, документам, пищевым продуктам и т. д. Вредное действие галоидированных углеводородов объясняется тем, что они являются хорошими растворителями и обладают токсическими свойствами. Углекислота, выбрасываемая в виде снега, оказывает главным образом резкое охлаждающее воздействие на очаг горения, а после превращения в газ – еще и разбавляющий эффект. Из 1 л диоксида углерода образуется 506 л газа. Огнетушашая концентрация углекислоты в воздухе достаточно высока, поэтому необходимо учитывать ее действие на организм человека, причем присутствие углекислоты в воздухе в количестве до 6 % не представляет опасности для жизни, но содержание ее в количестве 10 % является уже опасным. При 20-ной % концентрации углекислоты у человека наступает паралич дыхания. Объемная огнетушашая концентрация двуокиси углерода в воздухе является смертельной для человека.

Безопасная для человека концентрация CO_2 ($C_{\text{от}}$, при времени экспозиции 1–3 мин) не превышает 5 % (об.), опасное для жизни при кратковременной экспозиции – выше 10 % (об.). Для тушения пожара требуется концентрация CO_2 больше 25 % (об.). Это свидетельствует о чрезвычайно высокой опасности для человека атмосферы, образующейся в помещении при тушении пожара углекислотой [38].

На практике следует учитывать, что объем жидкой углекислоты в модуле газового пожаротушения, как и объем газовых огнетушащих составов типа хладон, при атмосферном давлении изменяется в зависимости от температуры.

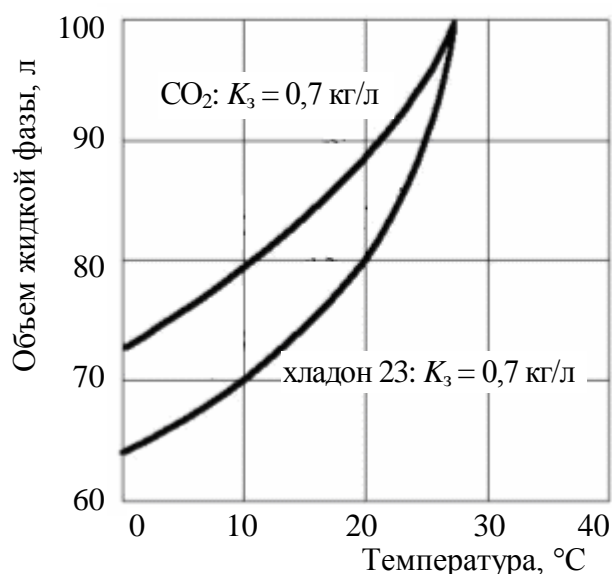


Рис. 4.38. Изменение объема жидкой фазы CO_2 и хладона 23 в модуле МПГ-100

Молекулярный вес углекислоты 44,01, объем моля 22,26 кг/моль, а ее удельный вес зависит от давления и температуры. Из рис. 4.38 следует, что существует значительная область состояний CO_2 и хладонов, в которой объемы газовых огнетушащих составов и модуля, в котором они хранятся, становятся равными. Это значит, что на практике в процессе эксплуатации УАГП, наряду с прямым методом контроля ГОС (периодическое взвешивание баллонов), должен также использоваться косвенный метод контроля с помощью показаний манометров.

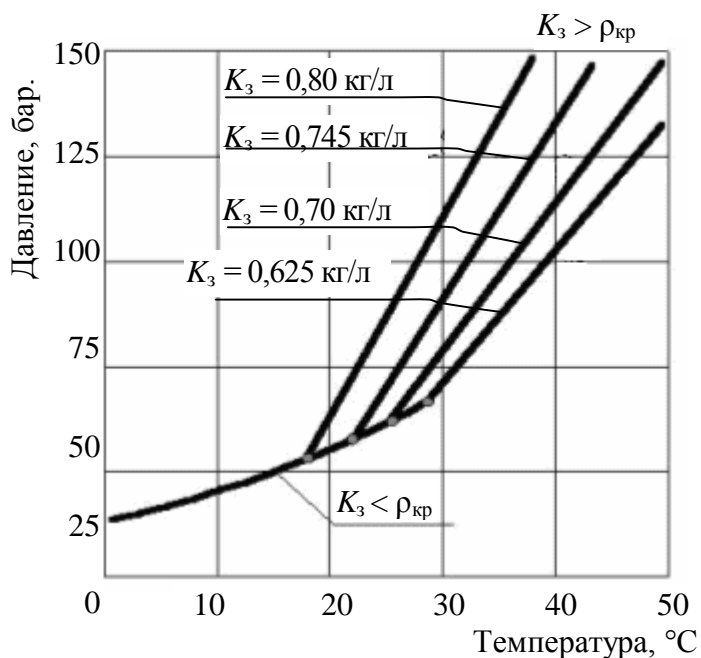


Рис. 4.39. Изменение давления CO_2 в модуле

При обследовании УАГП, а также при проведении расчетов следует иметь в виду, что при температуре углекислоты, превышающей критическую, давление в баллонах может значительно возрасти (рис. 4.39). Так, в баллонах, заряжаемых углекислотой, при коэффициенте заполнения, равном $K_3 = 0,745$ кг/л, давление будет достигать: при температуре 30°C – 90 кг/см^2 , при 40°C – 130 кг/см^2 , а при 50°C – 175 кг/см^2 .

Для коэффициента заполнения $K_3 = 0,625$ кг/л величины давлений при указанных выше температурах будут соответственно равны: 70, 100 и 130 кг/см^2 . Из приводимых данных понятно, что применение коэффициента заполнения модулей больше $K_3 = 0,625$ кг/л не может быть рекомендовано для практического использования.

Хладон 114B2 (фреон), тетрафтордибромэтан – тяжелая, бесцветная, маслянистая жидкость со специфическим запахом, температура кипения $+46,7^{\circ}\text{C}$, температура замерзания -110°C , минимальная огнетушащая концентрация 1,9 % по объему; удельный расход $0,22 \text{ кг/м}^3$ для помещений с производствами категории В и $0,37 \text{ кг/м}^3$ для производства категорий А и Б.

Применение систем газового пожаротушения с хладоном 114B2 осуществляется по рекомендациям ВНИИПО МЧС России.

Хладон 114B2 является наиболее активным ингибитором, он эффективнее диоксида углерода, а также всех других видов хладона. Хладон 114B2 малотоксичное вещество, обладающее слабым наркотическим действием. При отравлении хладоном наблюдается головокружение. Предельно допустимая концентрация (ПДК) его для производственных помещений равна 0,6 мг/л. Из 1 кг жидкости образуется 86,5 л паров [38].

Более высокой токсичностью обладают продукты термического распада хладона 114B2, образующиеся при тушении пожаров и представляющие собой галоидоводородные кислоты. Однако вследствие термической устойчивости и высокой огнетушащей эффективности хладона в условиях пожара успевает разложиться лишь небольшая его часть, не превышающая 3 % ГОС, поданного на тушение.

Следует иметь в виду, что применяемые в установках пожаротушения озонобезопасные хладоны представляют собой фторсодержащие соединения – перфторуглеводороды (хладоны 218, 318Ц) или гидрофторуглеводороды (хладоны 23, 125, 227ea).

При воздействии хладона на открытое пламя и раскаленные поверхности фторированные углеводороды также разлагаются с образованием различных высокотоксичных продуктов деструкции – фтористого водорода, дифторфосгена, октафторизобутилена и др. В процессе тушения пожара с высокой скоростью протекает процесс гидролиза хладонов, который приводит к образованию углеводородного радикала и галоидоводорода. Скорость гидролиза определяется природой хладона, температурой и содержанием воды в хладоне.

Аналогичные процессы протекают при тушении пожара шестифтористой серой. В этом случае образуются высокотоксичные фтористый водород и пятифтористая сера.

Степень разложения фторированных углеводородов при тушении в значительной степени зависит от размера очага пожара и времени выпуска огнетушащего средства, т. е. времени прямого контакта хладона с пламенем. Поэтому важным является вывод о том, что для уменьшения токсичности продуктов, образующихся после тушения пожара фторированными углеводородами и элегазом, пожар должен быть обнаружен на ранней стадии его развития, а время подачи газового огнетушащего состава должно быть минимальным.

В результате гидролиза образуется галоидоводород, который способен оказывать коррозионное воздействие на металлы. Перфторированные углеводороды (хладоны 218, 318Ц) и SF₆ практически не гидролизуются. Хладоны 23, 125, 227ea гидролизуются в достаточно слабой степени с образованием плавиковой кислоты (HF).

При определении токсичности огнетушащих газов необходимо учитывать основные составляющие: токсичность самого агента и токсичность продуктов его разложения.

Санкт-Петербургским филиалом ВНИИПО МЧС России при содействии «Северо-Западного научного центра гигиены и общественного здоровья» МЗ России исследовался вопрос опасности, которую представляют для живых организмов одновременное воздействие на биообъект хладонов и продуктов их термического разложения. Для этого были проведены сравнительные испытания хладонов в стандартных условиях тушения очага горения и одновременным исследованием комплекса показателей, характеризующих опасность токсического воздействия продуктов термического разложения и газовой смеси в условиях объемного пожаротушения на биоорганизмы (животных).

Исследованиями было установлено, все ГОС при тушении разлагаются с образованием летучих токсичных материалов. При этом летальность в выборках животных составляла от 20 до 80 % [38].

Основное негативное воздействие ГОС на человека зависит от концентрации ГОС в защищаемом помещении и продолжительности воздействия (экспозиции) на очаг горения. В этом случае оценка негативного воздействия на человека может быть проведена для двух фиксированных значений концентрации:

- $C_{от}$ – максимальная концентрация ГОС, при которой вредное воздействие газа на человека при экспозиции несколько минут (обычно менее 5 мин) отсутствует;

- $C_{мин}$ – минимальная концентрация ГОС, при которой наблюдается минимально-ощутимое вредное воздействие газа на человека при экспозиции несколько минут (обычно менее 5 мин).

Концентрации $C_{от}$ и $C_{мин}$ для ряда ГОТВ, по данным ISO 14520, представлены в табл. 4.13.

Таблица 4.13

Концентрации $C_{от}$ и $C_{мин}$ для ряда ГОТВ

Наименование ГОС	Азот	Аргон	Инерген	Хладон 23	Хладон 218
$C_{от}, \%$ (об.)	43	43	43	50	30
$C_{мин}, \%$ (об.)	52	52	52	> 50	> 30

Учитывая возможную токсичность продуктов горения при подаче ГОС, во всех случаях основным способом защиты персонала защищаемого помещения от вредного воздействия ГОС и продуктов его пиролиза, является своевременная и организованная эвакуация до подачи ГОС. Эвакуация осуществляется по сигналам звуковых и световых оповещателей, которые размещены в защищаемом помещении в соответствии с НПБ 88–2001* [19] и ГОСТ 12.3.046–91 [39]. Для защиты помещений с массовым пребыванием людей (более 50 человек) не следует применять ГОТВ, которые при подаче в защищаемое помещение образуют концентрацию выше $C_{от}$.

Следует иметь в виду, что большую опасность для человека представляют факторы, сопутствующие пожару, – оксид углерода, дым, снижение концентрации кислорода и т. п. Поэтому лица, работающие с хладоном, должны быть одеты в специальные комбинезоны, резиновые сапоги, иметь брезентовые рукавицы, резиновые перчатки и изолирующие противогазы.

С 1994 г. сторонами Монреальского протокола было запрещено производство озоноразрушающих хладонов как веществ, разрушающих озоновый слой земной атмосферы. Поэтому в нашей стране фирмой «Озон» (г. Санкт-Петербург) для установок, уже находящихся в эксплуатации и использующих хладон 114В2, разработаны технология и оборудование, позволяющие восстанавливать эксплуатационные свойства хладона до действующих стандартов и повторно использовать их в течение последующих 10 лет.

Одновременно в короткие сроки промышленностью было освоено производство экологически чистых хладонов, таких, как хладон 23 (CF_3H); ТФМ-18; хладон 125 ($\text{C}_2\text{F}_5\text{H}$); хладон 318Ц ($\text{C}_4\text{F}_8\text{Ц}$) и др.

Из табл. 4.14 следует, что озонобезопасные хладоны по своей огнетушащей эффективности уступают в 2–3 раза хладону 114В2. Переход на новые огнетушащие составы потребовал организовать разработку и производство новых средств пожарной техники (модулей, батарей) с отличающимися от традиционных баллонов, характеристиками конструкции и устройствами выпуска ГОС. Однако при использовании различных видов хладонов следует иметь в виду то обстоятельство, что за рубежом все чаще применяют на практике инертные огнетушащие составы. Эта тенденция объясняется их экологической безопасностью и экономической целесообразностью.

Исследованиями, проведенными во ВНИИПО МЧС России, было установлено, что в случае пожара, при одновременном введении в помещение, наряду с хладоном, небольшого количества инертного разбавителя (азота или диоксида углерода) повышается общая огнетушащая эффективность. Эксперименты показали, что при введении в состав всего 8–10 % инертного разбавителя, требуемый расход хладона уменьшается в 5–8 раз. Для обеспечения такого эффекта синергизма и усиления ингибирующего действия хладона широко используется *комбинированный углекислотно-хладоновый состав* (85 % – CO_2 ; 15 % – хладон). Минимальная массовая огнетушащая концентрация комбинированного состава в расчетах принимается равной 0,27–0,40 кг/м³, при времени подачи 30–60 с.

Азот N_2 – газ без цвета и запаха; хранится и транспортируется как в сжиженном, так и в газообразном состоянии, немного легче воздуха; огнетушащий эффект при воздействии газообразного азота достигается за счет разбавления продуктов реакции в зоне горения до такого содержания кислорода, при котором горение становится невозможным.

Характеристики газовых огнетушащих средств

Название	Двуокись углерода	Хладон 125	Хладон 23 (ТФМ-18)	Хладон 318Ц	Хладон 114В2	Хладон 227еа	Шести-фтористая сера
Химическая формула	CO ₂	C ₂ F ₅ H	CHF ₃	C ₄ F ₈ Ц	C ₂ F ₅ Br ₂	C ₃ F ₇ H	SF ₆
T кипения, °С; $P = 0,1$ МПа	–78,5	–48,5	–82	6,0	46,7	–16,4	–63,6
Плотность паров, кг/м ³	1,88	5,208	2,93	8,438	10,9	7,28	6,438
Плотность жидкой фазы, кг/м ³	774	1219	814	1407	2180	1219	1396
Озоноразрушающий потенциал	0	0	0	0	6	0	0
Огнетушащая концентрация, % (об.)	25–40	7,3–14,4	14,4–16,0	7,0–9,0	2,24–3,4	6–7,3	7,2–19,2
Огнетушащая концентрация массовая, кг/м ³	0,46–0,71	0,43–0,78	0,67	0,59–0,76	0,22–0,37	0,5–0,7	0,47–1,15
ПДК, мг/м ³	–	1000	1000	–	480	–	–

В установках пожаротушения модульного типа газообразный азот применяют редко, так как для тушения пожара им следует заполнить около 40 % объема помещения, для чего потребуется большое количество рабочих баллонов. Кроме того, в дежурном режиме необходимо создавать достаточно высокое давление в рабочих баллонах с газообразным азотом (рис. 4.40).

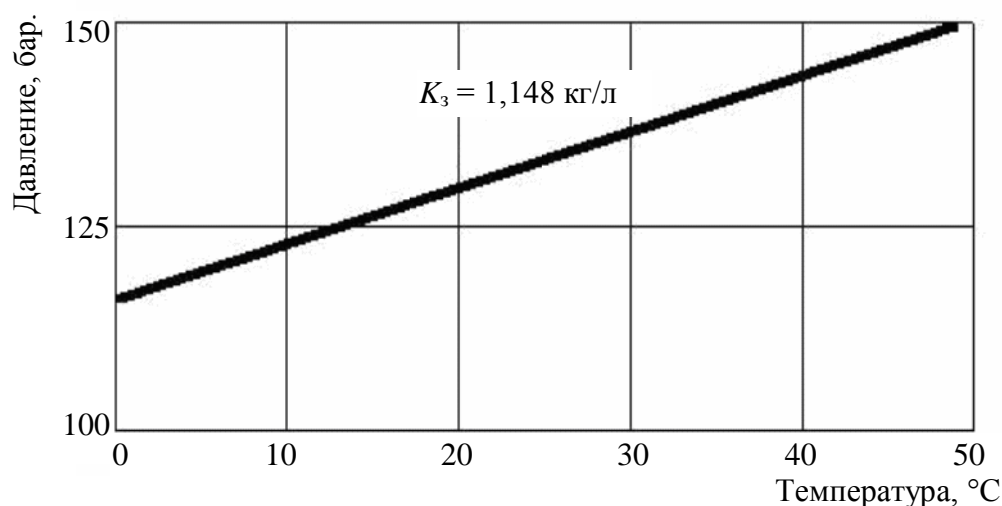


Рис. 4.40. Изменение давления в модуле УАГП с азотом

Чаще всего азот применяют в комбинированных составах; он также служит для транспортирования хладона и порошковых составов по трубам в очаг пожара. Эффективно применять жидкий азот (с температурой $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$), поскольку он при распылении резко охлаждает зону горения. В жидком виде азот используют для тушения щелочных металлов, спирта, ацетона, кремний- и металлоорганических соединений.

Используемые в газовых АУПТ азот, аргон, CO_2 и инерген состоят из компонентов, входящих в состав воздуха. При тушении пожара они не разлагаются в пламени и не вступают в химические реакции с продуктами горения. Эти огнетушащие газы не оказывают химического воздействия на вещества и материалы, находящиеся в защищаемом помещении. При их подаче происходит охлаждение газа и некоторое снижение температуры в защищаемом помещении, что может оказать влияние на оборудование и материалы, находящиеся в нем.

Азот и аргон нетоксичны. Однако при их подаче в защищаемое помещение происходит снижение концентрации кислорода, что является опасным для человека.

Инерген – газ, образуемый путем смешения азота, аргона и углекислоты. Метод тушения основан на снижении концентрации кислорода в защищаемом помещении. Инерген состоит из азота (N_2) – 52 % (об.); аргона (Ar) – 40 % (об.) и двуокиси углерода (CO_2) – 8 % (об.).

Инерген является наиболее безопасным, с точки зрения воздействия на организм человека, газовым огнетушащим средством. Это объясняется тем, что даже при снижении концентрации кислорода в помещении в процессе тушения входящая в состав инергена двуокись углерода повышает способность человеческого организма более эффективно использовать имеющийся кислород.

Небольшое количество CO_2 приводит к увеличению частоты дыхания человека в атмосфере, содержащей инерген, и позволяет сохранить жизнедеятельность при недостатке кислорода.

В результате мозг человека продолжает получать необходимое количество кислорода, как и в нормальной среде, даже при снижении кислорода до уровня 12,5–14 %. Это свойство подтверждено экспериментальными исследованиями, проведенными за рубежом, с участием людей. В испытаниях при создании 50 % огнетушащей концентрации в помещении содержание CO_2 в воздухе составило 4 %, а концентрация кислорода снизилась до 12,5 %, при этом у людей наблюдалось лишь учащенное дыхание. Поэтому инерген используют в противопожарной защите помещений с постоянно присутствующим персоналом: авиадиспетчерские, залы, щиты управления АЭС, центры управления и подобные им объекты.

Инерген получил сертификат Factori Mutual Research Corporation (FMRC) и включен зарубежными страховыми организациями в перечень огнетушащих составов неограниченной области применения. Удельный вес инергена близок к удельному весу воздуха, поэтому не происходит его скопления в нижней части помещения, огнетушащая концентрация равномерно распределяется в объеме всего помещения и удерживается длительное время. Следует учитывать, что хранение инергена осуществляется в сжатом состоянии газа, и для создания расчетной концентрации (около 37,5 % по объему) требуется использование большего количества баллонов и повышенное давление ГОС в модулях, которое на практике может достигать значения $P = 15\text{--}20$ МПа.

Инерген не проводит электрический ток, не образует осадка, не создает коррозионно-активных продуктов распада и является оптимальным ГОС для защиты помещений серверных с дорогостоящим чувствительным электронным оборудованием, помещений центров управления, а также объектов с наличием культурных и исторических ценностей.

Группа предприятий ЗАО «КОСМИ» разработала и поставила на российский рынок озонобезопасный, экологически чистый, высокоэффективный газовый огнетушащий состав «ТФМ-18», который является аналогом хладона 23. Условие безопасного заполнения модулей УАГП выражается зависимостью

$$K_z \leq \rho_{кр},$$

где $\rho_{кр}$ – критическая плотность ГОС.

При этом давление насыщенных паров «ТФМ-18» составляет $P = 4,0\text{--}4,5$ МПа при температуре 20–25 °С. Этим обеспечивается возможность использования в УАГП ГОС без газа-пропеллента. Газовый состав безопасен для человека в диапазоне применяемых расчетных концентраций.

Зависимость изменения давления от температуры для сжиженных газов и хладонов имеет сложный характер и в значительной степени зависит от коэффициента заполнения модуля. На рис. 4.41 представлены зависимости этих параметров для хладона 23 при различных коэффициентах заполнения модуля емкостью 100 л.

Исследования, проведенные канд. техн. наук С. С. Пустынниковым и Е. В. Чуйковым («НПО Пожарная автоматика сервис») на модулях типа МПГ, позволили установить, что в точке пересечения кривых (см. рис. 4.41) объем жидкой фазы ГОС становится равным объему модуля, при этом резко изменяется характер зависимости «давление – температура». Характер происходящих изменений подтверждается и зарубежными исследованиями.

В рассматриваемой области давление в модуле P_m представляет собой сумму значений:

$$P_m = P_n + P_p, \quad (4.1)$$

где P_n – давление ГОС на линии насыщения; P_p – давление теплового расширения жидкой фазы ГОС.

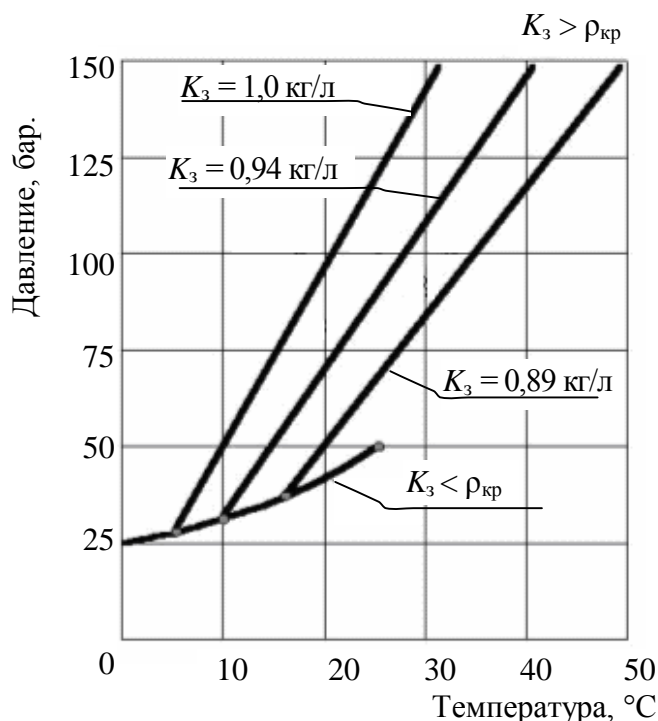


Рис. 4.41. Изменение давления в модуле МПГ-100 с хладоном 23

При нарушении температурного режима в помещении, правил эксплуатации, несоблюдении условий заправки модулей возможно резкое несанкционированное увеличение давления в баллоне, что может привести к разгерметизации установки и утечке ГОС.

Полученные экспериментальные результаты позволяют количественно обосновать основные расчетные критерии и условия использования систем газового пожаротушения, а также правильно организовать их техническое обслуживание и надзор со стороны эксплуатационных организаций.

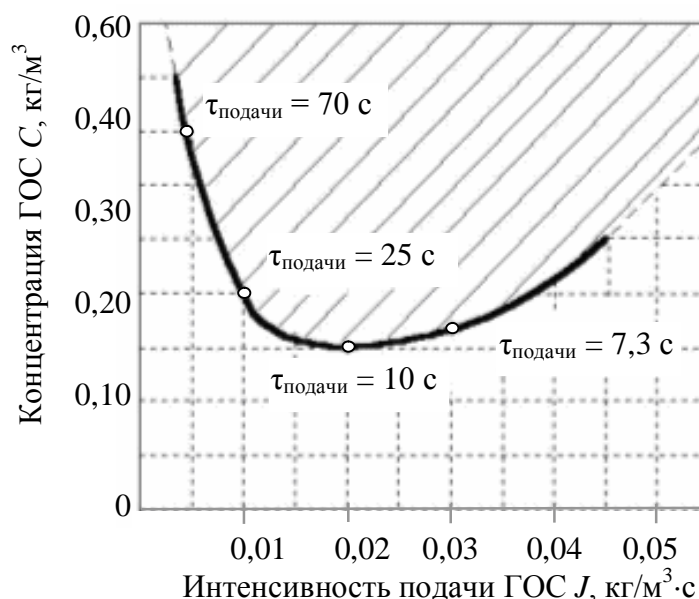
4.5. Расчет установок газового пожаротушения

При экспертизе проектной документации и обследовании действующих установок газового пожаротушения у практических работников ГПН часто возникает необходимость проведения анализа правильности принятых решений проектировщиками по основным техническим показателям УАГП: количеству ГОС, трассировке и диаметрам трубопроводов, количеству выпускных насадков, расчетному времени выпуска огнетушащих

средств в помещение и рабочему давлению в модулях. При этом нередко возникают трудности, связанные с отсутствием апробированных расчетных методов и необходимых исходных данных для проведения таких расчетов. Практика показывает, что перечисленные выше показатели тесно взаимосвязаны друг с другом и их правильное обоснование и использование в конечном счете определяет эффективность работы проектируемой и эксплуатируемой УАГП.

Основополагающим для определения нормативных параметров пожаротушения является выполнение условия подачи расчетного количества ГОС (95 % по массе) за требуемое нормативное время по НПБ 88–2001* [19]. Этим достигается требуемая интенсивность подачи ГОС J . Для понимания этого положения обратимся к графику зависимости расхода ГОС и создаваемой при этом концентрации) от интенсивности его подачи (рис. 4.42).

Рис. 4.42. Зависимость концентрации C от интенсивности подачи J на примере ГОС типа хладон



Исследованиями ВНИИПО МЧС РФ, проведенными под руководством докт. техн. наук, проф. А. Баратова, было установлено, что при разработке проектов УАГП следует учитывать характер зависимости $C = f(J)$ при объемном тушении пожара. Это объясняется ранее приведенными аргументами в пользу меньшего количества образующихся вредных веществ, а также более высокой эффективностью тушения пожара. Для иллюстрации, в качестве примера, рассмотрим закономерности, характерные для систем тушения с использованием хладона. Экспериментально было установлено, что тушение происходит в области, ограниченной кривой $C = f(J)$, это заштрихованная область графика. Причем оптимальные условия, по требуемому количеству ГОС, достигаются в точке экстремума с значением времени подачи $\tau_{\text{подачи}} = 10$ с.

Можно увеличить расчетное время подачи ГОС, например, до 70 с, однако для эффективного тушения пожара это потребует увеличить также концентрацию огнетушащего вещества (удельный расход) и расчетную массу ГОС на 75 %, что скажется на металлоемкости установки и в конечном счете на экономической целесообразности применения УАГП.

Зависимость, представленная на рис. 4.42, является типичной для большинства огнетушащих средств газового пожаротушения. Таким образом, очевидно, что расчетное количество ГОС, диаметры трубопроводов, давление в модулях и время выпуска огнетушащего состава являются тесно взаимосвязанными характеристиками, при неправильном выборе которых система пожаротушения на практике может оказаться недостаточно эффективной. Поэтому для обоснования принятия решений о соответствии УАГП требованиям норм необходимо иметь представление о методике расчета основных типов систем газового пожаротушения. При проведении необходимых расчетов используются данные, приводимые по НПБ-88, а также экспериментально полученные данные по огнетушащей способности ГОС (табл. 4.15).

Таблица 4.15

Нормативная объемная огнетушащая концентрация ГОС

Наименование материала, вещества	Нормативная объемная огнетушащая концентрация, %						
	Двуокись углерода	Хладон 125	Хладон 227ea	Хладон 318Ц	Азот	Шести-фтористая сера	Инерген
н-гептан	34,9	9,7	7,0	7,8	34,5	10,0	36,5
Этанол	35,7	11,7	—	7,8	36,0	14,4	36,0
Ацетон	33,7	—	—	7,2	—	10,8	37,2
Керосин	32,6	—	—	7,2	—	—	—
Резина ИРП-1118	28,0	7,3	6,6	7,0	—	12,0	—
Бумага, древесина	39,0	14,4	—	9,0	—	19,2	—
Толуол	25,0	—	6,0	5,5	—	—	—
Масло трансформаторное	—	9,5	—	7,2	27,8	7,2	28,3

Для жидких горючих веществ, информация о которых не приведена в справочных данных, нормативная объемная огнетушащая концентрация ГОС, все компоненты которой при нормальных условиях находятся в газовой фазе, может быть определена как произведение минимальной объемной огнетушащей концентрации на коэффициент безопасности, равный

$K_6 = 1,2$, для всех ГОС, за исключением двуокиси углерода. Для CO_2 коэффициент безопасности принимается равным $K_6 = 1,7$. Для ГОС, находящихся при нормальных условиях в жидкой фазе, а также смесей ГОС, хотя бы один из компонентов которых при нормальных условиях находится в жидкой фазе, нормативную огнетушащую концентрацию определяют умножением объемной огнетушащей концентрации на $K_6 = 1,2$.

4.5.1. Расчет установок хладонового пожаротушения

Расчет включает в себя определение массы основного (рабочего) и резервного ГОС, количества модулей (баллонов), диаметров магистрального и распределительного трубопроводов, количества выпускных насадков и времени выпуска основного заряда. В качестве газа-вытеснителя следует применять воздух или азот, для которых точка росы должна быть не выше -40°C . Для выполнения расчета УАГП разрабатывается аксонометрическая схема сети УАГП из условия равномерного распределения выпускных насадков в помещении. Расчетная масса ГОС M_r , которая должна храниться в установке, определяется по формуле

$$M_r = K_1 [M_p + M_{\text{тр}} + M_6 n], \quad (4.2)$$

где M_p – масса ГОС, предназначенная для создания в объеме помещения огнетушащей концентрации,

$$M_p = V_p \rho_1 (1 + K_2) \frac{C_n}{100 - C_n}, \quad (4.3)$$

где V_p – расчетный объем защищаемого помещения, м^3 ; K_1 – коэффициент, учитывающий утечки ГОС из сосудов ($K_1 = 1,05$); K_2 – коэффициент, учитывающий потери ГОС через проемы помещения; ρ_1 – плотность газового огнетушащего средства с учетом высоты защищаемого объекта относительно уровня моря для минимальной температуры в помещении T_m , $\text{кг} \cdot \text{м}^{-3}$, определяется по формуле

$$\rho_1 = \rho_o \frac{T_o}{T_m} K_3, \quad (4.4)$$

где ρ_o – плотность паров ГОС при температуре $T_o = 293 \text{ К}$ (20°C) при атмосферном давлении $101,3 \text{ кПа}$; T_m – минимальная температура воздуха в защищаемом помещении, К ; K_3 – поправочный коэффициент, учитывающий высоту расположения объекта относительно уровня моря; C_n – нормативная объемная концентрация, % (об).

Масса остатка ГОС в трубопроводах $M_{\text{тр}}$, кг, определяется по формуле

$$M_{\text{тр}} = V_{\text{тр}} \rho_{\text{готв}}, \quad (4.5)$$

где $V_{\text{тр}}$ – объем всей трубопроводной разводки установки, м^3 ; $\rho_{\text{готв}}$ – плотность остатка ГОС при давлении, которое имеется в трубопроводе после окончания истечения массы газового огнетушащего вещества M_p в защищаемое помещение; $M_6 n$ – произведение остатка ГОС в модуле M_6 , кг, который принимается по ТД на модуль, на количество модулей в установке n .

Коэффициент, учитывающий потери ГОС через проемы помещения:

$$K_2 = \Pi \delta \tau_{\text{под}} \sqrt{H}, \quad (4.6)$$

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

Тушение пожаров подкласса A_1 (кроме тлеющих материалов) следует осуществлять в помещениях с параметром негерметичности не более $0,001 \text{ м}^1$. Значение массы M_p для тушения пожаров подкласса A_1 определяется по формуле

$$M_p = K_4 M_{p-\text{гепт}}, \quad (4.7)$$

где $M_{p-\text{гепт}}$ – значение массы M_p для нормативной объемной концентрации C_n при тушении н-гептана, вычисляется по формуле (4.3); K_4 – коэффициент, учитывающий вид горючего материала. Значения коэффициента K_4 принимаются равными: 1,3 – для тушения бумаги, гофрированной бумаги, картона, тканей и т. п. в кипах, рулонах или папках; 2,25 – для помещений с этими же материалами, в которые исключен доступ пожарных после окончания работы АУГП, при этом резервный запас рассчитывается при значении K_4 , равном 1,3.

При срабатывании установки хладон истекает под постоянно изменяющимся давлением сжатого воздуха или азота (в сторону уменьшения). В трубопроводах происходит неустановившийся процесс движения, параметры которого (скорость, расход, число Рейнольдса, коэффициенты сопротивления, потери напора) изменяются во времени. Максимальное значение параметров наблюдается в начале истечения, минимальное – в конце. Из выпускного насадка с большой скоростью непрерывно истекает смесь воздуха (азота) и ГОС, образующие мелкодисперсный распыл хладона. Поэтому при оценке максимального давления в системе следует учитывать его расширение в баллонах и трубопроводах на участке от модулей до оросителя. К трубной разводке УАГП с использованием хладонов 125,

318Ц или 227еа следует предъявлять особые требования, направленные на предотвращение расслоения двухфазной среды внутри трубной разводки, особенно в конечной стадии истечения. Это касается, прежде всего, соединений магистральных трубопроводов и отдельных рядков в вертикальных (верх, низ) отводах.

Минимальное значение давления сжатого воздуха или азота должен обеспечивать необходимый напор у выпускного диктующего насадка, расположенного в самых неблагоприятных условиях. Гидравлический расчет ведут путем определения суммарных потерь напора по всей сети трубопроводов.

Если рассматривать движение сжиженных газов типа хладон 125, 318Ц, 227еа, 114В2 в виде однородной жидкости, можно воспользоваться известными математическими зависимостями.

Расход хладона через насадок Q_m определяется по формуле

$$Q_m = \mu A \sqrt{2gH}, \quad (4.8)$$

где μ – коэффициент расхода через насадок; A – площадь выпускного отверстия насадка, m^2 ; H – напор у насадка, м.

Потери напора на участке трубопровода длиной L определяются по формуле Дарси – Вейсбаха

$$\Delta h = \lambda \frac{L v^2}{d 2g}, \quad (4.9)$$

где v – скорость потока хладона, м/с; d – диаметр трубопровода, м.

Коэффициент сопротивления λ определяется по формуле Альтшуля:

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{n}{d} + \frac{68}{Re} \right)^{0,25}, \quad (4.10)$$

где n – эквивалентная шероховатость; Re – число Рейнольдса.

$$v = \frac{Q}{S}, \quad (4.11)$$

где Q – расход хладона, m^3/c ; S – площадь сечения трубопровода, m^2 .

Расчетный минимальный напор H_{min} в модуле с хладоном складывается из потерь напора в трубопроводах, фасонных частях, запорной арматуре и свободного напора перед диктующим выпускным насадком распылителем. Минимальное давление P_{min} в модуле, МПа, к концу истечения хладона равно:

$$P_{min} = H_{min} \gamma \cdot 10^{-6}. \quad (4.12)$$

Расчетное давление сжатого воздуха (азота) в модуле, МПа, определяется по формуле

$$P_{\max} = P_{\min} (V_{\max}/V_{\min})^{1,4} + 0,1, \quad (4.13)$$

где V_{\max} – объем модулей и трубопроводов, м³; V_{\min} – объем воздуха (азота) в модулях, м³.

Давление наддува ГОС принимается в диапазоне 3,0–4,5 МПа для модульных и 4,5–6,0 МПа для централизованных установок.

Расчетное время выпуска хладона в помещение определяется из выражения

$$\tau = \frac{V_{\min}}{k_1} \left\{ \frac{0,588}{P_{\min}^{0,5}} \left[1 - \left(\frac{P_{\min}}{P_{\max}} \right)^{0,5} \right] + \frac{0,162}{P_{\min}^{1,5}} \left[1 - \left(\frac{P_{\min}}{P_{\max}} \right)^{1,5} \right] \right\}, \quad (4.14)$$

где k_1 – коэффициент проводимости, определяется по формуле

$$k_1 = \frac{Q_{\min}}{\sqrt{P_{\min}}}, \quad (4.15)$$

где Q_{\min} – минимальный расход хладона, м³/с.

Время выпуска в помещение расчетной массы ГОС принимается равным $\tau_{\text{под}} < 10$ с для модульных АУГП, где применяются хладоны и SF₆; $\tau_{\text{под}} < 15$ с для централизованных АУГП, где применяются хладоны и SF₆. Следует указать, что время выпуска ГОС является важным параметром функционирования УАГП, так как оно определяет фактическую интенсивность подачи хладона в защищаемое помещение I , кг/с·м³, которая в свою очередь, обеспечивает эффективность процесса тушения пожара. При превышении нормативного времени выпуска огнетушащего средства следует увеличить давление наддува ГОС в модуле. Если это мероприятие не позволяет выполнить нормативные требования, то необходимо увеличить объем газа вытеснителя в каждом модуле, т. е. уменьшить коэффициент заполнения модуля, что влечет за собой увеличение общего количества модулей в установке газового пожаротушения.

Выполнение нормативных требований соблюдения 20%-ной разницы расходов между насадками достигается уменьшением суммарной площади выходных отверстий насадков.

В НПО «Пожарная автоматика сервис» совместно с ЦНИИ 26 МО РФ была разработана методика расчета УАГП с применением сжиженных газовых огнетушащих составов. В основе расчета использован графический метод решения системы уравнений, описывающих процесс выпуска огнетушащего средства из модулей по трубной разводке, для оценки приведенного массового расхода ГОС.

Критерием правильности проведенного расчета и выбора диаметров трубопроводов является величина времени выпуска ГОС в помещение. Расход из установки Q определяется из выражения

$$Q = I \mu f N, \quad (4.16)$$

где I – массовый расход ГОС, $\text{кг/с}\cdot\text{м}^2$; μ – коэффициент расхода насадка; f – площадь насадка; N – число насадков.

Далее производится проверочный расчет системы графическим методом, при котором решается система уравнений. В результате определяется приведенный массовый расход I и время выпуска ГОС в зависимости от термодинамического параметра Y (рис. 4.43):

$$I = \frac{1}{\mu f} \sqrt{\frac{Y}{A}} = K \sqrt{Y}, \quad (4.17)$$

$$I = f(Y). \quad (4.18)$$

В расчетах принимается, что давление в модулях составляет постоянную величину $P = 4$ МПа или $P = 15$ МПа. В МИЖУ $P = 2$ МПа.

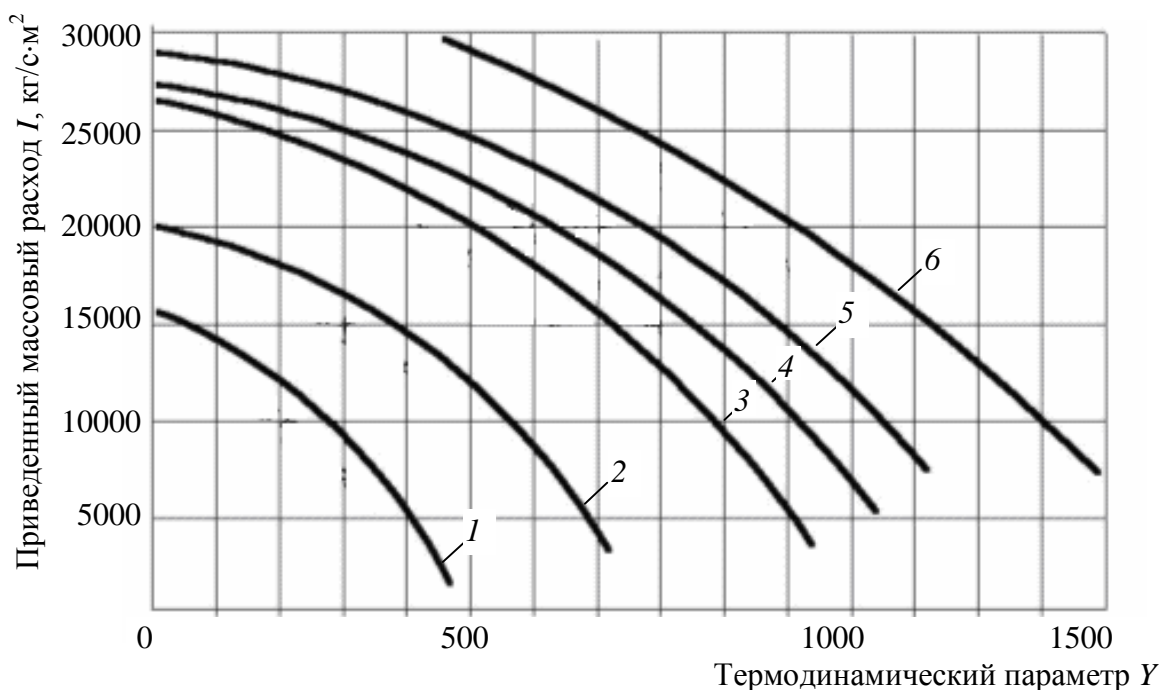


Рис. 4.43. Зависимость между приведенным расходом I и параметром Y :
 $1 - \text{CO}_2; K_3 = 0,9; P = 20$; $2 - \text{CF}_6; K_3 = 1,1; P = 40$; $3 - \text{C}_2\text{F}_5\text{H}; K_3 = 0,9; P = 40$;
 $4 - \text{ТФМ-18}; K_3 = 0,86; P = 150$; $5 - \text{CO}_2; K_3 = 0,7; P = 150$; $6 - \text{C}_3\text{F}_7\text{H}; K_3 = 1,19; P = 40$

Следует отметить, что методика предполагает использование вспомогательных данных и математических зависимостей в виде графиков функций применительно к конкретным типам используемых газовых составов.

Для того чтобы упростить проведение рутинных математических вычислений, в ведущих отечественных и зарубежных фирмах разработаны специальные программы гидравлического расчета УАГП с использованием компьютерной техники.

Так, в ЗАО «АРТСОК» разработана программа расчета на языке Fortran, которая получила название «ZALP». Методика расчета разработана применительно к хладам 125, 227ea, 318Ц.

При проведении расчетов, в соответствии с геометрией защищаемого помещения, производится трассировка участков сети газовой АУП. В программу вносятся исходные данные по количеству модулей, их типу, высотным отметкам, диаметрам трубопроводов, площади отверстий выпускных насадков и их количеству. В расчетах уточняют основные параметры движения ГОС в трубопроводах, предполагая, что осуществляется нестационарное двухфазное движение жидкости, насыщенной газом-вытеснителем. На принтер выводятся мгновенные значения параметров потока ГОС, времени выхода 95 % и 100 % массы хлада, расходы через насадки, время опорожнения системы, распределения скоростей, массового расхода в отводах и др.

С математической точки зрения решается задача по расчету нестационарных полей давления, плотности и скорости ГОС при его движении по трубопроводам, в процессе истечения из модулей и насадков. Трубопроводная сеть УАГП разбивается на элементарные ячейки и для каждого элементарного объема записываются уравнения неразрывности, количества движения и уравнение состояния. Уравнение сохранения массы представлено в виде:

$$\frac{dP_k}{d\tau} = \frac{\sum_{m=1}^j G_{k,m}}{V_k}, \quad (4.19)$$

где $G_{k,m}$ – расход среды из ячейки с номером k в соседнюю с номером m ; V – объем k -й ячейки.

Расход ГОС из ячейки в ячейку определяется из уравнения движения:

$$\frac{dG_{k,k+1}}{d\tau} = \frac{L}{\frac{\Delta L_k}{2f_k} + \frac{\Delta L_{k+1}}{2f_{k+1}}} \left[P_k - P_{k+1} + \Delta h_{p,k,k+1} - \frac{G_{k,k+1}}{2f_{k+1}^2} \left(\frac{\zeta_k}{P_k} + \frac{\zeta_{k+1}}{P_{k+1}} \right) \right], \quad (4.20)$$

где ΔL – линейный размер ячейки; P – давление в ячейке; f – сечение ячейки.

Вывод результатов расчета на монитор и принтер организован удобно, без использования дополнительных пояснений для их чтения. Однако

расчетная программа адаптирована только для оборудования ЗАО «АРТСОК», хотя очевидно, что ее можно применять для расчета и других типов УАГП.

Результаты расчета, по данным авторов разработки, с точностью до 15 % совпадают с экспериментальными данными для модулей МГП и позволяют математически более точно описать процессы, происходящие на коротких участках труб за малый период времени.

Ведущие зарубежные производители оборудования УАГП, как правило, имеют собственные программы проверочного расчета, одобренные национальными страховыми компаниями.

4.5.2. Расчет установок углекислотного пожаротушения

Расчетная масса двуокиси углерода, хранящейся в установке, определяется по формуле

$$M_r = K_1 [M_p + M_{тр} + M_{бn}], \quad (4.21)$$

где M_p – масса ГОС, предназначенная для создания в объеме помещения огнетушащей концентрации, для ГОС – двуокиси углерода и сжатых газов:

$$M_p = V_p \rho_1 (1 + K_2) \ln \frac{100}{100 - C_n}. \quad (4.22)$$

Для установок локального пожаротушения расчетный объем V_p определяется произведением высоты защищаемого агрегата или оборудования (площадь проекции) на поверхность пола. При этом все расчетные габариты (длина, ширина и высота) агрегата или оборудования должны быть увеличены на 1 м. Нормативная массовая огнетушащая концентрация при локальном тушении по объему двуокисью углерода составляет 6 кг/м³.

Движение двуокиси углерода и комбинированных составов с использованием СО₂ происходит в виде двухфазной газожидкостной смеси. Эксперименты показали, что это движение может иметь разные формы:

- эмульсионное – смесь движется однородно (сифонная трубка МГП, коллектор);
- раздельное движение (горизонтальные участки трубопроводов на конечной стадии работы МГП при снижении рабочего давления) – жидкая фаза движется в нижней части, газовая – в верхней части сечения трубы;
- импульсное короткими объемами (пробками) – в конце истечения при неоптимально принятых диаметрах трубопроводов;
- распыленное – жидкая фаза в виде мелких капель выносится движущимся газовым потоком.

Отдельным формам движения соответствуют пульсации. Условия взаимодействия и переходные формы движения определяются диаметрами принятых трубопроводов, скоростями движения фаз, давлением, а также характером участков ответвлений. Картина усложняется нестационарным характером процесса движения CO_2 в связи с переменными во времени величинами давления, расхода и скорости движения.

Сложность протекающих процессов хорошо иллюстрирует зависимость изменения удельного веса углекислоты от давления и температуры (рис. 4.44). На линии насыщения, разделяющей области нахождения жидкой углекислоты и ее насыщенного пара – углекислого газа, удельный вес жидкой CO_2 изменяется от 1180 кг/м^3 (при температуре $T = -56,6^\circ\text{C}$ и давлении $P = 5,28 \text{ кг/см}^2$), в этой точке А углекислота существует одновременно в газообразном, жидком и твердом состоянии, до 468 кг/м^3 (при температуре $T = +31,04^\circ\text{C}$ и давлении $P = 75,28 \text{ кг/см}^2$). Это критическая точка (В), выше которой может быть только газообразная углекислота.

Для указанных значений давления и температуры плотность пара изменяется соответственно от $\rho_1 = 13,9 \text{ кг/м}^3$ до $\rho_2 = 468 \text{ кг/м}^3$. Математические модели с точным описанием процесса сложного движения ГОС в трубопроводах УАГП, при изменяющихся параметрах давления, температуры и плотности углекислоты, до настоящего времени не разработаны. Поэтому на практике используются упрощенные виды расчетов.

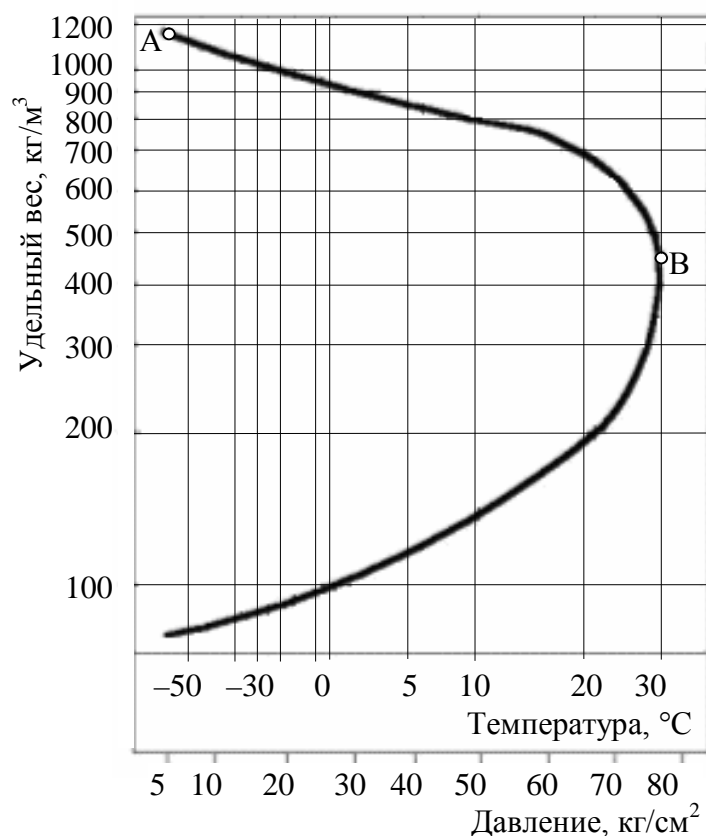


Рис. 4.44. Зависимость удельного веса углекислоты от давления и температуры

Среднее давление в модуле (резервуаре) p_m , МПа, определяется по формуле

$$p_m = 0,5(p_1 + p_2), \quad (4.23)$$

где p_1 – давление в модуле, МПа; p_2 – давление в модуле в конце выпуска расчетного количества двуокиси углерода, МПа. Средний расход двуокиси углерода Q_m , кг·с⁻¹, определяется по формуле

$$Q_m = \frac{m}{t}, \quad (4.24)$$

где m – расчетное количество двуокиси углерода, кг; t – нормативное время подачи двуокиси углерода, с.

Гидравлический расчет установок углекислотного пожаротушения отличается от расчета остальных систем. Это связано со сложными явлениями, возникающими при течении двухфазной жидкости по трубопроводам. Поэтому многие аналитические выражения, принятые в методике, установлены экспериментальным путем. По данным зарубежных авторов, в установках с СО₂ максимальная пропускная способность магистральных и распределительных трубопроводов различного диаметра с увеличением длины уменьшается.

Внутренний диаметр магистрального трубопровода d_i , м, равен

$$d_i = 9,6 \cdot 10^{-3} \left[(k_4)^{-2} (Q_m)^2 l_1 \right]^{0,19}. \quad (4.25)$$

Среднее давление в питающем (магистральном) трубопроводе в точке ввода его в защищаемое помещение

$$p_3(p_4) = 2 + 0,568 \cdot \ln \left[1 - \frac{2 \cdot 10^{-11} (Q_m)^2 l_2}{(d_i)^{5,25} (k_4)^2} \right], \quad (4.26)$$

где l_2 – эквивалентная длина трубопроводов, м:

$$l_2 = l_1 + 69 d_i^{1,25} \varepsilon_1, \quad (4.27)$$

где ε_1 – сумма коэффициентов сопротивления фасонных частей трубопроводов.

Рассматривая особенность движения СО₂ в трубопроводах различной длины, следует учитывать инерционность установки (промежуток времени от момента подачи сигнала на пуск до начала истечения ГОС из модуля, батареи), которая не должна превышать 15 с. Средний расход через насадок Q_m , кг·с⁻¹, определяется по формуле

$$Q_m = 4,1 \cdot 10^3 \mu k_5 A_3 \sqrt{\exp(1,76 p'_m)}, \quad (4.28)$$

где μ – коэффициент расхода через насадок; A_3 – площадь выпускного отверстия насадка, м; k_5 – коэффициент, определяемый по формуле

$$k_5 = 0,93 + \frac{0,03}{1,025 - 0,5 p'_m}. \quad (4.29)$$

Пропускная способность трубопроводов УАГП зависит от давления в трубопроводе P , кг/см², удельного веса ГОС – γ , кг/м³, длины трубопровода L , м, и удельного сопротивления трубопровода A и может быть представлена выражением

$$G = 0,1 \sqrt{\frac{P_1 \gamma_1}{2AL}}. \quad (4.30)$$

На рис. 4.45 представлен график определения давления в МИЖУ в конце выпуска CO₂.

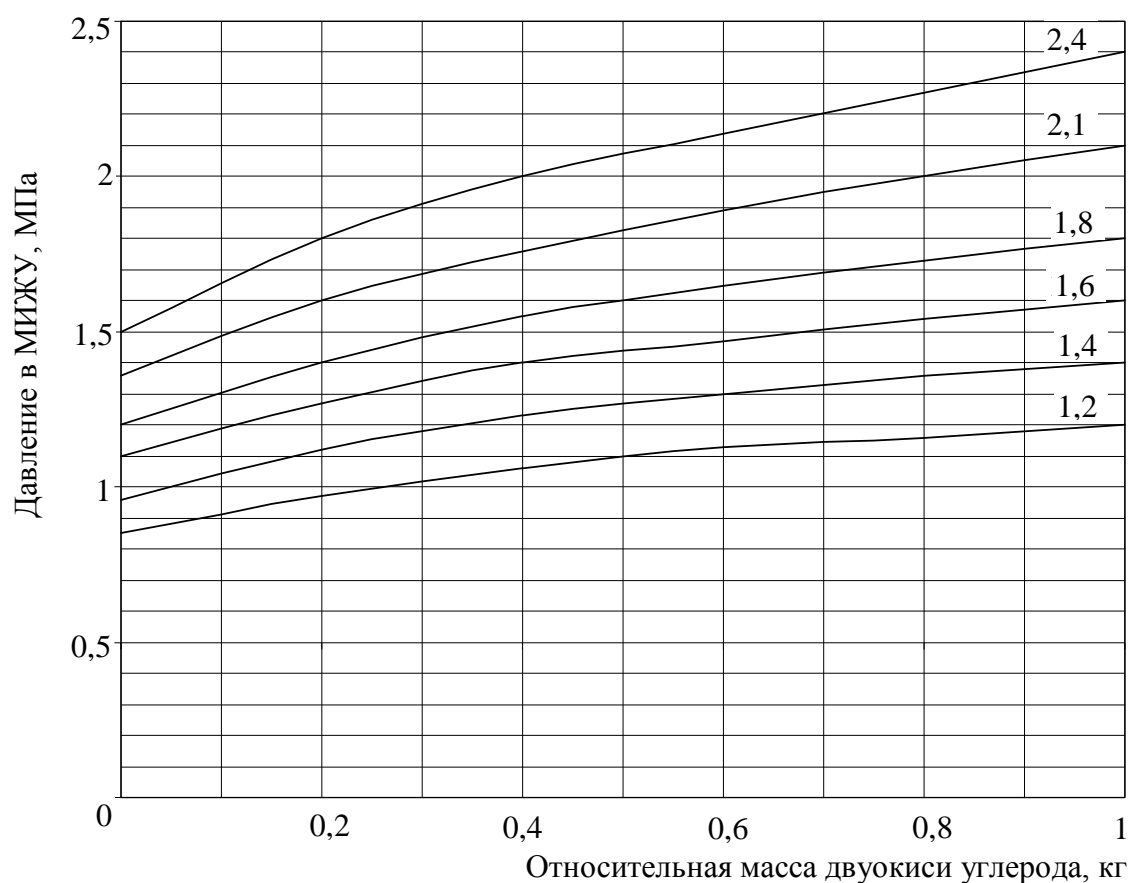


Рис. 4.45. График определения давления в МИЖУ в конце выпуска CO₂

Количество насадков ξ_1 определяется по формуле

$$\xi_1 = \frac{Q_m}{Q'_m}. \quad (4.31)$$

Внутренний диаметр распределительного трубопровода d'_i , м, рассчитывается, исходя из условия $d'_i \geq 1,4d\sqrt{\xi_1}$, где d – диаметр выпускного отверстия насадка.

Время выпуска двуокиси углерода в помещение определяется по формуле

$$\tau = \frac{0,95M_{\Gamma}}{G_{\text{ср}}}, \quad (4.32)$$

где $G_{\text{ср}}$ – средний за время подачи расход ГОС, кг/с.

Время выпуска в помещение расчетной массы ГОС для УАГП с углекислотой принимается из условия $\tau_{\text{под}} < 60$ с.

Время подачи ГОС при локальном тушении не должно превышать 30 с.

4.5.3. Расчет установок пожаротушения с регенерированными озоноразрушающими газовыми огнетушащими составами

В настоящее время существует большое количество объектов, которые защищаются эффективными газовыми огнетушащими составами – хладон 114B2 (тетрафтордибромэтан – $\text{C}_2\text{F}_4\text{Br}_2$), 13B1 (трифторбромметан – CF_3Br) и углекислотно-хладоновый состав 85/15 (85 % CO_2 , 15 % хладона 114B2). Замена таких систем более современными на действующих объектах бывает технически невозможной или экономически нецелесообразной. Поэтому на практике широко используется метод регенерации, т. е. восстановления систем в их начальное состояние.

Регенерированные озоноразрушающие газовые огнетушащие составы (РГОС) могут использоваться в установках объёмного пожаротушения и в установках локального пожаротушения по объёму для противопожарной защиты только особо важных объектов. К ним относятся следующие помещения, здания, сооружения:

- представляющие историческую или культурную ценность национального или мирового значения (музеи, картинные галереи, библиотеки и т. п.);
- пожар на которых может привести к массовой гибели людей, к экологической катастрофе национального масштаба (стационарные и транспортные ядерные энергетические установки, объекты по добыче, транспортировке и переработке нефти и газа);

- применение для противопожарной защиты которых заменителей озоноразрушающих огнетушащих газов или альтернативных им огнетушащих веществ приведет к невыполнению общедоказательных программ, жизненно важных для функционирования государства, его безопасности и обороны (объекты космического назначения, авиационные двигатели военного и гражданского назначения, отсеки военной техники);

- обеспечивающие функционирование центров управления воздушным движением и командных пунктов управления родами войск.

В расчетах с РГОС (исходные данные для расчетов – в табл. 4.16) рекомендуется использовать методику, предложенную канд. техн. наук А. Ф. Жевлаковым и докт. техн. наук В. М. Николаевым (ФГУ ВНИИПО МЧС РФ).

Таблица 4.16

Исходные данные для расчета массы регенерированных газовых огнетушащих составов (РГОС) при объёмном тушении

Наименование огнетушащего состава	Класс пожара по ГОСТ 27331	Плотность газа при $P = 101,3$ кПа и $T = 20$ °С, кг/м ³	Нормативная объёмная огнетушащая концентрация, % (об.)
Углекислотно-хладонный состав 85/15	А и В	3,23	12,0
Хладон 13В1	А и В	6,2	5,0
Хладон 114В2	А и В	10,9	2,24

Для хладонов 114В2 и 13В1 расчетное количество РГОС определяется из выражения

$$M_p = V_p \rho_1 (1 + K_2) \frac{C_n}{100 - C_n}. \quad (4.33)$$

Для комбинированного углекислотно-хладонного состава расчетное количество РГОС определяется из выражения

$$M_p = V_p \rho_1 (1 + K_2) \ln \frac{100}{100 - C_n}. \quad (4.34)$$

Площадь поперечного сечения рядка F_p , на котором установлено n_i насадков, рассчитывают по формуле

$$F_p = A_p F_n n_i, \quad (4.35)$$

где A_p – коэффициент, принимаемый равным от 1,2 до 1,3; F_n – площадь проходного сечения насадка; n_i – количество насадков, расположенных на одном рядке.

По рассчитанным значениям подбирают стандартные трубопроводы. При выборе схемы распределительной сети трубопроводов рекомендуется использовать симметричные и сбалансированные системы трубных разводов.

Необходимо учитывать в трассировке сети, что разделение потоков двухфазной среды должно происходить в горизонтальной плоскости и соотношение расходов в тройниках при использовании несимметричных схем не должно превышать соотношения 2/3.

Суммарный внутренний объем трубопроводов не должен превышать 80 % объема жидкой фазы газового огнетушащего вещества (РГОС), хранящегося во всех модулях установки, который определяется по формуле

$$V_{\text{ж}} = M_{\text{г}} / \rho_{\text{гж}},$$

где $V_{\text{ж}}$ – объем жидкой фазы в модулях установки; $M_{\text{г}}$ – масса газового состава, хранящегося в модулях установки; $\rho_{\text{гж}}$ – плотность жидкой фазы газового состава, при заданных начальных условиях хранения.

Суммарная площадь проходных сечений насадков установки $F_{\text{сн}}$ определяется по формуле

$$F_{\text{сн}} = M_{\text{г}} / J \mu t_{\text{н}}, \quad (4.36)$$

где $M_{\text{г}}$ – масса газового состава, необходимая для создания в защищаемом помещении нормативной огнетушащей концентрации; J – ориентировочный приведенный расход газового состава; μ – коэффициент расхода насадков, определяемый по справочным данным; $t_{\text{н}}$ – нормативное время подачи газового состава.

Суммарный массовый расход газового состава определяется по формуле

$$G_{\Sigma} = J \mu F_{\text{сн}}, \quad (4.37)$$

$$F_{\text{сн}} = F_{\text{н}} n_{\Sigma}, \quad (4.38)$$

где $F_{\text{н}}$ – площадь проходного сечения одного насадка. Для конкретного участка трубопровода эквивалентные длины определяются по формуле

$$L_i = 76,4 \xi_i D_{\text{м}}^{1,25}, \quad (4.39)$$

где L_i – эквивалентная длина участка трубопровода, ξ_i – коэффициент

гидравлического сопротивления модуля (батареи), сборки модулей, распределительного устройства, местного сопротивления; D_m – диаметр магистрального трубопровода, м.

$$L_i = L_i^1 (D_m/D_i)^{1,25}, \quad (4.40)$$

где L_i^1 – эквивалентная длина элемента, принимаемая в соответствии с технической документацией, м; D_i – внутренний диаметр элемента.

Эквивалентная длина нескольких элементов (батареи, модулей), имеющих равные эквивалентные длины и соединенных параллельно, определяется по формуле

$$L_p = L_i / n_i^2. \quad (4.41)$$

Эквивалентная длина двух элементов с различной эквивалентной длиной, соединенных параллельно, определяется по формуле

$$L = \frac{L_1 L_2}{(L_1^{0,5} + L_2^{0,5})^2}. \quad (4.42)$$

Эквивалентная длина магистрального трубопровода рассчитывается по формуле

$$L_{мэ} = L_m + L_{сб} + L_{ск} + L_{пу} + L_{пов}, \quad (4.43)$$

где L_m – геометрическая длина магистрального трубопровода, $L_{сб}$, $L_{ск}$, $L_{пу}$, $L_{пов}$ – соответственно эквивалентные длины сборки модулей (батареи), станционного коллектора, распределительного устройства, поворотов, приведенные к диаметру магистрального трубопровода, м.

Далее определяется средняя величина гидравлической характеристики разводки трубопроводов для i -го помещения:

$$\Pi_{ср} = \frac{(\Pi_1 + \Pi_2 + \dots + \Pi_k)}{k}, \quad (4.44)$$

где $\Pi_1, \Pi_2, \dots, \Pi_k$ – гидравлическая характеристика для каждого насадка в i -м помещении.

$$\Pi_i = 1,1 \cdot 10^{-8} \left(\frac{N_i^2 L_{мэ}}{D_m^{5,25}} + 1,1 \sum_{j=1}^1 \frac{n_j^2 L_{jэ}}{D_j^{5,25}} \right), \quad (i = 1, 2, 3, \dots, k), \quad (4.45)$$

где N_i – число насадков в i -м помещении; $D_j, L_{jэ}$ – внутренний диаметр и эквивалентная длина j -го участка, м; n_j – число насадков, питаемых по j -му участку; k – число участков; $L_{мэ}$ – эквивалентная длина магистрального трубопровода.

Для симметричной схемы разводки

$$P_{\text{ср}} = \frac{P_1 + P_2}{2}, \quad (4.46)$$

где P_1 и P_2 – гидравлические характеристики для диктующих насадков, давление перед которыми является наибольшим и наименьшим.

Для гидравлически сбалансированной распределительной сети

$$P_{\text{ср}} = P_{\text{к}}, \quad (4.47)$$

где $P_{\text{к}}$ – гидравлическая характеристика для любого насадка.

Приведенный расход (табл. 4.17) определяется по формуле

$$J = A + B K + C K^2 + D K^3. \quad (4.48)$$

Таблица 4.17

Ориентировочные значения приведенного расхода

Наименование РГОС	Приведенный расход J , кг/с·м ²
Хладон 114В2	15300 ± 500
Хладон 13В1	10200 ± 500
Углекислотно-хладоновый состав 85/15	11500 ± 500

$$\text{Величина } K = 1/\mu F_{\text{н}}(P_{\text{ср}})^{0,5}. \quad (4.49)$$

Числовые значения коэффициентов A , B , C , D в зависимости от вида РГОС указаны в табл. 4.18.

Далее определяется массовый расход G_{Σ} . Время подачи ГОС определяется по уравнению

$$t = M_{\text{г}}/G_{\Sigma}. \quad (4.50)$$

Таблица 4.18

Числовые значения коэффициентов

Тип РГОС	A	B	C	D
Хладон 114В2 $P = 12,0$ МПа; $\eta = 1,0$	–1980	113,4	–0,059	$1,45 \cdot 10^{-5}$
Хладон 114В2 $P = 4,0$ МПа; $\eta = 1,5$	–2790	196,3	–0,105	$1,94 \cdot 10^{-5}$
Хладон 13В1 $P = 4,0$ МПа; $\eta = 1$	–216	46,8	–0,021	$3,4 \cdot 10^{-6}$
Углекислотно-хладоновый состав 85/15 $P = 5,8$; $\eta = 0,7$	–507	42,8	–0,024	$4,68 \cdot 10^{-6}$

Если расчетное время t превышает нормативное, необходимо увеличить диаметры трубопроводов или сократить расстояние между модулями (батареями) и насадками.

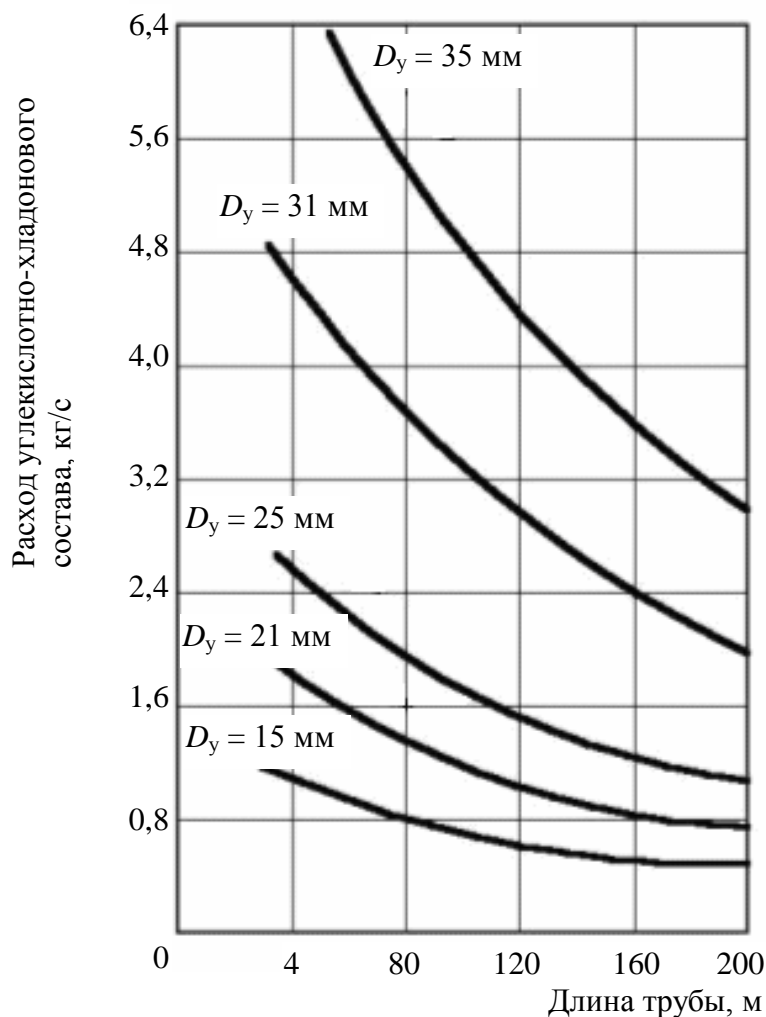


Рис. 4.46. Зависимость расхода углекислотно-хладонового состава от длины и диаметра трубопровода

Расчет времени выпуска комбинированного углекислотно-хладонового состава на практике удобно производить по графику изменения расхода смеси по трубопроводам в зависимости от их длины и диаметра (рис. 4.46).

4.5.4. Расчет установок с применением сжатых газов

Особенности расчета АУГП с использованием сжатых газов изложены в ВСН 21-02-01. Сжатые газы подают в защищаемое помещение с помощью струйных насадков или перфорированного трубопровода,

размещаемого по периметру помещения. Струи ГОС направляются горизонтально через отверстия диаметром 4–6 мм. При этом должно обеспечиваться отношение суммарной площади выпускных отверстий к площади поперечного сечения трубопровода в интервале 0,3–0,5. Расчетная масса для условно герметичных помещений производится по формуле

$$M_{pi} = -1,05\rho_i V \ln(1 - C_n), \quad (4.51)$$

где C_n – нормативная концентрация ГОС.

Число модулей для хранения основного запаса ГОС рассчитывается с учетом вместимости модулей V_m и коэффициента их загрузки $K_{загр}$ (табл. 4.19) по выражению

$$N = M_{pi} / K_{загр} V_m. \quad (4.52)$$

Таблица 4.19

Коэффициент загрузки модулей с ГОС в сжатом состоянии

Коэффициент загрузки, кг/л, при температуре эксплуатации 50 °С		
Азот N ₂	Аргон Ar	Инерген
0,148	0,22	0,17

Целью гидравлического расчета является выбор диаметров труб магистрального и распределительного трубопроводов, определение диаметра и числа выпускных отверстий в струйном насадке или на распределительном (допускается перфорированном) трубопроводе, расчет времени подачи ГОС в защищаемое помещение. Расчетное время подачи сжатого ГОС в помещение определяется по формуле

$$\tau = A \sqrt{K_i}, \quad (4.53)$$

где A – коэффициент, учитывающий изменение массы ГОС в модулях в процессе подачи; K_i – приведенная гидравлическая характеристика трубной разводки. Коэффициент A находится из выражения

$$A = a V_m N_m \left[\left(M_o / M_p \right)^b K_{загр} / P_m \right]^{0,5} \left[\left(\frac{1}{1 - \frac{0,95 M_{pi}}{K_{исп} M_p (\max)}} \right)^c - 1 \right], \quad (4.54)$$

где a, b, c – числовые коэффициенты (табл. 4.20); V_m – вместимость модуля, м³; N_m – число модулей в сборке (батареи); $K_{загр}$ – коэффициент загрузки модуля, кг/м³; $M_p (\max)$ – расчетная масса ГОС для максимального помещения, кг; M_o – фактическая масса ГОС; $K_{исп}$ – коэффициент использования b .

$$M_o = V_m N_m K_{загр}. \quad (4.55)$$

Числовые коэффициенты ($P_p = 15,0$ МПа)

Коэффициенты	N ₂	Ar	Инерген
<i>A</i>	5	3	4
<i>B</i>	0,4	0,67	0,5
<i>C</i>	0,2	0,33	0,25
<i>B</i>	0,0182	0,0169	0,0177
<i>C</i>	2,13	1,9	2,0

Для выпуска сжатых газов используются струйные насадки или перфорированные трубопроводы. Приведенная гидравлическая характеристика определяется из выражения

$$K_i = K_{Mi} + K_{PMi}, \quad (4.56)$$

где K_{Mi} и K_{PMi} – приведенная гидравлическая характеристика магистрального и перфорированного трубопровода.

$$K_{Mi} = \frac{BL_{\text{эм}}}{D_M^{5,25}}; \quad (4.57)$$

$$K_{PMi} = \frac{C}{0,36 f^2 N_{\text{отв}}^2}, \quad (4.58)$$

где f – площадь выпускного отверстия, м²; $N_{\text{отв}}$ – число выпускных отверстий в перфорированном трубопроводе.

Для перфорированного трубопровода должно выполняться условие

$$0,3 \leq \left(\frac{f N_{\text{отв}}}{f_{\text{пт}}} \right) \leq 0,5, \quad (4.59)$$

где $f_{\text{пт}}$ – площадь сечения перфорированного трубопровода, м².

Геометрический баланс в отношении магистрального и перфорированного трубопровода соблюдается при условии

$$D_M \geq d_{\text{пт}} \sqrt{n_{\text{пт}}}, \quad (4.60)$$

где $n_{\text{пт}}$ – число перфорированных трубопроводов ($n_{\text{пт}} = 2$); $d_{\text{пт}}$ – диаметр перфорированного трубопровода.

Отсюда следует

$$\sqrt{0,3} \leq \frac{d}{d_{\text{пт}}} \sqrt{N_{\text{отв}}} \leq \sqrt{0,5}, \quad (4.61)$$

где d – диаметр выпускного отверстия.

4.5.5. Методика расчета сбросных отверстий

Для того чтобы исключить разрушение ограждающих и строительных конструкций защищаемого помещения при резком повышении давления, вызванном выпуском ГОС из насадков, часто требуется устройство специальных сбросных отверстий. Площадь проема для сброса избыточного давления F_c , м², определяется по формуле

$$F_c \geq \frac{K_2 K_3 M_P}{0,7 K_1 \tau_{\text{под}} \rho_1} \sqrt{\frac{\rho_v}{7 \cdot 10^6 \cdot P_a \left[\left(\frac{P_{\text{пр}} + P_a}{P_a} \right)^{0,2857} - 1 \right]}} - \sum F, \quad (4.62)$$

где $P_{\text{пр}}$ – предельно допустимое избыточное давление, которое определяется из условия сохранения прочности строительных конструкций защищаемого помещения или размещенного в нем оборудования, МПа; P_a – атмосферное давление, МПа; ρ_v – плотность воздуха в условиях эксплуатации защищаемого помещения, кг·м⁻³; K_2 – коэффициент запаса, принимаемый равным 1,2; K_3 – коэффициент, учитывающий изменение давления при его подаче; $\tau_{\text{под}}$ – время подачи ГОТВ, определяемое из гидравлического расчета, с; $\sum F$ – площадь постоянно открытых проемов (кроме сбросного проема) в ограждающих конструкциях помещения, м².

Для ГОТВ – сжиженных газов коэффициент $K_3 = 1$.

Для ГОТВ – сжатых газов коэффициент K_3 принимается равным: для азота – 2,4; для аргона – 2,66; для состава инерген – 2,44.

Если значение выражения в правой части неравенства меньше или равно нулю, то проем (устройство) для сброса избыточного давления не требуется.

4.6. Испытание смонтированных установок газового пожаротушения

4.6.1. Общие сведения

Испытания смонтированных УАГП – важнейший этап в организации надежного функционирования системы пожаротушения. Испытания производят перед сдачей установок в эксплуатацию и в период эксплуатации не реже одного раза в 5 лет. Для этого назначается специальная рабочая комиссия, в состав которой входят и представители ГПС. Испытания УАГП проводят согласно требованиям СНиП 3.05.05–84 [40], НПБ 88–2001* [19],

ГОСТ Р 50969–96 [31], РД 78.145–93 [41] и ВСН 25-09.67–85 [42]. Испытания установок, как правило, осуществляют организации, монтирующие или эксплуатирующие установки, а также имеющие соответствующие лицензии. Испытания оформляются специальным актом. При приемке установок в эксплуатацию монтажная и наладочная организации должны предъявить:

- исполнительную документацию (комплект рабочих чертежей с внесенными в них изменениями);

- паспорта или другие документы, удостоверяющие качество изделий, оборудования и материалов, примененных при производстве монтажных работ.

Испытания установок по проверке времени срабатывания, продолжительности подачи ГОС и огнетушащей концентрации ГОС в объеме защищаемого помещения не являются обязательными. Необходимость их экспериментальной проверки определяет заказчик или, в случае отступления от норм проектирования, влияющих на проверяемые параметры, должностные лица органов управления и подразделений ГПС при осуществлении надзорных функций.

4.6.2. Методика проведения испытаний установок автоматических газового пожаротушения

Испытания проводят при нормальных климатических условиях, если методикой испытаний не оговорены особые условия. Испытание на взаимодействие элементов установки проводят с использованием сжатого воздуха вместо ГОС. Модули с ГОС отключают от установки. Вместо них (модулей) к пусковым цепям установки подключают имитаторы (электропредохранители, лампы, самопишущие приборы, пиропатроны и т. п.) и один-два баллона, наполненные сжатым воздухом до давления, соответствующего давлению в сосудах с ГОС. Автоматический пуск установок осуществляют путем срабатывания необходимого количества пожарных извещателей или имитирующих их устройств в соответствии с проектной документацией на установку.

Проверку времени срабатывания проводят при автоматическом пуске установки. Измеряется время от момента срабатывания последнего пожарного извещателя до момента начала истечения ГОС из насадка, после чего подача ГОС может быть прекращена. При испытаниях моменты начала или окончания истечения ГОС из насадка необходимо определять с помощью термпар, датчиков давления, газоанализаторов, аудио- и видеозаписи струй (сжиженных ГОС) или другими объективными методами контроля.

Допускается вместо ГОС, которые при хранении в модуле представляют собой сжатый газ, применять другой инертный газ или сжатый воздух. Давление газа в модуле должно быть равно расчетному давлению ГОС в установке. Измеренное время без учета времени задержки на эвакуацию людей, остановку технологического оборудования и т. п. соответствует требованиям, т. е. не более 15 с. Испытание по определению продолжительности подачи ГОС, которое при хранении представляет собой сжиженный газ, проводят следующим образом. В модули установки направляют 100 % массы ГОС, требуемой для создания нормативной огнетушащей концентрации в защищаемом помещении. Осуществляют пуск установки и подачу ГОС в защищаемое помещение. Измеряют время от момента начала истечения из насадка до момента окончания истечения из насадка жидкой фазы ГОС.

Обеспечение нормативной огнетушащей концентрации ГОС в защищаемом помещении проверяют измерением концентрации ГОС при холодных испытаниях или по факту тушения модельных очагов пожара при огневых испытаниях. Точки измерения концентрации (модельные очаги пожара) располагают на уровнях 10, 50 и 90 % от высоты помещения. Количество и места расположения точек измерения концентрации (модельных очагов пожара) на каждом уровне определяется методикой проведения испытаний. Места расположения точек измерения концентрации (модельных очагов пожара) не должны находиться в зоне непосредственного воздействия струй ГОС, подаваемых из насадков. При холодных испытаниях концентрацию ГОС измеряют газоанализатором.

При огневых испытаниях используют модельные очаги пожара – емкости с горючей нагрузкой, в качестве которой, как правило, применяют характерные для защищаемого помещения горючие материалы. Количество горючего материала определяют методикой испытаний, оно должно быть достаточным для обеспечения продолжительности горения в течение не менее 10 мин после начала подачи ГОС в защищаемое помещение. После зажигания модельных очагов пожара и выдержки времени свободного горения, устанавливаемого методикой испытаний, осуществляют ручной пуск установки. Фиксируют моменты тушения. При холодных испытаниях установку считают выдержавшей испытания, если концентрация ГОС во всех точках измерения достигает значений не ниже нормативной за время не более 5 мин с момента начала подачи ГОС. При огневых испытаниях установку считают выдержавшей испытания, если все очаги потушены за время не более 5 мин с момента начала подачи ГОС и повторное воспламенение не произошло за время не менее 15 мин. Проверку массы ГОС и

газа-вытеснителя в сосуде выполняют взвешиванием на весах или расчетом на основе результатов измерения уровня, температуры, давления.

При испытании трубопроводов УАГП и их соединений на прочность в качестве жидкости-наполнителя используют воду. Подъем давления производят по ступеням: первая ступень – 0,05 МПа; вторая ступень – $0,5 P_1$ ($0,5 P_2$); третья ступень – p_1 (P_2); четвертая ступень – $1,25 P_1$ ($1,25 P_2$). На промежуточных ступенях подъема давления производят выдержку в течение 1–3 мин. Под давлением $1,25 P_1$ ($1,25 P_2$) трубопроводы выдерживают 5 мин. Затем давление снижают до P_1 (P_2) и производят осмотр. Допускается применение сжатого инертного газа или воздуха вместо испытательной жидкости при соблюдении требований техники безопасности.

Проверку автоматического и ручного дистанционного пуска установки выполняют без выпуска из установки ГОС. Сосуды с ГОС отключают от пусковых цепей и подключают имитаторы. Поочередно осуществляют автоматический, дистанционный пуск установки и фиксируют срабатывание всех имитаторов в пусковых цепях. Проверку автоматического и ручного дистанционного пуска установки выполняют без выпуска из установки ГОС. После пуска установки в защищаемом помещении контролируют включение устройств светового (световой сигнал в виде надписи на световых табло «Газ – уходи!») и звукового оповещения. Измеряют время с момента включения устройств оповещения до момента срабатывания имитаторов, установленных в пусковых цепях установки. Затем проверяют включение устройства светового оповещения (световой сигнал в виде надписи на световом табло «Газ – не входить!») перед защищаемым помещением. Результаты испытаний оформляются соответствующими актами.

Глава 5

Автоматические установки порошкового пожаротушения

5.1. Назначение, устройство и работа установок порошкового пожаротушения

5.1.1. Особенности применения порошка в автоматических установках пожаротушения

Установки порошкового пожаротушения предназначены для тушения пожаров спиртов, нефтепродуктов, щелочных металлов, металлоорганических соединений и некоторых других горючих материалов, а также различных промышленных установок, находящихся под напряжением до 1000 В.

Установки могут применяться для тушения пожаров в производствах, где использование воды, воздушно-механической пены, двуокиси углерода, хладонов и других средств пожаротушения неэффективно или недопустимо вследствие их взаимодействия с обращающимися в производстве горючими продуктами.

Огнетушащие порошки не рекомендуется применять при тушении пожаров в помещениях, где имеется аппаратура с большим количеством открытых мелких контактных устройств, а также в помещениях на производствах, где обращаются горючие материалы, способные гореть без доступа кислорода [19].

Огнетушащие порошки представляют собой мелкоизмельченные минеральные соли с различными добавками, препятствующими слеживанию и комкованию. Они обладают рядом преимуществ по сравнению с другими огнетушащими веществами [36]:

- высокой огнетушащей способностью, так как являются сильным ингибитором горения;
- универсальностью применения;
- разнообразием способов пожаротушения – объемным, локальным или локально-объемным.

Различают порошки общего и специального назначения. Порошки общего назначения предназначены для тушения пожаров горючих материалов органического происхождения (легковоспламеняющихся и горючих жидкостей, растворителей, углеводородных сжиженных газов и т. п.), твердых материалов и т. п. Тушение этих материалов производится

посредством создания порошкового облака над очагом горения. Порошки специального назначения используются для тушения некоторых горючих материалов (например, металлов), прекращение горения которых достигается путем изоляции горячей поверхности от окружающего воздуха.

Огнетушащая способность порошков общего назначения повышается с увеличением их дисперсности, порошков специального назначения – почти не зависит от степени их дисперсности.

Эффект тушения пожаров порошковыми составами достигается за счет:

- разбавления горючей среды газообразными продуктами разложения порошка или непосредственно порошкового облака;
- охлаждения зоны горения в результате затрат тепла на нагрев частиц порошка, их частичное испарение и разложение в пламени;
- ингибирования химических реакций, обуславливающих развитие процесса горения, газообразными продуктами испарения и разложения порошков или гетерогенным обрывом цепей на поверхности порошков или твердых продуктов их разложения.

Принято считать, что способность порошковых составов ингибировать пламя играет основную роль при тушении.

Успешное тушение пожара порошком зависит не только от свойств самого порошка, но и от условий его применения. Под условиями применения понимают пригодность порошка для тушения данного горючего материала и режим подачи порошка на очаг пожара. Пригодность порошка характеризуется совместимостью порошка с горючими материалами. Например, порошок на основе бикарбоната натрия пригоден для тушения пожаров классов В, С, Е, но не пригоден для тушения тлеющих материалов; порошок МГС эффективно тушит горящий натрий, но им нельзя тушить калий и ряд других металлов и т. д.

Режим подачи характеризуется следующими параметрами: удельным количеством огнетушащего вещества, интенсивностью подачи огнетушащего вещества и временем тушения. Кроме того, при выборе режима подачи порошка и способа тушения необходимо учитывать характер горения и свойства горючего материала. Например, при тушении пожаров классов В и С, для которых характерно ингибирование горения, наиболее эффективный способ подачи – создание тонкораспыленного облака. В этом случае требуется равномерное распределение порошка в объеме защищаемого помещения. Порошок должен подаваться в распыленном состоянии, что достигается специальными насадками и вытеснением порошка из сосуда под высоким давлением (не выше 1,6 МПа). При тушении пожаров класса D, разлитых легковоспламеняющихся и горючих жидкостей, порошок

необходимо подавать струей с небольшой кинетической энергией, чтобы равномерно засыпать горящую поверхность без распыления и сдувания порошка. В этом случае высокого давления для подачи огнетушащего порошка не требуется и могут быть использованы сосуды, рассчитанные на небольшое давление (до 0,8 МПа).

К основным требованиям, предъявляемым к огнетушащим порошкам, относятся не только эффективность тушения пламени, но и способность сохранять свои свойства в течение продолжительного времени. Как и многие высокодисперсные материалы, огнетушащие порошки при длительном хранении подвергаются различным изменениям, ухудшающим их качество: слеживанию и комкованию. Слеживаемость порошков возникает в результате воздействия влаги и температуры окружающей среды. В процессе поглощения порошком влаги из воздуха и последующего растворения в сконденсированной воде частиц порошка происходит образование насыщенных растворов твердой фазы. При дальнейшем увеличении количества влаги раствор становится перенасыщенным, и из него в зоне контакта частиц выпадают кристаллы исходной твердой фазы. Затем в результате образования фазовых контактов кристаллы срастаются.

На кристаллические порошки небольшой твердости, к которым относятся огнетушащие, также влияет пластическая деформация частиц, в результате которой образование фазовых контактов из точечных протекает под действием повышенных температур и сжимающих усилий (например, собственной массы). На слеживаемость влияет размер частиц, их однородность и характер поверхности. Склонность к слеживаемости увеличивается с уменьшением размеров частиц. При уплотнении порошка мелкие частицы, зажимая поры между крупными частицами, увеличивают число точечных контактов, что обуславливает более высокую способность к слеживанию. Таким образом, огнетушащая эффективность порошков зависит не только от ингибирующей способности и дисперсности, но и от условий хранения и транспортирования. К эксплуатационным свойствам огнетушащих порошков относятся также увлажняемость (поглощение влаги воздуха), текучесть (транспортирование по трубопроводам и шлангам), пресуемость (уплотнение порошка под нагрузкой), устойчивость к вибрации (сохранение свойства после воздействия регламентируемой усадки), сыпная масса, совместимость с пенами (степень разрушаемости пены при контакте с порошком), электропроводность, коррозионная активность, токсичность. Существует несколько способов борьбы со слеживаемостью, которые сводятся либо к снижению содержания влаги в порошке, либо к уменьшению числа и площади контактов частиц. К ним относится удаление влаги путем сушки, упаковка порошков в водонепроницаемую тару, применение водоотталкивающих (гидрофобизирующих) и водопоглощающих средств, а также добавок, улучшающих текучесть. Улучшить

эксплуатационные и, как следствие, огнетушащие свойства порошков можно не только введением специальных добавок, но и совершенствованием технологии их изготовления.

5.1.2. Автоматические модули порошкового пожаротушения

Модуль порошкового пожаротушения (МПП) – устройство, которое совмещает функции хранения и подачи огнетушащего порошка при воздействии исполнительного импульса на пусковой элемент [43]. Модули по способу организации подачи огнетушащего вещества могут быть с разрушающимся (Р) или неразрушающимся (Н) корпусом.

По времени действия (продолжительности подачи ОТВ) МПП могут быть быстрого действия (импульсные – И) или кратковременного действия (КД-1 и КД-2).

По способу хранения вытесняющего газа МПП подразделяются на закачные (З), с газогенерирующим (пиротехническим) элементом (ГЭ, ПЭ), с баллоном сжатого или сжиженного газа (БСГ).

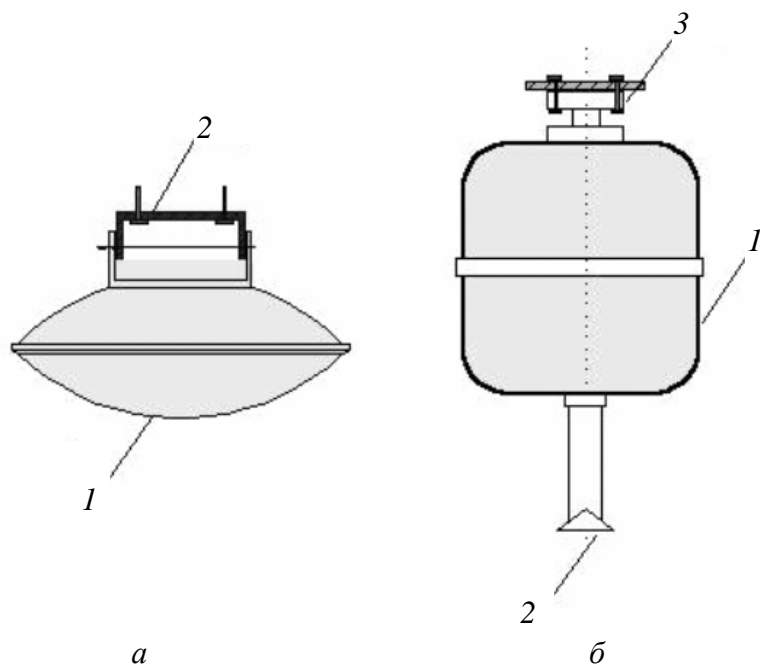


Рис. 5.1. Модули порошкового пожаротушения:
а – с разрушающимся корпусом:

1 – разрушающаяся полу-сфера;

2 – крепление модуля;

б – с неразрушающимся корпусом:

1 – емкость для порошка;

2 – насадок-распылитель;

3 – крепление модуля

МПП с разрушающимся корпусом, представленный на рис. 5.1, *а*, имеет ослабленную нижнюю часть корпуса. При воздействии командного импульса включается газогенерирующее устройство, внутри корпуса растет давление и ослабленная часть разрушается и выпускает порошок в защищаемое помещение. Такая конструкция позволяет существенно снизить

вес, однако после срабатывания модуль не подлежит восстановлению. МПП с неразрушающимся корпусом, представленный на рис. 5.1, б, имеет специальную мембрану и насадок. При подаче командного импульса газогенерирующее устройство создает в корпусе давление и мембрана разрушается. Порошок выходит из корпуса и через насадок распыливается на заданной площади. После использования модуль перезаряжается порошком и в него вставляется новая мембрана.

На рис. 5.2 представлен модуль с большим количеством порошка (до 100 кг).

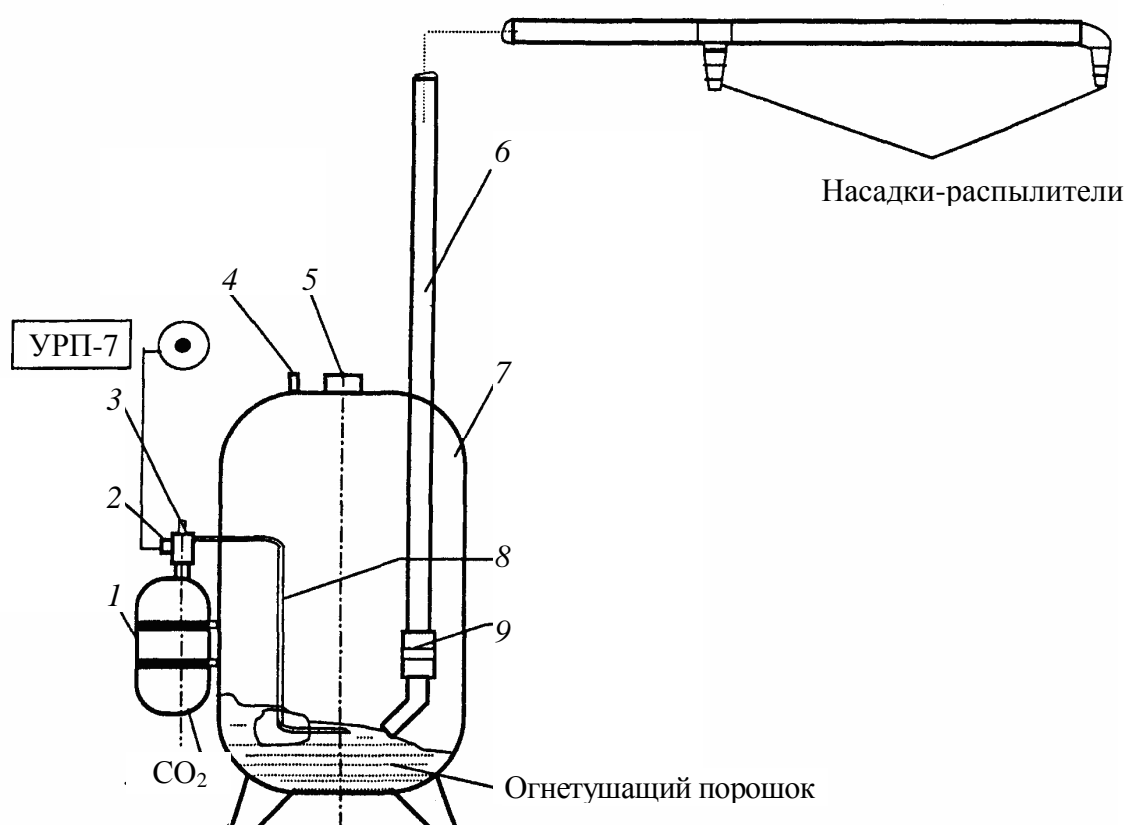


Рис. 5.2. Модуль порошкового пожаротушения МПП-100:

- 1 – емкость с углекислотой; 2 – пиропатрон; 3 – пусковая головка;
 4 – предохранительный клапан; 5 – горловина засыпки порошка; 6 – труба;
 7 – баллон емкостью 100 дм³ с огнетушащим порошком; 8 – впускатель;
 9 – воздушный клапан; УРП-7 – устройство ручного пуска, входит в комплект МПП-100

Модуль типа МПП-50 или МПП-100 (см. рис. 5.2) представляет собой приваренный к раме стальной сварной баллон 7 для порошка, засыпаемого через горловину 5 в верхней части баллона. Труба 6 служит для соединения порошкового трубопровода с насадками-распылителями. В крышку

горловины вмонтирован предохранительный клапан 4. К баллону 7 с порошком прикрепляется баллон 1 с двуокисью углерода или азота, под давлением 0,8 МПа (8 кгс/см²), который необходим для доставки порошка в защищаемое помещение. Газ из баллона 1 попадает под давлением в баллон 7 с порошком при помощи пусковой головки 3 с пиропатроном 2, которые включаются от системы электрического пуска или от устройства ручного пуска УРП. При возникновении пожара вследствие повышения температуры или при появлении открытого пламени система пожарной сигнализации вскрывает запорно-пусковое устройство 3 баллона 1. Газ из баллона поступает во внутреннюю полость корпуса 7 с порошком. В корпусе порошок с помощью впускивателя 8 переходит в псевдоожиженное состояние, благодаря чему приобретает способность к текучести по распределительному трубопроводу. При повышении давления в корпусе огнетушителя до 0,8 МПа (8 кгс/см²) срабатывает клапан пневматический 9, после чего порошок из корпуса по имеющейся в нем сифонной трубке поступает к распределительному трубопроводу, затем к распылителям-насадкам, а далее на защищаемую площадь (в объем).

Модуль оборудован устройством ручного пуска УРП, которое включает модуль через пусковую головку с пиропатроном.

5.1.3. Установки порошкового пожаротушения

Установки порошкового пожаротушения состоят из одного или нескольких модулей и подразделяются на следующие типы [44]:

- установки с централизованным источником рабочего газа;
- установки с автономными источниками рабочего газа на каждом модуле.

Установки второго типа, в свою очередь, подразделяются на:

- установки с одновременным пуском всех модулей, входящих в ее состав;
- установки с выборочным (единичным) пуском модулей в зависимости от места возникновения пожара.

Установки порошкового пожаротушения являются преимущественно установками локального пожаротушения.

Установки должны иметь 100%-ный резервный запас огнетушащего порошка и рабочего газа, находящегося непосредственно в модулях и готовых к немедленному применению в случаях, когда возможно повторное воспламенение горючего материала (например, при продолжающемся после тушения непрерывном поступлении горючей жидкости с температурой самовоспламенения 773 К и ниже; при наличии горючих веществ и

материалов, разогретых до температуры, повышающей их температуру самовоспламенения, и т. п.). Во всех других случаях 100%-ный резервный запас порошка и рабочего газа допускается хранить отдельно от модулей.

В качестве модулей для установок применяются автоматические порошковые модули с единым источником рабочего газа или модули с электропуском или с тросовой системой пуска.

Установка с централизованным источником рабочего газа состоит из следующих сборочных единиц:

1) модулей, содержащих емкость с огнетушащим порошком вместимостью 100 л, оснащенных запорной регулирующей и предохранительной арматурой, а также распределительную сеть с насадками-распылителями.

В качестве модулей для установок этого типа применяются автоматические порошковые огнетушители модульного типа. Число модулей зависит от необходимого количества огнетушащего порошка;

2) централизованного источника рабочего газа, содержащего емкости (баллоны) для хранения рабочего газа, оснащенные запорно-пусковой арматурой автоматического действия и прибором контроля. В качестве централизованного источника рабочего газа могут применяться батареи и установки газового пожаротушения. При необходимости емкость (мощность) источника рабочего газа может быть увеличена путем присоединения к батарее наборных секций;

3) коллектора, содержащего магистральный трубопровод с ответвлениями и предназначенного для подачи рабочего газа от централизованного источника к модулям;

4) распределительных устройств, предназначенных для подачи рабочего газа к требуемой группе модулей;

5) установок автоматической пожарной сигнализации с тепловыми, дымовыми извещателями и извещателями пламени, предназначенных для обнаружения пожара и выдачи сигналов на включение запорной арматуры централизованного источника рабочего газа и распределительных устройств, а также звуковой и световой сигнализаций;

б) блока электроуправления установкой.

Установка с автономным источником рабочего газа включает следующие сборочные единицы:

1) модули, содержащие емкость с огнетушащим порошком различной вместимости. Емкость, оснащенную автономным источником рабочего газа с запорно-пусковым устройством, а также регулирующую и предохранительную аппаратуру. Распределительную сеть с насадками-распылителями. В качестве модулей для установок данного типа применяются огнетушители модульного типа с электропуском. Количество модулей в установке определяется по необходимой массе огнетушащего порошка;

2) установку автоматической пожарной сигнализации с тепловыми, дымовыми извещателями и извещателями пламени, предназначенную для обнаружения пожара и выдачи сигнала на отключение вентиляционных систем, на включение запорно-пусковых устройств автономных источников рабочего газа, а также звуковой и световой сигнализаций;

3) блок электропитания установки;

4) кабельную сеть для подачи сигнала пуска на каждый модуль.

Установка с автономным источником рабочего газа включает набор модулей, серийно выпускаемых промышленностью. Установки имеют фиксированный заряд огнетушащего порошка. Величина защищаемой площади (объема) определяется техническими характеристиками модулей, входящих в состав установки.

В качестве рабочего газа для установок рекомендуется применять двуокись углерода, азот или воздух. Воздух и азот должны быть обезвожены. Содержание влаги допускается не более 0,01 % по массе.

Все типы установок допускаются к эксплуатации в режиме дежурства только в том случае, если они обеспечены зарядом рабочего газа в количестве, не меньшем допускаемого паспортом на модуль для индивидуальных источников рабочего газа и на газовые батареи для централизованного источника.

Коэффициент заполнения корпусов модулей огнетушащим порошком (отношение объема порошка к вместимости корпуса) не должен превышать 0,95.

5.1.4. Электроуправление установками порошкового пожаротушения

Аппаратура электрического управления установкой с централизованным источником рабочего газа должна обеспечивать [19]:

- постоянную готовность установки к действию в случае возникновения пожара в защищаемом помещении;
- обнаружение пожара с указанием места, где он произошел;
- выдачу сигнала о пожаре в диспетчерскую объекта и в пожарную часть, а также предупреждающего сигнала в пределах защищаемого помещения для обеспечения эвакуации людей;
- задержку автоматического пуска установки на время, необходимое для эвакуации людей из защищаемого помещения, в соответствии с требованиями действующих строительных норм и правил;
- автоматический пуск установки для выдачи основного запаса огнетушащего порошка от приемной станции пожарной сигнализации;

- повторный дистанционный пуск установки для выдачи резервного запаса огнетушащего порошка;
 - ручной (по месту) пуск установки при полностью отключенной электроэнергии;
 - возможность отключения автоматики и перевода установки только на ручной пуск;
 - выдачу сигнала о включении требуемого направления подачи рабочего газа, о движении газа, а также о начале работы модулей.
- Снабжение электроэнергией всех приемников установки должно производиться по первой категории в соответствии с требованиями ПУЭ.

5.2. Расчет установок порошкового пожаротушения

5.2.1. Особенности проектирования установок порошкового пожаротушения

Особенности проектирования установок порошкового пожаротушения сводятся к следующему [36].

Тип установки выбирают в зависимости от особенностей пожарной опасности защищаемого технологического процесса. Марку порошка и способ тушения (поверхностный, объемный) принимают, руководствуясь справочными данными по порошкам.

Тип привода (тросовый или электрический) принимают в зависимости от категории пожарной опасности защищаемого помещения. Электропуск УППТ в пожаровзрывоопасных помещениях с производствами категорий А и Б допустим лишь в случае применения пожарных извещателей во взрывозащищенном исполнении. Устройства ручного дистанционного пуска (кнопки, рычаги) следует располагать у выхода из защищаемого помещения и защищать от случайного включения.

Модули допускается размещать непосредственно в защищаемом помещении. Установки можно размещать на технологических площадках, этажерках, галереях или на специальных кронштейнах. При этом расстояние от огнетушителей до технологического оборудования должно быть не менее 5 м. При нехватке производственных площадей как исключение указанное расстояние может быть сокращено до 3 м.

Трубопроводы распределительной сети окрашивают в серый цвет, пневмокоммуникаций – в синий, узлы управления и сигнализации – в красный.

Если суммарная площадь открытых (при пожаротушении) проемов более 15 %, то принимают только поверхностное (локальное) тушение.

Термомеханическую систему пуска огнетушителей размещают как вдоль распределительной сети на роликах, так и непосредственно под защищаемым оборудованием. Расстояние от легкоплавкого замка до ближайшего ролика в сторону огнетушителя должно быть не менее 0,6 м.

Узел ручного пуска для огнетушителей с термомеханической системой располагают на высоте 1,2–1,5 м от пола в легкодоступных местах на путях эвакуации, а в защищаемых помещениях – около выхода из них. Возле узла ручного пуска вывешивается надпись: «При пожаре выдернуть чеку и ручку опустить в нижнее положение» и т. п.

5.2.2. Расчет автоматических установок порошкового пожаротушения модульного типа

Расчет начинают с определения площади проходного сечения коллектора [45]. При его протяженности от централизованного источника рабочего газа до первого модуля (до 100 м) рассчитывается в зависимости от количества модулей, подсоединенных к нему:

$$f = 0,632 n, \quad (5.1)$$

где f – площадь поперечного сечения коллектора, см^2 ; 0,632 – эмпирический коэффициент, см^2 , учитывающий расход газа на один модуль, сопротивление трубопровода и т. д.; n – число модулей, шт.

Если протяженность коллектора от централизованного источника рабочего газа до первого модуля более 100 м, проходное сечение коллектора рассчитывается по общим формулам.

При этом принимают следующие данные: расход газа на один модуль $75 \text{ л} \cdot \text{с}^{-1}$; начальное давление газа в централизованном источнике 12,5 МПа, остаточное давление газа в источнике 1,5 МПа.

При объемном порошковом пожаротушении число модулей определяется, исходя из требуемого количества порошка и одиночного заряда модуля:

$$N_{\text{мод}} \geq M_{\text{п}} / M_{\text{опа}} \quad \text{или} \quad N_{\text{мод}} \geq M_{\text{п}} / V_{\text{к}} \rho K_{\text{зап}}, \quad (5.2)$$

где $M_{\text{п}}$, $M_{\text{опа}}$ – соответственно требуемая масса огнетушащего порошка и масса заряда модуля, кг; $V_{\text{к}}$ – вместимость корпуса модуля, м^3 ; ρ – насыпная плотность порошка, $\text{кг}/\text{м}^3$; $K_{\text{зап}}$ – коэффициент запаса, принимаемый равным 0,35–0,95.

Масса огнетушащего порошка $M_{\text{п}}$ определяется по формуле

$$M_{\text{п}} = K(V_{\text{заш}} q_{\text{nv}} + f_{\text{пр}} q_{\text{ндоп}}), \quad (5.3)$$

где $K = 2$ – при возможности повторного воспламенения, в остальных

случаях $K = 1$; $V_{\text{защ}}$ – объем защищаемого помещения, м^3 ; q_{nv} – объемная огнетушащая способность порошка, $\text{кг}/\text{м}^3$; $f_{\text{пр}}$ – площадь открытых при пожаре проемов, м^2 ; $q_{\text{ндоп}}$ – норма дополнительной массы порошка, принимается равной $2,5 \text{ кг}/\text{м}^2$ при $f_{\text{пр}} = 1\text{--}5 \%$ и $5 \text{ кг}/\text{м}^2$ при $f_{\text{пр}} = 5\text{--}15 \%$ от площади ограждающих конструкций. При большем соотношении площадей рекомендуется применять локальное пожаротушение. При этом дополнительное количество порошка, как правило, следует использовать для организации завесы из порошковых струй у открытых проемов.

При определении объема защищаемого помещения допускается из его геометрического объема вычитать объем, занимаемый в нем негорючими строительными конструкциями, не имеющими внутреннего объема, сообщающегося с объемом защищаемого помещения.

При локальном пожаротушении по объему (снаружи технического агрегата или оборудования) расчетный объем $V_{\text{л}}$ определяется по формуле

$$V_{\text{л}} = (a + 1,5) (b + 1,5) (h + 1,5), \quad (5.4)$$

где a , b , h – соответственно длина, ширина и высота защищаемого агрегата или оборудования, м .

Насадки для выпуска порошка при объемном пожаротушении должны размещаться таким образом, чтобы порошок равномерно распределялся во всем объеме защищаемого помещения; при локальном пожаротушении по объему порошковые струи должны быть направлены на поверхность оборудования, находящегося в защищаемом объеме.

Общее число модулей $N_{\text{мод}}$ при тушении порошком по площади (поверхности) определяется как наибольшее из двух значений:

$$N_{\text{мод}} = \max \{ N_{\text{мод1}} N_{\text{мод2}} \}, \quad (5.5)$$

где $N_{\text{мод1}}$ – число модулей, определяемое необходимым количеством порошка; $N_{\text{мод2}}$ – число модулей, определяемое соотношением всей защищаемой площади и площади, защищаемой одним модулем.

Число модулей $N_{\text{мод1}}$ определяется по формуле (5.2). Масса порошка $M_{\text{п}}$ определяется по формуле

$$M_{\text{п}} = K F_{\text{защ}} q_{n.f}, \quad (5.6)$$

где K – имеет то же значение, что и в формуле (5.3); $F_{\text{защ}}$ – защищаемая площадь помещения или оборудования, м^2 ; $q_{n.f}$ – поверхностная огнетушащая способность порошка, $\text{кг}/\text{м}^2$.

Число модулей $N_{\text{мод2}}$ определяется по формуле

$$N_{\text{мод2}} = K F_{\text{защ}} / (F_1 n), \quad (5.7)$$

где K и $F_{\text{защ}}$ – те же величины, что и в формуле (5.6); F_1 – площадь, защищаемая одним насадком, м^2 ; n – число насадков в модуле.

Для того чтобы вся защищаемая площадь или поверхность технологического оборудования опылялась огнетушащим порошком, расстояние от насадков до ограждающих конструкций не должно превышать 1,5 м. Расстояние от защищаемой поверхности (площади) до насадка должно быть не менее 2 м и не более 4,5 м.

Наибольший эффект тушения достигается при расстоянии от 3,0–3,5 м. Если в защищаемом помещении имеются технические площадки и вентиляционные короба шириной или диаметром более 0,75 м, под ним дополнительно должны устанавливаться модули, учитываемые при расчете по формуле (5.7).

Заметим, что если число модулей, определяемое по формуле (5.5), незначительно отличается от целого числа, то оно может быть сведено к целому числу посредством варьирования коэффициента заполнения модуля $K_{\text{зап}}$ либо простым округлением количества модулей в большую сторону.

Число модулей, определяемое по формуле (5.7), всегда округляется в большую сторону.

5.2.3. Расчет импульсных установок порошкового пожаротушения

Расчёт установок порошкового пожаротушения импульсных локального типа производится в соответствии с методикой [19]. Количество модулей импульсных порошковых (МИП) $N_{\text{л}}$, шт., определяется по формуле

$$N_{\text{л}} = \frac{S_y}{S_{\text{н}}} K_1 K_2 K_3, \quad (5.8)$$

где S_y – площадь защищаемого участка (зоны), для оборудования площадь габарита оборудования, увеличивается на 10 %, м^2 ; $S_{\text{н}}$ – нормативная площадь, м^2 ; K_1 – коэффициент неравномерности распыления порошка, применяется при групповой установке МИП, принимается равным 1,2; K_2 – коэффициент запаса, учитывающий затенённость возможного очага пожара и зависящий от отношения площади, затенённой оборудованием S_3 , к защищаемой площади S_y , определяется по формуле

$$K_2 = 1 + 1,33 \frac{S_3}{S_y}; \quad \text{при } \frac{S_3}{S_y} \leq 0,15, \quad (5.9)$$

где S_3 – площадь затенения, определяемая как площадь части защищаемого участка, на которой возможно образование очага пожара, к которому движение порошка от МИП по прямой линии преграждается непроницаемыми для порошка элементами конструкции. При $\frac{S_3}{S_y} > 0,15$ рекомендуется

установка дополнительных МИП непосредственно в затенённой зоне или в положении, устраняющем затенение (при выполнении этого условия K_2 принимается равным 1);

K_3 – коэффициент, учитывающий изменение огнетушащей эффективности используемого порошка по отношению к горючему веществу в защищаемой зоне по сравнению с бензином А-76 (табл. 5.1);

K_4 – коэффициент, учитывающий степень негерметичности помещения. $K_4 = 1 + B F_{\text{нег}}$, где $F_{\text{нег}} = F/F_{\text{пом}}$ – отношение суммарной площади негерметичности (проемов, щелей) F к общей поверхности помещения $F_{\text{пом}}$, коэффициент B определяется по рис. 5.3.

Нормативная площадь $S_{\text{н}}$ определяется по формуле

$$S_{\text{н}} = K_5 V_{\text{н}}^{2/3}, \quad (5.10)$$

где $V_{\text{н}}$ – объём, защищаемый одним МИП выбранного типа, м^3 ; K_5 – коэффициент, характеризующий особенности распыления порошка МИП выбранного типа (определяется технической документацией на МИП).

При превышении высоты оборудования в защищаемой зоне величины $1,4 H$ (где H – высота выброса) для выбранного типа МИП установка последних осуществляется ярусами с шагом на высоте $0,8 \dots 1,4 H$ при условии, что их размещение должно обеспечивать равномерное заполнение порошком защищаемого объёма. МИП могут устанавливаться на подвесных конструкциях. При этом должны быть приняты конструктивные меры, предотвращающие последствие воздействия на подвесные элементы динамического усилия, возникающего при срабатывании МИП, равного пятикратному весу устанавливаемых модулей.

$V_{\text{н}}$ и H принимаются для МИП выбранного типа в соответствии с техническими условиями разработчика-изготовителя.

Расчёт установок порошкового пожаротушения импульсных объёмного типа.

Количество МИП N , шт., необходимое для защиты помещения, определяется по формуле

$$N = \frac{V_{\text{п}}}{V_{\text{н}}} K_1 K_2 K_3 N_{\text{н}}, \quad (5.11)$$

где $V_{\text{п}}$ – объём защищаемого помещения, м^3 ; $V_{\text{н}}$ – объём, защищаемый одним МИП выбранного типа, м^3 ; $N_{\text{н}}$ – количество МИП, необходимое для нейтрализации утечек огнетушащего порошка через постоянно открытые проёмы, шт.

Значения коэффициентов $K_1 - K_3$ определяются аналогично расчёту УППИ локального типа.

Таблица 5.1

**Коэффициент K_3 сравнительной эффективности огнетушащих порошков
при тушении различных веществ**

№ п/п	Горючее вещество	Пирант-А	ПСБ-3М
1	Бензин А-76	1	0,9
2	Дизельное топливо	0,9	0,8
3	Трансформаторное масло	0,8	0,8
4	Бензол	1,1	1
5	Изопропанол	1,2	1,1
6	Древесина	2,0	–
7	Резина	1,5	–

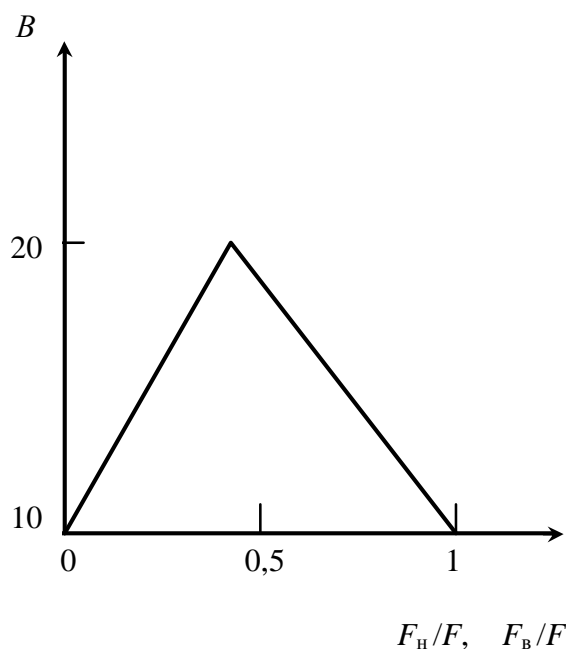


Рис. 5.3. Зависимость коэффициента B от отношения площади негерметичности верхней части F_v и нижней части F_n помещения к общей площади негерметичности F

При защите открытых технологических установок в качестве S_n принимается площадь максимального ранга очага класса В, тушение которого обеспечивается данными МПП (определяется по технической документации на МПП, m^2).

В случае получения при расчёте количества модулей дробных чисел за окончательное число модулей принимается следующее по порядку большее целое число.

Для автономных установок пожаротушения должен обеспечиваться одновременный групповой запуск всего количества модулей N , полученного по расчёту.

5.3. Особенности размещения, монтажа и эксплуатации установок порошкового пожаротушения

5.3.1. Требования к размещению оборудования установок порошкового пожаротушения

Централизованный источник рабочего газа, установка пожарной сигнализации и блок электроуправления установки должны размещаться, как правило, в специальных помещениях, отвечающих следующим требованиям: предел огнестойкости стен и перекрытий не менее 0,75 ч; высота не менее 2,5 м; пол с твердым покрытием, выдерживающим нагрузку от устанавливаемого оборудования; температура воздуха в пределах 288–309 К; освещенность не менее 150 лк; среда невзрывоопасная.

Перед входной дверью снаружи должен устанавливаться светильник и табло. В обоснованных проектом случаях указанные сборочные единицы установок, кроме приемной станции пожарной сигнализации, могут быть размещены в производственных пожаробезопасных помещениях. В этом случае они должны быть огорожены остекленной перегородкой или металлической сеткой и оснащены предупредительными надписями.

Модули должны устанавливаться, как правило, в помещении соседнем с защищаемым. Помещение, в котором размещены модули, должно быть отделено от защищаемого помещения перегородкой с пределом огнестойкости не менее 0,75 ч. Проемы в перегородке должны быть защищены трудносгораемыми дверями с пределом огнестойкости не менее 0,75 ч. Распределительные трубопроводные сети модулей с насадками-распылителями допускается крепить к строительным конструкциям здания.

Коллектор для подачи рабочего газа и кабельную проводку рекомендуется прокладывать по эстакадам совместно с другими технологическими проводками. Коллектор и кабельная сеть должны быть защищены от механических повреждений.

Насадки для выпуска порошка при объемном пожаротушении должны размещаться таким образом, чтобы порошок равномерно распределялся во всем объеме защищаемого помещения. Насадки-распылители необходимо размещать таким образом, чтобы порошковые струи были направлены на поверхность оборудования, находящегося в защищаемом объеме.

При локальном пожаротушении насадки следует размещать так, чтобы при пожаре вся поверхность защищаемого технологического оборудования или защищаемой площади равномерно опылялась огнетушащим порошком.

Устройства дистанционного пуска установок (кнопки, рычаги) следует размещать у входа в защищаемое помещение с защитой их от случайного использования.

5.3.2. Требования к защищаемым помещениям

Защищаемые помещения должны иметь по возможности минимальную площадь открытых во время пожаротушения проемов. Окна и двери должны иметь автоматические доводчики.

Вентиляционные отверстия при пожаре должны автоматически перекрываться, а система вентиляции отключаться при срабатывании установки пожаротушения. По отношению к установкам типа 2б это требование невыполнимо. В этом случае необходимо компенсировать возможные утечки порошка его дополнительным количеством: при суммарной площади проемов 1–5 % от суммарной площади стен, потолка и пола помещения – на 2,5 кг на 1 м² открытого проема; при суммарной площади проемов 5–15 % – на 5 кг на 1 м².

Пути эвакуации людей из помещения должны обеспечивать выход обслуживающего персонала в течение не более 30 с. Если это требование невыполнимо, то в схему автоматического управления установкой должно быть введено устройство, обеспечивающее задержку выдачи огнетушащего порошка до конца эвакуации людей из защищаемого помещения.

5.3.3. Требования к монтажу, испытаниям и сдаче в эксплуатацию

Монтаж установок должен производиться в соответствии с рабочими чертежами проекта и инструкциями по монтажу, прилагаемыми к поставляемым сборочным единицам. Отступление от проекта или инструкции по монтажу допускается лишь по согласованию с проектной организацией и с заводами-изготовителями сборочных 5 единиц.

Все сборочные единицы должны быть подвергнуты входному контролю в соответствии с требованиями технических условий и паспорта сборочной единицы.

Монтаж установок должен осуществляться обученным персоналом с помощью специального инструмента и оборудования, позволяющего обеспечить надлежащее качество работы.

Необходимо вести журнал монтажных работ, в котором указывается марка смонтированного оборудования, дефекты этого оборудования, выявленные при монтаже, фамилия, имя, отчество и должность ответственных за монтаж лиц из числа руководящего технического персонала. В журнале отмечаются все отступления от проекта или инструкции по монтажу, а также указываются документы, разрешающие эти отступления.

Монтаж всех трубопроводов должен обеспечивать: прочность и плотность соединений труб и мест присоединения к ним приборов и арматуры, надежность закрепления труб на опорных конструкциях и самих конструкций на основаниях, возможность их визуального осмотра, а также их периодическую продувку.

Изменение направления трубопроводов рекомендуется выполнять из гибких труб. При необходимости для изменения направления труб можно применять стандартизированные трубные соединения.

При монтаже трубопроводов коллектора необходимо применять разъемные соединения. Допускаются сварные соединения, обеспечивающие условия движения сжатого газа.

Качество монтажных работ следует проверять при завершении каждой операции путем внешнего осмотра и пневматических испытаний в соответствии с указаниями паспорта сборочной единицы.

Коллектор для подачи рабочего газа должен быть подвергнут пневматическим испытаниям давлением 10,0 МПа в течение 120 с. Утечка газа в местах соединения трубопровода не допускается. Контроль утечки производится обмыливанием мест соединения.

После завершения монтажных работ и испытаний на прочность и плотность трубопроводы должны быть окрашены сначала защитной краской, а затем опознавательной. Опознавательная краска должна соответствовать требованиям ГОСТ 12.4.026–76.

По завершении всех монтажных работ и проверки их качества установка предъявляется для приемки заказчику. Приемка должна производиться с участием представителя пожарной охраны.

По требованию заказчика установка может быть подвергнута дополнительным испытаниям (в том числе огневым), проводимым по специальной программе.

Установка в эксплуатацию принимается на основании двухстороннего акта. Другие требования к монтажу, наладке и сдаче установок в эксплуатацию следует принимать по соответствующей нормативной документации для установок водяного, пенного и газового пожаротушения, утвержденной в установленном порядке.

5.3.4. Особенности эксплуатации установок порошкового пожаротушения

При эксплуатации установок порошкового пожаротушения проводят следующие виды технического обслуживания (ТО): ежедневное; ежемесячное; полугодовое; по истечении срока годности порошка и один раз в пять лет.

Технические средства УПТ должны соответствовать проектным решениям, технической документации заводов-изготовителей и иметь сертификаты соответствия.

После каждого срабатывания УПТ должны быть продуты сжатым азотом трубопроводы, по которым подавался огнетушащий порошок.

При *ежедневном техническом осмотре* необходимо:

- произвести внешний осмотр для выявления возникших повреждений элементов установки;
- убедиться в наличии пломб на предохранительном клапане и предохранительной чеке рукоятки пуска;
- проверить наличие троса на роликах, состояние заземления;
- убедиться в работоспособности сигнализации (при наличии) и соответствия давления требуемым параметрам по показаниям манометров;
- проверить наличие напряжения на щите управления и состояние пожарных извещателей в установках с электропуском.

При *ежемесячном техническом обслуживании* необходимо проверить:

- состояние креплений, резьбовых соединений;
- давление в баллонах по показаниям манометров;
- работоспособность пожарных извещателей.

Места с нарушенным покрытием должны быть очищены от ржавчины с последующим нанесением антикоррозийного покрытия.

При *полугодовом техническом обслуживании* необходимо выполнить работы в объеме ежемесячного обслуживания, а также:

- проверить величину остаточной деформации троса и при необходимости натянуть его;
- произвести проверку или техническое освидетельствование манометров, баллонов, сосудов при истечении сроков освидетельствования;
- проверить состояние и работоспособность пневматического (порогового) клапана на сосуде;
- произвести взвешивание пусковых баллонов.

При техническом обслуживании *по истечении срока годности* огнетушащего состава, кроме перечисленных выше работ, необходимо произвести зарядку порошка в специализированных организациях и проверить соединения распределительной сети.

При техническом обслуживании *один раз в 5 лет* необходимо выполнить работы по техническому обслуживанию и дополнительно провести освидетельствование сосудов с порошком и газовых баллонов с рабочим газом в соответствии с требованиями Госгортехнадзора, а также проверить работу предохранительного клапана.

Глава 6

Автоматические установки аэрозольного пожаротушения

6.1. Назначение, область применения и классификация аэрозольных автоматических установок пожаротушения

Одним из способов тушения пожара в помещении является объёмный способ, при котором во всём защищаемом объёме создаётся среда, не поддерживающая горение. До середины 90-х годов XX века в качестве наиболее широко используемых огнетушащих веществ при объёмном способе тушения применялись инертные газовые разбавители (двуокись углерода, азот, водяной пар, аргон и др.), а также химически активные галлоидоуглеводороды – хладоны (фреоны или галлоны) 12B1, 13B1, 114B2.

Поскольку инертные разбавители в силу своих физико-химических свойств имеют низкую огнетушащую способность, то для тушения пожара их требуется значительное количество. Более эффективными по сравнению с ними являются хладоны, которые до настоящего времени наиболее широко применялись в установках объёмного пожаротушения. На их долю приходилось около 80 % от всех используемых огнетушащих веществ [46].

Однако, по мнению многих учёных, присутствие применяемых при тушении пожаров хладонов (в том числе бромхлорсодержащих) в верхних слоях атмосферы является одной из причин разрушения озонового слоя Земли. Для оценки степени воздействия на этот процесс различных галлоидоорганических соединений, включая и огнетушащие бромхлорхладоны, был введён показатель озоноразрушающего потенциала (ОРП). В целях защиты от разрушения озонового слоя Земли в 1987 г. в Монреале 23 страны, включая Россию, подписали протокол, обязывающий снизить производство и потребление озоноразрушающих веществ. На основании этого заключения международным сообществом, в которое входит Россия, был принят ряд документов (Венская конвенция, Монреальский протокол, поправки к протоколу (Лондонские и Копенгагенские)) о поэтапном прекращении производства озоноразрушающих хладонов. В связи с этим во всём мире интенсивно ведётся поиск заменителей и альтернативных хладагмам огнетушащих веществ с нулевым ОРП.

В России в качестве огнетушащих веществ, альтернативных хладагмам, получила достаточно широкое распространение новая разновидность средств объёмного пожаротушения, имеющих нулевой ОРП, – твёрдотопливные

аэрозолеобразующие огнетушащие составы (АОС) и установки аэрозольного пожаротушения на их основе.

Аэрозольные АУП – установки пожаротушения, в которых в качестве огнетушащего вещества (ОВ) используется аэрозоль, получаемый при горении аэрозолеобразующих составов (АОС). В состав аэрозоля входят высокодисперсные твёрдые частицы, величина дисперсности которых не превышает 10 мкм и инертные газы.

По эксплуатационно-технологическому назначению компоненты АОС подразделяются на *базовые, целевые и технологические* [46].

Широко используемые окислители и горючие условно называются базовыми компонентами, а их смеси – базовыми составами.

Базовые компоненты (составы) – обеспечивают протекание устойчивой самоподдерживающейся (во всем диапазоне внешних воздействий) химической реакции окисления компонентов смеси (процесса горения). На их основе разрабатывают различные типовые и специальные рецептуры с требуемыми эксплуатационными показателями, по различным технологиям изготавливают огнетушащие заряды.

Целевые компоненты – предназначены для придания составам, их зарядам, процессу горения и продуктам сгорания требуемых физико-химических и эксплуатационных свойств.

Технологические компоненты – служат для обеспечения технологичности, экономичности и безопасности производства огнетушащих зарядов.

По физико-химическому назначению компоненты АОС можно классифицировать на следующие основные категории [46]: а) окислители; б) горючие; в) связующие (цементаторы) – вещества, обеспечивающие механическую прочность формуемых огнетушащих зарядов; г) флегматизаторы – вещества, уменьшающие температуру и скорость горения состава, а также чувствительность его к механическим, тепловым и другим внешним воздействиям; д) стабилизаторы – вещества, увеличивающие химическую стойкость состава; е) катализаторы (ингибиторы) – вещества, ускоряющие (замедляющие) процесс горения; ж) вещества технологического назначения (смазочные, растворители и т. п.).

Процесс горения твердотопливных АОС представляет собой комплекс экзотермических химических реакций. Реакции горения начинаются на поверхности состава, а заканчиваются в газовой фазе (в пламени). Соединения металлов, получаемые в процессе химических реакций в пламени в газо-, парообразном состоянии, попадая в окружающую среду, охлаждаются. При этом происходит их конденсация с образованием в потоке выделившегося газа субмикронных размеров твердых частиц, например, различных соединений щелочных и щелочно-земельных металлов. Получаемую в процессе реакции горения двухфазную систему (смесь газов и твердых частиц) называют твердофазным аэрозолем [46].

Подавление с помощью АОС очагов горения в условиях возникшего пожара или предотвращение возникновения пожара, взрыва различных горючих веществ в замкнутых объемах зданий, помещений, сооружений и оборудовании по принципу действия относится к объемному способу комбинированного газового и порошкового пожаротушения, условно именуемому газопорошковым способом пожаротушения. Данному способу аэрозольного тушения свойственны основные закономерности, характерные для подавления горения газовыми и порошковыми составами. Вместе с тем тушение твердофазными аэрозолями, получаемыми при сжигании зарядов АОС, имеет ряд отличительных свойств, обеспечивающих более высокую огнетушащую эффективность по сравнению с известными газовыми и порошковыми составами [46, 47]:

- АОС образуют большое количество инертных газов, что снижает содержание кислорода и реакционную способность горючей смеси в объеме;
- образовавшиеся неспассивированные высокодисперсные частицы соединений калия обладают более высокой химической активностью и эффективно ингибируют газовое пламя (химически прерывая цепные реакции окисления);
- твердые частицы аэрозолей размером в 10–100 раз меньше порошков обладают высоким теплопоглощением и заметно уменьшают температуру пламени;
- аэрозоли имеют более высокие, чем порошки, показатели стабильности создаваемых концентраций (низкая скорость оседания частиц) и проникающей способности в труднодоступные, «теневые» зоны защищаемого объема и др.

Анализ процессов получения аэрозоля и его взаимодействия с пламенем показал, что эффективность и механизм аэрозольного тушения (при прочих равных условиях) определяется главным образом следующими условиями [46,47]:

- разбавлением горючей среды газообразными негорючими продуктами реакции горения (аэрозолеобразования) АОС, продуктами разложения твердых частиц аэрозоля и потреблением (выжиганием) кислорода в защищаемом объеме;
- ингибированием химических реакций в пламени свежееобразовавшимися высокодисперсными твердыми частицами аэрозоля (K_2CO_3 , $KHCO_3$, KOH , KCl , K_2O и др.) и продуктами их разложения (K_2O , KO и др.);
- охлаждением зоны горения за счет поглощения тепла аэрозолем.

Классификация генераторов огнетушащего аэрозоля

Согласно ГОСТ Р 51046–97 [48] ГОА классифицируются следующим образом:

- по конструктивному исполнению: снаряжённые узлом пуска, не снаряженные узлом пуска;

- по способу приведения в действие ГОА: запускаемые от электрического сигнала, запускаемые от теплового сигнала, с комбинированным пуском;

- по температуре продуктов, образующихся на срезе выпускного отверстия, ГОА подразделяются на три типа:

I – генераторы, при работе которых температура превышает 500 °С;

II – генераторы, при работе которых температура составляет 130–500 °С;

III – генераторы, при работе которых температура меньше 130 °С.

Классификация ГОА представлена на рис. 6.1.

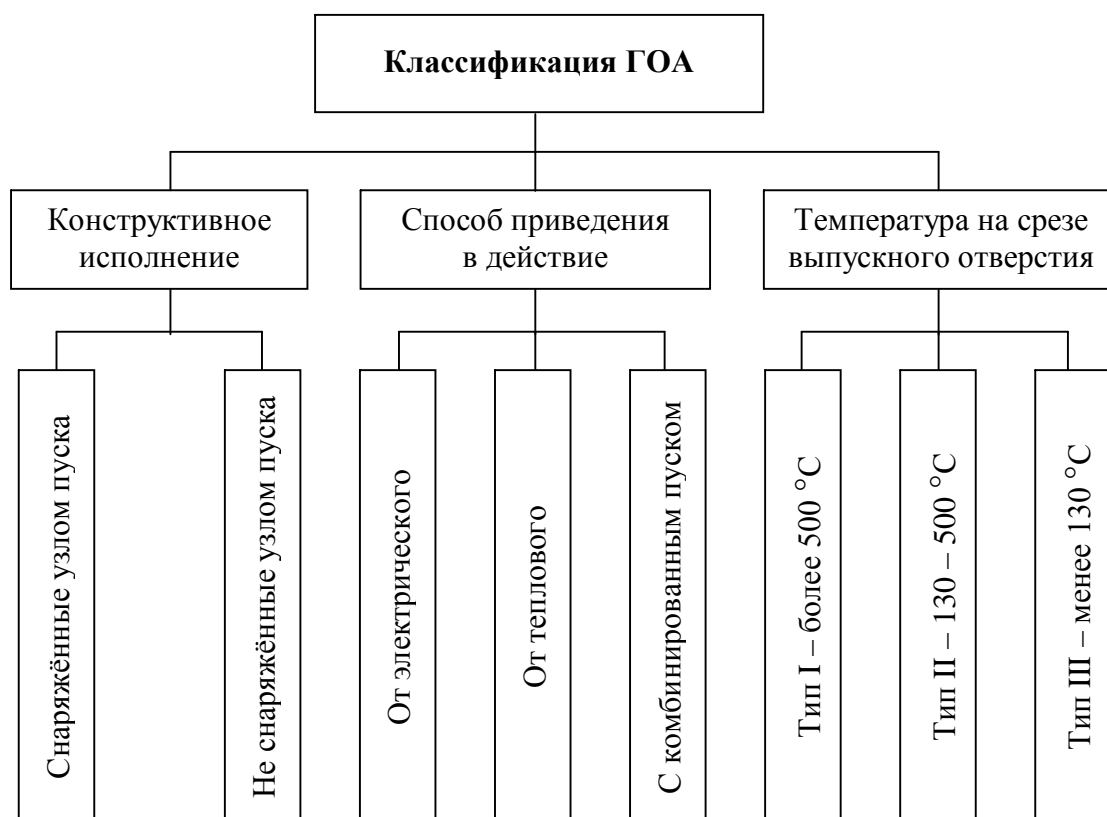


Рис. 6.1. Классификация ГОА

Основные параметры генераторов огнетушащего аэрозоля

ГОА должны характеризоваться следующими основными параметрами:

- температурой продукта на срезе выпускного отверстия, °С;
- массой АОС в снаряжённом генераторе, кг;
- огнетушащей способностью аэрозоля, получаемого при работе ГОА, кг/м³, по отношению к пожарам определённых классов по ГОСТ 27331;
- временем подачи огнетушащего аэрозоля, с;
- инерционностью (временем срабатывания), с.

Параметры ГОА, характеризующие типы, должны соответствовать значениям, указанным в табл. 6.1.

Таблица 6.1

Параметры генераторов огнетушащего аэрозоля

Основные параметры генератора	Тип генератора		
	I	II	III
1. Температура аэрозольных продуктов на срезе выпускного отверстия генератора, °С	> 500	130–500	< 130
2. Масса АОС в снаряжённом генераторе, кг, не более	15,0	15,0	15,0
3. Огнетушащая способность аэрозоля, получаемого при работе ГОА для модельных очагов класса В, кг/м ³ , не более	0,20	0,7	0,7
4. Время подачи огнетушащего аэрозоля, с	5–200	5–200	5–200
5. Инерционность (время срабатывания): - для ГОА, запускаемых от электрического сигнала, номинальное значение (с отклонением, не превышающим $\pm 0,5$ с), не более	5,0	5,0	5,0
- для ГОА, запускаемых от теплового сигнала	В соответствии с нормативными документами		

Структура обозначения генератора огнетушащего аэрозоля

Условное обозначение генераторов огнетушащего аэрозоля в ТУ, другой технической документации должно содержать сведения о ГОА в соответствии со следующей структурой.

	<u>XXX</u>	<u>X</u>	<u>XXX</u>	<u>XXX</u>	<u>XXX</u>	<u>XXX</u>
Наименование – ГОА						
Тип генератора						
Масса АОС в снаряженном ГОА, кг						
Огнетушащая способность аэрозоля, получаемого при работе ГОА, при тушении модельных очагов класса В, г/м ³						
Время подачи огнетушащего аэрозоля, с						
Обозначение технических условий, в соответствии с которыми изготовлен генератор						

Пример условного обозначения генератора, применяемого в стационарных системах объёмного аэрозольного пожаротушения типа II (образующего при работе огнетушащий аэрозоль с температурой от 130 до 500 °С) с массой заряда АОС в снаряжённом генераторе 2,0 кг, огнетушащей способностью аэрозоля, получаемого при работе ГОА, при тушении модельных очагов класса В, равной 47 г/м³, временем подачи огнетушащего аэрозоля 30 с, по ТУ 4854-003-07509209: ГОА-II-2,00-047-030-ТУ 4854-003-07509209-94.

6.2. Конструктивные особенности аэрозольных АУП

ГОА предназначены для получения в результате сжигания зарядов АОС эффективных экологически безопасных огнетушащих аэрозолей и подачи их с требуемым расходом в защищаемое помещение.

Одновременно ГОА обеспечивает сохранность огнетушащего заряда АОС от внешних воздействий и защиту окружающих людей, оборудования от непосредственного воздействия на них опасных факторов в процессе получения огнетушащего аэрозоля (температура струи, световое излучение). Основными элементами ГОА (рис. 6.2, в) являются [46]:

- корпус (оболочка, камера сгорания) 1;
- огнетушащий заряд АОС 2;
- узел воспламенения – устройство инициирования 3 заряда (электро-спираль, электропиропатрон, пировоспламенитель, капсуль и др.).

ГОА могут также включать в себя следующие элементы [46]:

- выходное отверстие (сопло) с удерживающей заряд решеткой 5;
- герметизирующая легковскрываемая мембрана 6;
- насадки (завихрители, инжекторы, охладители, сопла, смесители) 7;
- блоки охлаждения, располагаемые в камере сгорания ГОА, 4;
- узел крепления или приспособление для переноски и забрасывания ГОА в очаг пожара 8;
- другие специальные конструктивные и защитные элементы.

Принцип действия ГОА

При возникновении пожара включается устройство (узел) инициирования, от высокотемпературного воздействия которого воспламеняется заряд АОС, вскрывается мембрана и начинается истечение в защищаемый объем, непосредственно или через специальные приспособления, образующегося огнетушащего аэрозоля.

Разновидности конструкции ГОА

Генераторы огнетушащего аэрозоля можно разделить по следующим основным признакам [46]:

- виду компоновки;
- конструктивным особенностям корпусов;
- способу применения;
- температуре огнетушащего аэрозоля на выходе из ГОА;
- способу пуска.

По видам компоновки генераторы огнетушащего аэрозоля можно разделить на три группы:

- *бескорпусные*. Огнетушащий заряд АОС с узлом инициирования (или без него) расположены в защитной оболочке на несгораемой панели в защищаемом объеме; процесс аэрозолеобразования протекает при разрушении или плавлении защитной оболочки (рис. 6.2, а);

- *генераторы со сбрасываемым корпусом*. Огнетушащий заряд АОС и узел инициирования жестко установлены в защитном корпусе, который после пуска сбрасывается; процесс аэрозолеобразования протекает непосредственно в атмосфере защищаемого объема (рис. 6.2, б);

- *генераторы с камерой сгорания*. Огнетушащий заряд АОС и узел инициирования жестко установлены в защитном корпусе, одновременно являющимся камерой сгорания; процесс аэрозолеобразования протекает в корпусе с последующей подачей аэрозоля в защищаемый объем (рис. 6.2, в).

Наибольшее применение получили генераторы третьего вида – с камерой сгорания.

По конструктивным особенностям ГОА условно подразделяются на следующие:

- с металлическим корпусом;
- с пластмассовым (картонным и т. п.) корпусом;
- сопловые (рис. 6.3);
- бессопловые (рис. 6.4–6.8);
- с насадками (инжекторами, диффузорами, завихрителями и т. п.) (рис. 6.3–6.8);
- без насадок (рис. 6.4–6.8),
- с охлаждающими блоками (рис. 6.9);
- с однонаправленной подачей аэрозоля (рис. 6.3–6.4, 6.6, 6.8);
- с дунаправленной подачей аэрозоля (рис. 6.5);
- с круговой подачей аэрозоля (рис. 6.7);
- со ступенчатой подачей аэрозоля (рис. 6.8);
- с комбинированной подачей аэрозоля и других огнетушащих веществ (газ, порошок, вода и т. д.) (рис. 6.9, 6.10).

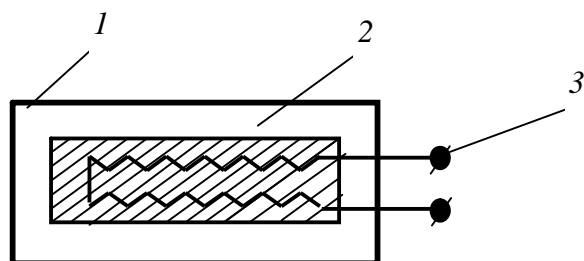


Рис. 6.2, а. Бескорпусной генератор огнетушащего аэрозоля:

1 – негорючая панель; 2 – огнетушащий заряд АОС; 3 – инициирующий элемент (электрическая спираль, огнепроводный шнур и т. д.)

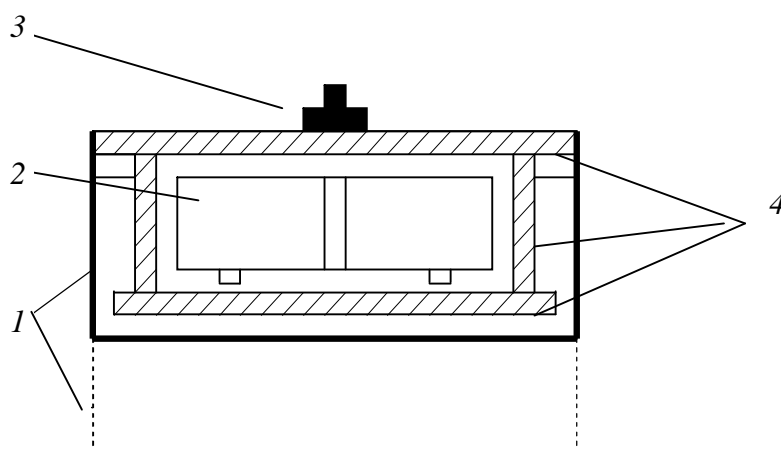


Рис. 6.2, б. Генератор огнетушащего аэрозоля со сбрасываемым корпусом:
1 – сбрасываемый корпус ГОА; 2 – огнетушащий заряд АОС; 3 – узел инициирования;
4 – удерживающие заряд неподвижные элементы ГОА

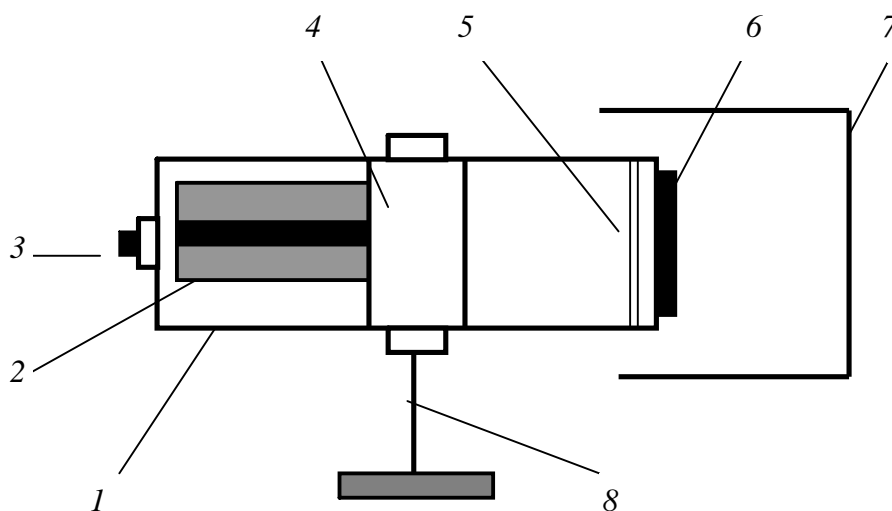


Рис. 6.2, в. Генератор огнетушащего аэрозоля с камерой сгорания:
1 – корпус ГОА; 2 – огнетушащий заряд АОС; 3 – узел инициирования;
4 – блок охлаждения; 5 – решётка, удерживающая заряд АОС; 6 – легкоискрываемая мембрана; 7 – насадок (инжектор, диффузор, завихритель); 8 – узел крепления

По способу применения ГОА подразделяются:

- на стационарно размещаемые;
- переносные (забрасываемые, передвижные и т.п.).

По температуре аэрозоля, получаемого на срезе выходного отверстия, ГОА подразделяются в соответствии с ГОСТ Р51046–97 на три типа:

- высокотемпературные (температура аэрозоля 500 °С);
- среднетемпературные (температура аэрозоля 130–500 °С);
- низкотемпературные (температура аэрозоля < 130 °С).

Рис. 6.3. Сопловый генератор огнетушащего аэрозоля

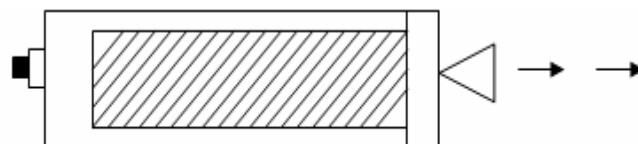


Рис. 6.4. Генератор огнетушащего аэрозоля с однонаправленной подачей аэрозоля

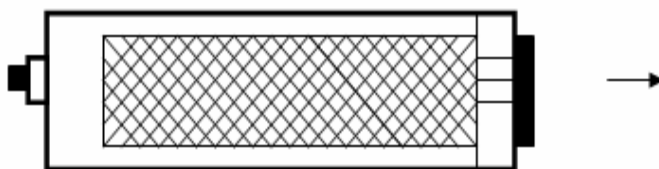


Рис. 6.5. Генератор огнетушащего аэрозоля с двунаправленной подачей аэрозоля

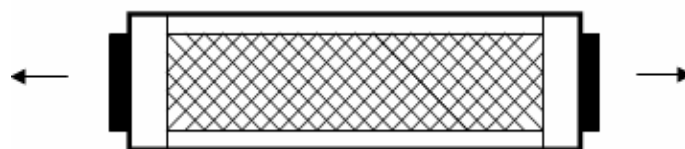


Рис. 6.6. Генератор огнетушащего аэрозоля с рассекателем

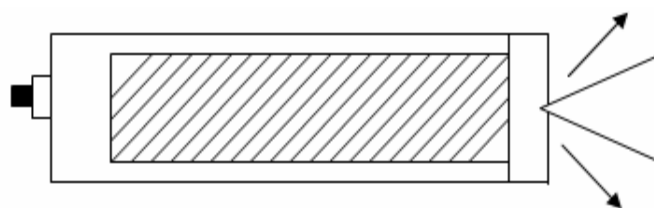
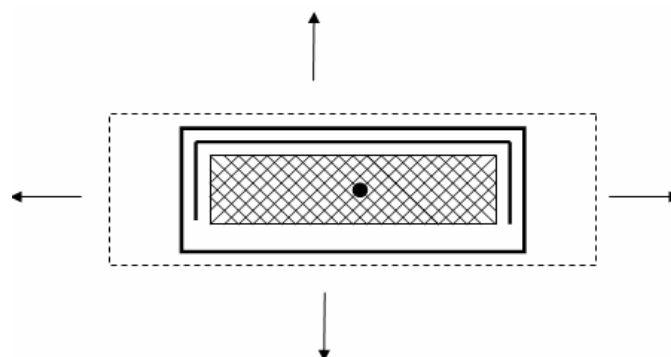


Рис. 6.7. Генератор огнетушащего аэрозоля с круговой подачей аэрозоля



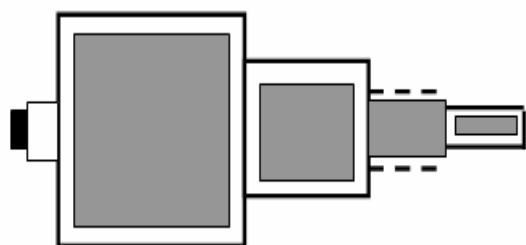
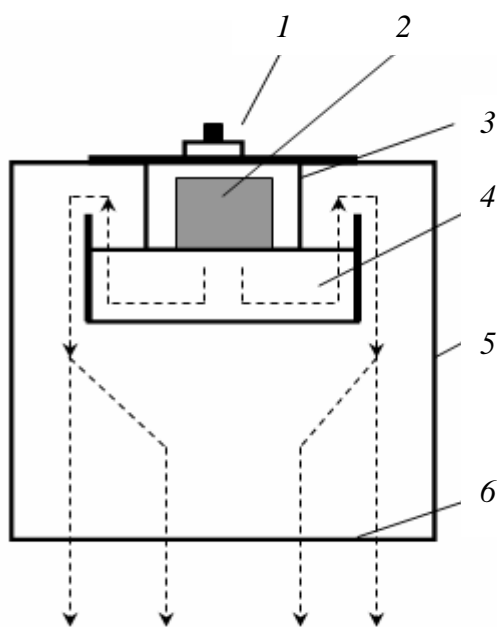


Рис. 6.8. Генератор огнетушащего аэрозоля со ступенчатой подачей аэрозоля



Аэрозолепорошковая смесь

Рис. 6.9. Генератор огнетушащей аэрозолепорошковой смеси (комбинированный) ГОАП-к:
1 – узел иницирования; 2, 3 – встроенный ГОА с зарядом АОС; 4 – смеситель-охладитель с порошком; 5 – корпус комбинированного генератора; 6 – выходное отверстие

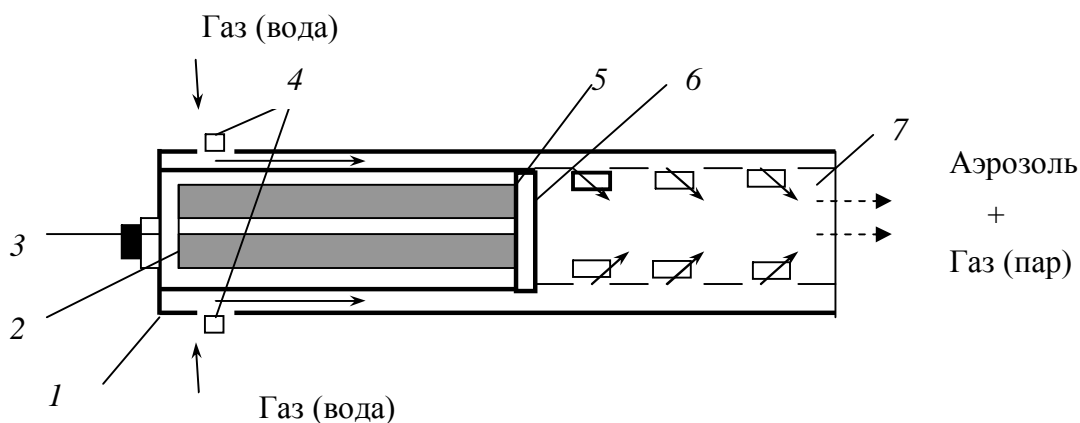


Рис. 6.10. Генератор огнетушащий газо-, пароаэрозольной смеси комбинированный ГОАГ-к (ГОАВ-к):

1 – корпус комбинированного генератора; 2 – корпус встроенного генератора огнетушащего аэрозоля (ГОА) с зарядом АОС; 3 – узел иницирования; 4 – штуцер для подачи в межкорпусное пространство газа (воды); 5–6 – удерживающая решётка с мембраной ГОА; 7 – смеситель комбинированного генератора; 8 – распылители для подачи газа (воды) в смеситель

По способу пуска ГОА подразделяются на генераторы:

- с электрическим пуском (электропировоспламенители, электроспирали и т. п.);
- с тепловым пуском (огнепроводные шнуры, очаг пожара и т. п.);
- с механическим пуском;
- с комбинированным пуском.

Наибольшее распространение в настоящее время получили генераторы с пуском от электрического и (или) теплового сигнала.

Генераторы, имеющие электрический пуск, как правило, применяются в автоматических установках аэрозольного пожаротушения.

Тепловой пуск ГОА обычно осуществляется от огнепроводного шнура (термочувствительного), представляющего собой специальную твердотопливную композицию с пониженной температурой воспламенения. Из нее изготавливается шнур с заданными формой и размерами. Огнепроводный термочувствительный шнур размещают в местах наиболее вероятного возникновения загорания в защищаемом помещении. При возникновении пожара он воспламеняется, огонь распространяется по шнуру и приводит в действие генератор. Возможно также воспламенение огнепроводного шнура от специальных пиромеханических устройств, которые приводятся в действие при достижении в контролируемой зоне защищаемого помещения заданной температуры (как правило, более низкой, чем температура воспламенения огнепроводного шнура). ГОА с таким тепловым способом пуска не требуют внешнего источника энергии, функционируют автономно и применяются в стационарных установках пожаротушения и переносных (забрасываемых) генераторах огнетушащего аэрозоля.

Из многообразия показателей, характеризующих технико-экономическую и социально-экономическую ценность любых технических изделий, в том числе пожарной техники, для твердотопливных генераторов огнетушащего аэрозоля следует выделить ряд показателей, определяющих не только эффективность и экономичность, но и специфику, область целесообразного и допустимого (безопасного) практического применения ГОА, независимо от их конструктивных особенностей и способов применения.

Основные показатели, комплексно характеризующие уровень эффективности, безопасности, совершенства конструкции при применении твердотопливных ГОА, приведены в табл. 6.2 [46].

В России разработкой и производством аэрозолеобразующих огнетушащих составов и генераторов огнетушащего аэрозоля занимается значительное количество предприятий. Создано более двух десятков рецептур АОС, разработаны и прошли экспериментальную отработку более 100 модификаций ГОА, обладающих широким диапазоном тактико-технических характеристик. Наиболее перспективные образцы ГОА прошли межведомственные, а также сертификационные испытания и рекомендованы для практического использования в установках аэрозольного пожаротушения.

Таблица 6.2

Характеристики типовых ГОА

№ п/п	ГОА	Защи- щаемый объём V , м ³	Время работы τ , с	Температура, °С		Температурные зоны		
				горения АОС	аэрозоля (длина тем- пературных зон, см)	75 °С	200 °С	400 °С
1	«Пурга»-Э1	20	57–58	1150– 1300	820(50)	–	–	–
2	«Пурга»-Э5	81	61–72		800(100)	–	–	–
3	«Пурга»-Э10	120	76		804(100)	–	–	–
4	«Пурга» КО-2	2	20–26		350(30)	–	–	<20
5	«Пурга» КО-2-01	1	14–20		270(30)	–	~50	–
6	«Пурга» МХ	10	30–50		250(30)	–	~50	–
7	МАГ-1	0,5	2,5	1100– 1200	500(5)	–	–	–
8	МАГ-2	1	4,0		164(5)	<50	–	–
9	МАГ-3	2	4,0–5,0		472(5)	–	–	–
10	МАГ-4	10	7,5		425(5)	–	–	~10
11	ГОА-40-72	38	18–25	900–100	800(10)	–	–	–
12	СОТ-1	60	90–120	1350– 1450	400(100)	–	–	~100
13	СОТ-1У	60	74–98	1100– 1150	400(50)	–	100	50
14	АГС-2	20	37–49		200(50)	170	50	15
15	АГС-3	3	16–22		100(50)	–	<10	–
16	АГС-4	5	34–46		60(50)	–	–	–
17	АГС-6	52	36–48		25(50)	–	–	–
18	«Габар»-II-2,0	20	25–35	1300– 1350	200	–	–	–
19	«Габар»-II-6,0	60	25–45		200	–	–	–
20	«Вьюга»- МЭО-0,075	0,8	6–8	1100– 1200	250	–	–	–
21	ОСАм	30–160	35–100	1200	480(0)	320	120	40
22	«Теслат»-3	33	18–24	1200	–	170	35	–
23	«Теслат»-6	70	36–48	1200	–	250	50	5
24	ОП-517 (АГАТ1)	–	30	1250	1250	–	–	130
25	ОП-517 (АГАТ2)	–	30	1250	450	–	~80	–
26	АПГ-3	40	40	1200	–	180	~40	–

Приведенные значения основных показателей характерных модификаций ГОА основаны на материалах официальных публикаций, экспериментальных данных ВНИИПО и разработчиков-изготовителей генераторов (нормативно-техническая документация, акты и протоколы испытаний), полученных в испытаниях по методам, изложенным в НПБ 60–97 [49].

Эффективность и безопасность процесса объемного тушения пожара АОС (особенно в негерметичных помещениях) во многом определяются расходными характеристиками подаваемого из ГОА аэрозоля, зависящими от закономерностей (закона) изменения во времени скорости сгорания заряда.

Различают три основных режима горения (аэрозолеобразования) [46]:

а) с постоянной массовой скоростью (соответственно подача аэрозоля с постоянным секундным расходом);

б) прогрессивное (с увеличивающимся во времени секундным расходом);

в) регрессивное (с уменьшающимся во времени секундным расходом).

Возможны комбинации различных режимов горения.

Процесс образования огнетушащего аэрозоля в результате сгорания АОС и подачи его в защищаемый объем чаще всего сопровождается явлением струйного истечения высокотемпературного аэрозоля (от нескольких десятков до нескольких сотен и тысяч градусов, °С), повышением (иногда значительным) температуры корпуса ГОА, его элементов на сотни градусов. Эти явления представляют потенциальную опасность для людей, оборудования, ограждающих конструкций, также они могут являться источником пожара и взрыва [46].

Генераторы, температура аэрозоля на выходе из которых 800 °С, чаще всего не оснащены охлаждающими насадками (блоками) для эффективного снижения температуры образующегося аэрозоля. Высокотемпературная струя аэрозоля может достигать нескольких метров, что является существенным недостатком. Это требует ограничения области применения таких ГОА или разработки специальных защитных мероприятий при использовании в качестве исполнительных устройств автоматических установок объемного аэрозольного пожаротушения [46].

В последнее время разработаны и освоены в производстве модификации генераторов так называемого «холодного» аэрозоля. К ним относятся все генераторы серии МАГ и некоторые генераторы серий «Пурга» (ФЦДТ «Союз»), «Габар» (ИЧП «ГАБАР»), ГОА 40-72 (фирма «Интертехнолог»), ОСА (ООО НПФ «НОРД ЛТД»), АГС (АО «Гранит»), ряд модификаций генераторов серии «Вьюга» (ЦНКБ), «Теслат» (СКТБ «Технолог»), Допинг (фирма «Эпотос+»), ОП-517 (ИВЦ «Техномаш») и некоторые другие [46].

Снижение температуры аэрозольной смеси в генераторах «холодного» аэрозоля достигается либо благодаря рецептуре АОС и конструкции ГОА (например, ГОА-40-72, ОСА), либо в результате применения специальных охлаждающих блоков, размещаемых непосредственно в корпусах ГОА (МАГ, АГС, «Габар», «Вьюга», ОП-517 – АГАТ, АПГ, «Теслат» и др.). В последнем случае масса охлаждающего состава может в 1,5–2,5 раза и более превышать массу заряда АОС, находящегося в генераторе. В результате применения охладителей удастся снизить температуру аэрозоля на выходе ГОА до 600–100 °С и ниже [46].

Знание таких пожароопасных характеристик ГОА, как максимальная температура аэрозоля на выходе из ГОА, максимальная температура его корпуса, размеры зон аэрозольной струи с температурой 75, 200, 400 °С и зажигающая способность аэрозоля по отношению к различным горючим веществам и материалам, позволяет обоснованно решать вопрос о допустимости применения аэрозольного пожаротушения на конкретных объектах, производить выбор модификаций ГОА, схем их расположения в защищаемом объеме, разрабатывать мероприятия, обеспечивающие эффективность и безопасность применения ГОА и установок аэрозольного пожаротушения. Однако пока нет отработанных, надежных и утвержденных в установленном порядке методик оценки зажигающей способности аэрозольных струй и уровня взрывозащищенности конструкции ГОА [46].

Большинство современных модификаций ГОА обладает зажигающей способностью по отношению к ряду горючих веществ, имеет невзрывозащищенное конструктивное исполнение, и их применение во взрывоопасных помещениях не предусмотрено. В последние годы проводятся исследования, имеющие целью создание модификаций ГОА во взрывозащищенном исполнении (например, генераторы комбинированного аэрозоле-порошкового тушения типа «Габар», а также новых видов ГОА: ОСА, ОП-517 и др.) и разработку надежных методик по определению уровня взрывозащищенности конструкций ГОА [46].

6.3. Проектирование и расчёт аэрозольных АУП

Автоматические установки аэрозольного пожаротушения (АУАП) являются установками объёмного пожаротушения и применяются для тушения (ликвидации) пожаров подкласса А2 и класса В по ГОСТ 27331–87 [29] объемным способом в помещениях объемом до 10000 м³, высотой не более 10 м и с параметром негерметичности, не превышающим указанного в табл. 12 Приложения 5 НПБ 88–2001* [19].

При этом допускается наличие в указанных помещениях горючих материалов, горение которых относится к пожарам подкласса А1 по ГОСТ 27331, тушение которых может быть осуществлено ручными штатными средствами в количествах, предусмотренных ППБ 01-03 [72] и НПБ 155-2002 [79].

В помещениях категории А и Б по взрывопожароопасности по НПБ 105–03 [50] и ПУЭ [51] допускается применение ГОА, получивших соответствующее свидетельство о взрывозащищенности электрооборудования, выданное в установленном порядке, и имеющих необходимый уровень взрывозащиты или степень защиты оболочки электрических частей ГОА.

При этом конструктивное устройство ГОА при его срабатывании должно исключать возможность воспламенения взрывоопасной смеси, которая может находиться в защищаемом помещении, что должно быть подтверждено соответствующим испытанием по методике, принятой в установленном порядке.

При проектировании установок должны быть приняты меры, исключаящие возможность возникновения загораний в защищаемых помещениях от применяемых ГОА.

Допускается применение установок для защиты кабельных сооружений (полуэтажи, коллекторы, шахты) объемом до 3000 м³ и высотой не более 10 м, при значениях параметра негерметичности помещения не более 0,001 м⁻¹ и при условии отсутствия в электросетях защищаемого сооружения устройств автоматического повторного включения.

Применение установок для тушения пожаров в помещениях с кабелями, электроустановками и электрооборудованием, находящимися под напряжением, допускается при условии, если значение напряжения не превышает предельно допустимого, указанного в ТД на конкретный тип ГОА.

Установки объемного аэрозольного пожаротушения не обеспечивают полного прекращения горения (ликвидации пожара) и не должны применяться для тушения:

- а) волокнистых, сыпучих, пористых и других горючих материалов, склонных к самовозгоранию и (или) тлению внутри слоя (объема) вещества (древесные опилки, хлопок, травяная мука и др.);
- б) химических веществ и их смесей, полимерных материалов, склонных к тлению и горению без доступа воздуха;
- в) гидридов металлов и пирофорных веществ;
- г) порошков металлов (магний, титан, цирконий и др.).

Использование по решению заказчика АУАП для локализации пожара веществ и материалов, при тушении которых АУАП не обеспечивают полного прекращения горения, не исключает необходимости оборудования помещений, в которых находятся или обращаются указанные вещества и

материалы, установками пожаротушения, предусмотренными соответствующими нормами и правилами, ведомственными перечнями, другими действующими нормативными документами, утвержденными и введенными в действие в установленном порядке.

Запрещается применение АУАП:

а) в помещениях, которые не могут быть покинуты людьми до начала работы генераторов;

б) в помещениях с большим количеством людей (50 человек и более);

в) в помещениях зданий и сооружений III и ниже степени огнестойкости по СНиП 21-01-97 [52] установок с использованием генераторов огнетушащего аэрозоля, имеющих температуру более 400 °С за пределами зоны, отстоящей на 150 мм от внешней поверхности генератора.

Установки должны иметь автоматическое и дистанционное включение. Приведение в действие ГОА должно осуществляться с помощью электрического пуска по алгоритму, определяемому в соответствии с приложением 10 НПБ 88-2001* [19]. Запрещается в составе установок использовать генераторы с комбинированным пуском.

Местный пуск установок не допускается.

Аэрозольные АУП включают в себя:

а) пожарные извещатели;

б) приборы и устройства контроля и управления установкой и ее элементами;

в) устройства, обеспечивающие электропитание установки и ее элементов;

г) шлейфы пожарной сигнализации, а также электрические цепи питания, управления и контроля установки и ее элементов;

д) генераторы огнетушащего аэрозоля;

е) устройства, формирующие и выдающие командные импульсы на отключение систем вентиляции, кондиционирования, воздушного отопления и технологического оборудования в защищаемом помещении, на закрытие противопожарных клапанов, заслонок вентиляционных коробов и т. п.;

ж) устройства для блокировки автоматического пуска установки с индикацией заблокированного состояния при открывании дверей в защищаемое помещение;

з) устройства звуковой и световой сигнализации и оповещения о срабатывании установки и наличии в помещении огнетушащего аэрозоля.

Исходными данными для расчета и проектирования АУАП являются:

а) назначение помещения и степень огнестойкости ограждающих строительных конструкций здания (сооружения);

б) геометрические размеры помещения (объем, площадь ограждающих конструкций, высота);

в) наличие и площадь постоянно открытых проемов и их распределение по высоте помещения;

г) наличие и характеристика остекления;

д) наличие и характеристика систем вентиляции, кондиционирования воздуха, воздушного отопления;

е) перечень и показатели пожарной опасности веществ и материалов по ГОСТ 12.1.044–89 [53], находящихся или обращающихся в помещении и соответствующий им класс (подкласс) пожара по ГОСТ 27331–87 [29];

ж) величина, характер, а также схема распределения пожарной нагрузки;

з) расстановка и характеристика технологического оборудования;

и) категория помещений по НПБ 105–03 [50] и классы зон по ПУЭ [51];

к) рабочая температура, давление и влажность в защищаемом помещении;

л) наличие людей и возможность их эвакуации до пуска установки;

м) нормативная огнетушащая способность выбранных типов генераторов (определяется по НПБ 60–97 [49], для расчетов берется максимальное значение нормативной огнетушащей способности по отношению к пожароопасным веществам и материалам, находящимся в защищаемом помещении), другие параметры генераторов (высокотемпературные зоны, инерционность, время подачи и время работы);

н) предельно допустимые давление и температура в защищаемом помещении (из условия прочности строительных конструкций или размещенного в помещении оборудования) в соответствии с требованиями п. 6 ГОСТ Р 12.3.047–98 [54].

Размещение генераторов в защищаемых помещениях должно исключать возможность воздействия высокотемпературных зон каждого генератора:

а) зоны с температурой более 75 °С на персонал, находящийся в защищаемом помещении или имеющий доступ в данное помещение (на случай несанкционированного или ложного срабатывания генератора);

б) зоны с температурой более 200 °С на хранимые или обращающиеся в защищаемом помещении сгораемые вещества и материалы, а также сгораемое оборудование;

в) зоны с температурой более 400 °С на другое оборудование.

Данные о размерах опасных высокотемпературных зон генераторов необходимо принимать из технической документации на ГОА.

При необходимости следует предусматривать соответствующие конструктивные мероприятия (защитные экраны, ограждения и т. п.) в целях исключения возможности контакта персонала в помещении, а также

сгораемых материалов и оборудования с опасными высокотемпературными зонами ГОА. Конструкция защитного ограждения генераторов должна быть включена в проектную документацию на данную установку и выполнена с учетом рекомендаций изготовителя примененных генераторов.

Размещение генераторов в помещениях должно обеспечивать заданную интенсивность подачи, создание огнетушащей способности аэрозоля не ниже нормативной и равномерное заполнение огнетушащим аэрозолем всего объема защищаемого помещения, с учетом ранее изложенных требований. При этом допускается размещение генераторов ярусами.

Размещать генераторы необходимо таким образом, чтобы исключить попадание аэрозольной струи в створ постоянно открытых проемов в ограждающих конструкциях помещения.

Установка должна обеспечивать задержку выпуска огнетушащего аэрозоля в защищаемое помещение на время, необходимое для эвакуации людей после подачи звукового и светового сигналов оповещения о пуске генераторов, а также полной остановки вентиляционного оборудования, (закрытия воздушных заслонок, противопожарных клапанов и т. п.), но не менее 30 с.

Генераторы следует размещать на поверхности ограждающих конструкций, опорах, колоннах, специальных стойках и т. п., изготовленных из несгораемых материалов, или должны быть предусмотрены специальные платы (кронштейны) из несгораемых материалов под крепление генераторов с учетом требований безопасности, изложенных в технической документации на конкретный тип генератора.

Расположение генераторов в защищаемых помещениях должно обеспечивать возможность визуального контроля целостности их корпуса, клемм для подключения цепей пуска генераторов и возможность замены неисправного генератора новым.

Требования к защищаемым помещениям

Помещения, оборудованные автоматическими установками аэрозольного пожаротушения, должны быть оснащены указателями о наличии в них установок. У входов в защищаемые помещения должна предусматриваться сигнализация в соответствии с ГОСТ 12.4.009–83 [16].

Помещения, оборудованные установками, должны быть по возможности герметизированы. Должны быть приняты меры против самооткрывания дверей от избыточного давления, определенного в соответствии с обязательным приложением 11 НПБ 88–2001* [19].

В системах воздуховодов общеобменной вентиляции, воздушного отопления и кондиционирования воздуха защищаемых помещений необходимо предусматривать воздушные затворы или противопожарные клапаны в пределах противопожарных отсеков.

При пожаре необходимо предусматривать до включения установки автоматическое отключение систем вентиляции, воздушного отопления, кондиционирования, дымоудаления и подпора воздуха защищаемых помещений, а также закрытие воздушных затворов или противопожарных клапанов. При этом время их полного закрытия не должно превышать 30 с.

Для удаления аэрозоля после окончания работы установки необходимо использовать общеобменную вентиляцию помещений. Допускается для этой цели применять передвижные вентиляционные установки.

Требования безопасности

При проектировании установки необходимо учитывать и соблюдать требования безопасности, изложенные в технической документации на генераторы и другие элементы установки, ГОСТ 2.601–95 [35], ГОСТ 12.0.001–82 [55], ПУЭ–98 [51], настоящих нормах, других действующих НТД, утвержденных и введенных в установленном порядке.

В проектах установок, а также в эксплуатационных документах должны быть предусмотрены мероприятия по исключению случайного пуска установок пожаротушения и воздействия опасных факторов работы генераторов на персонал (токсичности огнетушащего аэрозоля, высокой температуры аэрозольной струи и корпуса генераторов, травмирования человека при его передвижении в условиях полной потери видимости).

Места, где проводятся испытания и ремонтные работы установок, должны быть оборудованы предупреждающими знаками со смысловым значением «Осторожно! Прочие опасности» по ГОСТ 12.4.026–76* [56] и поясняющей надписью «Идут испытания!» или «Ремонт», а также обеспечены инструкциями и правилами безопасности.

Входить в помещение после выпуска в него огнетушащего аэрозоля до момента окончания проветривания разрешается только после окончания работы установки в средствах защиты органов дыхания, предусмотренных технической документацией на генераторы.

Перед сдачей в эксплуатацию установка должна подвергаться обкатке в течение не менее 1 месяца. При этом должны производиться фиксации автоматическим регистрационным устройством или в специальном журнале учета дежурным персоналом (с круглосуточным пребыванием) всех случаев срабатывания пожарной сигнализации или управления автоматическим пуском установки с последующим анализом их причин. При отсутствии за это время ложных срабатываний или иных нарушений установка переводится в автоматический режим работы. Если за указанный период были зарегистрированы сбои, установка подлежит повторному регулированию и проверке.

Испытание работоспособности установки при комплексной проверке должно проводиться путем измерения сигналов, снимаемых с контрольных

точек основных функциональных узлов извещателей и вторичных приборов по схемам, приведенным в ТД. При этом в качестве нагрузки на линии пуска могут быть использованы имитаторы генераторов огнетушащего аэрозоля, электрические характеристики которых должны соответствовать характеристикам устройств пуска генераторов.

Сдача смонтированной установки производится по результатам комплексной проверки и обкатки, при этом должно быть составлено заключение (акт) комиссии, определяющее техническое состояние, работоспособность и возможность ее эксплуатации. В состав комиссии по приемке в эксплуатацию установки должны входить представители администрации объекта, организаций, составивших техническое задание, выполнявших проект, монтаж установки.

Требования к аппаратуре управления

Кроме общих требований аппаратура управления автоматическими установками аэрозольного пожаротушения (далее по тексту этого подраздела – установками) должна обеспечивать:

а) дистанционный пуск установки (у входов в защищаемые помещения, допускается в помещении пожарного поста);

б) автоматический контроль электрических цепей управления пусковыми устройствами и цепей пусковых устройств на обрыв;

в) задержку выпуска огнетушащего вещества на время, необходимое для эвакуации людей, остановки вентиляционного оборудования, систем кондиционирования, закрытия воздушных заслонок, противопожарных клапанов и т. д. после подачи светового и звукового оповещения о пожаре, но не менее чем на 10 с. Необходимое время эвакуации из защищаемого помещения следует определять по ГОСТ 12.1.004–91 [5];

г) отключение автоматического пуска установки с индикацией отключенного состояния при открывании дверей в защищаемое помещение.

Устройства дистанционного пуска установок следует размещать у эвакуационных выходов снаружи защищаемого помещения. Указанные устройства должны быть защищены в соответствии с ГОСТ 12.4.009–83 [16].

Размещение устройств дистанционного пуска допускается в помещениях пожарного поста или другом помещении с персоналом, ведущим круглосуточное дежурство.

На дверях в защищаемые помещения необходимо предусматривать устройства, выдающие сигнал на отключение автоматического пуска установки при их открывании.

Размещение устройств отключения и восстановления автоматического пуска должно производиться в помещении пожарного поста или в другом помещении с персоналом, ведущим круглосуточное дежурство.

Устройства восстановления автоматического пуска, защищенные от несанкционированного доступа, при необходимости могут устанавливаться у входа в защищаемое помещение.

Требования к сигнализации

В помещениях, защищаемых автоматическими установками аэрозольного пожаротушения, и перед входами в них должна предусматриваться сигнализация в соответствии с ГОСТ 12.4.009–83 [16].

Смежные помещения, имеющие выходы только через защищаемые помещения, должны быть оборудованы аналогичной сигнализацией.

Перед входами в защищаемые помещения необходимо предусматривать сигнализацию об отключении автоматического пуска установки.

В помещении пожарного поста или другом помещении с персоналом, ведущим круглосуточное дежурство, кроме общих требований должна быть предусмотрена:

а) световая и звуковая сигнализации о неисправности установки: об исчезновении напряжения на основном и резервном вводах электроснабжения (звуковой сигнал общий);

б) световая сигнализация об отключении автоматического пуска (с расшифровкой по защищаемым помещениям).

Примечание. В случае применения дымовых пожарных извещателей для защиты объекта в комплекте с автоматической установкой аэрозольного пожаротушения необходимо предусматривать мероприятия, исключающие ложные срабатывания указанных извещателей в помещениях, в которые возможно попадание аэрозольных продуктов от сработавших генераторов огнетушащего аэрозоля.

Методика расчета автоматических установок аэрозольного пожаротушения

1. Суммарная масса заряда аэрозолеобразующего состава $M_{АОС}$, кг, необходимая для ликвидации (тушения) пожара объемным способом в помещении заданного объема и негерметичности, определяется по формуле

$$M_{АОС} = K_1 K_2 K_3 K_4 q_n V, \quad (6.1)$$

где K_1 – коэффициент, учитывающий неравномерность распределения аэрозоля по высоте помещения; K_2 – коэффициент, учитывающий влияние негерметичности защищаемого помещения; K_3 – коэффициент, учитывающий особенности тушения кабелей в аварийном режиме эксплуатации; K_4 – коэффициент, учитывающий особенности тушения кабелей при различной их ориентации в пространстве; q_n – нормативная огнетушащая способность для того материала или вещества, находящегося в защищаемом помещении, для которого значение q_n является наибольшим (величина q_n должна быть указана в технической документации на генератор), $\text{кг} \cdot \text{м}^{-3}$; V – объем защищаемого помещения, м^3 .

1.1. Коэффициенты уравнения (6.1) определяются следующим образом:

1.1.1. Коэффициент K_1 принимается равным:

$K_1 = 1,0$ – при высоте помещения не более 3,0 м;
 $K_1 = 1,15$ – при высоте помещения от 3,0 до 5,0 м;
 $K_1 = 1,25$ – при высоте помещения от 5,0 до 8,0 м;
 $K_1 = 1,4$ – при высоте помещения от 8,0 до 10 м.

1.1.2. Коэффициент K_2 определяется по формуле

$$K_2 = 1 + U \cdot \tau_{\text{л}}, \quad (6.2)$$

где U^* – определенное по табл. 6.3 значение относительной интенсивности подачи аэрозоля при данных значениях параметра негерметичности δ и параметра распределения негерметичности по высоте защищаемого помещения ψ , с^{-1} ; $\tau_{\text{л}}$ – размерный коэффициент, с.

Значение $\tau_{\text{л}}$ принимается равным 6 с; δ – параметр негерметичности защищаемого помещения, определяемый как отношение суммарной площади постоянно открытых проемов $\sum F$ к объему защищаемого помещения V , $\delta = \frac{\sum F}{V}$, м^{-1} ; ψ – параметр распределения негерметичности по высоте защищаемого помещения, определяемый как отношение площади постоянно открытых проемов, расположенных в верхней половине защищаемого помещения $F_{\text{в}}$, к суммарной площади постоянно открытых проемов помещения, $\psi = \frac{F_{\text{в}}}{\sum F} 100$, %.

1.1.3. Коэффициент K_3 принимается равным:

$K_3 = 1,5$ – для кабельных сооружений;
 $K_3 = 1,0$ – для других сооружений.

1.1.4. Коэффициент K_4 принимается равным:

$K_4 = 1,15$ – при расположении продольной оси кабельного сооружения под углом более 45° к горизонту (вертикальные, наклонные кабельные коллекторы, туннели, коридоры и кабельные шахты);
 $K_4 = 1,0$ – в остальных случаях.

1.2. При определении расчетного объема защищаемого помещения V объем оборудования, размещаемого в нем, из общего объема не вычитается.

1.3. При наличии данных натурных испытаний в защищаемом помещении по тушению горючих материалов конкретными типами генераторов, проведенных по методике, согласованной с ФГУ ВНИИПО МВД России,

суммарная масса зарядов аэрозолеобразующего состава (АОС) для защиты заданного объема помещения может определяться с учетом результатов указанных испытаний.

2. Определение необходимого общего количества генераторов в установке.

2.1. Общее количество генераторов N должно определяться следующим условием: сумма масс зарядов АОС всех генераторов, входящих в установку, должна быть не меньше суммарной массы зарядов АОС, вычисленной по формуле (6.1):

$$\sum_{i=1}^{i=N} m_{\text{ГОА}i} \geq M_{\text{АОС}}, \quad (6.3)$$

где $m_{\text{ГОА}i}$ – масса заряда АОС в одном генераторе, кг.

2.2. При наличии в аэрозольных АУП однотипных генераторов общее количество ГОА N , шт., должно определяться по формуле

$$N \geq \frac{M_{\text{АОС}}}{m_{\text{ГОА}}}. \quad (6.4)$$

Полученное дробное значение N округляется в большую сторону до целого числа.

2.3. Рекомендуются общее количество генераторов N откорректировать в сторону увеличения с учетом вероятности срабатывания применяемых генераторов для обеспечения заданной заказчиком надежности установки.

3. Определение алгоритма пуска генераторов.

3.1. Пуск генераторов может производиться одновременно (одной группой) или, в целях снижения избыточного давления в помещении, несколькими группами без перерывов в подаче огнетушащего аэрозоля.

Количество генераторов в группе n определяется из условия соблюдения требований пп. 3.2 и 3.3.

3.2. Во время работы каждой группы генераторов относительная интенсивность подачи аэрозоля должна удовлетворять условию

$$U \geq U^* \text{ (см. п. 1.1.2),}$$

где U – относительная интенсивность подачи аэрозоля (отношение интенсивности подачи огнетушащего аэрозоля к нормативной огнетушащей способности аэрозоля для данного типа генераторов, $U = I / q_n$), с^{-1} ; I – интенсивность подачи огнетушащего аэрозоля в защищаемое помещение (отношение суммарной массы заряда АОС в группе генераторов установки ко времени ее работы и объему защищаемого помещения), $\text{кг} \cdot \text{м}^{-3} \cdot \text{с}^{-1}$.

3.3. Избыточное давление в течение всего времени работы установки (см. приложение 11) не должно превышать предельно допустимого давления в помещении (с учетом остекления).

Если требования пп. 3.2 и 3.3 выполнить не представляется возможным, то применение установки аэрозольного пожаротушения в данном случае запрещается.

Количество групп генераторов J определяется из условия: общее количество их в установке должно быть не меньше определенного в пп. 2.1–2.3.

4. Определение уточненных параметров установки.

4.1. Параметры установки после определения количества групп генераторов J и количества генераторов в группе n подлежат уточнению по формулам:

$$N^* = \sum_{j=1}^{j=J} \sum_{i=1}^{i=n} n_i \geq N ; \quad (6.5)$$

$$M_{\text{АОС}}^* = \sum_{i=1}^{i=N} m_{\text{ГОВА}_i} \geq M_{\text{АОС}} ; \quad (6.6)$$

$$\tau_{\text{АУАП}}^* = \sum_{j=1}^{j=J} \tau_{\text{ГР}_j} , \quad (6.7)$$

где $\tau_{\text{АУАП}}^*$ – время работы установки (промежуток времени от момента подачи сигнала на пуск установки до окончания работы последнего генератора), с; $\tau_{\text{ГР}_j}$ – время работы группы генераторов (промежуток времени от момента подачи сигнала на пуск генераторов данной группы до окончания работы последнего генератора этой группы), с.

4.2. Во избежание превышения давления в помещении выше предельно допустимого необходимо провести поверочный расчет давления при использовании установки с уточненными параметрами на избыточное давление в помещении в соответствии с приложением 11 к настоящим нормам. Если полученное в результате поверочного расчета давление превысит предельно допустимое, то необходимо увеличить время работы установки, что может быть достигнуто увеличением количества групп генераторов J при соответствующем уменьшении количества генераторов в группе n и (или) применением генераторов с более длительным временем работы. Далее необходимо провести расчет уточненных параметров установки, начиная с п. 1 данной методики.

5. Определение запаса генераторов.

Установка, кроме расчетного количества генераторов, должна иметь 100%-ный запас (по каждому типу ГОА).

При наличии на объекте нескольких установок аэрозольного пожаротушения запас генераторов предусматривается в количестве, достаточном для восстановления работоспособности установки, сработавшей в любом из защищаемых помещений объекта.

Генераторы должны храниться на складе объекта или на складе организации, осуществляющей сервисное обслуживание установки.

Таблица 6.3

Параметр негерметичности	Относительная интенсивность подачи аэрозоля в помещение U^* , с^{-1} , при параметре распределения негерметичности по высоте защищаемого помещения ψ , %												
	δ , м^{-1}	0	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0,000	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050
0,001	0,0056	0,0061	0,0073	0,0098	0,0123	0,0149	0,0173	0,0177	0,0177	0,0177	0,0148	0,0114	0,0091
0,002	0,0063	0,0073	0,0096	0,0146	0,0195	0,0244	0,0291	0,0299	0,0299	0,0299	0,0244	0,0176	0,0133
0,003	0,0069	0,0084	0,0119	0,0193	0,0265	0,0337	0,0406	0,0416	0,0416	0,0416	0,0336	0,0237	0,0172
0,004	0,0076	0,0095	0,0142	0,0240	0,0334	0,0428	0,0516	0,0530	0,0530	0,0530	0,0426	0,0297	0,0211
0,005	0,0082	0,0106	0,0164	0,0286	0,0402	0,0516	0,0623	0,0639	0,0639	0,0639	0,0513	0,0355	0,0250
0,006	0,0089	0,0117	0,0187	0,0331	0,0468	0,0602	0,0726	0,0745	0,0745	0,0745	0,0597	0,0413	0,0288
0,007	0,0095	0,0128	0,0209	0,0376	0,0532	0,0685	0,0826	0,0847	0,0847	0,0847	0,0679	0,0469	0,0326
0,008	0,0101	0,0139	0,0231	0,0420	0,0596	0,0767	0,0923	0,0946	0,0946	0,0946	0,0759	0,0523	0,0362
0,009	0,0108	0,0150	0,0254	0,0463	0,0658	0,0846	0,1016	0,1042	0,1042	0,1042	0,0837	0,0577	0,0399
0,010	0,0114	0,0161	0,0275	0,0506	0,0719	0,0923	0,1107	0,1135	0,1135	0,1135	0,0912	0,0630	0,0434
0,011	0,0120	0,0172	0,0297	0,0549	0,0779	0,0999	0,1195	0,1224	0,1224	0,1224	0,0985	0,0681	0,0470
0,012	0,0127	0,0183	0,0319	0,0591	0,0838	0,1072	0,1281	0,1311	0,1311	0,1311	0,1057	0,0732	0,0504
0,013	0,0133	0,0194	0,0340	0,0632	0,0896	0,1144	0,1363	0,1396	0,1396	0,1396	0,1126	0,0781	0,0538
0,014	0,0139	0,0205	0,0362	0,0673	0,0952	0,1214	0,1444	0,1477	0,1477	0,1477	0,1194	0,0830	0,0572
0,015	0,0146	0,0216	0,0383	0,0713	0,1008	0,1282	0,1522	0,1557	0,1557	0,1557	0,1260	0,0878	0,0605
0,016	0,0152	0,0227	0,0404	0,0753	0,1062	0,1349	0,1598	0,1634	0,1634	0,1634	0,1324	0,0924	0,0638
0,017	0,0158	0,0237	0,0425	0,0792	0,1116	0,1414	0,1672	0,1709	0,1709	0,1709	0,1386	0,0970	0,0670
0,018	0,0165	0,0248	0,0446	0,0831	0,1169	0,1477	0,1744	0,1781	0,1781	0,1781	0,1448	0,1015	0,0702
0,019	0,0171	0,0259	0,0467	0,0870	0,1220	0,1540	0,1814	0,1852	0,1852	0,1852	0,1507	0,1059	0,0733
0,020	0,0177	0,0269	0,0487	0,0908	0,1271	0,1600	0,1882	0,1921	0,1921	0,1921	0,1565	0,1103	0,0764
0,021	0,0183	0,0280	0,0508	0,0945	0,1321	0,1660	0,1948	0,1988	0,1988	0,1988	0,1622	0,1145	0,0794
0,022	0,0190	0,0291	0,0528	0,0982	0,1370	0,1718	0,2012	0,2053	0,2053	0,2053	0,1677	0,1187	0,0824
0,023	0,0196	0,0301	0,0549	0,1019	0,1418	0,1775	0,2075	0,2116	0,2116	0,2116	0,1731	0,1228	0,0854
0,024	0,0202	0,0312	0,0569	0,1055	0,1465	0,1830	0,2136	0,2178	0,2178	0,2178	0,1784	0,1268	0,0883
0,025	0,0208	0,0322	0,0589	0,1091	0,1512	0,1885	0,2196	0,2238	0,2238	0,2238	0,1836	0,1308	0,0911
0,026	0,0214	0,0333	0,0609	0,1126	0,1558	0,1938	0,2254	0,2297	0,2297	0,2297	0,1886	0,1347	0,0940
0,027	0,0221	0,0343	0,0629	0,1161	0,1603	0,1990	0,2311	0,2354	0,2354	0,2354	0,1935	0,1385	0,0968
0,028	0,0227	0,0354	0,0648	0,1195	0,1647	0,2041	0,2366	0,2410	0,2410	0,2410	0,1984	0,1423	0,0995
0,029	0,0233	0,0364	0,0668	0,1229	0,1691	0,2092	0,2420	0,2464	0,2464	0,2464	0,2031	0,1459	0,1022
0,030	0,0239	0,0375	0,0687	0,1263	0,1734	0,2141	0,2473	0,2517	0,2517	0,2517	0,2077	0,1496	0,1049
0,031	0,0245	0,0385	0,0707	0,1296	0,1776	0,2189	0,2525	0,2569	0,2569	0,2569	0,2122	0,1531	0,1075
0,032	0,0251	0,0395	0,0726	0,1329	0,1817	0,2236	0,2575	0,2619	0,2619	0,2619	0,2166	0,1567	0,1102
0,033	0,0258	0,0406	0,0745	0,1362	0,1858	0,2282	0,2625	0,2669	0,2669	0,2669	0,2210	0,1601	0,1127
0,034	0,0264	0,0416	0,0764	0,1394	0,1898	0,2327	0,2673	0,2717	0,2717	0,2717	0,2252	0,1635	0,1153
0,035	0,0270	0,0426	0,0783	0,1426	0,1938	0,2372	0,2720	0,2764	0,2764	0,2764	0,2294	0,1668	0,1178
0,036	0,0276	0,0436	0,0802	0,1458	0,1977	0,2415	0,2766	0,2810	0,2810	0,2810	0,2334	0,1701	0,1203
0,037	0,0282	0,0446	0,0820	0,1489	0,2015	0,2458	0,2811	0,2855	0,2855	0,2855	0,2374	0,1734	0,1227
0,038	0,0288	0,0457	0,0839	0,1520	0,2053	0,2500	0,2855	0,2899	0,2899	0,2899	0,2413	0,1766	0,1251
0,039	0,0294	0,0467	0,0857	0,1550	0,2090	0,2541	0,2898	0,2943	0,2943	0,2943	0,2451	0,1797	0,1275
0,040	0,0300	0,0477	0,0876	0,1580	0,2127	0,2582	0,2940	0,2985	0,2985	0,2985	0,2489	0,1828	0,1298

Методика расчета избыточного давления при подаче огнетушащего аэрозоля в помещение

1. Расчет величины избыточного давления P_m , кПа, при подаче огнетушащего аэрозоля в герметичное помещение $\delta = 0$ определяется по формуле

$$P_m = \frac{0,0265QM_{\text{АОС}}}{S\tau_{\text{АУАП}}} \left[1 - \exp\left(-0,0114 \frac{S\tau_{\text{АУАП}}}{V}\right) \right], \quad (6.8)$$

где Q – удельное тепловыделение при работе генераторов (количество теплоты, выделяемое при работе генераторов в защищаемое помещение, отнесенное к единице массы АОС, указывается в технической документации на генератор), Дж · кг⁻¹; S – суммарная площадь ограждающих конструкций защищаемого помещения (сумма площадей поверхности стен, пола и потолка защищаемого помещения), м².

2. Избыточное давление в негерметичных помещениях определяется по формуле

$$P_m = k A^n, \quad (6.9)$$

где A – безразмерный параметр, описываемый выражением

$$A = 1,13 \cdot 10^{-8} \left(1 - 4,4 \cdot 10^{-3} \frac{S\tau_{\text{АУАП}}}{V} \right) \frac{QI}{\delta}, \quad (6.10)$$

где k, n – коэффициенты, составляющие:

при $0,01 \leq A \leq 1,2$ $k = 20$ кПа, $n = 1,7$;

при $A > 1,2$ $k = 32$ кПа, $n = 0,2$.

Если параметр $A < 0,01$, расчет давления не проводится и считается, что установка удовлетворяет условию $P_m < P_{\text{пред}}$.

Значения величин $M_{\text{АОС}}$, $\tau_{\text{АУАП}}$, I , V , δ определяются в соответствии с предыдущим расчётом.

Глава 7

Автоматическая пожарная защита многофункциональных зданий повышенной этажности

7.1. Структура систем АППЗ и их основные функции

При осуществлении капитального строительства в крупных городах одновременно с решением задачи повышения качества строительства выдвигается требование рационального использования земли при возведении объектов, что ведет к повышению этажности застройки. К зданиям повышенной этажности (ЗПЭ) относятся здания высотой 10 и более этажей. Для современных ЗПЭ и зданий с массовым пребыванием людей (ЗМПЛ) характерны следующие моменты пожарной опасности: многофункциональность зданий (наличие в них различных по назначению помещений – магазинов, мастерских, ателье, складов и т. п.), обуславливающая существование дополнительных источников опасности возникновения пожара; нередко значительная высота и сложная планировка зданий (особенно лечебных и учебных заведений, зданий гостиничного и административного назначения); увеличение пожарной нагрузки за счет применения большого количества предметов комфорта, отделочных материалов, бытовой химии; рост количества источников пожара за счет применения электробытовой техники; образование токсических продуктов при горении синтетических материалов; быстрое распространение огня и продуктов горения по зданию [2].

Перечисленные выше факторы не только усложняют тушение пожаров, но и существенно затрудняют (а иногда делают невозможным) проведение эвакуации и спасение людей, застигнутых пожаром в здании. По этой причине пожары в подобных зданиях нередко приводят к многочисленным жертвам, поэтому для своевременного обнаружения пожара и обеспечения безопасной эвакуации людей в ЗПЭ (равно как и в зданиях с массовым пребыванием людей) наряду с соответствующими объемно-планировочными решениями предусматривают устройство технических средств противопожарной защиты (ТСПЗ). Как показывают статистические исследования, применение ТСПЗ, особенно работоспособных систем оповещения, спринклерных и дренчерных установок существенно уменьшает число жертв пожаров в ЗПЭ. При этом, как показывает мировая практика, максимальный эффект в обеспечении безопасности людей достигается в тех

случаях, когда все ТСПЗ объединены конструктивно и функционально и управляются центральным процессором. Применение ТСПЗ в ЗПЭ и зданиях с массовым пребыванием людей регламентируется соответствующими главами нормативных документов [57–60]. На рис. 7.1 приведены составляющие системы защиты людей от ОФП, которая включает в себя системы обнаружения пожара (СОП), оповещения людей и управление их эвакуацией (СОЛиУЭ), противоподымной защиты (ПДЗ) и пожаротушения (СПТ).

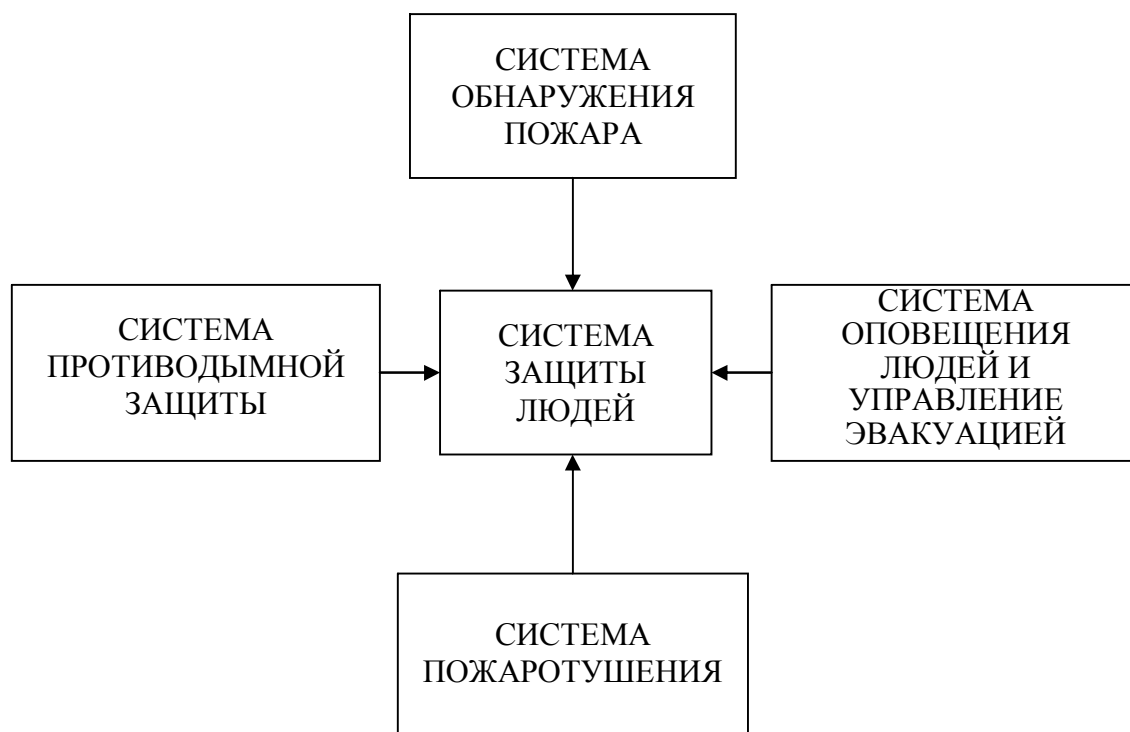


Рис. 7.1. Схема защиты людей (СЗЛ) от воздействия факторов пожара (ОФП)

На рис. 7.2 представлена принципиальная схема технических средств противопожарной защиты в ЗПЭ. Главные ее блоки – тепловые (ПИ) и дымовые пожарные извещатели (ДПИ), система подпора воздуха (СПВ), система дымоудаления (СДУ), АУП, центральный диспетчерский пункт (ЦДП). При появлении сигнала о пожаре от автоматического пожарного извещателя или извещателя ручного действия, установленного в зонах возможного появления того или иного признака пожара (повышенной температуры, дыма, продуктов горения), на щите управления центрального диспетчерского пункта происходит преобразование его в командные импульсы на проверку истинности данного сигнала тревоги, вызов пожарной помощи, включение СОЛ и УЭ, СПДЗ и СПТ.

Так работает полностью автоматизированная схема защиты людей, имеющая в своем составе управляющие ЭВМ. Если ЭВМ нет, все описанные выше действия выполняет диспетчер ЦДП. Он же вызывает аварийные службы и производит отключение всех систем после выполнения задачи.

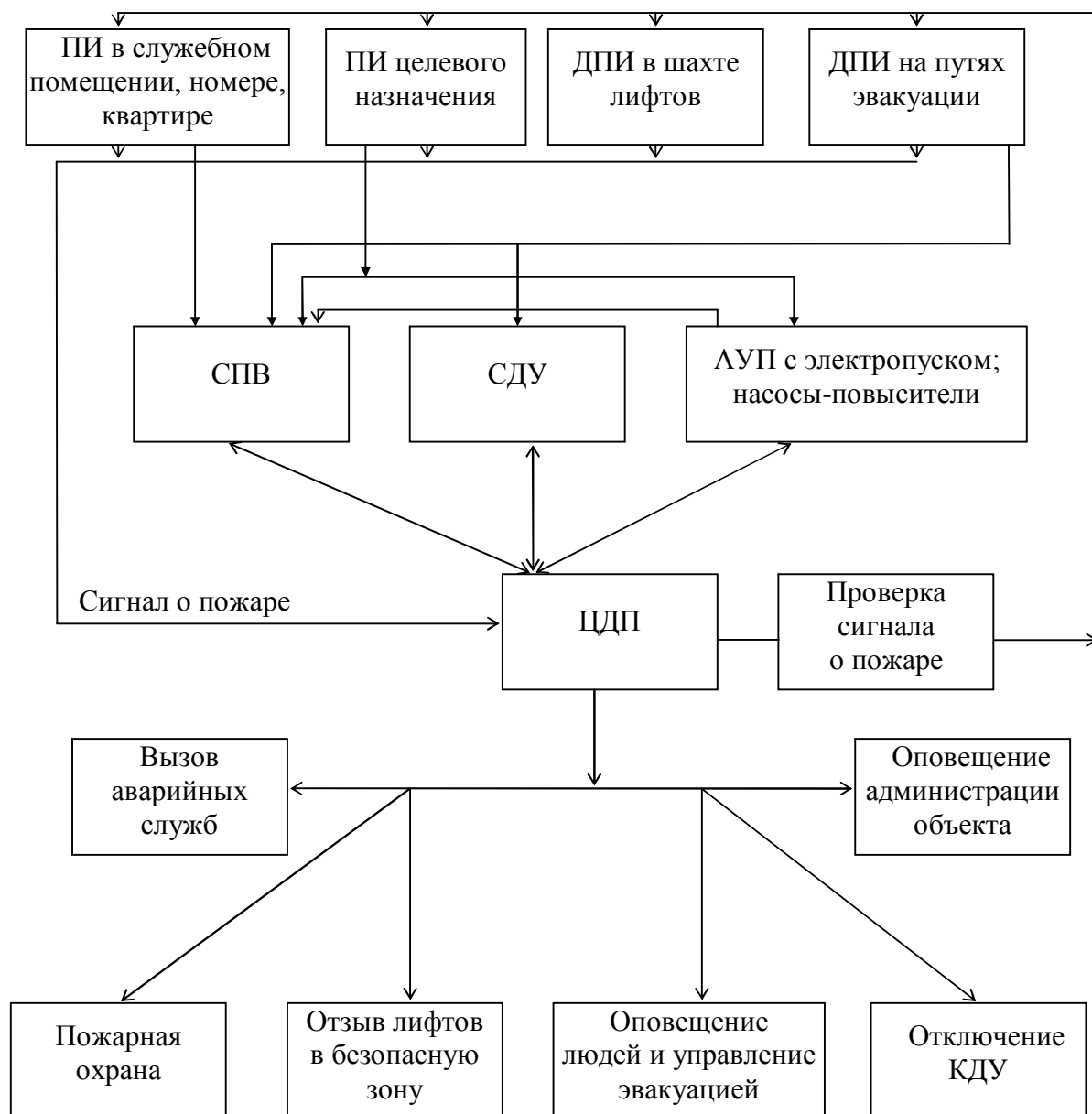


Рис. 7.2. Принципиальная схема ТСПЗ зданий повышенной этажности:
 ПИ – пожарный извещатель; ДПИ – дымовой пожарный извещатель; СПВ – система подпора воздуха; СДУ – система дымоудаления; АУП – автоматическая установка пожаротушения; ЦДП – центральный диспетчерский пункт; КДУ – клапан дымоудаления

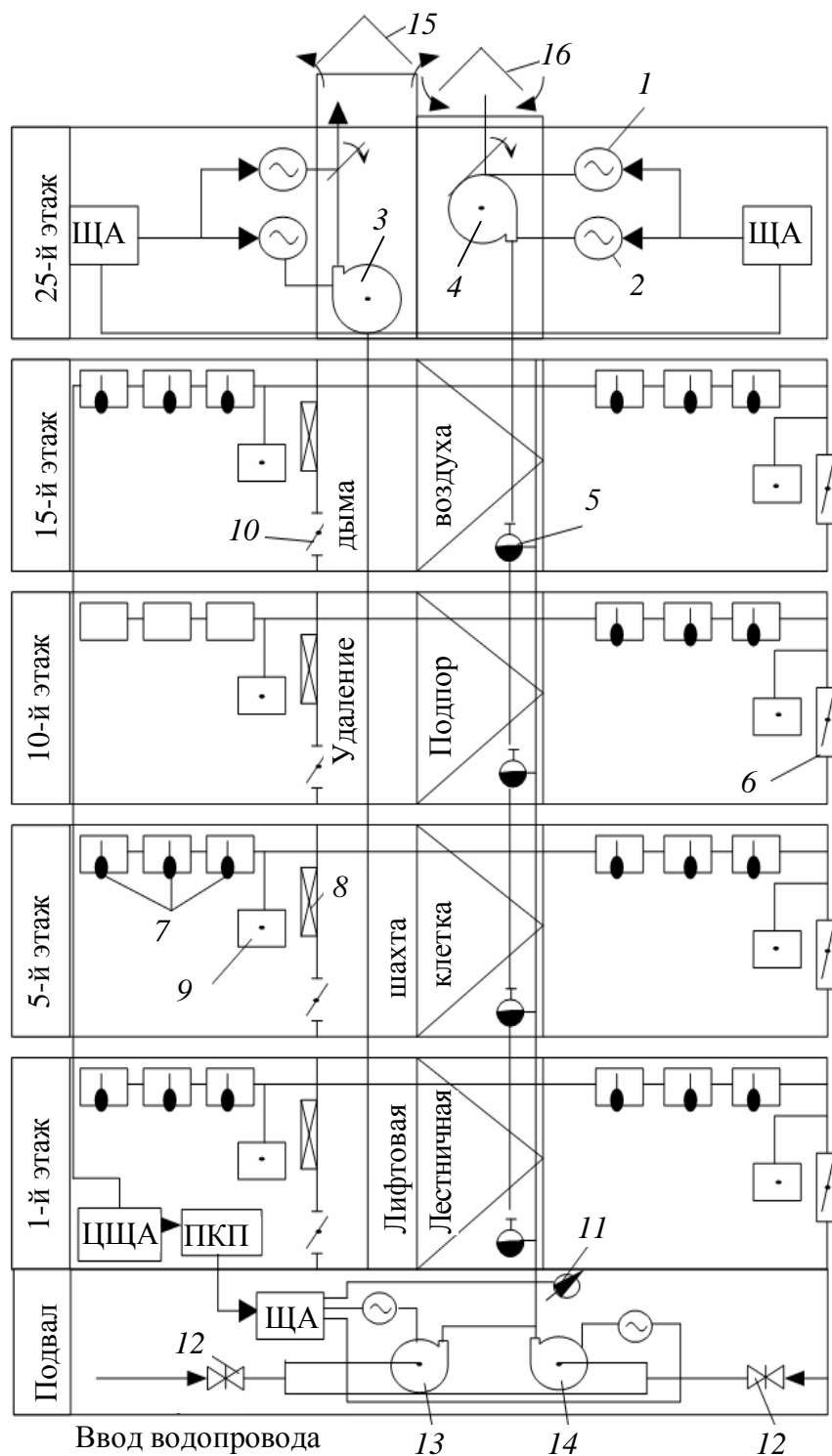


Рис. 7.3. Блок-схема ТСПЗ жилых домов высотой 23–25 этажей:

ЩА – щит автоматики; ЦЩА – центральный щит автоматики; ПКП – приемно-контрольный прибор; 1, 2 – электродвигатели; 3 – вытяжной вентилятор; 4 – приточный вентилятор; 5 – внутренний пожарный кран; 6 – клапан дымоудаления в оконном блоке; 7 – пожарный извещатель; 8 – этажный щиток управления; 9 – этажная пусковая кнопка; 10 – дымовой клапан; 11 – электроконтактный манометр; 12 – задвижка; 13, 14 – насосы-повысители; 15 – клапан в шахте дымоудаления; 16 – приемный клапан Р

На рис. 7.3 показан один из вариантов размещения технических средств противопожарной защиты жилого дома высотой 23–25 этажей. При пожаре срабатывает пожарный извещатель 7 (в жилых комнатах – тепловой, на путях эвакуации – дымовой), сигнал от которого поступает на центральный щит автоматики (ЦЩА) и приемно-контрольный прибор пожарной сигнализации. После проверки истинности сигнала о пожаре сообщение передается в пожарную охрану. Через щиты автоматики (ЩА) технического этажа включаются приводы, а для открывания этажных дымовых клапанов 10 и клапана в шахте для удаления дыма 15, приемного клапана 16 в шахте (или воздуховоде) приточного воздуха и заслонок оконных блоков квартир – также двигатели 2 вентилятора 3 СДУ (вытяжка дыма) из коридоров этажа, где возник пожар, и вентилятора 4 СПВ (нагнетание свежего воздуха в лестничную клетку, лифтовую шахту и лифтовой холл). При необходимости (с ЦЩА через ЩА насосной станции) могут быть включены пожарные насосы-повысители 13 для повышения давления у внутренних пожарных кранов соответствующей зоны. Подачу сигнала тревоги и включение приводов СДУ и СПВ осуществляют через этажные щитки управления 8 с помощью пусковых кнопок 9. Включение насосов-повысителей производят с помощью пусковых кнопок, установленных около пожарных кранов 5.

7.2. Технические средства защиты людей от опасных факторов пожара, их размещение

Технические средства автоматической пожарной сигнализации в ЗПЭ, в том числе и в зданиях с массовым пребыванием людей, могут иметь самостоятельное значение (т. е. выполнять только функции обнаружения пожара и сообщения о нем), а также использоваться для запуска (включения) систем пожаротушения, противодымной защиты, оповещения людей и управления эвакуацией.

Для защиты помещений, в которых в случае пожара возможно сравнительно быстрое нарастание температуры (коридоры жилых квартир [57], мастерские, раздевалки, кладовые и т. п.), применяют тепловые пожарные извещатели. Защиту путей эвакуации (коридоров, лифтовых холлов, лестничных клеток), а также помещений административных зданий, офисов [60], гостиничных номеров, осмотровых и выставочных залов и т. п. осуществляют с помощью дымовых пожарных извещателей.

Аппаратуру пожарной сигнализации обычно располагают либо в центральном диспетчерском пункте (ЦДП) защищаемого здания (крупные гостиницы, здания жилого и административного назначения, крупные универмаги, музеи, спортивные комплексы), либо в помещении, где постоянно находится дежурный персонал.

Автоматические пожарные извещатели (или автономные пожарные извещатели, имеющие выход в систему пожарной сигнализации) должны быть установлены во всех помещениях (в том числе квартирах, офисах, коридорах, лифтовых холлах, фойе, вестибюлях и т. д.) за исключением помещений, не подлежащих защите. Количество и размещение извещателей в помещениях должно определяться требованиями НПБ 88–2001* (табл. 5, 8).

Элементы АПС должны обеспечивать автоматическое самотестирование работоспособности и передачу информации, подтверждающей их исправность в ЦПУ СПЗ. Организационными и техническими мероприятиями должно быть обеспечено восстановление работоспособности элементов АПС, участвующих в формировании сигналов управления, за время не более 2 ч после получения сигнала о неисправности.

При повреждении линии связи в одном или нескольких помещениях (квартирах) должна сохраняться связь с элементами системы, установленными в других помещениях (квартирах), путем автоматического отключения поврежденного участка линии. Допускается использовать кольцевую линию связи с ответвлениями в каждое помещение (квартиру) с автоматической защитой от короткого замыкания в ответвлении.

Приборы управления АПС должны обеспечивать [19]:

- реализацию поэтажного и позонного алгоритмов управления автоматическими СПЗ;
- визуальный контроль данных о срабатывании элементов автоматических СПЗ в пределах помещения, зоны, пожарного отсека и здания в целом;
- контроль и повременную регистрацию данных о срабатывании элементов автоматических СПЗ, а также возможность документального оформления этих данных в виде распечаток;
- передачу информации о пожаре в ближайшее пожарное депо и ЦППС.

Алгоритм управления автоматической СПЗ должен обеспечивать своевременное включение СПЗ здания для обеспечения эвакуации людей до наступления опасных факторов пожара и снижения материальных потерь при пожаре.

Важнейшим условием безопасной эвакуации людей из здания, в котором произошел пожар, является обеспечение незадымляемости путей эвакуации [61]. Это достигается конструктивно-планировочными решениями и техническими средствами, обеспечивающими удаление дыма из жилых помещений, коридоров, проходов и т. п. и незадымляемость путей эвакуации. Эти технические устройства состоят из систем подпора воздуха на путях эвакуации и систем дымоудаления. Система подпора воздуха (рис. 7.4)

служит для ограничения возможности распространения дыма и токсичных продуктов горения по зданию посредством подачи большого количества свежего воздуха в шахты лифтов, лифтовые холлы, тамбур-шлюзы незадымляемой лестничной клетки и обычные (задымляемые) лестничные клетки, создающие в этих объемах избыточное (не менее 20 Па) давление, препятствующее их задымлению.

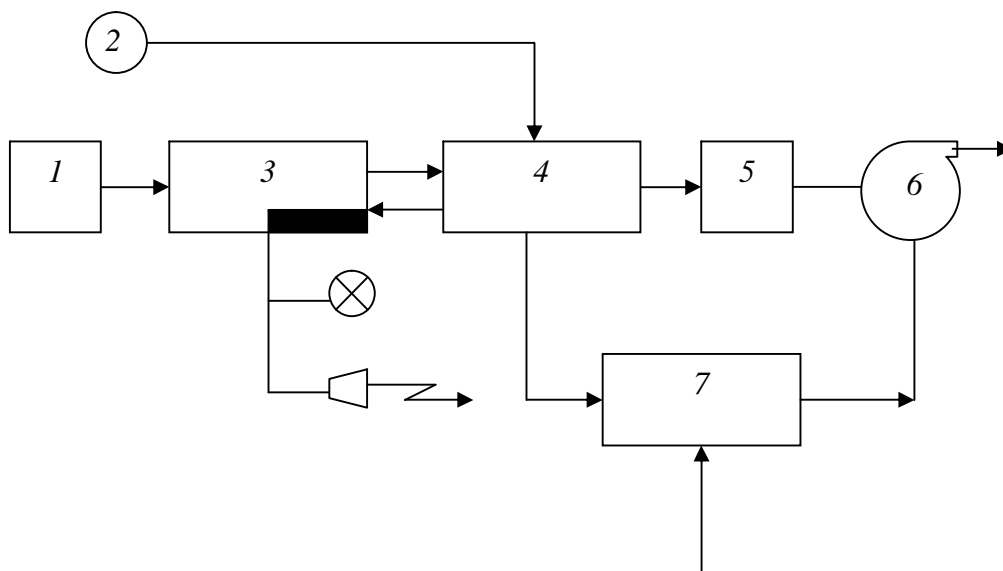


Рис. 7.4. Принципиальная схема системы подпора воздуха:

1 – пожарный извещатель; 2 – этажная пусковая кнопка;
3 – приемно-контрольный прибор; 4 – щит управления; 5 – электродвигатель;
6 – вентилятор подпора воздуха; 7 – приемный клапан для подачи воздуха
в шахту лифта, лестничную клетку или лифтовый холл

При срабатывании пожарного извещателя 1 сигнал тревоги фиксируется на приемно-контрольном приборе 3, с которого через щит управления 4 подается командный импульс на открывание приемных воздушных клапанов 7 и включение двигателя 5 приточного вентилятора 6. Чистый воздух, нагнетаемый в шахту лифта (лифтовой холл или лестничную клетку), создает требуемый подпор (избыточное давление) не менее 20 Па, благодаря чему исключается или уменьшается задымление этих помещений. Для ручного дистанционного включения системы подпора воздуха могут быть использованы этажные кнопки управления 2.

В качестве приточных вентиляторов для создания подпора воздуха в лифтовых шахтах, лестничных клетках и холлах используют серийно выпускаемые осевые и центробежные вентиляторы различных типов (рис. 7.5); применение того или иного типа вентилятора зависит от вида приточной системы (канальная или бесканальная), величин напора и подачи, при которых обеспечивается необходимое значение подпора.

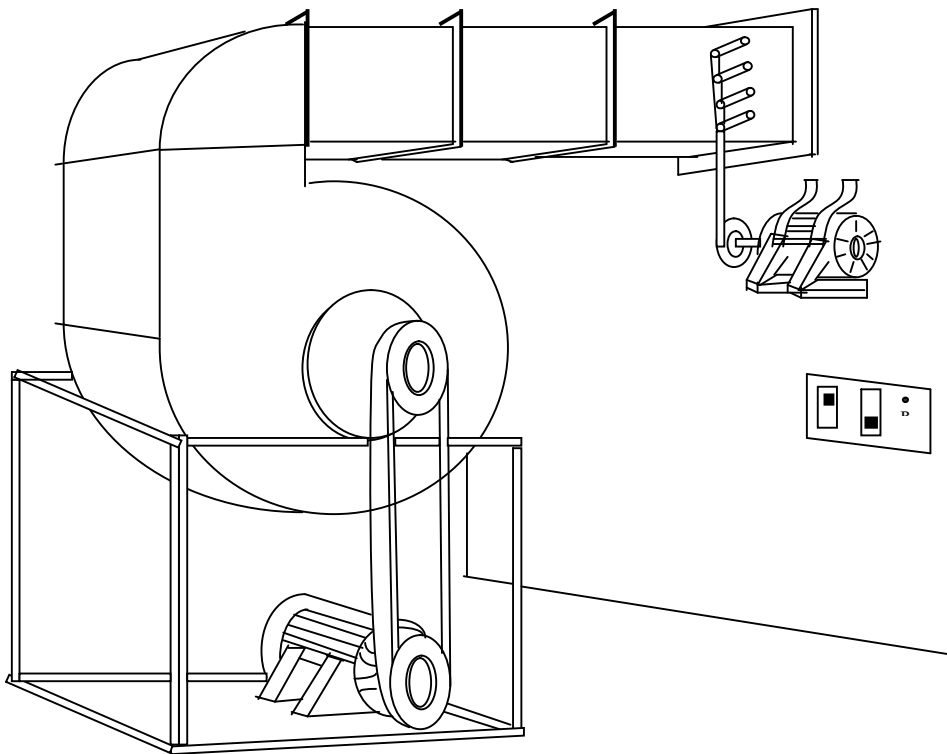


Рис. 7.5. Вентилятор системы подпора воздуха

Установку вентиляторов следует предусматривать в отдельных помещениях с пределом огнестойкости конструкции 0,75 ч. Допускается размещение вентиляторов на кровле или снаружи здания.

Воздушные клапаны могут быть прямоугольного и круглого сечения с заслонками поворотного, падающего и жалюзийного типов, приводимыми в действие с помощью исполнительных механизмов (электродвигателей) ПР-1М или МЭО-4/100. Унифицированный клапан круглого сечения типа Р также работает от этих приводов. Чаще всего применяются прямоугольные клапаны с заслонками падающего типа КДП (или поворачивающиеся вокруг вертикальной оси), удерживаемые с помощью электромагнитных защелок (например, МИС-6100 или ЭУ-6100).

Воздушные клапаны со стороны помещения должны иметь предел огнестойкости не менее 0,25 ч. Названные выше конструкции клапанов выполнены в металле и имеют предел огнестойкости 0,25 ч.

Воздуховоды должны быть выполнены из негорючих материалов с пределом огнестойкости 0,5 ч.

Система дымоудаления (СДУ) предназначена для естественного и принудительного отвода дыма из жилых помещений, коридоров, проходов и т. п. в целях обеспечения безопасных условий эвакуации людей при пожаре.

Схема работы СДУ приведена на рис. 7.6.

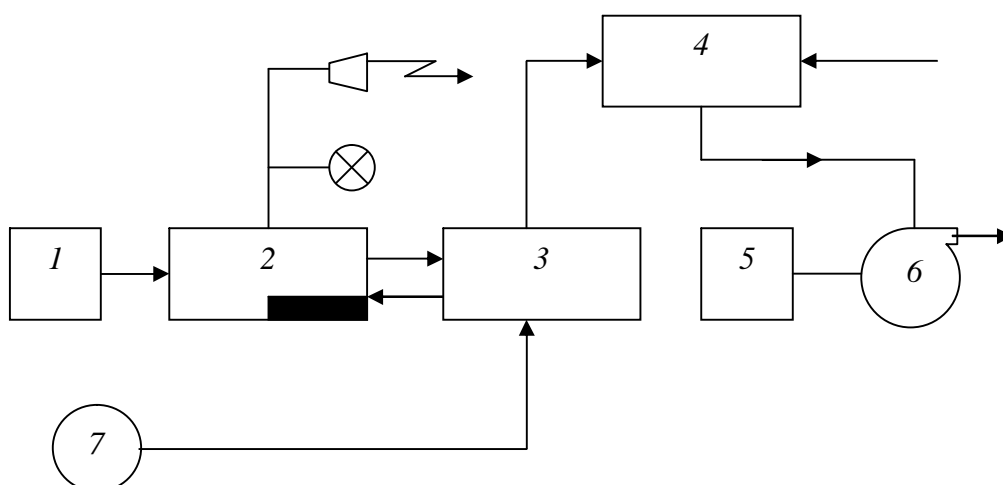
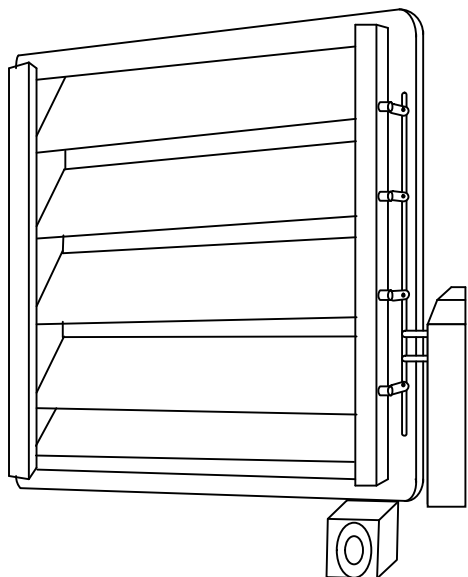


Рис. 7.6. Принципиальная схема системы дымоудаления:
 1 – пожарный извещатель; 2 – приемно-контрольный прибор;
 3 – этажный щит управления; 4 – дымовой клапан; 5 – электродвигатель;
 6 – вытяжной вентилятор для выброса дыма; 7 – этажная пусковая кнопка

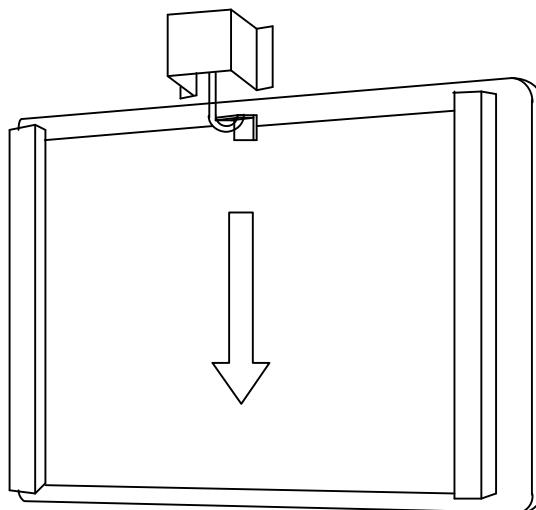
При получении сигнала о возникновении пожара на путях эвакуации (в автоматическом режиме работы СДУ) фиксируются световой и звуковой сигналы тревоги на пульте диспетчера и через щит управления 3 подается командный импульс на включение электродвигателя вытяжного вентилятора и приводов для открывания клапанов (заслонок) на заборном и выхлопном патрубках и на приемных отверстиях каналов дымоудаления. Аналогично работает система при включении ее с пульта диспетчера (в автоматизированных системах после получения сигнала о пожаре) или с помощью этажных кнопок ручного пуска 7.

Учитывая, что удаляемые продукты горения и дым могут иметь высокую температуру (более 300–400 °С), вытяжные вентиляторы при многократном использовании должны быть выполнены из жаростойких материалов и иметь электродвигатель, вынесенный из потока. При одноразовом использовании можно применять вентиляторы обычного исполнения (в том числе и на одном валу с электродвигателем), поскольку они выдерживают температуру 500–600 °С в течение более 1 ч. Однако после использования в таких условиях вентилятор требует тщательной ревизии и проверки работоспособности. Клапаны дымоудаления (этажные, а также устанавливаемые на заборном и выхлопном патрубках вентилятора) могут иметь различную конструкцию и привод (рис. 7.7, а, б, в). В частности, в СДУ используют клапаны тех же типов, что и в системах подпора воздуха. Однако к ним предъявляют более высокие требования по огнестойкости (предел огнестойкости со стороны канала дымоудаления должен быть не менее 0,5 ч).

Выполнение этого требования означает необходимость применения специальной огнезащиты клапана с использованием вспучивающихся красок или негорючей теплоизоляции.



а



б



в

Рис. 7.7. Клапан дымоудаления:
а – жалюзийного типа;
б – падающего типа;
в – двустворчатый

Применение поэтажных клапанов шторного типа (рис. 7.8) позволяет отказаться от конструктивных ограничений размеров шахты дымоудаления, так как при открытии клапана его заслонка не выходит за пределы корпуса. Клапаны этого типа обладают свойством самоуплотнения конструкции при ее нагревании, т. е. обеспечивают повышенную дымопроницаемость в закрытом положении. Клапаны выпускаются в двух модификациях: КППГ – горизонтальное и КППВ – вертикальное исполнение. Конструктивно клапан состоит из штампованного корпуса и заслонки шторного типа, свободно складывающейся в нижней части корпуса при срабатывании электромагнита, установленного в его верхней части; для контроля положения заслонки применен конечный выключатель. Унифицированное исполнение конструкции позволяет осуществлять выпуск нескольких однотипных клапанов с различной площадью проходного сечения (от 0,25 м² и выше). Предел огнестойкости клапанов не менее 1 ч.

Воздуховоды и шахты дымоудаления должны быть выполнены из негорючих материалов с пределом огнестойкости 0,75 ч – при удалении дыма непосредственно из помещения; 0,5 ч – из коридоров или холлов.

Выброс дыма в атмосферу должен быть не менее 2 м от кровли, с зонтом – для систем с искусственным побуждением и с дефлектором – для систем с естественным побуждением.

В качестве системы пожаротушения в ЗПЭ применяются внутренний водопровод с пожарными кранами, в нишах которых устанавливают кнопки дистанционного включения насосов-повысителей (пожарных насосов) и открытия электроздвижки, обеспечивающей пропуск большого расхода воды на пожаротушение, минуя водомерный узел здания. В гостиницах высотой более 16 этажей, а также в зданиях с массовым пребыванием людей для защиты от воздействия ОФП используют водяные спринклерные и дренчерные установки пожаротушения.

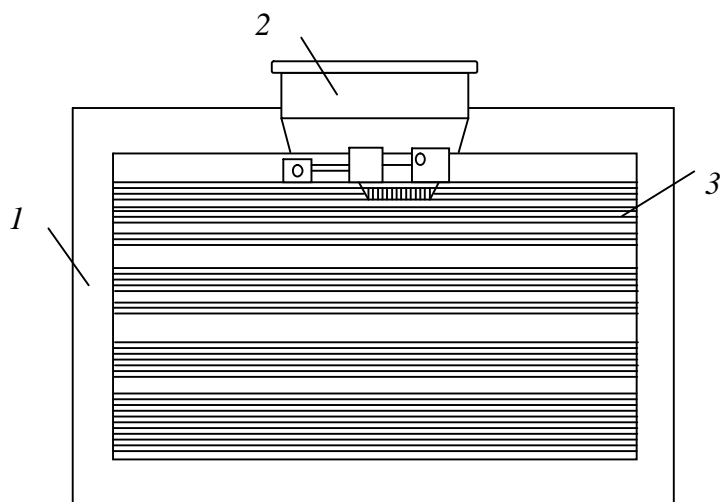


Рис. 7.8. Клапан поэтажный шторный:
1 – штампованный корпус;
2 – электромагнит; 3 – заслонка шторного типа

7.3. Системы оповещения о пожаре и управления эвакуацией людей

Системы оповещения людей о пожаре и управления их эвакуацией (СОУЭ) применяются в основном в зданиях с массовым пребыванием людей, включая и ЗПЭ (гостиницы, спортивные сооружения, зрительные учреждения, универмаги, учебные и лечебные заведения и т. п.) [58–60].

Они предназначены для сообщения о пожаре находящимся в здании людям и управления их эвакуацией с помощью специальных световых и звуковых сигналов, а также речевых команд.

Система включает передающее оборудование (расположенное в радиоузле или в помещении дежурного персонала объекта), сеть радиовещания со специальными громкоговорителями (динамиками) и магнитофонами с заранее записанными текстами (допускается использование текстов, передаваемых специально подготовленным персоналом с помощью микрофона), а также световые указатели, включаемые в момент срабатывания системы оповещения. Тексты оповещения должны соответствовать разработанным для каждого этажа планам эвакуации.

Система оповещения и управления эвакуацией будет эффективной, если будет отвечать следующим требованиям.

1. Быть принудительной (громкоговорители должны подключаться к сети без соединительных розеток, не иметь регуляторов громкости и отключающих устройств; целесообразно динамики монтировать в специальных нишах, закрытых декоративными решетками).

2. Обеспечивать оповещение всех людей в здании, в котором возник пожар. Громкоговорители (динамики) должны быть установлены как в надземных, так и в подземных этажах здания, в местах индивидуального (номера, палаты, служебные помещения) и массового пребывания людей (залы, коридоры, лифтовые холлы, гардеробные и др.). Количество и места расположения динамиков выбираются так, чтобы обеспечивалась хорошая слышимость передаваемого текста.

3. Обеспечивать принудительный отзыв лифтов, не являющихся средствами эвакуации людей, в зону их безопасности при включении (автоматическом или ручном) любой из следующих систем: СОП, ПДЗ, АУП.

4. Обеспечивать централизованное включение светильников системы аварийного освещения.

5. Обеспечивать централизованное (автоматическое и дистанционное) включение световых сигналов и световых указателей направления движения к эвакуационным выходам и зонам безопасности.

В крупных (многоэтажных, многосекционных) зданиях целесообразно предусматривать позонную систему оповещения и управления эвакуацией. При этом следует иметь в виду, что первыми должны оповещаться люди, находящиеся выше этажа пожара, последними – люди в нижерасположенных этажах. Особое внимание должно быть обращено на выбор и правильное использование технических устройств оповещения и управления эвакуацией людей на случай пожара в ночное время. С этой целью в гостиницах, больницах, санаториях и подобных зданиях следует предусматривать первоочередное включение звуковой сигнализации с целью разбудить людей. После этого подаются сигналы «Внимание» (по радио или включением световых табло) и передаются речевые сообщения.

Управление системой оповещения должно быть местным (из помещения радиоузла) и дистанционным (из помещения диспетчерской объекта или другого места с круглосуточным пребыванием дежурного персонала). В радиоузле должны находиться фонограммы с соответствующим текстом оповещения. Передача текста оповещения должна осуществляться непрерывно с интервалом 20–30 с. Голос, передающий текст оповещения, должен быть спокойным, размеренным, с четкой дикцией. Поэтому рекомендуется иметь заранее записанные на магнитофон тексты, так как передача его через микрофон даже при чтении с машинописного варианта не исключает сбоев из-за волнения диктора, что может отрицательно сказаться на поведении эвакуируемых. Предпочтительным является сопровождение текста сообщения включением световых указателей направления движения к эвакуационным выходам или зонам (островкам) безопасности. Для звуковой связи между радиоузлом и пожарным постом предусматривают прямую внутреннюю телефонную связь. В радиоузле должна быть предусмотрена и возможность передачи сообщения о пожаре с помощью микрофона (на случай отказа магнитофона). В случае необходимости связь по микрофону может быть использована и РТП для управления эвакуацией и боевыми действиями пожарных подразделений.

Эффективность СОУЭ обеспечивается выполнением ряда психофизиологических требований к световым сигналам, световым указателям и акустическим устройствам.

Световые сигналы, т. е. условные знаки или символы, создаваемые специальными светосигнальными установками и устройствами, должны быть простыми и наглядными, выделяться среди других предметов и источников информации, иметь строго ограниченное смысловое значение и предназначаться для определенных лиц или групп людей в целях извещения их о пожаре, необходимости эвакуироваться и сообщения о направлении движения. Для уверенного различения световых сигналов необходимо применять

красный цвет для сигнализации и оповещения; зеленый, синий и оранжевый цвета – для указателей движения в безопасном направлении. Наряду с этим должны предъявляться требования к форме и размерам сигнальных фигур, а также к расстоянию между ними. Расстояние между световыми указателями направления движения не должно превышать 15 м. Обычно запрещающие световые сигнальные знаки делают красного цвета и устанавливают в местах наиболее вероятного задымления и распространения огня. Они включаются при необходимости. Сигнальные огни должны излучать свет частотой 60 импульсов в мин⁻¹.

Указательную сигнализацию оформляют, как правило, в виде сигнальных огней или знаков желто-зеленого цвета, излучающих свет с частотой ритма 7–10 Гц. Указатели располагают на уровне глаз человека среднего роста или несколько ниже. Световая сигнализация рекомендуется к применению на объектах с повышенным уровнем шума (свыше 90 дБ).

Звуковые сигналы (звонки, сирены, ревуны) должны по интенсивности превышать не только обычный шум в помещениях, но и шумы, возникающие при пожарах. В зданиях с массовым пребыванием людей, особенно зального типа, для маскировки шумов и криков паникующих людей предусматривают особый режим звуковой сигнализации с интенсивностью звука 100–120 дБ, нарастающей в течение 1–2 с, чтобы исключить травмы от резкого нарастания звукового давления. Выбор типа СОУЭ производят по НПБ 104–03 [62].

В целях обеспечения надежного функционирования системы оповещения и управления эвакуацией людей питание ее электроэнергией должно обеспечиваться от двух независимых источников.

Система оповещения и управления эвакуацией должна предусматриваться в соответствии с требованиями НПБ 104–03 [62]:

- 4-го типа – для зданий высотой до 150 м;
- 5-го типа – для зданий высотой более 150 м.

СОУЭ должна выдавать звуковой и световой сигналы и указание о свободном пути эвакуации в каждую квартиру, офис, гостиничный номер (в квартиры и гостиничные номера в ночное время звуковой сигнал должен быть аналогичен сигналу будильника), обеспечивать двухстороннюю связь квартир, гостиничных номеров и офисов с постом-диспетчерской.

Алгоритм управления СОУЭ формируется на основе полученной информации о срабатывании пожарных извещателей с учетом расчетных сценариев развития пожара и процесса эвакуации людей (с учетом пожарных отсеков и зон, значений опасных факторов пожара, полученных от аналоговых пожарных извещателей, установленных на путях эвакуации).

Глава 8

Надежность установок пожарной автоматики

8.1. Эффективность систем пожарной автоматики

Эффективность применения систем пожарной автоматики на объектах обусловлена сокращением материального ущерба от пожара или достижением требуемого уровня защиты людей при возникновении пожара. Эффективность рассматриваемых систем должна отвечать оптимальным (или наилучшим из возможных вариантов) соотношением таких основных свойств, как время обнаружения и тушения пожара, надежность и стоимость системы. Эти показатели связаны между собой. При изменении одного из них меняется и соотношение между другими, а значит, изменяется эффективность системы в целом. Задача состоит в том, чтобы найти такое соотношение между этими величинами для конкретного объекта, при котором общие потери от пожара $W_{\text{общ}}$ и стоимость системы (капитальные и эксплуатационные затраты) были бы минимальны [63].

Эффективность систем ПА можно оценивать по критерию средних потерь:

$$W_{\text{общ}} = W_{\text{п}} + W_{\text{лс}} + W_{\text{к}} + W_{\text{э}} \rightarrow \min, \quad (8.1)$$

где $W_{\text{п}}$ – средние потери от пожара; $W_{\text{лс}}$ – потери от ложных срабатываний; $W_{\text{к}}$ – капитальные затраты; $W_{\text{э}}$ – эксплуатационные затраты.

В общем случае необходимо, чтобы возможные годовые потери от пожара на данном объекте были существенно выше, чем стоимость системы. В этом случае за счет использования таких систем будут сохранены значительные материальные ценности. Средние потери от пожара можно определить по формуле

$$W_{\text{п}} = \{(U_{\text{п}} - E_{\text{п}}) K_{\text{г}} + E_{\text{п}}\} S_{\text{п}}, \quad (8.2)$$

где $U_{\text{п}}$, $E_{\text{п}}$ – ущерб от пожара при наличии ПА на объекте и ее отсутствии; $K_{\text{г}}$ – коэффициент готовности системы; $S_{\text{п}}$ – интенсивность потока пожаров на объекте.

Ущерб изменяется за счет снижения времени обнаружения и тушения пожара и соответственно затрат на пожаротушение. Ущерб от пожара определяется расчетным или статистическим способом с учетом косвенного ущерба. Потери от ложных срабатываний систем необходимо также учитывать, так как они влияют на общую эффективность.

$$W_{\text{лс}} = C_{\text{лс}} J_{\text{п}} \tau, \quad (8.3)$$

где $C_{лс}$ – стоимость одного ложного срабатывания; $J_{л}$ – поток ложных срабатываний; τ – время, за которое оценивается эффективность системы.

Рассмотренные показатели нужны, прежде всего, для определения, какой вариант ПА может быть применен для данного объекта защиты.

Показатели надежности являются ведущими при оценке эффективности в процессе длительной эксплуатации систем пожарной автоматики.

8.2. Основные понятия теории надежности

Проблема надежности относится к числу основных проблем, выдвинутых развитием техники. Эта проблема возникает повсюду, где необходимы высокая эффективность работы технических систем, гарантированные сроки службы, безотказное выполнение аппаратурой своих функций.

При анализе надежности очень важно пользоваться общей терминологией [64]. Особенно это относится к определению понятий «отказ» и «работоспособность». Каждый конкретный вид техники имеет свои критерии определения работоспособности и возникновения отказа.

Работоспособное состояние – состояние объекта, при котором значения всех параметров, характеризующих способность выполнять заданные функции, соответствуют требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской документации.

Отказ – событие, заключающееся в нарушении работоспособного состояния объекта.

Неисправное состояние – состояние объекта, при котором он не соответствует хотя бы одному из требований нормативно-технической и (или) конструкторской документации.

Повреждение – событие, заключающееся в нарушении исправного состояния объекта при сохранении работоспособного состояния. При неисправном состоянии объект еще может выполнять свое основное назначение, но это возможно при существенном снижении эффективности.

Предельное состояние – состояние объекта, при котором его дальнейшее применение по назначению недопустимо или нецелесообразно, либо восстановление его исправного или работоспособного состояния невозможно или нецелесообразно. На рис. 8.1 приведена схема состояний и событий, которая иллюстрирует основные термины.

Данные понятия охватывают основные технические состояния объекта. Каждое из них характеризуется совокупностью значений параметров, описывающих состояние объекта, и качественных признаков, для которых не применяют количественных оценок. Номенклатуру этих параметров и признаков, а также пределы допустимых их изменений устанавливают в нормативно-технической и (или) конструкторской документации на объект.

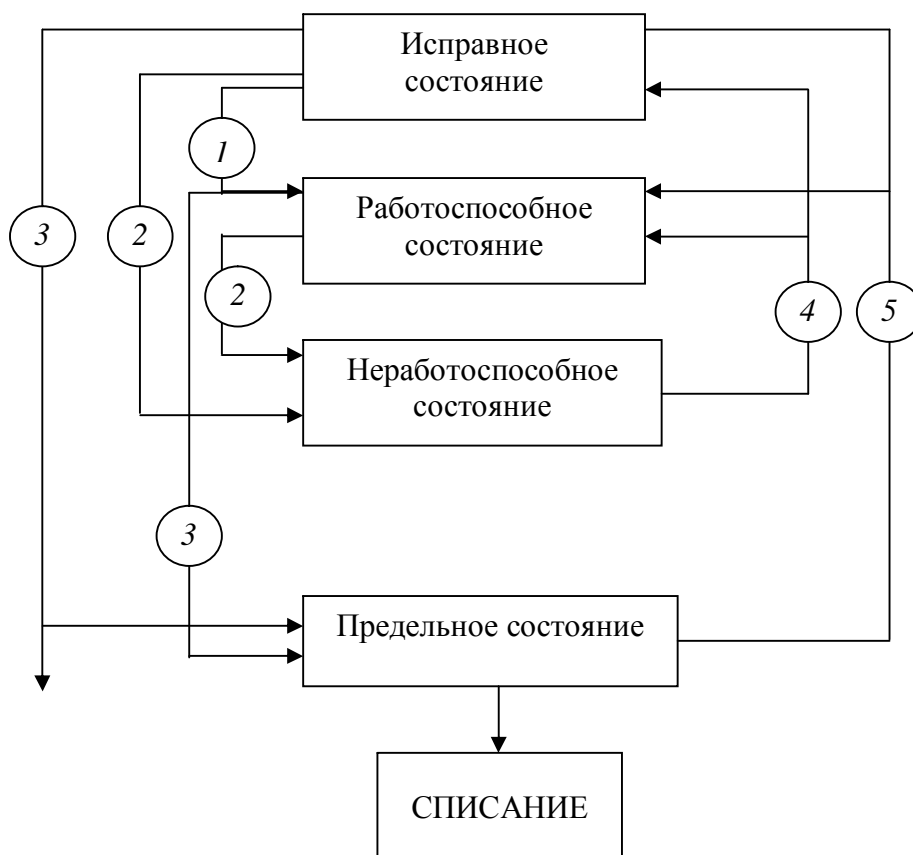


Рис. 8.1. Схема основных состояний и событий:
1–5 – процессы перехода из одного состояния в другое

Переход объекта из одного состояния в другое обычно происходит вследствие повреждения или отказа.

Работоспособный объект в отличие от исправного должен удовлетворять лишь тем требованиям нормативно-технической, конструкторской документации, выполнение которых обеспечивает нормальное применение объекта по назначению. Очевидно, что неисправный объект может быть работоспособным (например, не удовлетворять эстетическим или эргономическим требованиям в полной мере), если при этом его показатели назначения находятся в соответствии с требованиями технических условий или стандартов.

Переход объекта из исправного состояния в неисправное происходит вследствие дефектов. Если объект переходит в неисправное, но работоспособное состояние, то это событие называют повреждением; если объект переходит в неработоспособное состояние, то это событие называют отказом. В сложных объектах, например, сложных комплексных системах

автоматической противопожарной защиты, возможно более подробное деление состояний объекта с выделением промежуточных состояний с пониженными уровнями качества функционирования, т. е. эффективности.

Переход объекта в предельное состояние влечет за собой временное или окончательное прекращение применения объекта по назначению, т. е. выводу из эксплуатации.

Объекты бывают ремонтируемые, для которых проведение ремонтов предусмотрено в нормативно-технической, конструкторской документации и неремонтируемые. Для неремонтируемых объектов имеет место предельное состояние, которое предполагает окончательное прекращение применения объекта по назначению (списание). Это обусловлено тем обстоятельством, что начиная с некоторого момента времени дальнейшее применение по назначению пока еще работоспособного объекта, согласно определенным критериям, оказывается недопустимым в связи с опасностью или вредностью этого использования.

Для ремонтируемых объектов требуется отправка объекта в капитальный или средний ремонт, т. е. временное прекращение применения объекта по назначению.

Возникновение отказов происходит в какой-либо момент времени, который является случайной величиной, т. е. заранее неизвестно, когда это событие произойдет. После возникновения отказа производится восстановление работоспособного состояния объекта или снятие его с эксплуатации. Причем начало восстановления зависит от способа и времени обнаружения отказа. Длительность (время) восстановления зависит от ряда свойств объекта (ремонтпригодности, конструкции) и от свойств системы технического обслуживания и ремонта. При налаженной эксплуатации процессы возникновения отказов и восстановления работоспособности объекта протекают в установившемся режиме. Изучением этих процессов занимается теория надежности с применением современных методов математического и физического моделирования.

Надежность – это свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, ремонтов, хранения и транспортирования. Надежность является сложным свойством, которое в зависимости от назначения объекта и условий его применения состоит из сочетаний свойств: безотказности, долговечности, ремонтпригодности и сохраняемости.

Безотказность – свойство объекта непрерывно сохранять работоспособное состояние в течение некоторого времени или некоторой наработки.

Долговечность – свойство объекта сохранять работоспособное состояние до наступления предельного состояния при установленной системе технического обслуживания и ремонта.

Ремонтопригодность – свойство объекта, заключающееся в приспособленности к предупреждению и обнаружению причин возникновения отказов, повреждений и поддержанию и восстановлению работоспособного состояния путем проведения технического обслуживания и ремонтов.

Сохраняемость – свойство объекта сохранять значения показателей безотказности, долговечности и ремонтопригодности в течение и после хранения и (или) транспортирования.

Для оценки свойств надежности применяют специальные показатели, сочетание нескольких показателей позволяет достаточно полно количественно оценить надежность объектов в разных условиях функционирования. Выбор показателей надежности для конкретного объекта – достаточно сложная задача, которая решается с учетом технических, технологических, организационных и экономических аспектов его функционирования. Применяются показатели надежности единичные, т. е. количественно характеризующие только одно свойство надежности, и комплексные, характеризующие не менее двух свойств надежности.

К показателям безотказности относятся вероятность безотказной работы, средняя наработка до отказа, интенсивность отказов, параметр потока отказов и некоторые другие [64].

Вероятность безотказной работы – вероятность того, что в пределах заданной наработки отказ объекта не возникает. В УПА наработка на отказ оценивается по времени эксплуатации, т. е. обязательно должен быть определен интервал времени от 0 до t_0 , за который производится количественная оценка.

Вероятность безотказной работы $P(t_0)$ в интервале от 0 до t_0 определяется по формуле

$$P(t_0) = 1 - F(t_0), \quad (8.4)$$

где $F(t_0)$ – функция распределения наработки до отказа.

Для удобства преобразований в различных расчетах вводят понятие «вероятность отказа» – вероятность того, что объект откажет хотя бы один раз в течение заданного времени работы, будучи работоспособным в начальный момент времени. Вероятность отказа $Q(t_0)$ в интервале времени от 0 до t_0

$$Q(t_0) = F(t_0) = 1 - P(t_0). \quad (8.5)$$

Средняя наработка до отказа – это математическое ожидание наработки объекта до первого отказа t , оно определяется по формуле

$$t = \int_0^{\infty} [1 - F(t)] dt. \quad (8.6)$$

Средняя наработка на отказ означает наработку восстанавливаемого объекта, приходящуюся в среднем на один отказ, при определенной продолжительности эксплуатации. Этот термин применяется при оценке надежности объекта, который в процессе эксплуатации может неоднократно находиться в состоянии отказа.

Интенсивность отказов – условная плотность вероятности возникновения отказа невозстанавливаемого объекта, определяемая для рассматриваемого момента времени при условии, что до этого момента отказ не возник. Интенсивность отказов определяют по формуле

$$\lambda(t) = \frac{1}{1 - F(t)} \frac{d}{dt} F(t) = -\frac{1}{P(t)} \frac{d}{dt} P(t). \quad (8.7)$$

Интенсивность отказов показывает вероятность возникновения отказа в единицу времени, является величиной изменяемой в процессе эксплуатации и одной из наиболее часто применяемых величин в расчетах надежности, через которую можно, зная вид функции распределения наработки до отказа $F(t)$, определить другие показатели безотказности.

Параметр потока отказов – это отношение среднего числа отказов восстанавливаемого объекта за произвольно малую его наработку к значению этой наработки. Параметр потока отказов используют в качестве показателя безотказности восстанавливаемых объектов, эксплуатация которых описывается следующим образом (см. рис. 8.1): в начальный момент времени объект начинает работу и работает до отказа, после отказа происходит восстановление работоспособности, и объект вновь работает до отказа, при этом время восстановления не учитывается. Моменты отказов на оси времени образуют поток отказов, который характеризуется математическим ожиданием числа отказов за время t :

$$\Omega(t) = M[r(t)], \quad (8.8)$$

где $\Omega(t)$ – ведущая функция потока; M – символ математического ожидания; $r(t)$ – число отказов за время t .

Параметр потока отказов $\omega(t)$ характеризует среднее число отказов, ожидаемое в малом интервале времени Δt :

$$\omega(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{M[r(t + \Delta t)] - M[r(t)]}{\Delta t}. \quad (8.9)$$

Параметр потока оценивает то же свойство отказов для восстанавливаемых объектов, что и интенсивность отказов для невозстанавливаемых.

К показателям долговечности относятся средний и назначенный ресурс, средний и назначенный срок службы, гамма-процентный ресурс и срок службы. В установках пожарной автоматики в качестве показателя долговечности применяется срок службы, поэтому рассмотрим эти термины.

Средний срок службы – это математическое ожидание срока службы, измеряемое в единицах времени.

Гамма-процентный срок службы – календарная продолжительность от начала эксплуатации объекта, в течение которой он не достигнет предельного состояния с заданной вероятностью, выраженная в процентах.

Назначенный срок службы – календарная продолжительность эксплуатации объекта, при достижении которой применение по назначению должно быть прекращено. При достижении объектом назначенного срока службы в зависимости от назначения, особенностей эксплуатации, технического состояния и других факторов объект может быть списан, направлен в средний или капитальный ремонт, передан для применения не по назначению или может быть принято решение о продолжении эксплуатации.

Срок службы указывается в технической документации на отдельные устройства и элементы пожарной автоматики.

К показателям ремонтпригодности относятся вероятность восстановления работоспособного состояния и среднее время восстановления работоспособного состояния.

Вероятность восстановления работоспособного состояния – это вероятность того, что время восстановления работоспособного состояния объекта не превысит заданного. Количественно эта вероятность представляет собой значение функции распределения времени восстановления $F_B(t)$ при $t_B = T_3$, где T_3 – заданное время восстановления.

Среднее время восстановления работоспособного состояния – это математическое ожидание времени восстановления работоспособного состояния. Время восстановления отсчитывают либо непрерывно, либо из него по определенным признакам исключают интервалы времени, не обусловленные непосредственно выполнением восстановительных работ. В связи с этим различают общее время восстановления работоспособности объекта и оперативное время восстановления работоспособности объекта.

Техническое обслуживание установок пожарной автоматики очень часто производится централизованно и в этом случае общее время восстановления складывается из целого ряда составляющих: времени обнаружения отказа, времени сообщения об отказе, времени приезда обслуживающего персонала и оперативного времени восстановления работоспособности установки.

Среднее время восстановления t_B определяют по формуле

$$t_B = \int_0^{\infty} [1 - F_B(t)] dt. \quad (8.10)$$

Иногда в математических моделях оценки надежности применяют понятие интенсивность восстановления. Эта величина обратная времени восстановления:

$$\mu = \frac{1}{t_{\text{в}}}. \quad (8.11)$$

К показателям сохраняемости относятся средний срок сохраняемости и гамма-процентный срок сохраняемости. Эти показатели аналогичны показателям безотказности и долговечности, только оценка их численного значения производится по статистическим данным об отказах объекта в процессе хранения.

Все перечисленные показатели являются единичными. Вместе с тем в процессе эксплуатации объекта возникает необходимость оценить и безотказность и ремонтпригодность. Для этого применяют комплексные показатели надежности: коэффициент готовности, коэффициент оперативной готовности и др.

Коэффициент готовности – это вероятность того, что объект окажется в работоспособном состоянии в произвольный момент времени, кроме планируемых периодов, в течение которых применение объекта по назначению не предусматривается. Коэффициент готовности изменяется во времени, однако в некоторых условиях, когда процессы возникновения отказов и процессы восстановления работоспособности имеют стационарное значение, т. е. объект находится в стационарном режиме эксплуатации, его значение можно определять по формуле

$$K_2 = \frac{T_o}{T_o + t_{\text{в}}}, \quad (8.12)$$

где T_o – средняя наработка на отказ; $t_{\text{в}}$ – среднее время восстановления.

Коэффициент оперативной готовности – вероятность того, что объект окажется в работоспособном состоянии в произвольный момент времени, кроме планируемых периодов, в течение которых применение объекта по назначению не предусматривается, и начиная с этого момента будет работать безотказно в течение заданного интервала времени. До этого момента объект может находиться в режиме дежурства при полных или облегченных нагрузках, но без выполнения заданных рабочих функций. Коэффициент оперативной готовности определяется по формуле

$$K_{\text{ог}}(t) = K_{\text{г}}(t) P(\Delta t), \quad (8.13)$$

где $K_{\text{г}}(t)$ – коэффициент готовности; $P(\Delta t)$ – вероятность безотказной работы за заданное время Δt ; Δt – время работы объекта для выполнения задачи.

Таким образом, надежность установок пожарной автоматики может быть оценена с применением нескольких показателей надежности, как единичных, так и комплексных.

Надежность установки пожарной автоматики в целом оценивается по комплексному показателю, а набор единичных показателей дополняет оценку для разработки различных мероприятий по повышению надежности.

В формулы для оценки различных показателей надежности входит такое понятие, как функция распределения наработки до отказа и функция распределения времени восстановления. Наработка на отказ и время восстановления – величины случайные, т. е. они могут быть оценены только в терминах теории вероятности. Случайные величины характеризуются функцией распределения, по которой можно произвести оценку параметров этого распределения. В теории надежности используются различные распределения – экспоненциальное, Рэлея, нормальное, гамма-распределение, Вейбулла и др. Для оценки надежности проводится сбор статистических данных об отказах, затем методами математической статистики определяется вид распределения случайной величины, производится оценка средних ее значений.

По данным проведенных исследований наработка на отказ подавляющего большинства элементов пожарной автоматики (электронных устройств, реле, клапаны и др.) подчиняется экспоненциальному закону, т. е.

$$F(t) = 1 - e^{-\lambda t}, \quad (8.14)$$

где

$$\lambda = \frac{1}{T_o}. \quad (8.15)$$

В дальнейшем при рассмотрении различных математических моделей оценки надежности распределение наработки на отказ будет приниматься экспоненциальным.

В этом случае вероятность безотказной работы будет равна

$$P(t) = e^{-\lambda t}. \quad (8.16)$$

Из приведенной формулы видно, что при экспоненциальном распределении наработки на отказ упрощается вычисление всех показателей надежности.

Одним из важнейших методов повышения надежности объекта являются методы резервирования. Цель резервирования – обеспечить отказоустойчивость объекта в целом, т. е. сохранить его работоспособность, когда возник отказ одного или нескольких элементов.

Резервирование – это применение дополнительных средств и возможностей, среди которых в пожарной автоматике различают структурные, информационные и функциональные.

По способу ввода резерва применяют резервирование замещением, динамическое, постоянное и смешанное резервирование.

Структурное резервирование, т. е. резервирование элементов или блоков в схеме, применяется достаточно широко. Например, резервируются насосы в УПА, блоки питания, причем резерв включается автоматически при получении сигнала об отказе основного элемента. В защищаемых помещениях размещают не менее двух пожарных извещателей, что является постоянным резервированием, каждый из извещателей является одновременно и основным, и резервным элементом.

Динамическое резервирование применяется в микропроцессорных системах пожарной сигнализации, когда при обрыве и коротком замыкании шлейфа автоматически происходит перестройка алгоритма работы системы и переключение некоторых ее элементов, что приводит к дальнейшему функционированию, но с некоторой потерей эффективности. Постоянное резервирование – без перестройки структуры объекта при возникновении отказа – применяется в схемных решениях систем пожарной сигнализации, когда некоторые электронные элементы имеют постоянно включенный резерв.

Информационное резервирование в пожарной автоматике применяется в системах сигнализации: звуковой и световой сигналы о пожаре и повреждении, в микропроцессорных устройствах – резервирование информации на табло и на мониторе информационной системы и т. п.

Функциональное резервирование – резервирование, при котором разные элементы выполняют одну и ту же функцию. Например, резервирование системы насосов пневмобаком с расчетным количеством воды или пенообразователя. Кроме резервирования применяют эффективные средства повышения надежности: снижение номинальной нагрузки и работа в дежурном режиме без нагрузки.

8.3. Оценка надежности систем пожарной автоматики на этапе проектирования

Расчет показателей надежности установок пожарной автоматики должен быть составляющей процесса проектирования.

На первом этапе создания схемы УПА проектирования стремятся найти ее принципиальное решение, а затем выбирают элементы таким образом, чтобы обеспечить ее работоспособность. При этом необходимо

выбрать элементы, обладающие не только устойчивостью параметров к воздействию окружающей среды, режимов, нагрузок и т. п., но и незначительной долей отказов в предлагаемом режиме эксплуатации. Необходимо знать надежность УПА при решении вопроса о выборе вида и типа пожарной автоматики для защиты того или иного объекта.

Разработаны различные методы количественной оценки надежности пожарной автоматики, которые можно разделить на несколько групп [64, 65]:

- расчетные методы оценки надежности ПА по внезапным отказам;
- моделирование процессов функционирования аппаратуры с целью оценки ее надежности;
- испытания на надежность.

Если известна структура аппаратуры и функциональная связь между ее элементами, а также числовые характеристики надежности элементов, то расчетным способом можно определить числовые значения показателей надежности. Однако в основном их можно свести к двум разновидностям: расчет надежности по внезапным отказам и расчет надежности с учетом контроля (автоматического, циклического и ручного) работоспособности объекта.

Оценка надежности принципиальных решений УПА базируется на расчетном методе, в основе которого лежит априорная (предварительная) информация об элементах, которая, как правило, содержит:

- режим работы элемента (климатические и механические воздействия, электрическая нагрузка и другие воздействия);
- число элементов данного типа, находящихся в эксплуатации;
- плотность вероятности распределения времени работы элемента до отказа;
- наработку каждого элемента до полного отказа и число отказавших элементов за время эксплуатации;
- все сведения о функциональной схеме.

На практике априорная информация представлена в форме интенсивностей отказов $\lambda(t)$ элементов и графиков их зависимостей от температуры окружающей среды t , °С, и коэффициента электрической нагрузки. Эта информация дается в технических справочниках.

В основу методики расчета УПА положены следующие отправные положения:

- расчет надежности ведется по внезапным отказам;
- все однотипные элементы, входящие в состав изделия, равнонадежны, т. е. интенсивность отказов элементов одного и того же типа независимо от места и времени их изготовления тождественна;

- отказы элементов, входящих в состав изделия, а значит, и отказы изделия являются событиями случайными, а время их безотказной работы – независимыми;

- распределение времени работы изделия (элемента) до отказа подчиняется экспоненциальному закону. Расчет надежности ведется в следующей последовательности:

- составление структурно-логической схемы надежности с учетом анализа работы принципиальной схемы установки;

- выбор нормируемых показателей надежности;

- заполнение карт расчета интенсивности отказов;

- определение числовых значений нормируемых показателей надежности;

- формирование выводов.

Структурно-логическая схема надежности (СЛСН) аппаратуры составляется на основании ее функциональной схемы и описания работы аппаратуры. Она представляет собой условную блок-схему из составных частей аппаратуры (блоков, элементов), соединенных последовательно или параллельно с учетом принятого условия отказа аппаратуры. Составные части, выход из строя одной из которых приводит к отказу аппаратуры, изображаются последовательно, а составные части, при отказе одной из которых аппаратура считается работоспособной, – параллельно. Соединение частей аппаратуры в структурно-логической схеме надежности может существенно отличаться от их схемного соединения. В зависимости от принятого условия отказа СЛСН одной и той же аппаратуры может оказаться различной. Выбор нормируемых показателей надежности ведется по математической модели эффективности или по значимости объекта и по режиму работы УПА (с восстановлением или без).

Заполнение карт расчета интенсивностей отказов элементов, входящих в аппаратуру, ведется с учетом степени нагруженности элементов и климатических условий их работы. Расчет показателей надежности ведется по формулам, которые будут рассмотрены ниже.

При расчете надежности необходимо выяснить законы распределения интенсивности отказов различных элементов и в соответствии с этим выбрать методику расчета. В ПА принимается экспоненциальный закон (для оценки распределения времени отказов в установившемся режиме функционирования УПА).

Достоинством расчетного метода является возможность применения его до изготовления аппаратуры. Он обладает относительной простотой и экономичностью. При необходимости можно воспользоваться ЭВМ. Возможен анализ разнообразных условий (схемные варианты, внешние и внутренние воздействия, способ обслуживания). При расчетах надежности предполагается некоторое статическое состояние системы элементов, а

также учитываются фиксированные характеристики надежности этих элементов. В действительности имеет место сложный процесс взаимодействия различных параметров.

Рассмотрим выражения для оценки вероятности безотказной работы по структурной схеме УПА [64].

Система ПА разделена на три блока: АПС; прибор управления; устройство подачи огнетушащего вещества (возможна и более подробная разбивка на блоки и элементы). Вероятность безотказной работы каждого блока будет соответственно равна P_1, P_2, P_3 .

Вероятность безотказной работы системы P_c , состоящей из последовательно соединенных (с точки зрения надежности) блоков, равна произведению вероятностей безотказной работы отдельных блоков P_i :

$$P_c = \prod_{i=1}^n P_i = \exp \left[- \sum_{i=1}^n \omega_i t \right] = \exp \left[- \sum_{i=1}^n \lambda_i t \right]. \quad (8.17)$$

Если элементы соединены параллельно, то вероятность безотказной работы определяется через вероятности отказов Q_c следующим образом:

$$P_c = 1 - Q_c = 1 - \prod_{i=1}^n q_i = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - P_i), \quad (8.18)$$

где Q_c – вероятность отказа системы; q_i – вероятности отказа блоков ($P = 1 - Q$ или $q = 1 - P$, по правилу полной вероятности событий $P + q = 1$); λ и ω – интенсивность отказов элементов и параметр потока отказов элементов, входящих в блок. Эти показатели получают либо по испытаниям, либо по результатам эксплуатации. Для оценки надежности установок пожарной автоматики применяются следующие показатели: коэффициент готовности, коэффициент оперативной готовности и вероятность безотказной работы. Дополнительными показателями могут быть любые другие в зависимости от особенностей применения УПА.

Анализ работоспособности существующей пожарной автоматики, проведения научно-исследовательских работ по разработке способов и выбору технических средств контроля ее работоспособности показал [67–69], что эффективный контроль работоспособности ПА можно осуществить с помощью подсистем автоматического контроля.

Обеспечение высокой надежности функционирования установок пожарной автоматики достигается четко организованным техническим обслуживанием, основу которого составляют приборы и устройства, позволяющие оценить правильность функционирования установки и соответствие основным параметрам. Поэтому в соответствии с уровнем контроля применяемых систем сигнализации используют различные формулы для оценки показателей надежности.

Для элементов и узлов ПА, имеющих цепи непрерывного или периодического контроля их работоспособности, в качестве показателя надежности определяют коэффициент готовности.

Если контроль исправного состояния установки осуществляется цепью контроля непрерывно, то для нахождения коэффициента готовности необходимо представить ее как сложное техническое устройство с тремя возможными состояниями: E_1 – состояние готовности к работе, когда обе цепи (основная и контролирующая) исправны; E_2 и E_3 – состояние восстановления, когда основная или контролирующая цепи восстанавливаются (рис. 8.2).

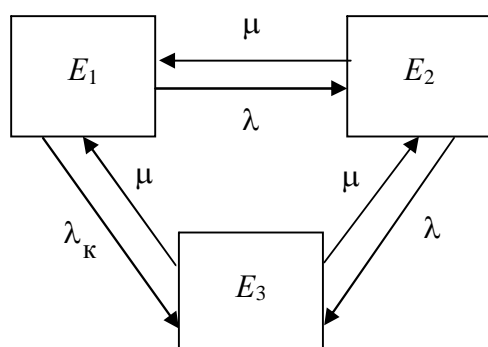


Рис. 8.2. Состояния работоспособности основной и контролирующих цепей:

E_1 – работоспособная основная и контролирующая цепи; E_2 – неработоспособная основная цепь; E_3 – неработоспособная контролирующая цепь

Решив дифференциальные уравнения А. Н. Колмогорова, описывающие эти три состояния, решая их, можно показать вероятность нахождения установки в готовности при достаточно длительном протекании процесса эксплуатации:

$$K_{\text{ги}} = \frac{2\mu\lambda_k + \mu\lambda}{2\mu\lambda_k + \mu\lambda + \mu^2 + (\mu + \lambda)^2 + \lambda\lambda_k} = \frac{2\lambda_k + \lambda}{2\lambda_k + \lambda + 2\mu + 2\mu\lambda}. \quad (8.19)$$

Формула дает точное значение показателя $K_{\text{ги}}$, когда параметр потока отказов цепи контроля соизмерим с параметрами потока отказов основной цепи. Данное условие соблюдается в системах ПА.

Системы ПА имеют ряд цепей, которые охвачены периодическим контролем, т. е. их работоспособность устанавливается в момент проведения контроля. При обнаружении отказа в период контроля он устраняется с интенсивностью μ . Интенсивность отказа основной цепи соответствует реальным режимам ($\lambda \sim 10^{-4}$ 1/ч; $\mu \sim 10^{-1}$ 1/ч).

Работоспособность цепей ПА с периодическим контролем определим через коэффициент простоя, т. е. долю времени, в течение которого система сигнализации находится в неработоспособном состоянии в установившемся процессе эксплуатации. Коэффициент простоя $K_{\text{п}}$ должен учитывать время ожидания начала восстановления вышедшего из строя объекта контроля и времени восстановления объекта контроля.

Формула для определения K_{π} имеет вид:

$$K_{\pi} = \pi_0 \left\{ 1 + \frac{(1 - \pi_0)\lambda}{\pi_0} \left[\frac{(T_{\kappa} - \tau_{\kappa})^2}{2T_{\kappa}} + \frac{\pi_{\kappa}}{\alpha} \right] \right\}, \quad (8.20)$$

где λ – интенсивность отказов объекта контроля, 1/ч;

τ_{κ} – продолжительность контроля, ч;

T_{κ} – период контроля, ч;

α – характеристика показателей надежности,

$$\alpha = \lambda + \lambda_{\kappa} + \mu; \quad (8.21)$$

π_{κ} – стационарный коэффициент простоя системы контроля,

$$\pi_{\kappa} = \frac{\lambda_{\kappa}}{\lambda_{\kappa} + \mu}, \quad (8.22)$$

где λ_{κ} – интенсивность отказов системы контроля, 1/ч;

μ – интенсивность отказов и восстановления объекта контроля и системы контроля, 1/ч;

π_0 – коэффициент простоя системы с идеальной СК (абсолютно надежный и непрерывный контроль работоспособности),

$$\pi_0 = \frac{\lambda}{?}. \quad (8.23)$$

Анализ формулы (8.22) показывает, что для увеличения надежности установки в целом целесообразно увеличивать надежность объекта контроля за счет уменьшения λ_{κ} , надежность системы контроля – за счет уменьшения μ .

Коэффициент готовности узлов с периодическим контролем работоспособности, исходя из определения K_{π} , вычисляется по формуле

$$K_{\Gamma} = 1 - K_{\pi}. \quad (8.24)$$

При отсутствии системы контроля работоспособности УПА проверки установок производятся через значительные интервалы времени (сотни, тысячи часов). При отказе установки в период между проверками обнаружить неработоспособное состояние установки можно лишь при очередной проверке или при возникновении пожара.

Анализ принципиальных схем УПА показывает, что ряд элементов, узлов и цепей не имеют контроля. Их отказ может быть выявлен только при очередной проверке на функционирование.

В качестве показателя надежности можно использовать вероятность безотказной работы в течение интервала между соседними проверками. Эту величину сравнительно просто оценить по эксплуатационным данным. Принимая во внимание простейший характер потока отказов, вероятность

безотказной работы неконтролируемых элементов можно определить по формуле

$$P(\tau) = \exp \left[- \sum_{i=1}^n \lambda_i \tau \right], \quad (8.25)$$

где λ_i – интенсивность отказов, численно равная параметру потока отказов.

Другие методы оценки надежности применяются в основном разработчиками аппаратуры.

Метод моделирования требует использования вычислительной техники. Он позволяет оценить влияние различных отказов (непрофилактируемых и т. п.) на эффективность установки ПА.

Постепенные отказы характерны для некоторых блоков, в частности, пожарных извещателей. Эти отказы вызваны изменением чувствительности извещателей в процессе эксплуатации и, как следствие, снижением вероятности своевременного обнаружения пожара. Оценка надежности в этом случае производится либо качественно – работоспособен или неработоспособен извещатель, либо используются методы статистического исследования извещателей для получения цифровых значений на объектах. На практике периодически проводится проверка работоспособности извещателей с помощью контрольных приборов, вызывающих их срабатывание. Профилактика постепенных отказов проводится путем регулировки электрических и настроечных параметров. В микропроцессорных системах ПС анализ чувствительности производится автоматически.

8.4. Оценка показателей надежности на этапе эксплуатации АУП

В процессе эксплуатации в установках пожарной автоматики могут возникать отказы. После обнаружения производятся работы по восстановлению работоспособности. Кроме того, часть отказов, так называемых скрытых, обнаруживается в процессе производства технического обслуживания. По статистическому анализу эксплуатационных данных об отказах установок получают показатели надежности, которые используются для разработки мероприятий по поддержанию надежности на заданном уровне, по планированию технического обслуживания [66].

При сборе информации об отказах следует, прежде всего, обратить внимание на соблюдение определенных условий эксплуатации АУП в целях достоверного определения количественных показателей надежности. Условия эксплуатации АУП должны соответствовать по всем параметрам

паспортным данным на отдельные элементы. Превышение значений параметров может привести к увеличенному числу отказов из-за увеличения нагрузки на элемент. Такие АУП должны быть проанализированы на отказоустойчивость отдельно и должны быть разработаны мероприятия либо по приведению условий эксплуатации к норме, либо по компенсации возможных отказов АУП.

Все отказы должны быть зафиксированы в специальном журнале с указанием точного времени их возникновения. Пользоваться устными данными об отказах нельзя.

Общая схема обработки статистических данных об отказах для оценки показателей надежности следующая:

- выбор предположения о виде распределения наработки или времени восстановления;
- анализ однородности статистического материала, оценка параметров распределения;
- проверка согласия эмпирического распределения с заданным теоретическим распределением;
- оценка показателей надежности.

При выборе предположения о виде распределения наработки можно пользоваться литературой по математической статистике [70]. В основном при оценке показателей надежности применяются нормальное распределение, экспоненциальное и гамма-распределение, распределение Вейбулла.

Наиболее распространено экспоненциальное распределение. Экспоненциальное распределение является распределением времени между событиями (отказами), появляющимися с постоянной готовностью. В теории надежности оно применяется для описания наработки сложных систем, прошедших период приработки.

Основные формулы экспоненциального распределения:

- для плотности

$$f(x) = \begin{cases} \lambda e^{-\lambda x}, & x \geq 0, \\ 0, & x < 0, \\ \lambda > 0; \end{cases} \quad (8.26)$$

- для функции распределения

$$f(x) = \begin{cases} 1 - e^{-\lambda x}, & x \geq 0, \\ 0, & x < 0; \end{cases} \quad (8.27)$$

- для математического ожидания и дисперсии

$$M_x = \frac{1}{\lambda}, \quad D_x = \frac{1}{\lambda^2}. \quad (8.28)$$

После обработки исходные данные о надежности АУП часто представлены в виде выборок сравнительно небольшого объема, полученных в разное время при меняющихся условиях эксплуатации или относящихся к различным изделиям одного наименования. Анализ однородности исходного статистического материала проводится в целях установления возможности объединить различные выборки в одну общую (генеральную) выборку для дальнейшей обработки. Выборки считаются однородными, если функции распределения генеральных совокупностей, из которых они извлечены, совпадают по всей области их определения.

Перед анализом однородности на основе соображений технического характера и с помощью статистических методов целесообразно провести отсев единичных, резко выделяющихся наблюдений в выборке. Следует исключить из дальнейшей обработки наблюдения, для которых имело место явное нарушение нормальных условий эксплуатации. Методы анализа однородности описаны в литературе и используют критерии Фришера, Стьюдента и др. В некоторых случаях удобно производить проверку с помощью вероятностных сеток (бумаг).

Оценки параметров распределения по выборочным значениям наработок или времени восстановления производятся с учетом уровня доверительной вероятности. Например, при экспоненциальном распределении точечную оценку λ параметра вычисляют по формуле

$$\lambda = \sum_{i=1}^n x_i, \quad (8.29)$$

где x_i – i -е значения наработок; n – значение объема выборки.

Доверительные границы для параметра λ , т. е. допустимые по точности оценки точечного параметра с доверительной вероятностью, вычисляют по формулам:

$$\lambda_{\text{н}} = \frac{\lambda}{2n} X_{1-P_1}^2; \quad (8.30)$$

$$\lambda_{\text{в}} = \frac{\lambda}{2n} X_{P_1}^2, \quad (8.31)$$

где $\lambda_{\text{н}}$ и $\lambda_{\text{в}}$ – соответственно нижняя и верхняя односторонние доверительные границы для параметра λ ; $X_{P_1}^2$ – квантиль распределения с r степенями свободы (распределение определяется по статистическим таблицам).

При проведении статистической обработки данных об отказах АУП устанавливается согласие эмпирического и теоретического распределения с помощью критериев λ^2 и ω^2 [70]. После установления вида распределения

наработки на отказ и времени восстановления, их определения по соответствующим формулам, а также их верхних и нижних границ, можно определить точечные и интервальные оценки показателей надежности. Приведем формулы для экспоненциального распределения.

Если построена плотность распределения наработки, то точечная оценка интенсивности отказов (для невосстанавливаемых элементов) $\lambda(t)$ производится по формуле

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{P(t)}. \quad (8.32)$$

При экспоненциальном распределении

$$\lambda(t) = \lambda, \quad (8.33)$$

где λ – параметр экспоненциального распределения. Если распределение наработки на отказ неизвестно, то точечную оценку для интенсивности отказов вычисляют следующим образом. Строят вариационный ряд значений наработки на отказ x_1, x_2, \dots, x_n .

Выбирают число интервалов l , на которые разбивают разность $x_n - x_1$. Величину интервала Δx определяют по формуле

$$\Delta x = \frac{x_n - x_1}{l}. \quad (8.34)$$

Интенсивность отказов определяют по формуле

$$\lambda(t) = \begin{cases} \frac{n_k}{\left(n - \sum_{i=1}^{k-1} n_i\right) \Delta x}, & (k-1)\Delta x \leq t < k\Delta x; \\ 0, & t < x_1. \end{cases} \quad (8.35)$$

Оценки для интенсивности потока отказов и потока восстановлений определяют аналогично:

$$\omega(t) = \begin{cases} \frac{n_k}{\Delta x} (k-1), & x \leq t < k\Delta x; \\ 0, & t < x_1. \end{cases} \quad (8.36)$$

Среднюю наработку на отказ, среднюю наработку между отказами, среднее время восстановления вычисляют по формуле

$$T_{\text{ср}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \quad (8.37)$$

где x_1, x_2, \dots, x_n – значения соответствующей случайной величины, полученной в результате эксплуатации.

Оценку стационарного коэффициента готовности вычисляют по формуле

$$K_{\text{г}} = \frac{T_0}{T_0 + t_{\text{в}}}, \quad (8.38)$$

где T_0 – точечная оценка среднего времени между отказами; $t_{\text{в}}$ – точечная оценка среднего времени восстановления.

Оценку вероятности безотказной работы для экспоненциального распределения определяют (при известном значении λ) по формуле

$$P(t) = e^{-\lambda t}, \quad (8.39)$$

где λ – интенсивность отказов или потока отказов; t – время определения вероятности безотказной работы.

Таким образом, в процессе эксплуатации достаточно собрать статистические данные о времени между отказами и времени восстановления работоспособного состояния, чтобы получить полную количественную информацию о различных показателях надежности, подвергая полученные выборки статистической обработке.

В дальнейшем полученные результаты могут быть использованы при расчетах надежности на этапе проектирования и при составлении технических требований при разработке новых видов технических средств пожарной автоматики.

8.5. Методы обеспечения надежности установок пожарной автоматики и роль органов ГПН в обеспечении надежности

Содержание методов обеспечения надежности АУП на различных стадиях сводится к следующему.

Стадия разработки стандартов на ТСПА. Закладываются нормируемые параметры эффективности (производительность, инерционность) и соответствующие показатели надежности. Для этого используют зарубежный опыт, ГОСТы, требования заказчиков (потребителей) к надежности разрабатываемого изделия АУП, результаты НИР.

Стадия разработки (конструирования) ТСПА включает схемные и конструктивные методы и метод планирования эксплуатационных мероприятий. Схемные методы обеспечивают повышение надежности за счет упрощения схем, создания схем с автоматическим контролем работоспособности, резервирования наиболее ответственных частей. Конструктивные методы позволяют разрабатывать надежные детали и элементы в целом; правильно подбирать рабочие параметры элементов; использовать унифицированные части (детали); учитывать требования по удобству обслуживания и ремонта элементов.

Планирование эксплуатационных мероприятий на стадии разработки АУП состоит в разработке оптимальной системы технического обслуживания и ремонта, включающей плановое техническое обслуживание, текущий, средний и капитальный ремонт, обучение обслуживающего персонала и обеспечение материалами и ЗИП.

На стадии производства ТСПА осуществляют следующие мероприятия: входной контроль качества сырья и комплектующих изделий; совершенствование технологии производства; автоматизацию технологических процессов изготовления деталей, сборки элементов и блоков; выходной контроль качества изделий службой технического контроля в соответствии с требованиями, содержащимися в технических условиях; статистическое регулирование качества продукции путем аperiodических заводских испытаний; «тренировку» (обкатку) элементов и блоков на заводских стендах до устранения приработочных отказов.

На стадии разработки технического задания на проектирование АУП для объекта производится учет нормированных или требуемых заказчиком показателей надежности, выбор и обоснование показателей надежности, разрабатывается программа обеспечения надежности.

На стадии проектирования АУП объекта важным для обеспечения эффективности и надежности являются следующие мероприятия: правильный выбор вида АУП, типа установки внутри данного вида; учет условий эксплуатации; выбор надежных элементов и блоков; резервирование пусковых систем и огнетушащих средств; обоснованный расчет установки; соблюдение требований СНиП «Пожарная автоматика зданий и сооружений» по информационным показателям и резервированию.

Наиболее ответственными являются этапы разработки ТЗ и проектирования, поскольку именно здесь закладывается определенный уровень надежности отдельных средств и установки в целом. Поэтому органы ГПН периодически осуществляют экспертизу проектов проектных организаций с позиции соответствия установок требуемой эффективности и надежности.

На стадии монтажа АУП реализация запроектированных показателей эффективности и надежности достигается следующими методами: осуществлением входного контроля оборудования; авторским надзором за монтажом; строгим выполнением проектных решений; качественным выполнением сборочных, сварочных, крепежных и окрасочных работ; наладкой и испытанием установки.

На стадии эксплуатации АУП оценивается ее надежность, что позволяет разрабатывать и корректировать правила эксплуатации; разрабатывать рекомендации по совершенствованию конструирования, изготовления, проектирования и монтажа АУП, а также системы технического обслуживания.

Важнейшим условием поддержания запроектированного уровня надежности АУП является квалификация персонала, осуществляющего эксплуатацию установок, а также выполнение требуемого технического обслуживания АУП.

Глава 9

Основы проектирования и эксплуатации установок пожарной автоматики

9.1. Обоснование необходимости и выбор вида АППЗ

Проектированию АППЗ предшествует решение ряда вопросов, связанных с анализом пожарной опасности объекта, микроклимата, объемно-планировочными и конструктивными особенностями защищаемого объекта.

Проектирование установок пожарной автоматики осуществляется в несколько этапов:

1. Обоснование необходимости автоматической противопожарной защиты и выбор вида и типа установок.
2. Процесс проектирования установок.
3. Оценка экономической эффективности АУП.

В настоящее время применяются следующие методы обоснования необходимости применения и выбора вида АППЗ: нормативный и расчетные.

Нормативный метод

Сущность этого метода состоит в том, что применение АППЗ предписывается для большой группы производственных помещений, жилых, общественных и административных зданий, на основе предварительной аналитической оценки, соответствующими нормативными актами: НПБ 110–03 [71], ППБ 01–03 [72].

Принцип нормативного подхода к выбору вида установок АППЗ для объектов производственного назначения состоит в том, что для пожароопасных помещений назначены определенные размеры площади (например, 500, 1000, 1500 м²) или объемы (например, для нефтебаз). Если проектируемое или существующее помещение имеет площадь, равную или большую нормативной, то применение АУП обязательно. Таким образом, в этом случае условным, приблизительным способом (так как используется лишь часть арсенала расчетно-аналитического метода) делается попытка свести возможный экономический ущерб от пожара к минимуму. Аналогичный подход и в случае нормирования применения АПС (к примеру, защите сигнализацией подлежат пожароопасные помещения площадью от 100 до 500 м²).

После того как установили, что нормы требуют применения АУП или АПС, выбирается наиболее эффективный для данных условий тип установки.

Расчетные методы

1. По расчету среднеобъемной температуры в защищаемом помещении при пожаре.

В координатах времени τ и температуры T условно показан характер изменения среднеобъемной температуры в помещении при свободном горении в начальной стадии развития пожара (рис. 9.1, кривая 1).

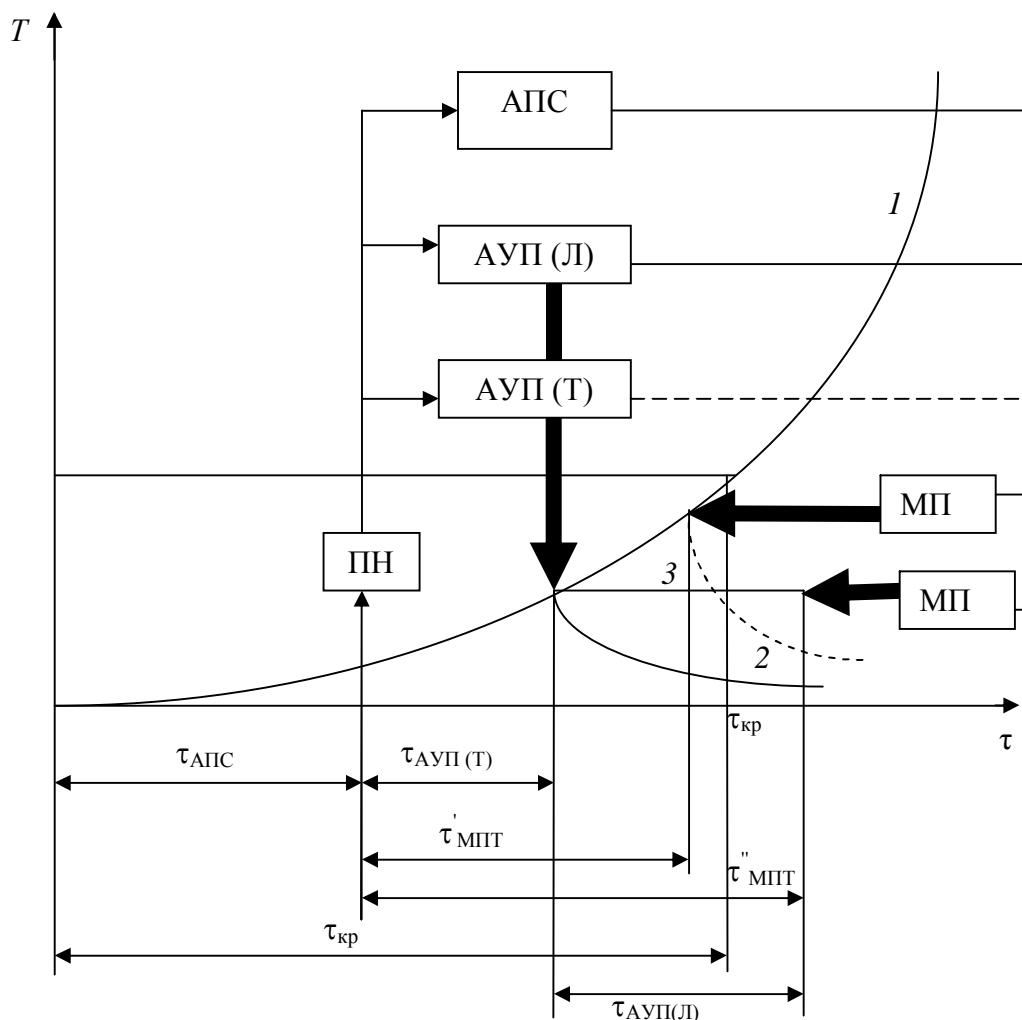


Рис. 9.1. Характер изменения среднеобъемной температуры в помещении при свободном горении в начальной стадии развития пожара

Характерной точкой этой кривой является момент, когда среднеобъемная температура в помещении достигает температуры самовоспламенения веществ и материалов, находящихся в объеме, где произошел пожар. Эта точка кривой и соответствующее ей время называются критическими. По истечении критического времени происходит воспламенение всех горючих веществ и пожар приобретает катастрофический характер.

Как видно из рисунка, предотвращение роста опасных факторов пожара выше предельно допустимых (критических) значений может быть достигнуто путем ликвидации пожара мобильными средствами пожарной охраны, прибывшими по сигналу автоматической пожарной сигнализации (АПС) при срабатывании пожарного извещателя (ПИ) за время меньше критического $t_{кр}$. В случае, если время прибытия и боевого развертывания мобильных пожарных подразделений больше, необходимо применять стационарную установку пожаротушения, которая автоматически включается в работу по сигналу пожарного извещателя до наступления критических условий и обеспечивает тушение (кривая 2) или локализацию (кривая 3) пожара.

Из графика также видно, что время действия установки пожаротушения (АУП) в режиме локализации должно быть не менее времени прибытия и боевого развертывания мобильной пожарной техники (МПТ) для ликвидации локализованного пожара.

В реальных условиях очаги пожара могут возникнуть в местах труднодоступных для доставки диспергированных и пенных огнетушащих веществ, подаваемых стационарными установками пожаротушения с образованием многочисленных «теневых» зон. По этим причинам стационарные установки пожаротушения часто обеспечивают только локализацию пожара. Кроме того, ряд установок по принципу действия предназначен только для локализации пожара. К ним относятся автоматические огнепреграждающие затворы и двери, водяные завесы и др. В связи с изложенным применение автоматических установок пожаротушения предполагает обязательное участие в ликвидации локализованного пожара оперативными подразделениями пожарной охраны или добровольными формированиями.

2. Расчетно-графический метод, разработанный на кафедре пожарной автоматики Академии ГПС МЧС России [2], базируется на двух математических моделях, характеризующих внешние и внутренние факторы пожарной опасности.

Сущность метода состоит в определении общей опасности возникновения и развития пожара на объекте с учетом внешних и внутренних факторов $O_{общ}$:

$$O_{общ} = \frac{K_{M_V} K_{ОРП} K_{РО} K_{ПЧ}}{K_{огн} K_{РП}}, \quad (9.1)$$

где K_{M_V} – коэффициент, учитывающий величину общей пожарной (массовой) нагрузки M_V (табл. 9.1); $K_{ОРП}$ – коэффициент, учитывающий группу защищаемого объекта по опасности распространения пожара (табл. 9.2);

K_{PO} – коэффициент, учитывающий размеры защищаемого объекта (табл. 9.3); $K_{ПЧ}$ – коэффициент, учитывающий расстояние до ближайшей пожарной части (табл. 9.4); $K_{огн}$ – коэффициент, учитывающий степень огнестойкости защищаемого здания (табл. 9.5); $K_{РП}$ – коэффициент, учитывающий риск возникновения пожара на защищаемом объекте (табл. 9.6).

В табл. 9.1–9.6 в скобках приведены значения коэффициентов для животноводческих, звероводческих, птицеводческих объектов и высокостеллажных складов сельхозтехники.

Таблица 9.1

Значение коэффициента K_{M_V} при различных величинах пожарной нагрузки M_V

M_V , кг/м ²	K_{M_V}	M_V , кг/м ²	K_{M_V}
0–15	1,0(1,2)	241–480	3,0(3,4)
16–30	1,3(1,4)	481–960	3,6(3,8)
31–60	1,7(1,8)	961–1920	4,2(–)
61–120	1,9(2,4)	1921–3840	4,6(–)
121–240	2,5(2,8)	Более 3840	4,8(–)

Общую пожарную нагрузку подсчитывают по методике, приведенной в п. 9.2.1 данного учебника.

Таблица 9.2

Зависимость $K_{ОРП}$ от теплонапряжения пожара P_V

Группа помещений по степени опасности распространения пожара	Пожарная нагрузка (теплонапряжение пожара), Дж/м ² *	Значения коэффициента учета группы помещений $K_{ОРП}$
1	$(P_V \leq 1,84 \cdot 10^8)$	0,7(0,9)
2	$(1,84 \cdot 10^8 \leq P_V < 7,4 \cdot 10^8)$; также 1-я группа при условии быстрого распространения огня	0,8(1,0)
3	$(7,4 \cdot 10^8 \leq P_V < 1,84 \cdot 10^9)$; также 2-я группа при условии быстрого распространения огня	1,0(1,2)
4	$(1,84 \cdot 10^9 \leq P_V < 3,68 \cdot 10^9)$; также 3-я группа при условии быстрого распространения огня	1,3(1,4)
5, 6, 7	$(P_V \geq 3,68 \cdot 10^9)$ Существует угроза выхода из строя технологического оборудования, обрушения строительных конструкций, гибели людей	1,6(7) 6,5

* Определяется по методике, изложенной в п. 9.2.1 данного учебника

Таблица 9.3

Зависимость коэффициента K_{PO} от параметров и расположения защищаемого отсека

Площадь противопожарного отсека; высота здания; высота помещения	Значения коэффициента, учитывающего размеры защищаемого объекта K_{PO}
Площадь отсека до 500 м ² Высота здания до 3 этажей Высота помещения до 10 м	1,0 (1,2)
Площадь отсека от 501 до 1500 м ² Высота здания от 3 до 8 этажей Высота помещения от 10 до 20 м Наличие цокольного или подвального этажа	1,5 (1,7)
Площадь отсека от 1501 до 3500 м ² Высота здания более 8 этажей Высота помещения более 20 м Наличие двух и более подземных этажей	2,0 (2,2)
Площадь отсека 3500 м ² и более	2,5 (2,7)

Таблица 9.4

Зависимость коэффициента $K_{ПЧ}$ от расстояния до пожарной части

Расстояние до пожарной части, км	Коэффициент, учитывающий расстояние до ближайшей пожарной части $K_{ПЧ}$
До 2	1,0 (1,2)
От 2 до 5	1,1 (1,4)
Более 5	1,2 (1,6)

Таблица 9.5

Зависимость коэффициента $K_{огн}$ от степени огнестойкости здания

Степень огнестойкости здания	Коэффициент, учитывающий степень огнестойкости защищаемого здания $K_{огн}$
I	2,3 (2,1)
II	2,2 (2,0)
III	2,1 (1,9)
IV	2,0 (1,8)
V	1,9 (1,7)

Таблица 9.6

Зависимость коэффициента $K_{РП}$ от характеристики пожаровзрывоопасности отсека

Характеристика пожаровзрывоопасности объекта	Коэффициент, учитывающий риск возникновения пожара на объекте $K_{РП}$
Производственные здания (помещения) категории А и Б по пожарной опасности; производственные здания с наличием взрывчатых веществ (ВВ)	1,0
Производственные здания (помещения) категории В и Г по пожарной опасности; торговые объекты; жилые и общественные здания	1,2 (1,1)
Складские здания, отнесенные к категориям А и Б по пожарной опасности; хранилища ВВ	1,4
Складские здания, отнесенные к категории В; хранилища негорючих изделий в горючей упаковке	1,5 (1,3)

Определяют пожарную опасность защищаемого объекта с учетом наиболее значимых внутренних факторов и стоимостного показателя $O_{\text{вн}}$.

$$O_{\text{вн}} = K_{\text{п.т}} K_{\text{д}} K_{\text{с}}, \quad (9.2)$$

где $K_{\text{п.т}}$ – коэффициент, учитывающий опасность воздействия таких опасных факторов пожара, как пламя, высокая температура (равен 1,0...2,0); $K_{\text{д}}$ – коэффициент, учитывающий опасность воздействия на людей дыма и токсичных продуктов горения, равен 1,0...2,0; $K_{\text{с}}$ – стоимостный коэффициент, учитывающий проектную и балансовую стоимость здания (помещения), включая оборудование и материалы, равен 1,0...3,0 при 0,25...10,0 млн. руб. и более соответственно.

Значения коэффициентов $O_{\text{общ}}$ и $O_{\text{вн}}$ наносят на номограмму (рис. 9.2) и определяют необходимость и вид АУП.

При выборе и обосновании применения (в любом случае) автоматической установки пожаротушения на конкретном объекте следует учитывать, будет ли экономически оправдано ее использование. Экономическая эффективность применения пожарной автоматики должна определяться с учетом стоимости объекта, вероятности возникновения пожара, возможного ущерба от него, а также капитальных вложений и текущих расходов на противопожарную защиту. Экономическим критерием целесообразности применения АУП является условие, при котором затраты на пожарную автоматику меньше вероятного снижения ущерба от пожаров при ее использовании.

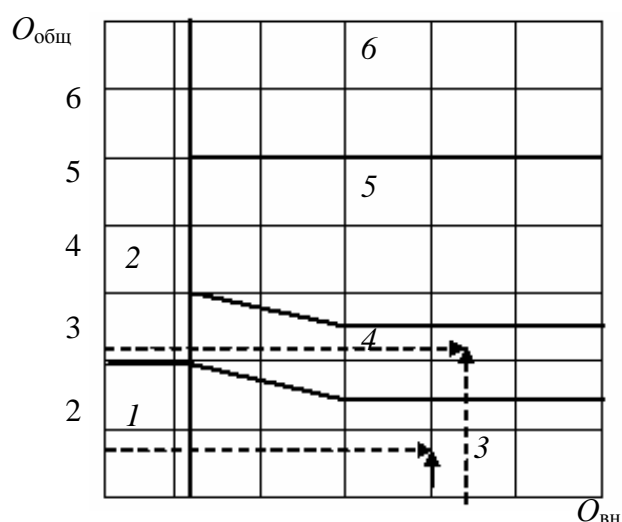


Рис. 9.2. Номограмма для определения необходимости и вида установок пожарной автоматики:

зона 1 – АУП не требуется; зона 2 – рекомендуется применение АУП; зона 3 – рекомендуется применение АПС; зона 4 – рекомендуется применение АПС для объектов, имеющих собственную пожарную охрану, для объектов, не имеющих собственной пожарной охраны, рекомендуется применение АУП; зона 5 – применение АУП является обязательным; зона 6 – применение АУП является обязательным, рекомендуется также объектовая пожарная часть

9.2. Определение группы защищаемого помещения по степени опасности развития пожара. Выбор основных нормативных параметров для проектирования АУП

9.2.1. Определение группы защищаемого помещения

Группу защищаемого помещения по степени опасности развития пожара, на основе которой принимаются основные расчетные параметры АУП, для основных технологических процессов выбирают по приложению НПБ 88–2001* [19].

Однако в ряде случаев при проектировании установок водяного и пенного пожаротушения возникают затруднения с выбором расчетных параметров (интенсивности орошения, одновременно защищаемой площади, расстояния между оросителями и др.) в связи с отсутствием в НПБ 88–2001* [19] перечня многих технологических процессов, подлежащих защите с помощью АУП. Эти затруднения могут быть преодолены с помощью расчетного метода определения группы защищаемого помещения.

Решение задачи производится в два этапа: рассчитывают тепловую пожарную нагрузку (теплонапряжение пожара) для защищаемого помещения, затем определяют его группу по степени опасности развития пожара.

Расчет пожарной нагрузки защищаемого помещения

Методика расчета [73] состоит в следующем:

1. Определяют расчетную тепловую пожарную нагрузку (расчетное теплонапряжение пожара) для помещения P_V , Дж/м²,

$$P_V = pabc, \quad (9.3)$$

где p – тепловая пожарная нагрузка (теплонапряжение пожара), Дж/м²; a – коэффициент скорости сгорания веществ и материалов в зависимости от их плотности и плотности укладки; b – коэффициент скорости сгорания веществ материалов в зависимости от площади пола и высоты помещения, площади и высоты световых и аэрационных проемов; c – коэффициент, учитывающий наличие пожарного водоснабжения или пожарной автоматики.

Тепловую пожарную нагрузку (теплонапряжение пожара) определяют по формуле

$$p = p_n + p_s, \quad (9.4)$$

где p_n – временная тепловая пожарная нагрузка (теплонапряжение пожара от временно находящихся в помещении горючих материалов), Дж/м²;

p_s – постоянная тепловая пожарная нагрузка (теплонпряжение пожара от постоянно находящихся в помещении горючих материалов), Дж/м²,

$$p_n = \frac{M_i N_i}{S}, \quad p_s = \frac{M_i H_i}{S}, \quad (9.5)$$

где M_i – масса i -го вещества или материала, кг; H_i – количество тепла, выделяемого при горении i -го материала или вещества, Дж/кг; S – площадь защищаемого помещения, м².

Временную массовую пожарную нагрузку (временно находящиеся в помещении горючие материалы) образуют вещества и материалы, обращающиеся в производстве, а также мебель, технологическое и сантехническое оборудование и расходные материалы, способные гореть.

Постоянную массовую пожарную нагрузку (постоянно находящиеся в помещении горючие материалы) составляют строительные конструкции из горючих и трудногорючих материалов (включая декоративные, теплоизоляционные и звукоизоляционные материалы).

Твердые трудногорючие материалы, согласно рекомендациям ВНИИПО, включают в пожарную нагрузку, если низшая теплота их горения

$$Q_n^p > 1,13 \cdot 10^7 \text{ Дж/кг (2700 ккал/кг)}. \quad (9.6)$$

Удельную тепловую пожарную нагрузку разнородных материалов в пределах одного помещения можно суммировать, если количество выделяемого при горении тепла (теплонпряжение) от данного материала, формула для определения которой будет дана ниже, не превышает 5 % от теплонпряжения другого. При наличии в помещении ЛВЖ и ГЖ в расчет не принимаются жидкости, которые могут быть автоматически эвакуированы или подача которых может быть автоматически прекращена.

В многоэтажных зданиях удельная пожарная нагрузка определяется для каждого этажа в отдельности.

Если горючие материалы сосредоточены в какой-либо одной части помещения и занимают не более 40 % его площади, то удельная пожарная нагрузка для всего помещения определяется по площади, занятой материалами.

2. Количество тепла, выделяемого при горении веществ и материалов для каждого материала (вещества), определяют по формуле

$$H = n Q_n^p, \quad (9.7)$$

где n – коэффициент недожога вещества или материала, принимаемый равным 0,75 для жидких и 0,95 для твердых материалов;

Q_n^p – низшая теплота горения данного вещества или материала (принимается по справочным данным, содержащимся, например, в учебной и справочной литературе по процессам горения, термодинамике и теплопередаче в пожарном деле и пожарной тактике), Дж/кг.

3. Коэффициенты a , b и c определяют следующим образом:

$$a = \frac{P_n a_n + P_s a_s}{P_n + P_s}, \quad (9.8)$$

где коэффициенты a_n и a_s равны:

$$a_n = \frac{\sum_{i=1}^i M_i H_i a_{m,i}}{\sum_{i=1}^i M_i H_i}, \quad (9.9)$$

$$a_s = \frac{\sum_{i=1}^k M_i H_i a_{m,i}}{\sum_{i=1}^k M_i H_i}, \quad (9.10)$$

где $a_{m,i}$ – коэффициент, зависящий от вида вещества или материала и равный 0,7–1,5.

Для упрощения расчета допускается принимать $a_{m,i} = 0,9$.

Коэффициент b определяет зависимость между площадью пола помещения, высотой помещений, площадью и высотой световых и аэрационных проемов:

$$b = \frac{SK_s}{S_o h_o^{1/2}}, \quad (9.11)$$

где S – площадь помещения в плане, м²; S_o – общая площадь проемов в наружных стенах и покрытии защищаемого помещения; h_o – высота проемов, м; K_s – коэффициент, зависящий от высоты и площади защищаемого помещения, высоты и площади проемов.

Коэффициент K_s принимают в зависимости от значения вспомогательного коэффициента n

$$n = \frac{S_o}{S} \sqrt{\frac{h_o}{h}}, \quad (9.12)$$

где h – высота защищаемого помещения, м.

Если в защищаемом помещении нет фонарей и световых проемов, но имеются люки дымоудаления и приточно-вытяжная вентиляция, то принимают $n = 0,005$, а K_s вычисляют по формулам:

$$\text{при } F_o < 0,03 \quad K_s = 2,31F_o^{0,84}; \quad (9.13)$$

$$\text{при } F_o > 0,03 \quad K_s = (0,3 F_o^{0,8} - 0,002/F_o + \log F_o + 2,25)1/5,5, \quad (9.14)$$

где F_o – параметр вентиляции, равный

$$F_o = \frac{S_o \sqrt{H_o}}{S_k}, \quad (9.15)$$

где S_k – площадь ограждающих конструкций защищаемого помещения, м².

Коэффициент c при проектировании установок пожарной автоматики принимается равным 1.

При расчете температурного режима пожара в помещении, защищаемом пожарной автоматикой, можно ориентировочно принимать $c = 0,75$ при наличии автоматической пожарной (охранно-пожарной) сигнализации и $c = 0,25$ при наличии автоматических установок пожаротушения.

Определение группы защищаемого помещения по степени опасности развития пожара

Расчетную пожарную нагрузку, вычисленную по изложенной выше методике, используют для определения группы помещения по опасности развития пожара, согласующейся с приложением 1 НПБ 88–2001* [19]. Для этого численные значения сравнивают с предложенным ВНИИПО классификационным рядом [74]. В приложении НПБ 88–2001* [19] эти цифры округлены.

$P_V < 1,84 \cdot 10^8$ Дж/м² – группа 1;

$1,84 \cdot 10^8$ Дж/м² < P_V < $7,4 \cdot 10^8$ Дж/м² – группа 2;

$7,4 \cdot 10^8$ Дж/м² < P_V < $1,84 \cdot 10^9$ Дж/м² – группа 3;

$1,84 \cdot 10^9$ Дж/м² < P_V < $3,68 \cdot 10^9$ Дж/м² – группа 4;

$P_V > 3,68 \cdot 10^9$ Дж/м² – группы 5, 6 и 7.

9.2.2. Выбор и обоснование расчетных параметров АУП

Выбор типа АУП производят, пользуясь рекомендациями, изложенными при описании нормативного метода определения необходимости и вида АППЗ.

Для установок АПС основные расчетные параметры (количество ПИ, расстояние между дублирующими извещателями для управления АУП, ПДЗ и оповещения о пожаре, данные для проектирования линейной и станционной частей) принимают по разделу 12 и 13 НПБ 88–2001* [19].

Основные расчетные параметры для *установок водяного и пенного пожаротушения* – интенсивность орошения (удельный расход), площадь, защищаемую одним спринклером или легкоплавким замком тросового привода, одновременно защищаемую площадь для расчета расхода воды или раствора пенообразователя, продолжительность тушения, напоры у оросителей, расстояние между спринклерами и легкоплавкими замками принимают по разделу 4 и приложению 1 и 2 НПБ 88–2001* [19].

Для *газовых АУП* такие расчетные параметры, как нормативная огне-тушащая концентрация, нормативное время выпуска заряда, норма запаса и др. принимают по НПБ 88-2001* [19].

Для *установок порошкового пожаротушения* в НПБ 88–2001* [19] нет всех необходимых данных для проектирования, поэтому целесообразно воспользоваться также Рекомендациями по проектированию и применению автоматических установок порошкового пожаротушения модульного типа [45].

9.3. Стадии проектирования.

Проектные организации. Документы, регламентирующие проектирование

Состав, порядок разработки, согласования и утверждения проектной документации на установки АППЗ рекомендуется СНиП 11-01–95 [75].

Для вновь строящихся и реконструируемых объектов вопросы проектирования систем АППЗ решаются генпроектной организацией в установленном порядке.

Для существующих объектов, после того как хозорган совместно с органом ГПН (последний выписывает предписание) на основании действующих норм и правил, перечней и других документов определили необходимость защиты объекта системами АППЗ, хозорган решает вопрос проектирования этих систем.

Проектно-изыскательские работы выполняются на основании договоров, заключенных заказчиком с проектной организацией.

Для проведения проектно-изыскательских работ обязательным исходным документом является задание на проектирование, которое составляется заказчиком с привлечением проектной организации.

Задание на проектирование АУП включает в себя следующие разделы:

- наименование и назначение АУП;
- проектная организация – генеральный проектировщик или организация-заказчик;

- основание для проектирования;
- сроки начала и окончания строительства;
- особые условия строительства (климатические);
- характеристика защищаемого объекта (площадь, объем, перечень защищаемых помещений и характеристика пожароопасных веществ и материалов и т. п.);
- технические требования к проектируемой установке (место выдачи сигнала о пожаре, электроснабжение, способ прокладки кабелей и трубопроводов, источники водоснабжения, численность обслуживающего персонала, техника безопасности);
- технико-экономические показатели и качественные характеристики (площадь (объем) защищаемых помещений, расход основных строительных материалов и т. п.);
- базовые качественные характеристики (технологичность монтажа, соответствие функциональному назначению объекта и т. п.);
- исходные данные для проектирования (оформляются в виде таблиц, где указывается перечень и характеристики пожарной опасности защищаемых помещений, характеристики пожароопасных материалов и требования к установке пожарной автоматики).

Проектно-сметная документация может быть выполнена в одну стадию – рабочий проект или в две стадии – проект и рабочая документация, что определяется в ТЭО.

Как правило, проектирование АУП производится в одну стадию, за исключением сложных и уникальных объектов.

Рабочий проект должен состоять из следующих разделов:

- общей пояснительной записки;
- чертежей;
- сметной документации;
- спецификации оборудования;
- кабельного журнала.

Общая пояснительная записка и спецификация оборудования должны быть подписаны директором (главным инженером) проектной организации и главным инженером проекта, а чертежи еще и начальником отдела, специалистом, осуществляющим нормоконтроль, и исполнителями.

Пояснительная записка должна состоять из следующих разделов:

- общей части (наименование, адрес защищаемых помещений, основание для проектирования и перечень нормативных документов, используемых при проектировании);
- перечня и характеристики защищаемых помещений (основные строительные конструкции, площадь и высота помещений, пожарная нагрузка, категория производства и класс взрывопожароопасности помещений, климатические условия и т. п.);

- основных технических решений, принятых в проекте (оборудование установок пожарной автоматики и др.);
- электропитания (надежность электроснабжения);
- размещения оборудования (насосная станция, станционное помещение, диспетчерская и др.);
- заземления;
- профессионального и квалификационного состава эксплуатационного персонала;
- мероприятий по охране труда и технике безопасности.

Проектно-сметная документация на установки пожарной автоматики, разработанная в соответствии с действующими строительными нормами, правилами, инструкциями и ГОСТами, согласованию с органами госпожнадзора не подлежит.

Документация, выполненная с отступлениями от действующих норм, подлежит согласованию в части этих отступлений с органами ГПН и заинтересованными организациями.

После выполнения проектно-изыскательских работ проектная организация высылает заказчику в установленном порядке проектно-сметную документацию.

Роль органов Госпожнадзора на этой стадии заключается в своевременном и правильном определении необходимости оборудования объекта АУП, вручении предписания, контроле за своевременной подачей заявки на проектирование, включением в план проектирования.

На стадии разработки или после выдачи проекта органы ГПН осуществляют контроль за полнотой выполнения противопожарных требований действующих норм, а также своевременным внесением проектной организацией изменений и дополнений по выявленным недочетам.

Проектирование сложных систем АППЗ крупных и сложных промышленных предприятий, зданий и сооружений, объектов с большим пребыванием людей или скоплением больших материальных ценностей поручают специализированным проектным организациям.

9.4. Основные принципы анализа проектных решений систем пожарной автоматики

При анализе проектных решений надо рассматривать следующие основные показатели установки:

- соответствие требуемым параметрам защиты данного помещения;
- соответствие проекта требованиям по полноте управляющих и информационных сигналов;

- эффективное применение технических средств и наличие на них сертификатов;

- способ и технические средства передачи сигнала о пожаре в пожарную охрану;

- информативность АПС.

Для рассмотрения и согласования проектов АУП проектная организация представляет в территориальный орган ГПС следующие материалы:

- сопроводительное письмо;

- лицензию на соответствующий вид деятельности, выданную органами ГПС (для действующих объектов) или органами лицензирования Госстроя России (для строящихся и реконструируемых объектов);

- комплект проектной документации на АУП.

Проектная документация должна быть оформлена в установленном порядке, подписана главным инженером, авторами проекта и иметь архивные номера.

Комплект проектной документации на автоматическую систему (установку) пожаротушения или автоматическую систему (установку) пожарной сигнализации, представляемый на согласование органам ГПН, должен как минимум содержать:

- задание на проектирование;

- проектно-сметную документацию на стадии проекта (рабочего проекта).

Задание на проектирование должно быть разработано, оформлено, согласовано и утверждено в соответствии с порядком и правилами.

Задание на проектирование может быть согласовано с территориальными органами ГПС.

Порядок рассмотрения и согласования проектов

В процессе рассмотрения проекта АУП необходимо проконтролировать:

- наличие сертификатов пожарной безопасности для составляющих элементов АУП;

- соответствие исполнения компонентов систем условиям применения;

- правильность выбора метода тушения (объемный, локальный), типа АУП;

- правильность выбора огнетушащего вещества и принятой для него в расчетах нормативной концентрации (или других нормативных параметров);

- соответствие размеров объекта (защищаемого помещения) и видов технологических процессов производства требованиям норм на применимость соответствующих огнетушащих веществ, типов АУП;

- соответствие ограничений на максимальный суммарный объем, площадь, высоту, степень негерметичности объекта и т. п. требованиям норм для АУП соответствующего типа;
- соответствие принятых в проекте расчетных геометрических характеристик объекта фактическим;
- соответствие допустимого для применения ОТВ напряжения электрооборудования имеющемуся на объекте;
- правильность выбора параметров подачи ОТВ в соответствии с требованиями норм ПБ для данных типов АУП;
- продолжительность подачи (времени выпуска) ОТВ;
- интенсивность подачи (секундного расхода) ОТВ;
- суммарное количество ОТВ;
- инерционность АУП;
- алгоритм подачи ОТВ (последовательности включения направлений, батарей, модулей, баллонов, ГОА и т. п.);
- обеспечение выполнения команд и сигналов электроуправления в соответствии с требованиями ГОСТ 12.4.009–83* [6], НПБ 88–2001* [19] и нормами на данный тип АУП;
- правильность расстановки насадков или оросителей;
- обеспечение равномерности распределения ОТВ (по объему, площади, высоте защищаемого объекта);
- принятые в проекте значения времени эвакуации обслуживающего персонала из защищаемого помещения и задержки пуска ОТВ, запаса и резерва ОТВ (модулей, ГОА и т. п.) и их соответствие нормам ПБ для данного типа АСПТ;
- наличие проектных решений по обеспечению взаимодействия пожарной автоматики с инженерным оборудованием объекта;
- наличие устройств (или применение других проектных решений) для удаления ОТВ и продуктов горения после окончания тушения пожара;
- наличие проектных решений по обеспечению заправки, дозаправки ОТВ или средств пожаротушения, обеспечение при необходимости соответствующих услуг сервисной организацией;
- предусмотрение в спецификации ЗИПа АУП на модули, батареи, распределительные устройства, узлы пуска и т. д.;
- соблюдение требований норм ПБ, СНиП, ПУЭ по размещению и компоновке на объекте узлов АУП, средств, входящих в состав АПС, и наличие для них соответствующих заключений специализированных организаций о соответствии их исполнения, категории производства (особенно для помещений с категориями производств А и Б по НПБ 105-03 [50] и взрывоопасными зонами по ПУЭ);
- эффективность примененных пожарных извещателей;

- соответствие заданной в проекте надежности АУП, указанной в ТЗ или требуемой соответствующими нормами ПБ для данного типа АУП;
- соответствие окраски элементов АУП, предусмотренной ГОСТ 12.4.026–76* [56] и нормами ПБ для данного типа АУП;
- категорию электропитания АУП и ее соответствие требованиям норм.

При контроле правильности выбора ОТВ следует руководствоваться техническим заданием на проектирование АУП, СНиП, нормами и правилами ПБ, ведомственными нормами и правилами, рекомендациями ВНИИПО применительно к особенностям защищаемого объекта.

При расчете АУП должна быть принята величина нормативной концентрации, равная максимальному значению для материалов, применяемых в защищаемом помещении (при использовании таких нормативных параметров, как защищаемые единицей массы ОТВ площадь и объем, необходимо принимать минимальные значения этих параметров для материалов, применяемых в защищаемом помещении).

Огнетушащее вещество, принятое для применения в АУП, должно соответствовать следующим требованиям:

- а) быть эффективным для тушения пожаров горючих веществ, имеющих на объекте;
- б) быть совместимым с материалами и оборудованием (в том числе электрооборудованием) защищаемого объекта;
- в) быть безопасным по отношению к персоналу защищаемого объекта, с учетом условий применения (ОТВ) и возможности эвакуации персонала;
- г) отвечать требованиям охраны окружающей среды;
- д) огнетушащие и физические свойства ОТВ должны позволять его хранение и эффективное применение в диапазоне температур эксплуатации объекта.

Рассмотрение и согласование отступлений от норм проектирования и проектных решений, на которые отсутствуют нормы проектирования, должны осуществляться в порядке, установленном НПБ 03–93 [76] при наличии рекомендаций или заключения специализированной научно-исследовательской организации по указанному отступлению.

При рассмотрении проектов АУП, выполненных зарубежной фирмой, не имеющей лицензии ГПС на проведение данного вида работ (случай комплексной поставки защищаемого оборудования и установки), необходимо руководствоваться требованием НПБ 04–93 [77].

По выявленным государственным инспектором в проектно-сметной документации отступлениям и нарушениям требований пожарной безопасности генеральному проектировщику вручается предписание. При необходимости копия предписания для сведения направляется заказчику, генеральному подрядчику и в вышестоящий орган управления ГПС.

Государственные инспекторы при рассмотрении проектной документации не должны делать какие-либо записи и ставить штампы на технической документации проекта. Допускается оформлять письменное заключение о соответствии представленной на рассмотрение проектной документации требованиям пожарной безопасности.

Особенности экспертизы проектов автоматических установок водяного пожаротушения

При проектировании автоматических установок водяного пожаротушения необходимо руководствоваться НПБ 88–2001*, Методическими рекомендациями [19, 78].

При рассмотрении проектов установок водяного пожаротушения необходимо обратить внимание на соблюдение следующих требований.

АУВП следует проектировать для защиты помещений высотой не более 20 м.

В зависимости от температуры воздуха в защищаемом помещении проверяют принятый в проекте тип спринклерной установки:

- водозаполненная – для помещений с температурой воздуха 5 °С и выше;

- воздушная – для неотапливаемых помещений зданий, расположенных в районах с продолжительностью периода со среднесуточной температурой воздуха ниже 5 °С.

В соответствии с проектными данными о пожарной опасности технологического процесса в защищаемом помещении необходимо проверить правильность принятой в задании на проектирование группы пожарной опасности помещения.

Проверяют выбранные основные расчетные параметры установки:

- интенсивность орошения;
- площадь, защищаемая одним оросителем;
- защищаемая площадь (для определения расхода воды, раствора пенообразователя);
- продолжительность работы установки;
- расстояние между оросителями.

Проверяют правильность выбора схемы размещения оросителей.

Проверяют правильность выбора спринклерных оросителей. Спринклерные оросители следует устанавливать в помещениях или в оборудовании с максимальной температурой окружающего воздуха, °С:

- до 50 – с температурой разрушения теплового замка 72 °С;
- от 51 до 70 – с температурой разрушения теплового замка 93 °С;
- от 71 до 100 – с температурой разрушения теплового замка 141 °С;
- от 101 до 140 – с температурой разрушения теплового замка 182 °С;
- от 141 до 200 – с температурой разрушения теплового замка 240 °С.

Проверяют правильность выбора и размещения узлов управления. Тип узла управления (электрозадвижка, клапан с гидравлическим или электрическим включением) должен приниматься в зависимости от типа импульсного устройства побудительной системы. Следует иметь в виду, что узлы управления с электроприводом невзрывозащищенного исполнения устанавливать непосредственно в помещениях с производствами категорий А, Б, В не допускается. Это требование относится также к сигнализатору давления (СД) и электроконтактному манометру (ЭКМ).

Проверяют правильность выбора устройства и схемы трассировки трубопроводов.

При оценке правильности выбора водопитателей необходимо руководствоваться следующими соображениями. Водяные установки, в которых в качестве побудителей (датчиков) используют спринклеры или легкоплавкие тросовые замки, обеспечиваются импульсным устройством и основным водопитателем. Спринклерные установки, в которых насос (основной водопитатель) включается вручную, должны иметь автоматический водопитатель.

При экспертизе проекта насосных станций или насосов-повысителей для обеспечения работы спринклерных установок следует учитывать следующее.

Количество насосов должно быть не менее двух (один рабочий, другой резервный). В отдельных случаях по согласованию с органами Госпожнадзора допускается установка одного насоса с автоматическим пуском. Привод насосов должен осуществляться от электродвигателей. Каждый насос должен быть рассчитан на подачу полного расчетного расхода воды.

Питание электродвигателей насосов как потребителей I категории должно быть предусмотрено от двух независимых (радиальных) фидеров.

В схеме электроуправления насосной должна быть предусмотрена автоматизация следующих операций: пуск рабочего насоса; пуск резервного насоса в случае отказа или невыхода на режим рабочего насоса; открытие запорной арматуры с электроприводом; переключение цепей управления с рабочего на резервный ввод (фидер); формирование командного импульса на отключение технологического оборудования (в случае необходимости).

Остановку пожарных насосов предусматривают, как правило, из помещения насосной станции или из дежурного помещения.

Правильность гидравлического расчета установок проверяется по методике, изложенной в Приложении НПБ [19].

Гидравлический расчет спринклерной сети имеет целью определение расхода воды у «диктующих» спринклеров; сравнение удельного расхода (интенсивности орошения) с требуемым (нормативным), а также определение необходимого напора у водопитателей и наиболее экономичных диаметров труб.

Расчету сети предшествует изображение аксонометрической схемы с указанием на ней размеров и диаметров участков труб. Расчет сети производят, исходя из характеристик, например, истечения из оросителя, трения в трубопроводе и др.

Особенности экспертизы проектов автоматических установок пенного пожаротушения

Требования к проектированию автоматических установок пенного пожаротушения изложены в НПБ 88–2001*, Методических рекомендациях [19, 78].

При рассмотрении проектов установок пенного пожаротушения необходимо обратить внимание на соблюдение следующих требований:

- оценивают совместимость пены и эффективность тушения ею веществ, имеющих в защищаемой зоне. Например, при тушении пожаров спиртов и других полярных жидкостей для получения пены следует использовать специальный пенообразователь;

- выбор метода тушения и соответственно типа АУПП производят в зависимости от характера развития возможного пожара и объемно-планировочных решений защищаемого помещения;

- выбор и размещение датчиков, спринклеров, тросовых замков, пожарных извещателей для систем пуска установок производят в соответствии с НПБ 88–2001* [19];

- в соответствии с выбранным методом тушения и типом АУПП, а также с учетом геометрии защищаемого оборудования определяют вид пенообразующего устройства (генератора, оросителя);

- к узлам управления и трассировке трубопроводов предъявляются те же требования, что и для водяных установок, но объединение трубопроводов пенных установок с водопроводами питьевого назначения не допускается;

- при устройстве АУПП требования к водопитателям насосной станции такие же, как и для АУВП за исключением следующих моментов:

- а) для получения пенообразующего раствора используют дозирующие устройства автоматического типа (баки-дозаторы с трубой Вентури, эжекторные дозаторы, дозаторы типа ДА и насосы-дозаторы), также применяют способ предварительного приготовления раствора пенообразователя в емкостях;

- б) при проектировании пенных установок с насосом-дозатором напор, создаваемый им в точке присоединения к напорному трубопроводу основного водопитателя, не должен превышать более чем на 3 м напора, создаваемого в этой точке основным водопитателем;

- в) схема трубопроводов насосной станции должна предусматривать возможность перемешивания водного раствора пенообразователя в резервуаре и подводящих кольцевых трубопроводах с помощью основного водопитателя-насоса;

г) расчетное время тушения, в течение которого подается полный расчетный расход раствора пенообразователя, должно быть равным (за исключением установок объемного пожаротушения):

- 15 мин для помещений категорий А, Б, В1 по взрывопожарной опасности;
- 10 мин для помещений категорий В2–В4 по пожарной опасности;
- должен быть предусмотрен 100%-ный резерв пенообразователя, равный расчетному объему;
- в системе дозирования пенообразователь следует хранить в металлической емкости с внутренним антикоррозионным покрытием;
- в системе дозирования с насосом-дозатором должно быть предусмотрено два насоса: рабочий и резервный – для подачи пенообразователя к дозирующему устройству, например, диафрагме или шайбе;
- АУПП с заранее подготовленным раствором пенообразователя должна быть оборудована специальным насосом с ручным включением для перекачивания пенообразователя из транспортной тары в резервуар для раствора;
- подача пенообразователя в резервуар, предварительно заполненный расчетным количеством воды, должна осуществляться через перфорированный трубопровод, уложенный по периметру резервуара на 0,1 м ниже уровня воды в нем;
- при хранении раствора пенообразователя в железобетонных резервуарах должно быть предусмотрено покрытие их внутренней поверхности эпоксидными смолами или другими веществами, обеспечивающими недопустимость контакта между раствором пенообразователя и железобетонной поверхностью резервуара;
- для слива пенообразователя или его раствора в случае проведения ремонтно-профилактических работ в пенных АСПТ должны быть предусмотрены резервные емкости (баки, резервуары);
- в качестве источника питания для пенных АСПТ должны использоваться водопроводы непитьевого назначения с насосными станциями;
- гидравлический расчет сети пенной АСПТ производится по той же методике, что и водяных АСПТ;
- диаметры трубопроводов пенных АСПТ определяют гидравлическим расчетом. При этом скорость движения пенообразующего раствора в трубе не должна превышать 10 м/с.

Особенности экспертизы проектов установок газового пожаротушения

Элементы установок газового пожаротушения, подлежащие обязательной сертификации в области пожарной безопасности в Российской Федерации, должны иметь соответствующий сертификат.

Остальное оборудование, изделия и материалы, применяемые в УГП, должны иметь документы, удостоверяющие их качество, и соответствовать условиям применения и спецификации проекта. ГОС и газы-вытеснители, применяемые в УГП, должны также соответствовать пп. 4.3–4.5 ГОСТ Р 50969–95 [31].

При экспертизе проектов необходимо проконтролировать целесообразность применения УГП.

УГП применяются для ликвидации пожаров классов А, В, С и электрооборудования (с напряжением не выше допустимого для данного ГОС).

Негерметичность помещений, в которых применяются объемные УГП, не должна превышать значений, указанных в НПБ 88–2001* [19].

Проектирование УГП для помещений с большими значениями негерметичности должно осуществляться на основании рекомендаций ВНИИПО.

УГП не эффективны для тушения пожаров ряда материалов, указанных в НПБ 88–2001* [19], и не должны в этих случаях применяться.

По способу тушения УГП могут быть разделены на объемные и объемно-локальные. Предпочтительно применение объемного способа тушения.

УГП по своим техническим характеристикам должны соответствовать ГОСТ Р 50969–95 [31].

Расчет установок газового пожаротушения

Расчет УГП должен быть выполнен в соответствии с НПБ 88–2001* [19] и методиками, изложенными в гл. 4 данного учебника. При наличии отступлений по любому параметру расчет проводится по методикам, согласованным в установленном порядке. При этом следует обратить внимание на правильный учет негерметичности защищаемого помещения и правильный выбор нормативной огнетушащей концентрации ГОС. Последняя величина должна приниматься равной максимальному значению огнетушащей концентрации из всех горючих веществ, находящихся в защищаемом помещении.

Гидравлический расчет УГП

Гидравлический расчет УГП имеет целью определение количества насадков и подбор диаметров трубопроводов, обеспечивающих равномерную подачу ГОС в помещение за время, не превышающее 10 с для модульных УГП и 15 с – для централизованных (без учета инерционности установки). Для установок, использующих в качестве ГОС CO_2 , время выпуска не должно превышать 60 с.

Методика расчета диаметров трубопроводов и количества насадков для установок низкого давления с двуокисью углерода приведена в НПБ 88–2001* [19].

Для установок высокого давления с двуокисью углерода и других газов гидравлический расчет производится по методикам, согласованным в установленном порядке.

Оборудование и длину трубопроводов при расчете и последующем проектировании УГП необходимо выбирать из условия, чтобы инерционность работы УГП не превышала 15 с.

Разница расходов ГОС между двумя крайними насадками на одном распределительном трубопроводе не должна превышать 20 %.

Выбор схемы размещения насадков, разводки трубопроводов

Выбор схемы размещения насадков должен производиться, исходя из задачи равномерного распределения ГОС в защищаемом помещении при оптимальных диаметрах труб и наименьшей металлоемкости системы.

Резерв (запас) УГП

Централизованные УГП должны иметь 100%-ный резерв ГОС. Модульные системы должны иметь 100%-ный запас ГОС из расчета полной замены модулей пожаротушения в установке, защищающей максимальное по объему помещение на объекте.

Эвакуация людей из защищаемых помещений

При рассмотрении проектов УГП следует обратить особое внимание на наличие персонала и условия его эвакуации. В соответствии с НПБ 88–2001* время задержки выпуска ГОС должно быть больше времени, необходимого для эвакуации людей из помещения, и не должно быть менее 10 с. Время, необходимое для эвакуации людей из помещения, определяется по методике, изложенной в СП 21-101-98, ГОСТ 12.1.004–91.

Установки газового пожаротушения для защиты помещений, имеющих взрывоопасные производства

При защите помещений категорий А или Б по НПБ 105-03 [50] или имеющих взрывоопасные зоны по ПУЭ оборудование УГП должно иметь взрывозащищенное исполнение необходимого уровня, подтвержденное заключением соответствующей специализированной организации, либо вынесено за пределы взрывоопасных зон с соблюдением требований действующих норм и ПУЭ.

Окраска трубопроводов, баллонов и других элементов УГП должна соответствовать ГОСТ 12.4.026 [56], пп. 4.27–4.28 ГОСТ Р 50969–95 [31].

Особенности экспертизы проектов установок аэрозольного пожаротушения

Требования к проектированию установок аэрозольного пожаротушения (УАП) изложены в НПБ 88–2001*, Методических рекомендациях [19, 78].

Генераторы огнетушащего аэрозоля, применяемые в составе УАП, и другие элементы установки, подлежащие сертификации, должны иметь сертификат пожарной безопасности.

УАП могут применяться для тушения (ликвидации) объемным способом пожаров подкласса А2 и класса В, по ГОСТ 27331–87 [29], в помещениях высотой не более 10 м и параметром негерметичности не более $0,001\text{--}0,04\text{ м}^{-1}$, в зависимости от объема защищаемого помещения.

При этом допускается наличие в указанных помещениях горючих материалов, горение которых относится к пожарам подкласса А1 по ГОСТ 27331–87 [29], в количествах, тушение пожара которых может быть осуществлено штатными ручными средствами, предусмотренными ППБ 01-03 [2] и НПБ 155–2002 [79].

УАП не должны применяться в помещениях категорий А и Б и в помещениях складского назначения категорий В1–В2 по НПБ.

В составе УАП не должны применяться генераторы огнетушащего аэрозоля 1 типа по ГОСТ Р 51046–97 [48] (с температурой газоаэрозольных продуктов на срезе выходных отверстий ГОА выше $500\text{ }^{\circ}\text{C}$) в помещениях зданий и сооружений III и ниже степени огнестойкости по СНиП 21-01–97 [52] и помещениях категорий А, Б по НПБ 105–03 [50].

Возможность применения УАП для защиты помещений категорий А и Б по НПБ 105–03 [50] или имеющих взрывоопасные зоны по ПУЭ, а также помещений, имеющих отступления от требований норм проектирования, в каждом конкретном случае подлежит согласованию с соответствующим органом управления ГПС в порядке, предусмотренном НПБ 03–93 [76].

Все элементы и оборудование УАП, применяемые для защиты взрывопожароопасных помещений категорий А и Б по НПБ 105–03 [50], а также взрывоопасных зон по ПУЭ и размещаемые в указанных помещениях и зонах, должны соответствовать требованиям ПУЭ (раздел 7) и иметь документы (свидетельства Госгортехнадзора РФ), подтверждающие безопасность их применения в помещениях указанных категорий.

Допускается применение УАП для защиты кабельных сооружений (полужаги, коллекторы, шахты и т. п.) объемом до 3000 м^3 и высотой не более 10 м при значениях параметра негерметичности помещения не более $0,001\text{ м}^{-1}$ и при условии отсутствия в электросетях защищаемого сооружения устройств автоматического повторного включения.

Применение УАП для тушения пожаров в помещениях с кабелями, электроустановками и электрооборудованием, находящимися под напряжением, допускается при условии, если его значение не превышает предельно допустимого, указанного в ТД на тип ГОА, используемый в данной установке.

Установки объемного аэрозольного пожаротушения не должны применяться для тушения:

- волокнистых, сыпучих, пористых и других горючих материалов, склонных к самовозгоранию и (или) тлению внутри слоя (объема) вещества (древесные опилки, хлопок, травяная мука и др.);

- химических веществ и их смесей, полимерных материалов, склонных к тлению и горению без доступа воздуха;
- гидридов металлов и пирофорных веществ;
- порошков металлов (магний, титан, цирконий и др.).

Использование по решению заказчика УАП для локализации пожара этих веществ и материалов не исключает необходимости оборудования помещений, в которых находятся или обращаются указанные вещества и материалы, установками пожаротушения, предусмотренными соответствующими нормами и правилами, ведомственными перечнями, другими действующими нормативными документами, утвержденными и введенными в действие в установленном порядке.

УАП не должны применяться:

- в помещениях, которые не могут быть покинуты людьми до начала работы ГОА;
- в помещениях с большим количеством людей (по СНиП 2.08.02–89* [80], СНиП 31-05–2003 [60] и СНиП 2.04.01–85 [81] – 50 человек и более);
- в помещениях с изменяющейся (изменяемой) планировкой, влияющей на его объем и конфигурацию;
- в помещениях зданий и сооружений, содержащих ценности, материалы и оборудование, которые могут пострадать от воздействия продуктов, образующихся при работе ГОА;
- в помещениях и сооружениях, представляющих архитектурную или историческую ценность, в помещениях музеев, кладовых (хранилищ) ценностей в банках, архивов, библиотек, картинных галерей, хранилищ произведений искусства и уникальных ценностей;
- в помещениях с ЭВМ, связанных процессоров и телекоммуникационных узлов сетей, архивов магнитных носителей, графопостроителей, сервисной аппаратуры, системных программистов, систем подготовки данных, а также в пространствах под съемными полами и за подвесными потолками этих помещений (за исключением персональных ЭВМ, размещаемых на рабочих местах пользователей и не требующих выделения зон обслуживания).

При проектировании УАП необходимо применять устройства контроля и управления, в которых предусмотрена функция контроля цепи пуска каждого ГОА.

Местный пуск УАП не допускается.

Размещение ГОА в защищаемых помещениях должно исключать возможность воздействия высокотемпературных зон каждого ГОА:

- на персонал, находящийся в защищаемом помещении или имеющий в данное помещение доступ (зона с температурой более 75 °С);

- на хранимые или обращающиеся в защищаемом помещении сгораемые вещества и материалы, а также сгораемое оборудование (зона с температурой более 200 °С);

- другое оборудование (зона с температурой более 400 °С).

Данные о размерах опасных высокотемпературных зон ГОА необходимо использовать из технической документации на примененный тип ГОА, официальной информации изготовителя примененных ГОА.

При необходимости следует предусматривать соответствующие конструктивные мероприятия (защитные экраны, ограждения и т. п.) в целях исключения возможности контакта персонала в помещении, а также сгораемых материалов и оборудования с опасными высокотемпературными зонами ГОА.

Размещение ГОА в помещениях должно обеспечивать равномерное заполнение огнетушащим аэрозолем всего объема защищаемого помещения, создание огнетушащей способности аэрозоля не ниже нормативной. При этом допускается размещение ГОА ярусами. Размещать ГОА в помещениях необходимо таким образом, чтобы исключить попадание аэрозольной струи в створ постоянно открытых проемов в ограждающих конструкциях помещения.

УАП должна обеспечивать задержку выпуска огнетушащего аэрозоля в защищаемое помещение на время, необходимое для эвакуации людей после подачи звукового и светового сигналов оповещения о пуске ГОА установки пожаротушения, а также полной остановки вентиляционного оборудования, закрытия воздушных заслонок, противопожарных клапанов и т. п., но не менее 30 с.

При экспертизе проектов УАП необходимо также проконтролировать:

- соотношение между величиной давления, развиваемого при работе установки, и предельной величиной давления в защищаемом помещении, при котором в нем сохраняется целостность остекления и ограждающих конструкций;

- обеспечение условий безопасной расстановки ГОА в защищаемом помещении по отношению к обслуживаемому персоналу и горючим материалам;

- обеспечение УАП заданной нормативной огнетушащей концентрации аэрозоля и интенсивности подачи огнетушащего аэрозоля.

Особенности экспертизы проектов модульных установок порошкового пожаротушения

Проверка соответствия проектных решений по выбору способа защиты (объемный, поверхностный, локальный) и марки огнетушащего порошка нормативным документам [19] или рекомендациям.

Проверка соответствия проектных решений по выбору параметров МАУПТ (инерционности, быстродействию, времени действия) нормативным документам (ГОСТ Р 51091–97 [44], [19], ГОСТ 12.3.046–91 [39]) или рекомендациям, утвержденным в установленном порядке.

Проверка соответствия характеристик, составляющих элементов МАУПТ (модулей, датчиков, электропроводов, электрокабелей и др.) категории помещения по взрывоопасности.

Проверка расстановки модулей на объекте, а также соответствия расчета их количества требованиям нормативных документов или рекомендациям.

Проверка наличия сертификатов соответствия и пожарной безопасности на составляющие МАУПТ (основание – перечень продукции, подлежащей обязательной сертификации в области пожарной безопасности).

Проверка соответствия электропитания систем МАУПТ классу энергоснабжения по ПУЭ-86. Проверка соответствия сигнализации и алгоритма работы для объемных установок (ГОСТ 12.3.046–91 [39]).

Особенности экспертизы проектов систем пожарной сигнализации и пожарной автоматики (ПА) установок пожаротушения

Требования к проектированию систем пожарной сигнализации и ПА установок пожаротушения изложены в НПБ 88–2001* [19], ПУЭ.

При экспертизе проекта пожарной сигнализации должны быть проверены следующие позиции:

- состав проектной документации;
- тип пожарного извещателя (ПИ) в зависимости от требований НПБ и условий эксплуатации;
- эффективность ПИ (его класс) в зависимости от типа горючей нагрузки в соответствии с ГОСТ Р 50898–96 [82], для обеспечения более эффективной защиты (раннее обнаружение) необходимо применять ПИ более высокого класса;
- тип прибора пожарной сигнализации и допустимость его работы с принятыми в проекте извещателями;
- количество и размещение ПИ;
- площадь, контролируемая одним дымовым, тепловым ПИ в зависимости от высоты;
- площадь, контролируемая ПИ пламени в зависимости от угла обзора и дальности действия в соответствии с паспортными данными;
- правильность включения извещателей в шлейфы приемно-контрольного прибора пожарной сигнализации;
- размещение ручных пожарных извещателей;
- размещение оборудования и аппаратуры;
- оборудование помещений диспетчерских, где размещается персонал, несущий круглосуточное дежурство;

- организация шлейфов пожарной сигнализации, соединительных линий и питающих линий приемно-контрольных приборов и приборов управления;
- разделение охранных и пожарных шлейфов (только для охранно-пожарной сигнализации (ОПС));
- соответствие омического сопротивления шлейфа сигнализации паспортным данным приемно-контрольного прибора;
- электроснабжение установок пожарной сигнализации;
- защитное заземление и зануление оборудования;
- формирование сигнала запуска АСПТ от двух извещателей и их размещение;
- правильность окраски узлов оперативного опознавания (щитов управления, узлов ручного управления);
- соответствие уровня помехозащищенности, взрывозащищенности, климатического и механического исполнения применяемого оборудования условиям эксплуатации.

9.5. Структура и организация эксплуатации. Проверка работоспособности и комплексные испытания автоматических установок пожаротушения

Стратегия эксплуатации установок пожарной автоматики (АУП) основана на сложившейся в России системе планово-предупредительного обслуживания и ремонта (ППОР). Сущность системы заключается в проведении через определенное количество часов эксплуатации установки работ по ТО и различных видов плановых ремонтов.

Для более обстоятельного анализа эксплуатации АУП и правильного выбора организационных и технических решений, обеспечивающих ее жизнедеятельность, следует рассмотреть структуру этого процесса, его составные части и решаемые при этом задачи.

В общем случае понятие «эксплуатация АУП» включает такие этапы, как хранение, транспортировка, использование по назначению, техническое содержание, техническое обслуживание и ремонт.

Наиболее продолжительным периодом эксплуатации установок является режим дежурства. Работоспособность установок в этот период определяется их техническим содержанием и обслуживанием.

Техническое содержание АУП включает три основных элемента: организационные вопросы, требования (правила) технического содержания и проверка работоспособности [83]. Документом, определяющим техническое

содержание АУП, являются ППБ 01–03 [72] «Правила пожарной безопасности в Российской Федерации». Правила устанавливают единые требования к техническому содержанию АУП на промышленных предприятиях, объектах торговли, культурно-массового и другого назначения независимо от ведомственной принадлежности.

В соответствии с действующим законодательством ответственность за выполнение требований по техническому содержанию АУП несут руководители предприятий.

После приемки АУП в эксплуатацию руководитель объекта своим приказом (распоряжением) назначает лиц, ответственных за эксплуатацию АУП (это обычно работники отделов главного механика, главного энергетика, службы КИП).

На крупных предприятиях для проведения технического обслуживания и ремонта установок создаются бригады и группы по ТО, а также дежурный персонал для круглосуточного контроля работоспособности АУП.

В обязанности лица, ответственного за эксплуатацию АУП, входят: организация оперативного контроля работоспособности установок; своевременный вызов группы ТО объекта или специализированных подразделений (фирм) для устранения отказов установок; организация ремонта АУП; ведение эксплуатационной документации. Ответственные лица следят также за сохранностью запчастей и соблюдением графиков проведения плановых ТО и ремонтов АУП, проводят инструктаж рабочих и служащих, работающих в защищаемых помещениях.

Обслуживающий персонал, создаваемый на предприятиях, производит работы по ТО и ремонту установок, способствует поддержанию их в исправном состоянии согласно ППБ 01–03 [72], осуществляет ведение эксплуатационной документации и другие работы.

Круглосуточный контроль работоспособности на объекте осуществляет оперативный (дежурный) персонал, который должен знать порядок вызова пожарной охраны, наименование и место нахождения защищаемых установкой помещений, порядок ведения оперативной документации и порядок определения работоспособности АУП.

У лица, ответственного за эксплуатацию установки, должна быть следующая документация:

- проектная документация и исполнительные чертежи на установку в полном объеме;
- паспорта на оборудование и приборы;
- ведомость смонтированного оборудования.

Эта документация разрабатывается и предоставляется монтажной организацией; паспорта на зарядку баллонов УГПТ предоставляются организацией, производящей зарядку баллонов огнетушащим веществом.

Администрацией объекта разрабатывается следующая документация:

- акт приемки и сдачи установки в эксплуатацию;
- инструкции по эксплуатации установок;
- перечень регламентных работ ТО установок;
- план-график ТО, журнал учета ТО, журнал учета неисправностей установок;
- должностные инструкции, графики дежурств оперативного персонала, журнал сдачи-приемки дежурств;
- журнал взвешивания баллонов с огнетушащим веществом УГПТ.

Перечисленная документация должна пересматриваться не реже одного раза в три года, а также всякий раз при изменении условий эксплуатации установок.

Перечень технической документации может быть изменен в зависимости от конкретных условий на объекте по согласованию с ОГПН и вышестоящими организациями, которым подведомственен объект.

Требования (правила) технического содержания АУП определяются в основном ППБ 01–03 [72], а также ГОСТ 12.4.009–83* [6].

Проверка работоспособности АУП осуществляется в соответствии с Рекомендациями по проверке технического состояния установок пожарной автоматики [84].

Проверка работоспособности установок пожарной сигнализации производится путем воздействия на извещатели многоразового действия образцовыми (стандартизированными) источниками тепла, дыма и света (в зависимости от вида извещателя). Для установок, имеющих извещатели одnorазового действия, проверка осуществляется путем внесения искусственного повреждения, т. е. обрыва, выполняемого в наиболее удаленной распределительной или ответвительной коробке, имеющей монтажные клеммы «под зажим», или путем отсоединения наиболее удаленного извещателя от линии шлейфа.

Проверка работоспособности установок пожаротушения производится путем визуального осмотра контрольно-измерительных приборов, проверки работоспособности отдельных узлов или установки в целом, которая проводится по специально разработанной программе, согласованной с представителями ГПН.

Комплексные огневые испытания установок пожаротушения производятся в соответствии с ВСН 25-09.67–85 [42].

Программа огневых испытаний установок должна включать следующие разделы:

- 1) цель испытаний;
- 2) материально-техническое обеспечение;
- 3) методика проведения испытаний;
- 4) техника безопасности.

Для испытания установок водяного и пенного пожаротушения в одном из защищаемых помещений в контрольных точках устанавливаются металлические поддоны размером 0,5×0,5 м с высотой бортов не менее 0,2 м. Количество контрольных точек должно быть принято, в соответствии с программой испытаний, не менее трех. Контрольные точки должны быть выбраны в наиболее неблагоприятных для орошения местах, включая и «диктующий» ороситель.

Интенсивность орошения в каждой контрольной точке определяют по формуле

$$I = \frac{Q_{\text{под}}}{\tau F_{\text{под}}}, \quad (9.16)$$

где $Q_{\text{под}}$ – объем воды (раствора), собранной в поддоне за время работы установки в установившемся режиме, л; τ – продолжительность работы установки, с; $F_{\text{под}}$ – площадь поддона, равная 0,25 м².

Интенсивность орошения в каждой контрольной точке должна быть не ниже нормативной или расчетной (табл. 1–3 НПБ 88–2001* [19]).

Огневые и комплексные испытания установок газового пожаротушения с имитацией признаков пожара и подачей огнетушащего вещества в помещении проводят путем воздействия на побудитель (спринклерный ороситель, тросовый замок, пожарный извещатель) соответствующего фактора пожара.

В целях экономии огнетушащего вещества проверка работоспособности может быть осуществлена путем подачи в защищаемое помещение сжатого воздуха.

При получении неудовлетворительных результатов испытаний (хотя бы по одному параметру) должны быть определены и устранены причины, а затем повторно проведены испытания.

Результаты повторных испытаний являются окончательными и заносятся в акт проведения испытаний установки.

Техническое обслуживание АУП – это комплекс операций по поддержанию работоспособности или исправности установок при использовании их по назначению. Техническое обслуживание АУП делится на три вида: ТО при подготовке установки к использованию по назначению; ТО в режиме дежурства (ожидания) и ТО после срабатывания установки (обнаружения и тушения пожара).

Регламентные работы по техническому обслуживанию и планово-предупредительному ремонту (ТО и ППР) автоматических установок пожарной сигнализации и пожаротушения, систем противодымной защиты, оповещения людей о пожаре и управления эвакуацией должны осуществляться в соответствии с годовым планом-графиком, составляемым

с учетом технической документации заводов-изготовителей, и сроками проведения ремонтных работ. ТО и ППР должны выполняться специально обученным обслуживающим персоналом или специализированной организацией, имеющей лицензию, по договору. В период выполнения работ по ТО или ремонту, связанных с отключением установки (отдельных линий, извещателей), руководитель предприятия должен принять необходимые меры по защите от пожаров зданий, сооружений, помещений, технологического оборудования [85].

Подготовка установки к использованию по назначению осуществляется всего лишь один раз в период ее пуска в эксплуатацию. При ТО этого вида проводятся регулировочные, наладочные и заправочно-снаряжательные операции.

ТО после срабатывания установки занимает также незначительное время, а на объектах, где строго соблюдается противопожарный режим, пожаров может вообще не быть. В этот вид ТО входят такие операции, как контроль технического состояния, замена сработавших или поврежденных элементов (узлов) и операции по подготовке установки к работе.

Наиболее продолжительным периодом эксплуатации установок является режим дежурства. В этот период проводят профилактические работы, плановое обслуживание и аварийные работы при поступлении сообщения об отказе установки.

Во время профилактических работ производятся простейшие виды работ: удаление пыли, смазка трущихся деталей насосов, компрессора, регулировка отдельных узлов и элементов, замена прокладок и т. п.

Периодичность профилактических работ может быть получена следующим образом. Если для экспоненциального распределения наработки на отказ вероятность появления отказа P_0 АУП имеет вид $P_0 = 1 - e^{-w(t)t}$, то, приняв $P_0 = P_{\text{опт}}$, $t = t_{\text{опт}}$, получим выражение для определения периодичности профилактических осмотров:

$$t_{\text{опт}} = \frac{-\ln(1 - P_{\text{опт}})}{w(t)}, \quad (9.17)$$

где $e = 2,71$ – основание натурального логарифма; $\overline{w(t)}$ – параметр потока отказов установки, $1/\text{ч}$; $t_{\text{опт}}$ – оптимальная периодичность профилактических работ; $P_{\text{опт}}$ – оптимальная вероятность появления отказа АУП, принимаемая равной 0,05; 0,02; 0,01 для зданий первой, второй, третьей группы важности соответственно.

Плановые ТО АУП проводят с периодичностью один раз в месяц, один раз в квартал (ТО-1), один раз в год (ТО-2) и один раз в три года (ТО-3).

Для обеспечения нормального функционирования АУП необходимо на весь период эксплуатации обеспечивать их инструментом и запасными частями.

В нормативной литературе предусматривается 10%-ный резерв запасных частей от общего количества смонтированных узлов и элементов АУП. Эта величина не обоснована расчетами, так как количество ЗИП зависит от интенсивности отказов, времени пополнения, требуемой его достаточности, организации снабжения и степени восстановления.

Зависимость ЗИП от интенсивности отказов, заменяемых элементов и времени пополнения ЗИП t_{Π} очевидна: чем больше λ и t_{Π} , тем большее количество запасных частей потребуется при эксплуатации. Для пуассоновского потока отказов вероятность числа отказов n

$$P_n(t) = \frac{(\lambda t)^n}{n!} e^{-\lambda t}. \quad (9.18)$$

Используя это значение, нетрудно вычислить вероятность, что число отказов за время t будет не больше m :

$$P_{n \leq m}(t) = \sum_0^m \frac{(\lambda t)^n}{n!} e^{-\lambda t}. \quad (9.19)$$

Вероятность, что число отказов за время t будет больше m :

$$P_{n > m}(t) = \sum_{m+1}^{\infty} \frac{(\lambda t)^n}{n!} e^{-\lambda t} = 1 - P_{n \leq m}(t). \quad (9.20)$$

Зависимость состава ЗИП от допустимой его недостаточности также очевидна. Степень недостаточности измеряется вероятностью, что число отказавших элементов будет больше числа запасных элементов. Вероятность того, что за время t_{Π} произойдет больше двух отказов, равна 0,1, это означает, что достаточность ЗИП равна 0,9, а недостаточность равна 0,1. Коэффициент достаточности ЗИП обычно задается равным 0,9–0,99.

Исходными данными для расчета числа запасных изделий являются: интенсивность отказов заменяемых изделий; число заменяемых изделий N ; время пополнения ЗИП t_{Π} ; вероятность достаточности ЗИП P_0 . Так, например, необходимое число запасных изделий (спринклеров, пожарных извещателей одноразового действия и др.) определяется в такой последовательности:

1. Определяется произведение суммарной интенсивности отказов на t_{Π} :

$$\lambda_0 N t_{\Pi} = \lambda t_{\Pi},$$

2. Определяется вероятность того, что за время t_n произойдет 0, 1, 2, 3... n отказов:

$$P_i(t_n) = \frac{(\lambda_{\Sigma} t_n)^n}{n!} e^{-\lambda_{\Sigma} t_n}, \quad i = 0, 1, 2, \dots, n.$$

3. Определяется вероятность того, что за время t_n произойдет число отказов не меньше m , т. е. $P_{n \leq m}(t_n)$.

4. Определяется вероятность того, что число отказов за время t_n будет больше числа m , т. е. $P_{n > m}(t)$. Эта вероятность равна $1 - P_{n \leq m}(t)$.

5. Полученные значения вероятностей $P_{n > m}(t)$ располагаются в порядке их убывания, для наглядности используют числовые значения:

$P_{n > m}(t)$ для $\lambda_{\Sigma} t_n = 3$;

m	5	6	7	8	9	10
$P_{n > m}$	0,1847	0,0839	0,0335	0,0119	0,0038	0,0011.

Из приведенной зависимости видно, что число запасных элементов в ЗИП должно быть меньше такого числа m , которому соответствует $P_{n > m}$, меньшая заданной вероятности недостаточности ЗИП ($P_{нд} = 1 - P_d$). Пусть, например, $P_d = 0,99$ ($P_{нд} = 0,01$). Положим в ЗИП пять запасных изделий. Вероятность того, что за время t_n будет больше пяти отказов, равна 0,1847; требуется же, чтобы эта вероятность была не более 0,01. Значит, число запасных изделий надо увеличить до девяти. Тогда вероятность того, что число отказов будет больше девяти, становится равной 0,0038, что меньше заданной $P_{нд}$.

9.5.1. Методика расчета численности обслуживающего персонала

Исходными данными для планирования требуемого количества обслуживающего персонала (рабочих) служат:

- нормативы времени (трудоемкость) и периодичность технических обслуживаний;
- годовой план ремонтных работ;
- действительный годовой фонд рабочего времени в часах.

Нормативы времени и периодичность технических обслуживаний и текущих ремонтов приведены в РД 009-01-96, РД 009-02-96 [86, 87].

Требуемое количество рабочих для проведения плановых работ по ТО и ремонту [88] определяется по формуле

$$K = \frac{t_{\text{ТО}} \sum r_{\text{ТО}} + t_{\text{т}} \sum r_{\text{т}} + t_{\text{к}} \sum r_{\text{к}}}{\Phi_{\text{д}} K_{\text{БК}}}, \quad (9.21)$$

где $t_{\text{ТО}}$, $t_{\text{т}}$, $t_{\text{к}}$ – нормативы времени соответственно на плановое ТО, текущий и капитальный ремонты, нормочас на одну единицу оборудования; $\sum r_{\text{ТО}}$, $r_{\text{т}}$, $r_{\text{к}}$ – суммарное количество оборудования, ежегодно подвергаемое соответственно плановому ТО, текущему и капитальному ремонту; $K_{\text{БК}}$ – коэффициент выполнения норм, планируемый для данной категории рабочих; $\Phi_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени,

$$\Phi_{\text{д}} = \Phi_{\text{к}} K_{\text{п}}, \quad (9.22)$$

где $\Phi_{\text{к}}$ – календарный годовой фонд рабочего времени; $K_{\text{п}}$ – коэффициент, учитывающий потери рабочего времени.

$$\Phi_{\text{к}} = \frac{41}{6} (\text{Д} - \text{В} - \text{О} - \text{П}), \quad (9.23)$$

где Д – число календарных дней в году;

В – число воскресных и праздничных дней в году;

О – продолжительность отпуска, дни;

П – число предпраздничных рабочих дней.

По приведенной формуле, подставляя те или иные нормативы времени, можно подсчитать общее число рабочих, требующихся для проведения плановых работ по ТО и ремонту.

По РТМ 25488–82 [88] численность персонала для проведения ТО и ТР установок пожаротушения и установок сигнализации определяется по формуле

$$P_{\text{а}} = \sum_{i=1}^m P_{\text{А}_i} n_i, \quad (9.24)$$

где $P_{\text{а}}$ – численность персонала;

$P_{\text{А}_i}$ – норматив численности на элементы установки;

n_i – количество этих элементов.

Численность слесарей-сантехников для ТО и ТР установок пожаротушения допускается определять по приближенной формуле:

$$P_{\text{а}} = (C_{\text{т}} - C_{\text{ОС}} - C_{\text{НТ}} - C_{\text{СР}}) K, \quad (9.25)$$

где $C_{\text{т}}$ – сметная стоимость технологической части АУП, тыс. руб.;

$C_{\text{ОС}}$ – стоимость ОВ, тыс. руб.;

$C_{\text{НТ}}$ – стоимость наружных трасс, тыс. руб.;

$C_{\text{СР}}$ – стоимость строительных работ, тыс. руб.;

K – коэффициент установки, чел./тыс. руб., который равен:

- для технологической части установок: газового пожаротушения – 0,045; водяного и пенного пожаротушения – 0,055;

- для электротехнической части установок: газового пожаротушения – 0,100; водяного и пенного пожаротушения – 0,140; внешние кабельные трассы по установкам пожаротушения – 0,045; для пожарной и охранной сигнализации – 0,260.

Численность электромонтеров для ТО и ТР установок пожаротушения допускается определять по формуле

$$P_a = P_{a1} + P_{a2}, \quad (9.26)$$

где P_{a1} – численность электромонтеров для ТО и ТР электрооборудования, аппаратуры и внутренних кабельных и проводных линий, чел.; P_{a2} – численность электромонтеров для ТО и ТР наружных кабельных трасс, чел.

$$P_{a1} = (C_3 - C_{HK} - C_{CP}) K; \quad (9.27)$$

$$P_{a2} = C_{HK} K, \quad (9.28)$$

где C_3 – сметная стоимость электротехнической части АУП, тыс. руб.; C_{HK} – стоимость наружных кабельных трасс, без стоимости строительных работ, тыс. руб.; C_{CP} – стоимость всех строительных работ, тыс. руб.; K – коэффициент установки, чел./тыс. руб.

Численность монтеров связи для ТО и ТР установок пожарной, охранной и охранно-пожарной сигнализации допускается определять по формуле

$$P_a = (C_3 - C_{CP}) K, \quad (9.29)$$

где C_3 – сметная стоимость установки, тыс. руб.; C_{CP} – стоимость строительных работ, тыс. руб.; K – коэффициент установки, чел./тыс. руб.

Работы при ТО и ТР АУП выполняют слесари-сантехники и электромонтеры не ниже четвертого разряда, установок АПС и ОПС – монтеры связи пятого разряда.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Титков В. И.* Четвёртая стихия. Из истории борьбы с огнём. – М.: Объединённая редакция МВД России, 1998. – 192 с.
2. *Бубырь Н. Ф., Бабуров В. П., Потапов В. А.* Производственная и пожарная автоматика. Часть II. Пожарная автоматика. – М.: ВИПТИШ, 1986. – 296 с.
3. *Собурь С. В.* Установки пожаротушения автоматические. Справочник. – М.: Спецтехника, 2004. – 400 с.
4. ГОСТ 12.1.033–81. ССБТ. Пожарная безопасность. Термины и определения.
5. ГОСТ 12.1.004–91*. ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.
6. ГОСТ 12.4.009–83*. ССБТ. Пожарная техника для защиты объектов. Основные виды. Размещение и обслуживание.
7. *Фомин В. И.* Пожарная автоматика // Пожарная безопасность 2002. Специализированный каталог, 2002.
8. *Фомин В. И.* Автоматические установки пожаротушения // Противопожарные и аварийно-спасательные средства. – 2004. – № 4.
9. ГОСТ Р 51043–2002. Установки водяного и пенного пожаротушения автоматические. Оросители. Общие технические требования. Методы испытаний.
10. ГОСТ Р 51052–2002. Установки водяного и пенного пожаротушения автоматические. Узлы управления. Общие технические требования. Методы испытаний.
11. *Литвинов В. А., Фомин В. И., Европейцев А. Г., Никулин М. И.* Лабораторный практикум по курсу «Производственная и пожарная автоматика. Часть II. “Пожарная автоматика”». Раздел 2. Автоматические установки пожаротушения. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2005. – 47 с.
12. НПБ 80–99. Модульные установки пожаротушения тонкораспылённой водой автоматические. Общие технические требования. Методы испытаний.
13. *Фомин В. И.* Автономные установки пожаротушения: основные показатели // Противопожарные и аварийно-спасательные средства. – 2005. – №4.
14. ПБ 03-576–03. Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением.
15. ГОСТ 12.2.003–91. Оборудование производственное. Общие требования безопасности.
16. ГОСТ 12.4.009–83. Пожарная техника для защиты объектов. Основные виды. Размещение и обслуживание.
17. ГОСТ Р 12.3.047–98. ССБТ. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля.
18. НПБ 84–2000. Установки водяного и пенного пожаротушения роботизированные. Общие технические требования. Методы испытаний.
19. НПБ 88–2001*. Установки пожаротушения и сигнализации. Нормы и правила проектирования.
20. *Бабуринов В. В., Фомин В. И., Бабуров В. П.* Производственная и пожарная автоматика. Часть II. Пожарная автоматика. Методические указания по выполнению курсового проекта для слушателей факультета заочного обучения. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2005. – 43 с.
21. ГОСТ Р 50800–95. Установки пенного пожаротушения автоматические. Общие технические требования. Методы испытания.
22. НПБ 87–2001*. Установки водяного и пенного пожаротушения автоматические. Оросители. Общие технические требования. Методы испытаний.