

С.Ф.Храпский, В.И.Стариков, Д.В.Рысев

ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ И ПОЖАРНАЯ АВТОМАТИКА

Учебное пособие



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Омский государственный технический университет»

С. Ф. Храпский, В. И. Стариков, Д. В. Рысев

ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ И ПОЖАРНАЯ АВТОМАТИКА

Учебное пособие

Омск
Издательство ОмГТУ
2013

УДК 614.84(075)
ББК 38.96я73
Х90

Рецензенты:

С. А. Ковалев, к.т.н., доцент, заведующий кафедрой
«Безопасность жизнедеятельности»
ФГБОУ ВПО «ОмГУ им. Ф. М. Достоевского»;

С. М. Бурлевич, заместитель директора
бюджетного учреждения Омской области
«Управление противопожарной службы Омской области»

Храпский, С. Ф.

Х90 Производственная и пожарная автоматика : учеб. пособие / С. Ф. Храпский, В. И. Стариков, Д. В. Рысев. – Омск : Изд-во ОмГТУ, 2013. – 152 с. : ил.
ISBN 978-5-8149-1472-9

В издании рассмотрены назначение и принципы действия современных приборов и систем производственной автоматики. Пособие знакомит с основными информационными характеристиками пожара, с методами расчета времени обнаружения пожара и принципами размещения датчиков. Рассмотрены классификация и основные конструктивные элементы систем автоматического тушения пожара.

Предназначено для студентов, обучающихся по специальности 280104 (280705.65) «Пожарная безопасность».

УДК 614.84(075)
ББК 38.96я73

*Печатается по решению редакционно-издательского совета
Омского государственного технического университета*

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	5
1. ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ АВТОМАТИКА.....	6
1.1. Общие сведения о производственной автоматике.....	6
1.2. Приборы контроля параметров технологических процессов	8
1.2.1. Приборы для измерения температуры	8
1.2.2. Приборы для измерения давления	12
1.2.3. Приборы для измерения уровня жидкости	14
1.2.4. Приборы для измерения расхода жидкостей и газов.....	21
1.3. Анализаторы взрывопожароопасных газов и паров	25
1.3.1. Основные сведения об аналитическом контроле взрывоопасности воздушной среды промышленных предприятий.....	25
1.3.2. Термохимические газоанализаторы.	26
1.3.3. Газоанализаторы, основанные на физических методах измерения, и пылемеры.....	28
1.4. Основные понятия теории автоматического регулирования.....	30
1.5. Автоматические системы противоаварийной защиты.	37
1.5.1. Особенности управления пожаро- и взрывоопасными технологическими процессами.....	37
1.5.2. Общие принципы построения систем автоматической защиты.....	39
1.5.3. Системы аварийной сигнализации и защиты	44
2. СИСТЕМЫ ОБНАРУЖЕНИЯ ПОЖАРА.....	52
2.1. Основные информационные параметры пожара и особенности их преобразования пожарными извещателями.....	52
2.1.1. Основные информационные параметры пожара.....	52
2.1.2. Основные показатели и структура пожарных извещателей	56
2.2. Оценка времени обнаружения пожара и принципы размещения пожарных извещателей на объектах.	60
2.2.1. Оценка времени обнаружения пожара тепловыми извещателями.	60
2.2.2. Оценка времени обнаружения пожара дымовыми извещателями	63
2.2.3. Оценка времени обнаружения пожара извещателями пламени	65
2.2.4. Принципы размещения автоматических пожарных извещателей на объектах	67
2.3. Основные функции и характеристики пожарных приемно-контрольных приборов.....	77

3. СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО ТУШЕНИЯ ПОЖАРА	89
3.1. Классификация, область применения и основные требования к установкам пожаротушения	89
3.2. Автоматические установки водяного пожаротушения	93
3.3. Автоматические установки пенного пожаротушения.	103
3.4. Автоматические установки газового пожаротушения.....	107
3.5. Автоматические установки порошкового пожаротушения.....	121
3.6. Автоматические установки аэрозольного пожаротушения.....	127
3.7. Особенности построения модульных установок водяного пожаротушения.	136
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	145
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	146
СПИСОК ОСНОВНЫХ СОКРАЩЕНИЙ.....	148

ПРЕДИСЛОВИЕ

Цель пособия — дать знания о состоянии и тенденциях развития систем контроля и управления производственными технологическими процессами; о системах предупреждения и предотвращения (подавления) пожаров и взрывов; о пожарной автоматике, включающей системы автоматического обнаружения и тушения пожаров.

Пособие подготовлено в соответствии с требованиями образовательных стандартов по специальности 280104 (280705.65) «Пожарная безопасность» и содержанием рабочей программы по дисциплине «Производственная и пожарная автоматика».

В главе 1 рассматриваются общие сведения о производственной автоматике, принципы работы приборов контроля параметров технологических процессов. Приведены основные сведения об аналитическом контроле взрывоопасности воздушной среды промышленных предприятий. Даны описания различных типов газоанализаторов и пылемеров. Рассмотрены основные понятия теории автоматического регулирования и автоматические системы противоаварийной защиты.

Глава 2 знакомит студентов с основными информационными параметрами пожара и особенностями их преобразования пожарными извещателями. Приводятся оценка времени обнаружения пожара и принципы размещения пожарных извещателей на объектах, а также основные функции и характеристики пожарных приемно-контрольных приборов.

В главе 3 рассмотрены классификация, область применения и основные требования к установкам пожаротушения. Даны основные принципы работы и конструктивные особенности автоматических установок водяного, пенного, газового, порошкового и аэрозольного пожаротушения.

В конце пособия приведены список рекомендуемой литературы и список основных сокращений.

При подготовке учебного пособия использованы материалы учебника «Производственная и пожарная автоматика. Часть 1. Производственная автоматика для предупреждения пожаров и взрывов. Пожарная сигнализация» (под редакцией А.А. Навацкого) и учебно-справочного пособия «Автоматические установки пожаротушения» (авторы: В.П. Бабуров, В.В. Бабурин, В.И. Фомин).

1. ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ АВТОМАТИКА

1.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ АВТОМАТИКЕ

К настоящему времени в промышленном производстве широко применяются автоматические устройства, так как управление человеком современными высокопроизводительными и энергонасыщенными технологическими процессами представляет определенные трудности и возможно лишь с привлечением приборной и компьютерной техники.

Автоматизация технологических процессов производств позволяет оптимизировать управление, способствует повышению производительности труда и определенным образом меняет его характер. Однако многие технологические процессы сопровождаются опасными для человека воздействиями, могут быть потенциально взрывопожароопасны, характеризуются высокими значениями параметров и склонностью к переходам в неустойчивое состояние, которое в свою очередь может привести к работе устройства, агрегата, аппарата, установки на предельных и внепределах режимах с непредсказуемыми последствиями.

Каждое из трех состояний объекта: *устойчивое, переходное (неустойчивое), аварийное* – отличается своим уровнем взрывопожароопасности и требует определенного уровня автоматизации. Устойчивое состояние характеризуется большим насыщением материальных взрывопожароопасных веществ, высокими значениями параметров при нормальном режиме работы технологического оборудования и необходимостью получения информации о протекании процессов в заданной области и поддержании его в заданных пределах. Переходное (неустойчивое, предаварийное) состояние характеризуется критически высокими значениями параметров, спонтанным развитием реакций, автоколебательными процессами с угрозой перехода в неуправляемое состояние и необходимостью быстрого и своевременного его обнаружения.

Аварийное состояние (авария, взрыв, пожар) характеризуется угрозой жизни людей, уничтожением материальных ценностей, разрушением оборудования. Поэтому возникает необходимость использования специальных средств автоматики для его обнаружения, локализации, подавления и ликвидации.

Подобное рассмотрение причинно-следственных связей, анализ аварийных ситуаций, экспертиза инженерно-технических решений по защите объектов определяют место и роль средств производственной автоматики в возможном предупреждении аварий, взрывов и пожаров.

Следует подчеркнуть, что современные приборы и системы производственной автоматики, осуществляя функции по управлению технологическими процессами, решают одновременно и ряд задач автоматической взрывопожарной защиты. К таким задачам относятся:

- предупреждение аварий, взрывов и пожаров за счет поддержания объекта управления в устойчивом состоянии;

- обнаружение предаварийных (переходных) состояний управляемого объекта;
- диагностирование состояний технологического оборудования;
- прогнозирование взрывопожароопасных состояний технологического процесса;
- противоаварийная защита технологических процессов;
- обеспечение оператора информацией о состоянии технологического процесса в реальном времени;
- обеспечение съема и хранения информации о состоянии технологического процесса в ретроспективе.

В технике автоматизации используется большое число разнообразных автоматических устройств и систем, отличающихся принципом действия, схемами и конструктивными решениями и т. д.

Эти автоматические устройства, приборы и системы классифицируют по различным признакам. Чаще всего производственную автоматику классифицируют по функциональному признаку на следующие группы:

- контрольно-измерительные приборы, предназначенные для контроля параметров технологических процессов, производят и выдают информацию оператору (запись, отсчет, сигнализация) – КИП;
- приборы, устройства и системы автоматического регулирования, предназначенные для поддержания параметров в режиме заданных безопасных пределов – САР;
- устройства и системы противоаварийной автоматической защиты, предназначенные для обнаружения предаварийных ситуаций, оповещения оператора, осуществления защитных мероприятий, частичной или полной остановки технологического процесса – СПАЗ;
- автоматические блокировки предназначены для защиты от неправильных действий оператора при пуске и остановке технологического процесса, включения элементов защиты и резервных устройств;
- автоматические системы управления – это системы, осуществляющие совокупность воздействий, направленных на поддержание или улучшение функционирования управляемого объекта в соответствии с программой или целью управления (алгоритмом функционирования) – АСУ, АСУТП.

Контрольные вопросы

1. Характеристика состояний технологического процесса.
2. Чем характеризуется аварийное состояние объекта?
3. Как классифицируют производственную автоматику?

1.2. ПРИБОРЫ КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

1.2.1. Приборы для измерения температуры

Приборы для измерения температуры классифицируются в зависимости от того, какой метод измерения положен в основу их конструкции:

- *термометры*, применяются для измерения температуры контактным методом;
- *пирометры*, применяются для измерения температуры бесконтактным методом.

Термометры для измерения температуры *контактным методом*:

- термометры расширения, использующие принцип теплового расширения жидкости (жидкостные) или твердого тела (дилатометрические и биметаллические);
- манометрические термометры, использующие зависимость между температурой и давлением газа или паров жидкости в замкнутой термосистеме;
- термопреобразователи (термометры) сопротивления, использующие изменения электрического сопротивления металлов от температуры;
- термоэлектрические термометры (термопары), использующие зависимость между термоЭДС, развиваемой термопарой (горячим спаем) из двух различных проводников, и разностью температур спаев и свободных концов термопары.

Пирометры для измерения температуры *бесконтактным методом*:

- яркостные пирометры, измеряющие температуру по яркости накаливаемого тела, т. е. оптические и фотоэлектрические пирометры (в них использовано свойство фотоэлемента образовывать под действием ярко накаливаемого тела фотоэлектрический ток, значение которого пропорционально интенсивности падающего на фотоэлемент светового потока);
- радиационные пирометры служат для измерения мощности полного излучения накаливаемых тел, т. е. суммарного теплового и светового излучения, их называют пирометрами полного излучения.

Пирометры излучения применяют для измерения температуры твердых и расплавленных тел в пределах от 400 до 4000 °С.

Термометры технические жидкостные состоят из резервуара с термометрической жидкостью и соединенной с ним капиллярной трубкой. За капилляром располагается шкала с градуировкой в градусах Цельсия (°С). Корпус прибора стеклянный. При изменении температуры объем жидкости внутри прибора изменяется, вследствие чего столбик жидкости в капилляре поднимается или опускается пропорционально изменению температуры.

В качестве термометрической жидкости в термометрах расширения применяется:

- ртуть при изменении температуры от –30 до +600 °С;
- спирт при изменении температуры от –80 до +80 °С;

- толуол при изменении температуры от -80 до $+100$ °С;
- керосин при изменении температуры от 0 до $+300$ °С;
- другие органические жидкости.

Для удобства установки *термометры изготавливаются прямые и угловые* (под углом 90 , 120 и 135°). Для установки стеклянных термометров и предохранения их от повреждения применяются металлические оправы. В металлической оправе *инертность термометра* увеличивается. Для уменьшения времени запаздывания зазор между защитной оправой и хвостовиком заполняется техническим маслом (при температуре измерения до 150 °С), медными опилками (при температуре от 150 до 650 °С).

Принцип работы дилатометрических термометров основан на преобразовании измеряемой температуры в разность абсолютных значений удлинений двух стержней, изготовленных из материалов с различными термическими коэффициентами линейного расширения. Они применяются в устройствах сигнализации и регулирования температуры.

Работа *биметаллических термометров* основана на деформации биметаллической ленты при изменении температуры. Биметаллическая лента согнута в виде плоской или винтовой спирали, один конец которой укреплен неподвижно, а другой – на оси стрелки. Угол поворота стрелки равен углу закручивания спирали, который пропорционален изменению температуры. Класс точности приборов $1-1,5$ %.

Манометрические термометры по заполнению подразделяют на газовые, жидкостные и парожидкостные (конденсационные). Манометрические термометры состоят из термобаллона, капиллярной трубки, трубчатой пружины с тягой, зубчатого сектора и стрелки. Вся система заполняется рабочим веществом.

Принцип действия манометрических термометров основан на изменении объема или давления рабочего вещества в замкнутом объеме трубчатой пружины, капилляра и термобаллона, при изменении температуры среды, в которую помещен термобаллон. Если температура увеличивается, давление паров жидкости (газа) увеличивается, свободный конец пружины перемещается и через передаточный механизм поворачивает стрелку.

В газовых манометрических термометрах вся система заполнена инертным газом (азотом, гелием). Шкала приборов равномерна. К недостаткам относятся сравнительно большая инерционность и большие размеры термобаллона. Применяются для измерения температур в диапазоне от -200 до $+600$ °С.

В *жидкостных манометрических термометрах* в качестве рабочей жидкости используются метиловый спирт, ксилол, толуол, ртуть и т. д. Жидкостные манометрические термометры имеют равномерную шкалу. Применяются для измерения температур в диапазоне от -150 до $+300$ °С.

В *конденсационных манометрических термометрах* термобаллон частично заполнен термометрической жидкостью с низкой температурой кипения

(ацетон, метилхлорид, этиловый эфир), а остальная часть системы заполнена насыщенными парами этой жидкости. Давление насыщенного пара изменяется в зависимости от температуры и передается на трубчатую пружину по капилляру посредством сконденсировавшейся жидкости. У конденсационных манометрических термометров шкала неравномерная. Парожидкостные манометрические термометры применяются для измерения температур в диапазоне от -50 до $+300$ °С.

Манометрические термометры применяются как показывающие (типа ТПГ), так и самопишущие (типа ТГС), в которых привод диаграммы осуществляется от синхронного микродвигателя или от часового механизма. Широко используются сигнализирующие манометрические термометры (типа ТСМ) и электроконтактные манометрические термометры (типа ЭКТ). ЭКТ предназначены для замыкания и размыкания цепи электрического тока с целью поддержания заданной температуры и сигнализации о ее достижении. Класс точности большинства приборов – 1,5 и 2,5 %.

Принцип работы термопреобразователей сопротивления основан на свойстве применяемых в них проводниковых материалов изменять свое электрическое сопротивление при изменении температуры. Зная зависимость между температурой и сопротивлением, можно по сопротивлению вещества определить его температуру. Комплект *термометра сопротивления* состоит из первичного прибора (проводника, являющегося тепловоспринимающим элементом) и вторичного прибора, определяющего изменения электрического сопротивления и отградуированного в градусах Цельсия (°С). Тепловоспринимающие элементы изготавливаются из платиновой (типа ТСП), медной электролитной (типа ТСМ) и никелевой (типа ТСН) проволоки.

Платиновые термопреобразователи сопротивления применяют для измерения температуры от -220 до $+850$ °С (1100 °С – для единичного производства). Чувствительный элемент термопреобразователя изготовлен из платиновой проволоки диаметром 0,05–0,08 мм, намотанной на слюдяную пластинку (каркас) с зубчатой нарезкой, и помещен в защитную арматуру (чехол). К концам платиновой обмотки припаиваются два серебряных вывода, находящиеся на выходной головке термометра. Выводы изолируются фарфоровыми изоляторами. Чехол помещается в наружную защитную оболочку из стали с подвижным штуцером для крепления термометра в месте измерения.

В качестве вторичных приборов применяются *уравновешенные мосты и лагометры*. Питание приборов осуществляется от постороннего источника тока. *Измерительные приборы* позволяют подключать к ним несколько термометров сопротивления.

Медные термопреобразователи сопротивления применяют для измерения температуры от -200 до $+200$ °С.

Никелевые термопреобразователи сопротивления применяют для измерения температуры от -60 до $+180$ °С.

Медный и никелевый термометры устроены аналогично платиновому, выводные концы выполнены из медной проволоки.

Стальная наружная оболочка обеспечивает работу термометров сопротивления в среде, находящейся под давлением до 30 кг/см^2 . Основной недостаток термометров сопротивления – большая инерционность (до 10 мин).

Принцип действия термоэлектрических термометров основан на свойстве металлов и сплавов создавать термоэлектродвижущую силу (термоЭДС) при нагревании спая двух разнородных проводников, образующих т.н. термопару или первичный прибор термометра.

Термоэлектрический термометр состоит из двух спаянных и изолированных по длине термоэлектродов, защитного чехла и головки с зажимами для подключения соединительных проводов. В качестве вторичного прибора, измеряющего развиваемую термопарой термоЭДС, служит *электроизмерительный прибор*. В качестве измерителя ТЭДС применяются показывающие и самопишущие магнитоэлектрические милливольтметры и потенциометры. Зная зависимость ТЭДС от температуры спая, можно шкалу электрического прибора проградуировать в градусах Цельсия (°С) и фиксировать температуру вещества. ТЭДС зависит от материала проводников, составляющих термоэлектрический термометр, а также от температуры холодного спая, называемого свободным концом. Свободный конец термоэлектрического термометра должен находиться в зоне постоянной температуры, имеющей определенное (известное) значение. Фактически свободный конец термоэлектрического термометра, как правило, находится в зоне переменной температуры, поэтому в качестве соединительных применяют компенсационные провода, позволяющие перенести свободный конец в зону с постоянной температурой, а также для подсоединения свободного конца термопары к зажимам измерительных приборов.

Применяются следующие термопары:

- ТПП – платинородий (10 % родия) + платина для измерения температуры до 1600 °С (до 1300 °С при длительном применении);

- ТПР – платинородий (30 % родия) + платинородий (6 % родия) для измерения температуры до 1800 °С (от 300 до 1600 °С при длительном применении);

- ТВР – вольфрамрений (5 % рения) + вольфрамрений (20 % рения) для измерения температуры до 2500 °С (до 2200 °С при длительном применении);

- ТХА – хромель-алюмель для измерения температуры до 1300 °С (от -200 до 1000 °С при длительном применении);

- ТХК – хромель-копель для измерения температуры до 800 °С (от -200 до 600 °С при длительном применении).

В настоящее время широко применяется автоматическое ведение поправки на температуру свободных концов термопары при помощи специальных компенсирующих устройств, что не требует обеспечения постоянства этой температуры. Эти устройства располагаются отдельно или встраиваются во вторичный прибор.

Термоэлектрические термометры (термопары) изготавливают различных классов точности. Они бывают как показывающими, так и самопишущими.

Общим *недостатком термопар* является окисляемость их термоэлектродов, особенно при высоких температурах.

К преимуществам этих приборов для измерения температуры относят:

- широкий предел измерений,
- высокую точность измерений,
- большую чувствительность,
- отсутствие постороннего источника тока,
- осуществление дистанционной передачи показаний,
- нечувствительность к вибрации.

Контрольные вопросы

1. Как классифицируются приборы для измерения температуры?
2. Назовите основные характеристики технических жидкостных термометров.
3. Принципы действия dilatометрических биметаллических термометров.
4. Принцип действия и основные характеристики манометрических термометров.
5. Принцип действия и основные характеристики термопреобразователей сопротивления.
6. Принцип действия и основные характеристики термоэлектрических термометров.

1.2.2. Приборы для измерения давления

Давление определяется отношением силы, равномерно распределенной по площади и нормали к ней, к величине этой площади. В зависимости от измеряемой величины различают следующие приборы для измерения давления:

- манометры – приборы для измерения средних и больших избыточных давлений;
- вакуумметры – для измерения средних и больших разрежений;
- мановакуумметры – для измерения средних и больших давлений и разрежений;

- напоромеры – для измерения малых (до 500 мм вод. ст.) избыточных давлений;
- тягомеры – для измерения малых (до нескольких десятков миллиметров водяного столба) разрежений;
- тягонапоромеры – для измерения малых избыточных давлений и разрежений;
- дифманометры – для измерения разности перепада давлений;
- барометры – для измерения атмосферного давления.

По принципу действия различают следующие приборы для измерения давления: жидкостные, пружинные, поршневые, электрические и радиоизотопные. В жидкостных приборах измеряемое давление или разрежение уравнивается гидростатическим давлением столба рабочей жидкости, в качестве которой применяются ртуть, вода, спирт и др.

Существует несколько конструктивно отличающихся друг от друга видов жидкостных приборов: U-образный манометр, чашечный манометр и манометр с наклонной трубкой. Разновидностями жидкостных приборов являются поплавковый, колокольный и кольцевой манометры, позволяющие регистрировать и передавать показания на расстояние.

В пружинных манометрах измеряемое давление или разрежение уравнивается силами упругого противодействия различных чувствительных элементов (трубчатой пружины, мембраны, сильфона и т. п.), деформация которых, пропорциональная измеряемому параметру, передается посредством системы рычагов на стрелку или перо прибора.

Поршневые манометры измеряют давление по величине нагрузки, действующей на поршень определенной площади, перемещаемый в заполненном маслом цилиндре; поршневые манометры имеют высокие классы точности, равные 0,02; 0,05; 0,2.

Действие электрических приборов основано на измерении электрических свойств (сопротивления, емкости, индуктивности и т. п.) некоторых материалов при воздействии на них внешнего давления.

В пьезоэлектрических приборах используется эффект, заключающийся в возникновении электрических зарядов на поверхности некоторых кристаллов (кварц, сегнетова соль, турмалин), при приложении к ним силы в определенном направлении.

Радиоизотопные приборы измеряют давление по изменению степени ионизации или степени поглощения гамма-лучей при изменении плотности вещества.

Контрольные вопросы

1. Как классифицируются приборы для измерения давления?
2. Принцип действия и основные характеристики жидкостных манометров.
3. Принцип действия и основные характеристики пружинных манометров.
4. Принцип действия и основные характеристики поршневых манометров.
5. Принцип действия и основные характеристики датчиков давления.

1.2.3. Приборы для измерения уровня жидкости

В настоящий момент существуют следующие устройства для измерения уровня жидкости:

- визуальные;
- поплавковые, в которых для измерения уровня используется поплавок или другое тело, находящееся на поверхности жидкости;
- буйковые, в которых для измерения уровня используется массивное тело (буй), частично погружаемое в жидкость;
- гидростатические, основанные на измерении гидростатического давления столба жидкости;
- электрические, в которых величины электрических параметров зависят от уровня жидкости;
- ультразвуковые, основанные на принципе отражения от поверхности звуковых волн;
- радарные и волноводные, основанные на принципе отражения поверхности сигнала высокой частоты (СВЧ);
- радиоизотопные, основанные на использовании интенсивности потока ядерных излучений, зависящих от уровня жидкости.

Рассмотрим каждый вид уровнемеров на предмет их принципа действия, области применения, а также их достоинства и недостатки.

Простейший уровнемер (визуальный) – *водомерное стекло*, в котором использован принцип сообщающихся сосудов, служит для непосредственного наблюдения за уровнем жидкости в закрытом сосуде. Указательное стекло соединяют с сосудом нижним концом (для открытых сосудов) или обоими концами (для сосудов с избыточным давлением или разрежением). Наблюдая за положением уровня жидкости в стеклянной трубке, можно судить об изменении уровня в сосуде. Стёкла комплектуют вентилями или кранами для отключения их от сосуда и продувки системы.

Не рекомендуется использовать указательные стекла длиной более 0,5 м, поэтому при контроле уровня, изменяющегося больше чем на 0,5 м, устанавливают несколько стекол таким образом, чтобы верх предыдущего стекла перекрывал низ последующего.

В настоящее время *водомерные стекла* используются на предприятиях, где применяются паровые агрегаты (например, котельные, компрессорные, теплостанции и др.).

Поплавковые и буйковые уровнемеры относятся к механическим уровнемерам.

Поплавковые – уровнемеры с чувствительным элементом (поплавок), измерение происходит по оценке положения предмета на поверхности жидкости относительно двух точек измерений.

Буйковые уровнемеры, принцип действия которых основан на измерении выталкивающей силы, действующей на буюк (закон Архимеда). Перемещение поплавка или буйка через механические связи или систему дистанционной (электрической или пневматической) передачи сообщается измерительной системе прибора.

Поплавковые измерительные приборы делятся на уровнемеры узкого и широкого диапазонов.

Поплавковые уровнемеры узкого диапазона представляют собой устройства, содержащие шарообразный поплавок, выполненный из нержавеющей стали, который плавает на поверхности жидкости и через штангу и специальное уплотнение соединяется или со стрелкой измерительного прибора, или с преобразователем угловых перемещений в унифицированный электрический или пневматический сигналы.

В *поплавковых уровнемерах широкого диапазона* поплавок связан с противовесом гибким тросом, в нижней части противовеса укреплен стрелка, указывающая значения уровня жидкости в резервуаре.

Важной характерной особенностью *поплавковых уровнемеров* является высокое разрешение прибора – 0,1 мм и точность измерений – 1 мм.

Область применения поплавкового метода измерения уровня очень широка. Его не рекомендуется применять только в средах, образующих налипание и отложение осадка на поплавок. Типичным применением поплавковых уровнемеров является измерение уровня топлива, масел, легких нефтепродуктов в относительно небольших емкостях и цистернах. Поплавковый метод может с успехом применяться в случае пенящихся жидкостей, а для липких сред существуют вибрационные поплавковые указатели уровня жидкости.

Измерение уровня *гидростатическими уровнемерами* основано на уравнивании давления столба жидкости в резервуаре давлением столба жидкости, которая заполняет измерительный прибор, или реакцией пружинного механизма прибора.

Измерение гидростатического давления осуществляется:

- датчиком избыточного давления (*манометром*), подключаемым на высоте, соответствующей нижнему предельному значению уровня;

– *дифференциальным манометром*, подключаемым к резервуару на высоте, соответствующей нижнему предельному значению уровня, и к газовому пространству над жидкостью;

– *измерением давления газа (воздуха)*, прокачиваемого по трубке, опущенной в заполняющую резервуар жидкость на фиксированное расстояние (пьезометрический метод).

Наиболее широкое распространение получили приборы измерения уровня с использованием *дифференциальных датчиков давления (дифманометров)*. Эти схемы с успехом применяются для измерения уровня жидкости в технологических агрегатах, находящихся под избыточным давлением.

По конструкции гидростатические датчики делятся на два типа: стационарные (мембранные) или погружные (колокольные). В первом случае датчик соединен с мембраной и прибор устанавливается внизу емкости. В случае погружного датчика чувствительный элемент погружен в рабочую среду и передает давление жидкости на сенсор через столб воздуха, запаянный в подводящей трубке.

Типичное применение гидростатических уровнемеров – для однородных жидкостей в емкостях без существенного движения рабочей среды, а также для паст и вязких жидкостей. С помощью дифференциальных датчиков давления возможно также измерение уровня жидкости в открытых резервуарах, уровня раздела жидкостей. К достоинствам данных уровнемеров можно отнести простоту конструкции и дешевизну. Однако у гидростатических указателей уровня жидкости есть существенные недостатки – относительно низкая (по сравнению с другими методами) точность измерения и ограниченность применения из-за того, что монтаж устройства на дне резервуара требует постоянной плотности среды.

В *электрических уровнемерах* уровень жидкости преобразуется в какой-либо электрический сигнал. *Электрические уровнемеры* бывают ёмкостные и кондуктометрические.

В *ёмкостных уровнемерах* чувствительным элементом служит преобразователь-конденсатор, ёмкость которого меняется пропорционально изменению уровня жидкости. Преобразователи бывают цилиндрического и пластинчатого типов, а также в виде жесткого стержня. При измерении уровня агрессивных, но неэлектропроводных жидкостей обкладки преобразователя выполняют из химически стойких сплавов или покрывают тонкой антикоррозионной пленкой. Покрывание обкладок тонкими пленками применяют также при измерении уровня электропроводных жидкостей.

Действие *кондуктометрического* (омического) указателя уровня жидкости основано на измерении сопротивления между электродами, помещенными в измеряемую среду (одним из электродов может быть стенка резервуара

или аппарата). Прибор представляет собой электромагнитное реле, включаемое в цепь между электродом и контролируемым материалом.

Омические уровнемеры используют для сигнализации и поддержания в заданных пределах уровня исключительно электропроводных жидкостей в емкостях, бойлерах, контейнерах или открытых каналах, а также для управления насосами в дренажах, водных установках и емкостях.

В *акустических, или ультразвуковых, уровнемерах* используется явление отражения ультразвуковых колебаний от плоскости раздела «контролируемая среда (жидкость) – газ». Эти приборы отличаются по диапазонам измерения, версиями датчика и имеют разные технологические присоединения.

Прибор состоит из электронного блока (ЭБ), пьезоэлектрического излучателя (преобразователя) и вторичного прибора.

Электронный блок содержит: генератор, задающий частоту повторения импульсов; генератор импульсов, посылаемых в измеряемую среду; приемный усилитель и измеритель времени. Электрический импульс, преобразованный в ультразвуковой в излучателе, распространяется в газовой среде, отражается от границы раздела «жидкость – воздух» и возвращается обратно, воздействуя спустя некоторое время на тот же излучатель. Далее преобразуется в электрический сигнал. Оба импульса, посланный и отраженный, разделенные во времени, поступают на усилитель.

Свойства среды не влияют на точность измерения, полученного ультразвуковым методом, поэтому *ультразвуковым уровнемером* может измеряться уровень агрессивных, абразивных, вязких и клейких веществ. Однако необходимо помнить, что на скорость распространения ультразвука оказывает влияние температура воздуха в среде его работы. Скорость ультразвука зависит и от состава воздуха и его влажности.

К несомненным преимуществам использования *акустических указателей уровня жидкости* относятся: бесконтактность, возможность использования в загрязненной среде, а также в различного вида жидкостях, отсутствие высоких требований к износостойкости и прочности оборудования, независимость от плотности жидкости.

Недостатками являются: большое расхождение конуса излучения, возможность возникновения ошибок измерения при отражении от нестационарных препятствий (например, мешалок), может использоваться только в резервуарах с нормальным атмосферным давлением (что ограничивает область применения), на сигнал оказывают влияние пыль, пар, газовые смеси и пена, образующаяся на поверхности.

Радарный уровнемер наиболее использован в современном производстве. Принцип действия его основан на измерении времени отражения высокочастотных радиоволн от поверхности раздела «газ – контролируемая среда». Результатом обработки является значение того или иного параметра объекта:

дальность, скорость, направление движения или других. В радарных уровнемерах применяются СВЧ-сигналы с несущей частотой, лежащей в диапазоне от 5,8 до 26 ГГц.

В настоящее время в радарных системах контроля уровня применяются в основном две технологии: с непрерывным частотно-модулированным излучением (FMCW – frequency modulated continuous wave) и импульсным излучением сигнала.

Технология FMCW основана на реализации косвенного метода измерения расстояния. Уровень излучает микроволновый сигнал, частота которого изменяется непрерывно по линейному закону между двумя значениями. Отраженный от поверхности жидкости, сигнал принимается той же антенной и анализируется с помощью программного обеспечения. Его частота сравнивается с частотой сигнала, излучаемого в данный момент времени. Значение разности частот прямо пропорционально расстоянию до контролируемого объекта.

В радарх импульсного типа применяется метод определения расстояния, основанный на непосредственном измерении времени прохождения СВЧ-импульса от излучателя до поверхности жидкости и обратно. Время прохождения сигналом расстояния в несколько метров составляет единицы наносекунд, поэтому получение точного измерения настолько малых значений требуют специальных методов обработки сигнала. Для решения этой задачи используется преобразование микроволнового импульса в ультразвуковой сигнал. В результате преобразования к обработке сигналов радарного уровнемера легко применяются схемы, которые используются в акустических указателях уровня жидкости.

При сравнении характеристик двух типов микроволновых указателей уровня можно увидеть, что *радарные уровнемеры* импульсного типа обладают рядом преимуществ перед устройствами, использующими технологию FMCW: экономичность энергопотребления, меньшая стоимость, более высокая надежность (за счет меньшего количества комплектующих).

Важнейшим элементом *радарного уровнемера*, влияющим на формирование сигнала, является размер и тип антенны. От антенны зависит, какая часть излученного сигнала достигнет поверхности контролируемой среды и какая часть отраженного сигнала будет принята и передана на электронный блок для обработки. В микроволновых системах контроля уровня используются антенны пяти типов: рупорная (или коническая); стержневая; трубчатая; параболическая; планарная.

Самой универсальной является рупорная. Этот тип антенны может использоваться в больших емкостях, применяется в различных (в том числе сложных) условиях, обеспечивает измерения до 35–40 м (в условиях спокойной поверхности), позволяет работать с большим диапазоном сред по диэлектрической проницаемости.

Стержневая антенна также широко применима. Радарные уровнемеры с этим видом антенны используются в небольших емкостях: агрессивными средами, химическими веществами, гигиеническими продуктами. Стержневая антенна применима и в случае, когда доступ в емкость ограничен малыми размерами патрубка. Антенна покрыта слоем защитной изоляции, производит измерения на расстояниях до 20 м.

Трубчатая антенна – это надстроенный удлиненный волновод, из-за этого она позволяет выпускать наиболее сильный сигнал за счет снижения рассеивания. Такие антенны применяют в тех случаях, когда проведение измерения посредством рупорной или стержневой антенны связано с большими трудностями или попросту невозможно (при наличии пены, сильного испарения или высокой турбулентности жидкости).

В системах коммерческого учета применяются антенны параболического и планарного типов, так как они обеспечивают особо высокую точность измерений.

На сегодняшний день *радарные уровнемеры* являются самыми универсальными, так как их эксплуатация обеспечивает минимальный контакт измерительного устройства с контролируемой средой, они могут работать независимо от изменений температуры и давления (причем радарные указатели уровня жидкости применимы в таких условиях, в каких невозможно использование других методов).

Радарные уровнемеры имеют большую устойчивость к таким факторам, как запыленность, испарения с контролируемой поверхности, пенообразование, а также обладают высочайшей точностью. Однако недостатком радарного метода является дороговизна таких приборов.

Волноводные уровнемеры применяются в малых и узких резервуарах, поскольку радиоимпульсы направляются по зонду, а не свободно распространяются в пространстве резервуара. В случае необходимости съемная голова датчика позволяет заменять модуль электроники, не нарушая герметичности резервуара, что может быть важно при измерении уровня сжиженных газов и аммиака.

Волноводный уровнемер состоит из следующих основных элементов: корпус, электронный модуль, фланцевое или резьбовое соединение с резервуаром и зонд. Корпус уровнемера, состоящий из двух независимых отсеков (отсек электроники и клеммный отсек для подключения кабелей), может быть снят с зонда, при этом, что немаловажно, открывать резервуар не нужно. Кроме того, корпус такой конструкции повышает надежность и безопасность уровнемера при эксплуатации в опасных производствах. Электронный модуль излучает электромагнитные импульсы, которые распространяются по зонду, выполняет обработку отраженного (принятого) сигнала и выдает информацию в виде ана-

логового или цифрового сигнала на встроенный жидкокристаллический индикатор или в систему измерения.

В зависимости от условий процесса производства и свойств среды, подлежащей измерению, используется один из пяти типов зондов: коаксиальный, жесткий двухстержневой, жесткий одностержневой, гибкий двухпроводной и гибкий однопроводной.

Коаксиальный зонд применяется, когда необходимо измерение уровня внешней поверхности и уровня раздела двух жидкостей, например, растворителей, спиртов, водных растворов, сжиженных газов и жидкого аммиака. Этот зонд обеспечивает самое высокое отношение сигнал/шум. Рекомендуется для измерения уровня жидкостей с низкой диэлектрической проницаемостью, в условиях турбулентности, при возникновении пены или потоков жидкости или пара вблизи зонда, так как оболочка коаксиального зонда работает как успокоительный колодец.

Двухстержневой жесткий или двухпроводной гибкий зонды рекомендуется использовать для измерения уровня жидкостей (нефтепродукты, растворители, водные растворы и т. п.), а также уровня и раздела жидких сред. Могут применяться с более вязкими жидкостями, чем рекомендовано для коаксиального зонда. Однако не стоит применять его при наличии липких сред.

Одностержневой жесткий или однопроводной гибкий зонды менее восприимчивы к налипанию среды и образованию наростов. Они могут применяться для вязких жидкостей, взвесей, водных растворов и алкогольных напитков, а также использоваться в фармацевтической промышленности. Применяются для измерения уровня вязких жидкостей, например сиропа, меда и т. п., а также водных растворов.

Уровнемеры с радиоизотопными излучателями делятся на две группы:

- со следящей системой, для непрерывного измерения уровня;
- сигнализаторы (индикаторы) отклонения уровня от заданного значения.

Принцип действия таких устройств основан на степени поглощения потока гамма-лучей, проходящего выше или ниже уровня раздела двух сред разной плотности. Приемник и излучатель радиационного излучения перемещаются по всей высоте емкости на специальных лентах с помощью реверсивного электромотора. Комплект прибора состоит из трех блоков: преобразователя, содержащего источник и приемник излучения; электронного блока; показывающего прибора.

Использование приборов с радиоизотопными излучателями целесообразно там, где другие методы измерения непригодны, так как этот метод радиационно опасен и требует дополнительных средств безопасности для персонала.

При выборе уровнемера необходимо учитывать такие физические и химические свойства контролируемой среды, как температура, абразивные свойства, вязкость, электрическая проводимость, химическая агрессивность и т. д. Кроме

того, следует принимать во внимание рабочие условия в резервуаре или около него: давление, вакуум, нагревание, охлаждение, способ заполнения или опорожнения (пневматический или механический), наличие мешалки, огнеопасность, взрывоопасность, пенообразование и пр.

Для каждой промышленной отрасли существуют свои методы и приборы. Ознакомившись с устройством и условиями эксплуатации различных уравнимеров, можно делать выбор в пользу того или иного метода измерения уровня жидкости. Также стоит учитывать надежность, качество и стоимость приборов.

Контрольные вопросы

1. Как классифицируются приборы для измерения уровня жидкости?
2. Принцип действия и основные характеристики водомерных стекол.
3. Принцип действия и основные характеристики поплавковых и буйковых уравнимеров.
4. Принцип действия и основные характеристики гидростатических уравнимеров.
5. Принцип действия и основные характеристики электрических уравнимеров.
6. Принцип действия и основные характеристики ультразвуковых уравнимеров.
7. Принцип действия и основные характеристики радарных и волноводных уравнимеров.
8. Принцип действия и основные характеристики радиоизотопных уравнимеров.

1.2.4. Приборы для измерения расхода жидкостей и газов

Приборы, предназначенные для измерения расхода жидкостей и газов, называются расходомерами, а измеряющие количество вещества, которое протекает через поперечное сечение трубопровода в течение отрезка времени, – счетчиками.

Датчики потока и расходомеры применяются для контроля потоков жидкостей и газов в различных отраслях промышленности. Само понятие потока может быть определено по-разному, например массовый поток или объемный, ламинарный или турбулентный. Обычно хотят выяснить количество вещества в потоке и, если жидкость имеет постоянную плотность, то измеряется объемный поток, поскольку его легче измерить. Многие технологии измерения успешно справляются с измерением потоков газов и жидкостей, однако другие специфичны к тому, что измеряют.

Расход обычно вычисляют, измеряя скорость течения жидкости в трубе и умножая ее на известную площадь сечения трубы в точке измерения.

Калориметрические датчики потока работают по принципу измерения переноса тепла потоком жидкости от нагревателя к температурному датчику. Перенесенное тепло пропорционально скорости потока. Такие датчики обычно имеют второй температурный датчик для компенсации изменений температуры жидкости. Калориметрические датчики потока лучше работают при малых скоростях потока жидкости или газа порядка 30–3000 см/с (для газов), заменяя датчики, работающие по принципу перепада давления. Достоинствами калориметрических датчиков измерения давления являются компактное исполнение, позволяющее проводить измерение в самых малых диаметрах трубопроводов, отсутствие подвижных частей и большой динамический диапазон. К основным недостаткам можно отнести зависимость показаний от резких скачков температуры измеряемой жидкости и в случае резких изменений свойств жидкости – изменение плотности или теплопроводности.

Расходомеры дифференциального давления. Расходомеры, работающие на принципе измерения дифференциального давления, наиболее применимы для измерения расхода жидкостей. Принцип их работы основан на том, что падение давления в потоке жидкости на измеряемом участке пропорционально квадрату скорости потока жидкости. Тем самым, измеряя дифференциальное давление в потоке жидкости и вычисляя квадратный корень, получаем значение расхода. Эти устройства, как и многие расходомеры, состоят из двух частей. Первая часть изменяет кинетическую энергию жидкости, создавая дифференциальное давление в трубе. Эта деталь, как правило, вставляется в трубопровод, в котором измеряется поток жидкости, так же она должна обеспечивать необходимую точность во всем диапазоне измерений. Вторая часть расходомера измеряет дифференциальное давление и конвертирует полученный сигнал в значение расхода жидкости.

Для измерения потока воздуха или газа методом дифференциального давления используются *трубки Пито*, а также другие трубки, сетки и решетки. Чувствительные элементы объединены с датчиков дифференциального давления и выдают сигнал, пропорциональный квадрату скорости потока газа или воздуха. *Трубка Пито* состоит из двух трубок, которые измеряют давление в разных частях трубопровода. Одна трубка, измеряющая статическое давление, располагается обычно в стенке трубопровода. Другая трубка измеряет набегающее давление (статическое давление, плюс давление набегающего потока воздуха). Чем больше скорость потока воздуха, тем больше набегающее давление.

Для измерения потока жидкостей в расходомерах дифференциального давления используются различные сетки, сужения отверстий, вставки. Вставка, сужающая отверстие трубопровода, – наиболее простое и дешевое устройство

для измерения дифференциального давления. Такое сужающее отверстие создает препятствие потоку жидкости, и в результате возникает разность давлений до и после сужающего отверстия. *Трубка Вентури* имеет большие размеры и более высокую стоимость, по сравнению с другими устройствами создания дифференциального давления. *Трубка Вентури* постепенно сужает диаметр трубопровода и давление измеряется в разных точках – обычно в начале сужения и в самой узкой части. Далее диаметр *трубки Вентури* расширяется до исходного, тем самым восстанавливая исходное давление в трубопроводе. Трубки Вентури обычно используются в трубопроводах больших диаметров, благодаря низкому падению давления и более высокой точности показаний. Основным недостатком расходомеров дифференциального давления является сравнительно узкий динамический диапазон измерений.

Вихревые расходомеры работают по принципу, открытому ученым фон Карманом: когда поток жидкости обтекает препятствие – тело обтекания, то в отходящем потоке по краям этого тела возникают завихрения жидкости. Частота этих завихрений пропорциональна скорости жидкости. Вихревые расходомеры наиболее ярко проявляют себя при скорости потока 2–40 м/сек, однако измерять расход вязких жидкостей ими не рекомендуется.

Ультразвуковые расходомеры работают по принципу измерения времени прохождения сигнала, который основан на том, что звуковой импульс, идущий в том же направлении, что и поток жидкости, имеет общую скорость распространения, равную скорости звука, плюс скорость течения жидкости. А звуковой импульс, идущий в направлении, противоположном скорости течения, будет иметь скорость, меньшую на значение, равное скорости потока жидкости. При помощи ультразвуковых датчиков измеряется время прохождения акустических сигналов, которые движутся в направлении и против потока. Разница во времени прохождения пропорциональна средней скорости потока. Она преобразуется в выходной сигнал и показания волюметрического и суммарного расхода.

Многие химические реакции требуют более точного измерения расхода вещества. Это обстоятельство привело к необходимости разработки *массового выпуска расходомеров*. Существует большое количество моделей расходомеров, но наиболее распространены *кориолисовые*, принцип действия которых основан на существовании *кориолисовой силы*. *Кориолисовые расходомеры* измеряют непосредственно массовый расход, в то время как другие расходомеры – в основном объемный расход вещества. Так как масса вещества неизменна, то в таких расходомерах нет необходимости его подстройки в зависимости от изменения свойств измеряемого вещества. Более того, *кориолисовый расходомер* не требует подстройки при изменении температуры или давления. Эти расходомеры применяются для измерения расхода жидкостей, вязкость которых меняется в зависимости от температуры и давления.

Силы Кориолиса проявляются в колебательных системах, когда жидкость или газ перемещается в направлении оси колебаний. Измерительная система Кориолиса имеет симметричную форму и состоит из одной или двух измерительных трубок прямой или искривленной формы. С помощью электромагнита измерительная труба колеблется на резонансной частоте. Когда скорость потока равна нулю, сила Кориолиса также равняется нулю. При наличии в измерительной трубке потока, частицы жидкости в продукте ускоряются на одном отрезке трубы и замедляются на другом. Сила Кориолиса создается ускоряемыми и замедляемыми частицами жидкости. Эта сила вызывает очень незначительную деформацию измерительной трубки, которая накладывается на основную составляющую и прямо пропорциональна массовому расходу. Эта деформация улавливается при помощи специальных датчиков. Так как характеристики колебаний измерительной трубы зависят от температуры, температура измеряется постоянно, соответственно измеряемая величина подвергается коррекции. Такие расходомеры имеют очень широкий спектр применений, начиная от измерения агрессивных жидкостей и жидкого азота.

Принцип действия *электромагнитных расходомеров* основан на использовании закона электромагнитной индукции Фарадея, который гласит, что в движущемся в магнитном поле проводнике возникает электрическое напряжение. Жидкость является проводником, а магнитное поле создается катушками, расположенными вокруг трубы. Возникающее напряжение пропорционально скорости потока. Электроды, вмонтированные в стенки трубопровода, измеряют напряжение. Электромагнитные расходомеры могут измерять расход только проводящих электрический ток жидкостей и применяются там, где необходимы точные измерения и минимальное обслуживание.

Контрольные вопросы

1. Назовите основные принципы измерения расхода жидкости и газа.
2. Принцип действия и основные характеристики калориметрических датчиков потока.
3. Принцип действия и основные характеристики расходомеров дифференциального давления.
4. Принцип действия и основные характеристики вихревых расходомеров.
5. Принцип действия и основные характеристики кориолисовых расходомеров.
6. Принцип действия и основные характеристик электромагнитных расходомеров.

1.3. АНАЛИЗАТОРЫ ВЗРЫВОПОЖАРООПАСНЫХ ГАЗОВ И ПАРОВ.

1.3.1. Основные сведения об аналитическом контроле взрывоопасности воздушной среды промышленных предприятий

Среди средств автоматизации аналитические приборы занимают особое место, так как они позволяют автоматизировать производственные процессы не по косвенным показателям (температуре, расходу, уровню и т. п.), а непосредственно по составу сырья промежуточных и конечных продуктов, что особенно важно для производства, где обращаются горючие газы и жидкости.

Нарушение пропорции смеси этих веществ с воздухом или взаимного их соотношения (например, сероводород – воздух (в печах дожига при производстве серы), кислород – этилен (в реакторах при получении полиэтилена высокого давления) и т. п.) может привести к взрыву, аварии, пожару. Существенное значение для таких производств имеет также контроль состава атмосферы с точки зрения токсичности и взрывоопасности, особенно в связи с интенсификацией технологических процессов и развитием нефтехимической и химической промышленности, в которых необходимы своевременное обнаружение горючих газов и паров в воздухе производственных помещений в концентрациях, значительно меньших взрывоопасных, и их локализация.

Автоматический аналитический контроль обеспечивает определение концентрации контролируемого компонента в анализируемой смеси, результат измерения прибор показывает или записывает, а в отдельных случаях выполняет функции управления и производит светозвуковой сигнал.

Прибор, автоматически определяющий количественный или качественный состав анализируемого вещества на основе измерения параметров, характеризующих его физические или физико-химические свойства, называется анализатором.

Автоматический анализатор действует полностью автоматически и может служить элементом автоматических регулирующих систем, а также может быть использован в схемах автоматической защиты. Он представляет собой стационарное устройство непрерывного действия. Полуавтоматический анализатор (индикатор или течеискатель) – это устройство, предполагающее в своей работе наличие ручных операций по периодическому забору анализируемой смеси и дополнительной обработки результатов анализа.

По принципу действия анализаторы разделяют на две группы. Анализаторы, основанные на физических принципах измерения, – это приборы, измеряющие некоторую физическую величину, зависимость которой от химического состава анализируемого вещества точно определена. Важным свойством этих анализаторов является то, что при измерении не происходит количественных изменений анализируемой смеси. Недостатком физических анализаторов

является зависимость значений физических величин от давления, температуры и концентрации сопутствующих компонентов.

Анализаторы, основанные на физико-химических принципах измерения, измеряют параметры, сопровождающие химическую реакцию, в которой определяемое вещество либо участвует само, либо оказывает существенное влияние на химическую реакцию.

По числу определяемых компонентов анализаторы разделяются на одно- и многокомпонентные.

По физическому (агрегатному) состоянию анализируемого вещества анализаторы разделяются на анализаторы жидкостей, твердых веществ и газоанализаторы. Наиболее широко распространены последние. В зависимости от использования тех или иных физико-химических свойств определяемых веществ газоанализаторы могут быть объединены в следующие группы: тепловые, термохимические, термомагнитные, фотокалориметрические, оптико-акустические, спектральные, хроматографические и др.

1.3.2. Термохимические газоанализаторы

Для определения взрывоопасности газопаровоздушных сред используются газоанализаторы, которые определяют концентрацию в воздухе того или иного горючего газа или пара. При этом оценка взрывоопасности среды производится путем сопоставления полученных данных со значениями нижних пределов воспламенения тех или иных газов или паров.

Среди методов, применяемых для определения горючих паров или газов, наибольшее распространение в мировой практике получил термохимический метод. Сущность термохимического метода заключается в том, что благодаря известному свойству некоторых металлов и окислов ускорять реакцию горючих газов и паров на своей поверхности, удастся выделить эти горючие газы и пары путем их каталитического сжигания.

Термохимические приборы, в основе действия которых лежит термохимический метод, могут быть разделены на три группы.

К первой группе относятся приборы, в которых реакция горения сопровождается выделением тепла, протекает на катализаторе (обычно платиновая нить), причем катализатор используется и как чувствительный элемент измерительной схемы.

Ко второй – приборы, в которых реакция протекает на насыпном катализаторе, а полезный тепловой эффект, сопровождающий реакцию, измеряется специальным термочувствительным элементом.

К третьей группе относятся приборы, в которых реакция протекает на твердых носителях, пропитанных каталитически активным раствором, а по-

лезный тепловой эффект измеряется расположенным на носителе термочувствительным элементом. Носителями обычно служат материалы, имеющие большую поверхность на единицу объема, такие, как активная окись алюминия, асбест и др. Для полного окисления газообразующих продуктов требуется температура более 1000 °С, катализаторы же снижают эту температуру.

Первые приборы, определяющие степень загазованности производственных помещений горючими газами или парами, калибровались индивидуально на каждый анализируемый газ, что исключало их применение в случае наличия в воздухе смеси разных горючих газов и паров. Впервые примененные в шахтных условиях в качестве индикаторов взрывоопасных концентраций метана, эти приборы затем широко использовались в различных отраслях промышленности: химической, нефтяной, горнодобывающей, легкой и других, но в основном для определения концентраций в воздухе индивидуальных горючих веществ.

Потребности промышленности привели к разработке новых модификаций приборов, определяющих концентрации горючих паров или газов, независимо от того, какой горючий газ, пар или их смесь находится в воздухе. Принципиально новым элементом в этих приборах является универсальная шкала, построенная на основе закономерностей горения различных горючих веществ в воздухе при нижнем концентрационном пределе воспламенения (табл. 1.1).

Таблица 1.1

**Температура пламени для газоздушных смесей
на нижнем концентрационном пределе распространения пламени**

Горючий газ	Нижний предел воспламенения, об. %	Температура пламени, °С
Метан	5,0	1225
Этан	2,9	1218
Пропан	2,1	1233
Бутан	1,8	1340
Пентан	1,4	1292
Гексан	1,3	1361
Гептан	1,0	1341

Как видно из табл. 1.1, температура пламени при горении различных горючих веществ в воздухе на нижнем концентрационном пределе распространения пламени — величина практически постоянная. Установлено также, что на нижнем пределе воспламенения равные объемы смесей большого числа газов и паров выделяют одинаковое количество тепла.

Согласно законам теплового взрыва достижение НКПР обусловливается равновесием между тепловыделением за счет экзотермичности процесса окисления и теплопотерями из зоны реакции. Так как основным содержанием смеси

на НКПР является воздух, то можно полагать, что теплопотери при одних и тех же условиях для любых газов будут определяться условиями теплоотвода практически через воздух, т. е. будут одинаковы.

Учитывая указанное выше условие предела теплового взрыва (равновесие между тепловыделением и теплопотерями из зоны реакции), можно полагать, что для рассматриваемых смесей теплотворная способность элемента объема также будет одинакова. А если так, то и тепловой эффект, а значит, и повышение температуры будут на нижнем пределе воспламенения одинаковы для всех горючих паров и газов.

Теоретические предпосылки были экспериментально подтверждены, что послужило основанием для разработки универсальных приборов, определяющих суммарное содержание горючих газов и паров, модификаций СВК, СТХ, «ЩИТ», СТМ. Сравнительные характеристики современных стационарных термохимических газоанализаторов приведены в табл. 1.2.

Таблица 1.2

**Характеристики современных стационарных
термохимических газоанализаторов**

Тип газоанализатора	Количество датчиков / взрывозащита	Вид	
		забора смеси на анализ	анализируемой смеси
СТХ-18	1 / 1ExdibIIAT3	Диффузионный	Сумма горючих паров и газов в воздухе (Сх/Ну)
ЩИТ-2	1 или 5 / 1ExdibIICT6	Принудительный и диффузионный	То же
СГГ-4М-4	1 / 1ExibdsIICT6	Диффузионный	—//—
СТМ-10	от 1 до 10 / 1ExdIICT4	Принудительный и диффузионный	—//—
СТМ-30 (4-20 мА, RS-232)	от 1 до 16 в группе / 1ExdibIICT3	Принудительный и диффузионный	—//—
ГАЗОТЕСТ-3001/3003	от 1 до 3 / 1ExibdsIICT6	Диффузионный	—//—

1.3.3. Газоанализаторы, основанные на физических методах измерения, и пылемеры

Рассмотренные выше термохимические газоанализаторы, наряду с очевидными достоинствами, имеют и существенные недостатки: сравнительно большую величину запаздывания, потерю платиной, входящей в чувствительный элемент, своих свойств при наличии в анализируемой смеси примесей хлора,

фтора и сернистых соединений и т. д. Эти обстоятельства привели к необходимости разработки газоанализаторов типа СВИ и СДК, обладающих более широкими возможностями в измерении концентраций горючих паров и газов.

Газоанализатор-сигнализатор типа СВИ (сигнализатор воспламенения искусственного) представляет собой стационарное устройство периодического действия, предназначенное для сигнализации о наличии довзрывоопасных концентраций (до 20 % от НПВ) горючих газов, паров и их смесей в воздухе производственных помещений.

В работе сигнализатора используется принцип искусственного воспламенения горючей смеси во взрывной камере датчика.

Метод искусственного воспламенения обеспечивает высокую универсальность сигнализатора за счет аддитивности горючих свойств компонентов сложной газовой смеси и полноты прохождения реакции сгорания при взрыве.

Газоанализатор-сигнализатор типа СДК представляет собой стационарный прибор промышленного изготовления, предназначенный для непрерывного контроля и автоматической сигнализации о наличии довзрывоопасных концентраций горючих паров или газов органических веществ, а также их смесей в воздухе производственных помещений. В зависимости от условий работы сигнальная концентрация варьируется в пределах 20–50 % от нижнего предела воспламенения. Поскольку чувствительность газоанализатора связана с величинами НКПР органических веществ, он отградуирован на довзрывоопасную концентрацию метана и сигнализирует о близких по значению довзрывоопасных концентрациях контролируемых органических веществ.

Газоанализатор состоит из блока преобразователя датчика и электронного блока. Работа датчика основана на ионизации молекул органических веществ в пламени водорода, созданном в ионизационной камере с последующим измерением ионизационного тока.

При отсутствии органических веществ водородное пламя обладает очень низкой электропроводностью, а возникающий при этом фоновый ионизационный ток составляет 10–12 А. Появление в водородном пламени органических веществ и последующая их ионизация приводят к резкому увеличению ионизационного тока по сравнению с его фоновым значением до 7–10 А. Изменение ионизационного тока пропорционально количеству органических веществ, поступивших в пламенно-ионизационную камеру датчика.

Датчик газоанализатора СДК взрывобезопасен – уровень взрывозащиты 1ExdibsIICT5. Электронный блок имеет нормальное исполнение и должен устанавливаться в невзрывоопасных помещениях на расстоянии от датчика до 100 м.

Контрольные вопросы

1. Назначение и принципы действия автоматических анализаторов.
2. Назначение и принципы действия термохимических газоанализаторов.
3. Приведите характеристики современных стационарных термохимических газоанализаторов.
4. Принцип действия и характеристики газоанализатора-сигнализатора типа СВИ.
5. Принцип действия и характеристики газоанализатора-сигнализатора типа СДК.

1.4. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ТЕОРИИ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

Автоматическим регулированием называется изменение какой-либо физической величины по требуемому закону без непосредственного участия человека.

Физическая величина, подлежащая регулированию, называется регулируемой величиной, а технический агрегат (аппарат), в котором осуществляется автоматическое регулирование, – регулируемым объектом (объектом регулирования).

Обозначим через $y(t)$ функцию, описывающую изменение во времени регулируемой величины, и пусть $g(t)$ – функция, характеризующая закон ее изменения. Тогда основная задача автоматического регулирования сводится к обеспечению равенства $y(t) = g(t)$ за время работы системы с заданной степенью точности. Функция $g(t)$ называется задающим воздействием.

В реальных объектах регулирования всегда существуют причины, отклоняющие регулируемую величину от требуемого закона изменения. Эти причины называются возмущающими воздействиями (возмущениями) и обозначаются как

$$f_1(t), f_2(t), \dots, f_n(t).$$

Для борьбы с возмущениями объект регулирования (ОР) снабжается регулирующим органом (РО), воздействуя на который (вручную или автоматически) можно изменять регулируемую величину, компенсируя нежелательное ее изменение. Воздействие на регулирующий орган называется регулирующим воздействием и обозначается буквой u (рис. 1.1, а).

Устройство, автоматически решающее задачу регулирования в данном объекте, называется автоматическим регулятором. Объект регулирования и автоматический регулятор в совокупности образуют автоматическую систему регулирования (АСР) (рис. 1.1, б).

Если $y(t) = g(t)$, а $n = \text{const}$, то АСР находится в стационарном, или установившемся, режиме.

Если $y(t) = g(t)$, а $n = \text{var}$, то АСР находится в нестационарном, или переходном, режиме работы.

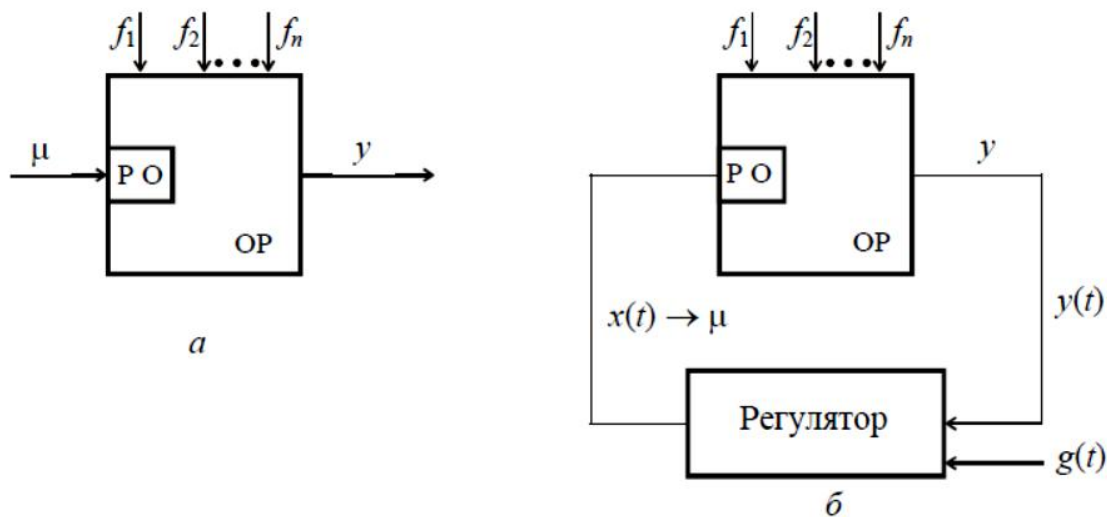


Рис. 1.1. Объект (а) и система автоматического регулирования (б)

На рис. 1.2 приведены графики $y(t)$ и $x(t)$ в стационарном и переходном режимах работы АСР.

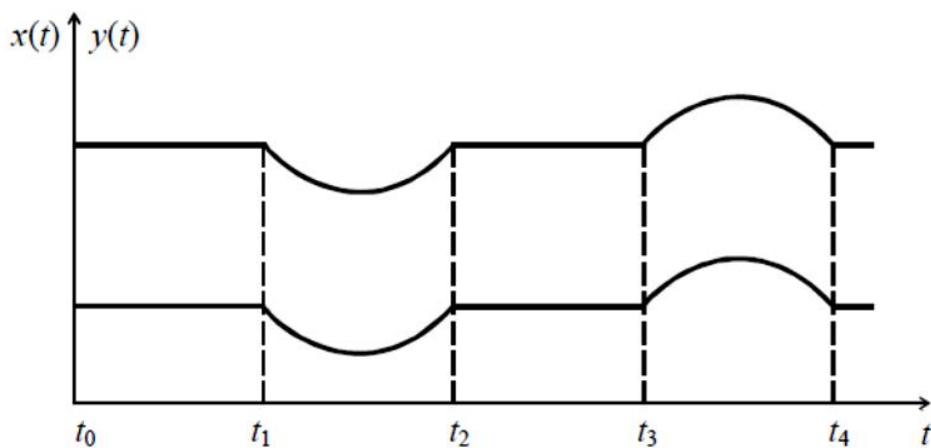


Рис. 1.2. Режимы работы АСР:

(t_0-t_1) и (t_2-t_3) – установившийся режим;
 (t_1-t_2) и (t_3-t_4) – неуставившийся режим;
 t_1, t_3 – момент воздействия возмущения

Принципы регулирования

Используемые в современной технике регуляторы строятся на базе одного из двух основных принципов регулирования:

- по возмущению (внешнему воздействию);
- отклонению (ошибке).

Принцип регулирования по возмущению. Этот принцип был предложен французским ученым Понселе и впервые реализован во второй половине XIX в. русским электротехником В.Н. Чиколевым в разработанных им регуляторах силы света дуговых ламп. Принцип регулирования по возмущающему воздействию называют также *принципом компенсации возмущений*.

Основной величиной, отклоняющей регулируемую величину от требуемого закона, являются всякого рода возмущающие воздействия.

Для компенсации вредного влияния какого-либо возмущающего воздействия после его измерения можно осуществить регулирующие воздействия на объект, обеспечивающие изменение величины по требуемому закону. Для технической реализации данного принципа в состав автоматического регулятора должны входить устройства, позволяющие измерить возмущающее воздействие, и устройства, предназначенные для создания регулирующего воздействия на объект регулирования. Первые называются *чувствительными элементами* (ЧЭ), а вторые – *исполнительными элементами* (ИЭ) регулятора. Между чувствительными элементами и исполнительными могут быть включены промежуточные элементы (ПЭ), предназначенные для усиления или преобразования сигнала чувствительного элемента.

Общая схема АСР, реализующая принцип регулирования по возмущению, приведена на рис. 1.3.

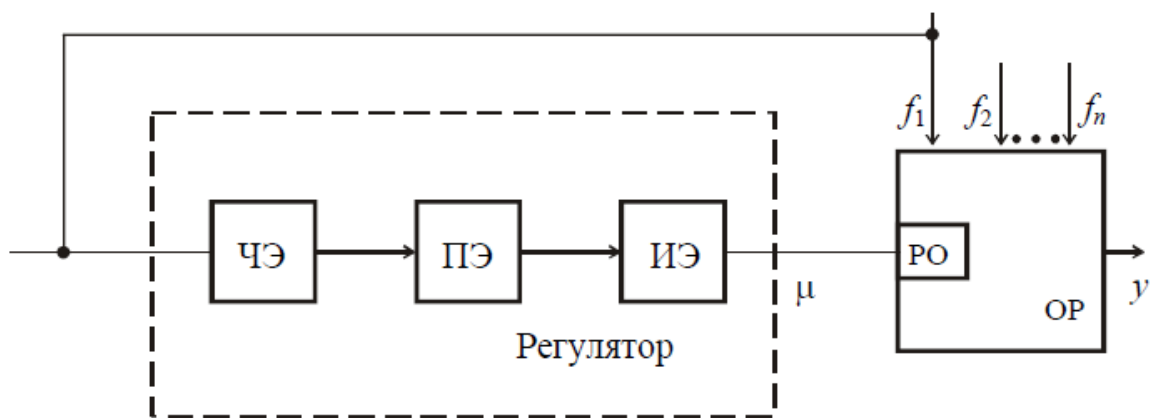


Рис. 1.3. АСР по возмущению

Регулятор такого типа обеспечивает независимость (инвариантность) регулируемой величины от возмущающего воздействия АСР, работающих по возмущению, однако имеет ряд недостатков.

1. В АСР, работающих по возмущению, инвариантность регулируемой величины обеспечивается лишь по отношению к тому возмущающему воздействию, которое измеряется чувствительным элементом регулятора.

Наличие большого числа других, не контролируемых регулятором, возмущающих воздействий приводит к тому, что регулируемая величина отличается от требуемого значения, т. е. задача регулирования не выполняется.

2. Инвариантность по отношению к возмущению, измеряемому чувствительным элементом регулятора, в рассматриваемых АСР обеспечивается только при условии строгого соответствия параметров регулятора и объекта их расчетным значениям. Изменение параметров регулятора или объекта (вследствие старения, влияния внешних условий и т. д.) приводит в таких системах к отклонению регулируемой величины от требуемого значения.

Оба отмеченных недостатка АСР, работающих по возмущению, обусловлены тем, что в таких системах истинное значение регулируемой величины не измеряется и не контролируется. Регулирующее воздействие u от регулируемой величины y не зависит. Система работает по разомкнутому циклу.

Из-за отмеченных выше недостатков системы, работающие по разомкнутому циклу, для решения задач автоматизации применяются только в качестве составной части более сложных, комбинированных АСР.

Принцип регулирования по отклонению. Этот принцип построения автоматических регуляторов предложен и впервые осуществлен в 1765 г. русским механиком И.И. Ползуновым в регуляторе уровня воды в котле изобретенной им паровой машины. Несколько позже (независимо от И.И. Ползунова) этот принцип использовал английский механик Дж. Уатт при разработке центрального регулятора скорости вращения выходного вала паровой машины. В связи с этим принцип регулирования по отклонению часто называют *принципом Ползунова – Уатта*.

Основная задача АСР состоит в выполнении равенства $y(t) = g(t)$, причем чем точнее соблюдается равенство, тем лучше АСР. Разность между требуемым законом изменения регулируемой величины $g(t)$ и действительным законом ее изменения $y(t)$ характеризует качество работы АСР:

$$x(t) = g(t) - y(t), \quad (1.1)$$

при идеальной работе $x(t) = 0$.

Для оценки качества работы АСР используют так называемое отклонение:

$$y(t) = y(t) - g(t). \quad (1.2)$$

Принцип регулирования по отклонению состоит в том, что тем или иным путем определяется отклонение параметра и соответственно осуществляется регулирующее воздействие на объект регулирования, сводящее отклонение к нулю. Для определения сигнала отклонения используются три элемента: *задающий, чувствительный и сравнивающий*.

Задающий элемент формирует воздействие $g(t)$. Чувствительный элемент измеряет действительное значение. Сравнивающий элемент представляет собой простейшее вычислительное устройство.

Функциональная схема АСР, работающая по отклонению, приведена на рис. 1.4.

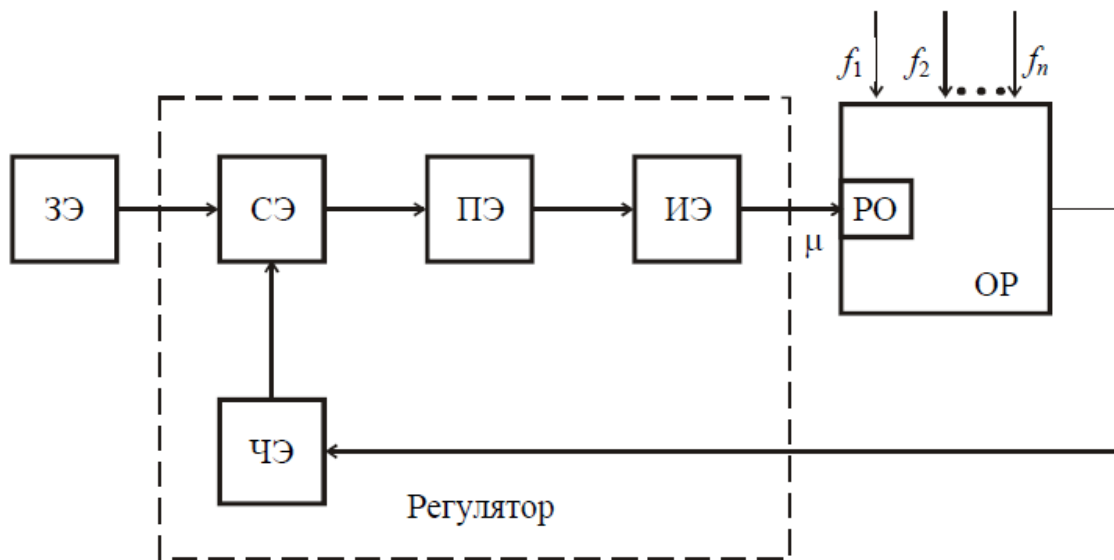


Рис. 1.4. АСР по отклонению

В этой схеме регулируемая величина y измеряется чувствительным элементом и подается на вход сравнивающего элемента (СЭ). На другой вход сравнивающего элемента поступает задающее воздействие g , выработанное в задающем элементе (ЗЭ). На выходе сравнивающего элемента образуется сигнал отклонения. После преобразования в промежуточных элементах (ПЭ) сигнал ошибки поступает на исполнительный механизм, перемещающий регулирующий орган таким образом, чтобы свести сигнал ошибки к нулю. Чувствительный, промежуточный и исполнительный органы в совокупности образуют автоматический регулятор. На рис. 1.4 видно, что АСР, работающая по отклонению, состоит из соединенных между собой автоматического регулятора (АР) и объекта регулирования (ОР). На вход регулятора поступают задающие воздействия g и регулируемая величина y . Выходной величиной является регулирующее воздействие, приложенное к регулирующему органу.

В отличие от регулирования по возмущению при регулировании по отклонению ни одно из возмущающих воздействий не измеряется.

Основным преимуществом АСР, работающих по отклонению, перед АСР, реализующими принцип регулирования по возмущению, является их способность выполнять задачу регулирования при любом числе возмущающих воздействий. Объясняется это тем, что в АСР, работающих по отклонению, ни одно возмущение не измеряется; работа системы не связана ни с какими конкретными возмущениями. Вместо возмущения в таких системах непрерывно измеряется отклонение, характеризующее соответствие действительного закона изменения регулируемой величины требуемому. Вторым преимуществом АСР,

работающих по отклонению, является отсутствие жестких требований к стабильности характеристик элементов регулятора и объекта. Обусловлено это тем, что изменение параметров регулятора и объекта приводит к появлению отклонения, которое системой немедленно обнаруживается и ликвидируется. Таким образом, АСР, работающие по отклонению, лишены основных недостатков АСР, работающих по возмущению.

Это обстоятельство явилось причиной того, что в настоящее время регулирование по отклонению является основным принципом построения регуляторов в самых различных областях техники. АСР, работающие по отклонению, представляют собой системы с обратной связью. Под обратной связью понимают подачу сигнала. Когда сигнал обратной связи складывается с входным сигналом, обратная связь называется положительной, если вычитается – отрицательной. Для систем регулирования входным устройством является задающее воздействие g , выходным – регулируемая величина y .

Наличие обратной связи в АСР, работающих по отклонению, приводит к образованию замкнутого контура передачи воздействий. Регулятор действует на объект, объект, в свою очередь, воздействует на регулятор. В связи с этим АСР, реализующие принцип регулирования по отклонению, называют системами, работающими по замкнутому циклу, или замкнутыми системами. Однако системам с обратной связью присущи и некоторые недостатки.

Так как регулирующее воздействие, направленное на ликвидацию отклонения, появляется только при $y = 0$, то, следовательно, прежде чем ликвидировать отклонение, необходимо допустить его возникновение. Кроме того, замкнутые системы склонны к колебаниям.

Оба отмеченных недостатка АСР, работающих по отклонению, отсутствуют у систем, работающих по возмущению. В то же время, как уже указывалось, системы, работающие по отклонению, лишены основных недостатков систем, работающих по возмущению. Поэтому целесообразно использовать оба основных принципа регулирования в одной системе. Системы, в которых одновременно используется как регулирование по отклонению, так и регулирование по возмущению, называются *системами комбинированного регулирования*. Такие системы обычно представляют собой сочетание двух систем, одна из которых работает по замкнутому, а вторая – по разомкнутому циклу, обеспечивают инвариантность регулируемой величины по отношению к одному из основных возмущений (рис. 1.5), наиболее сильно влияющему на регулируемую величину.

Система, работающая по замкнутому циклу, снимает вредное влияние всех других возмущающих воздействий. Промежуточные и исполнительные элементы у обеих систем являются общими.

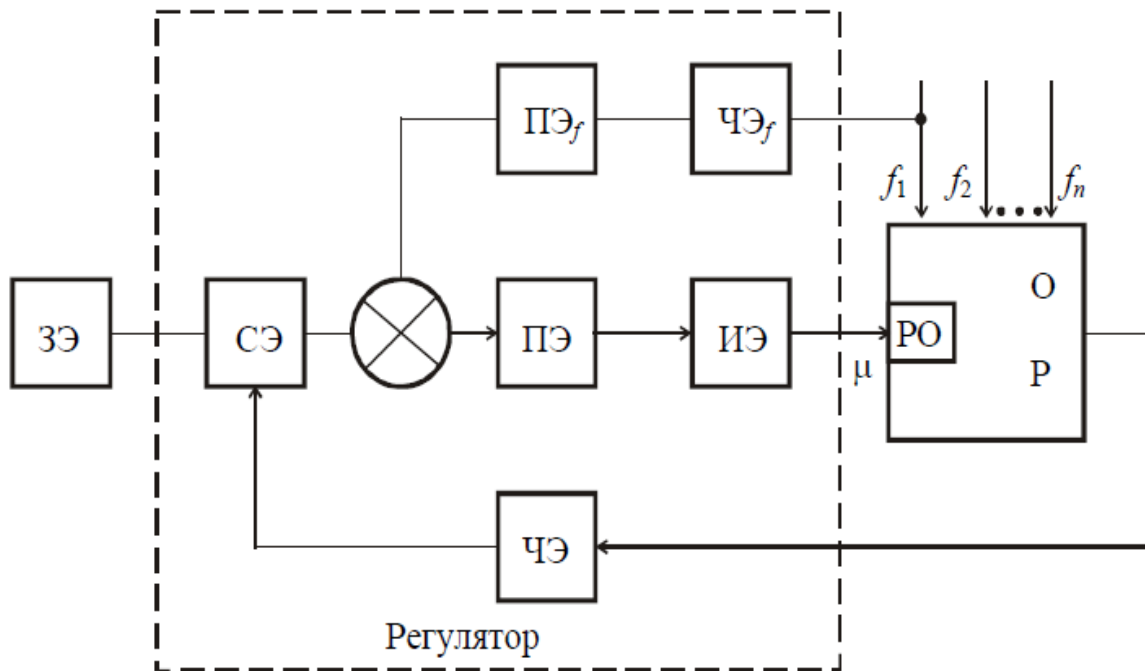


Рис. 1.5. Комбинированная АСР

Основные виды автоматических систем регулирования

В зависимости от закона $g(t)$ изменения регулируемой величины $y(t)$ все АСР принято делить на системы стабилизации, программного регулирования и следящие.

Системы стабилизации предназначены для поддержания постоянного значения регулируемой величины $y(t)$. В этих системах $g(t) = \text{const}$.

Системы программного регулирования предназначены для изменения регулируемой величины $y(t)$ по известному закону в функции времени или какой-либо другой величины. В таких системах задающее воздействие представляет собой заранее известную функцию времени $g(t) = g_0(t)$ или $g = g_0(z)$ и ее часто называют *программой регулирования*. Программы вида $g(t) = g_0(t)$ называются *временными*, а программы вида $g = g_0(z)$ – *параметрическими*.

Следящие системы предназначены для изменения регулируемой величины $y(t)$ по закону, который заранее неизвестен. В таких системах воздействие $g(t)$ представляет собой случайную функцию времени.

В зависимости от наличия статических свойств все системы автоматического регулирования разделяют на статические и астатические.

Система автоматического регулирования, в которой в установившемся состоянии существует однозначная зависимость между значением регулируемой величины и положением регулирующего органа, называется *статической*.

Астатической называют систему автоматического регулирования, в которой положение регулирующего органа не связано с установившимся значением регулируемой величины.

В зависимости от способности приспосабливаться (адаптироваться) к изменяющимся внешним условиям и перестраиваться таким образом, чтобы компенсировать указанные изменения, системы автоматического регулирования разделяются на экстремальные, самообучающиеся и обучаемые.

В *экстремальных* системах автоматически поддерживается экстремальное (минимальное и максимальное) значение регулируемого параметра, соответствующее оптимальным условиям протекания регулируемого процесса.

Самообучающейся системой называется такая система, в которой самообучение при отыскании оптимального режима работы объекта регулирования все время автоматически совершенствуется по мере накопления в системе опыта регулирования.

Обучаемой системой называется такая система, в которой для нормального функционирования в процессе работы накапливается опыт, а обучающее воздействие система получает извне, или со стороны человека – оператора, или со стороны автоматического обучающего устройства, не входящего в состав этой системы.

Контрольные вопросы

1. Сформулируйте основную задачу автоматического регулирования.
2. Определите объект и систему автоматического регулирования.
3. Какие принципы регулирования применяются в современной технике?
4. Сформулируйте принцип и приведите схему работы АСР по возмущению.
5. Сформулируйте принцип и приведите схему работы АСР по отклонению.
6. Сформулируйте принцип и приведите схему работы комбинированной АСР.
7. Назовите основные виды автоматических систем регулирования.

1.5. АВТОМАТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ ПРОТИВОАВАРИЙНОЙ ЗАЩИТЫ

1.5.1. Особенности управления пожаро- и взрывоопасными технологическими процессами

Среди большого числа технологических процессов можно выделить группу пожаро- и взрывоопасных, в которых при определённых условиях, возникающих вследствие нарушения требований регламента, наступают аварийные режимы с последующими взрывами и пожарами. Такие технологические процессы являются пожаро- и взрывоопасными и могут протекать в двух различных режимах:

- I – нормальное функционирование;
- II – предаварийное состояние.

В режиме нормального функционирования технологического процесса различают три состояния:

- нормальное протекание процесса, когда все определяющие параметры соответствуют заданным;
- отклонение определяющих параметров в сторону уменьшения опасности;
- отклонение определяющих параметров в сторону увеличения опасности.

При этом все отклонения в режиме I находятся в заданных пределах, обусловленных необходимой точностью поддержания определяющих параметров. При нарушении технологического режима процесс переходит в предаварийное состояние (II), характеризующееся значительными отклонениями параметров от заданных пределов в сторону увеличения опасности. В предаварийном состоянии, характерном для процессов, можно выделить две фазы: в первой фазе возможен возврат процесса к нормальному режиму, во второй – развитие аварийной ситуации становится необратимым. В последнем случае необходимо прекратить ведение процесса. Если не принять мер, способствующих прекращению развития аварийной ситуации и возвращению процесса к режиму нормального функционирования, то произойдет авария, которая может иметь различные последствия (загазованность помещения и территории объекта, взрыв, пожар и т. п.). Особенность протекания пожаро- и взрывоопасных технологических процессов предопределяет требования к АСУ такими процессами.

Для обеспечения управления технологическими процессами в предаварийном режиме АСУТП должны включать, кроме систем автоматического контроля (АСК), регулирования (АСР), систем сигнализации (АСС), автоматические системы защиты (АСЗ) (рис. 1.6).

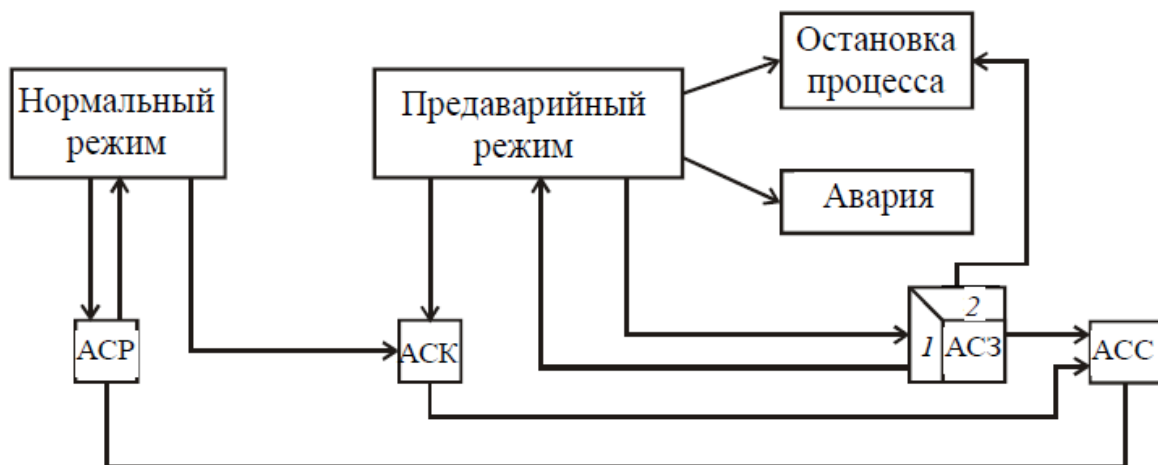


Рис. 1.6. Схема управления потенциально пожаро- и взрывоопасным технологическим процессом:

АСР – автоматическая система регулирования; АСК – автоматическая система контроля; АСЗ – автоматическая система защиты;

АСС – автоматическая система сигнализации;

1 – режим работы АСЗ на предотвращение аварии;

2 – режим работы АСЗ по ликвидации аварии

В предаварийном режиме, который наступает, когда АСР не может справиться с возвратом процесса к нормальному режиму или вследствие отказа АСР, процесс управляется АСЗ. Она должна обеспечить безаварийное ведение процесса либо путём его возврата в нормальный режим 1, либо путём его остановки 2. Если входные параметры АСР выбираются исходя из условий оптимизации производства, то входные параметры АСЗ (параметры защиты) должны характеризовать нахождение объекта в предаварийном режиме.

Таким образом, АСУ пожаро- и взрывоопасными технологическими процессами может быть реализована путём создания автономных АСР, АСК, АСС, и АСЗ (рис. 1.6) или применением автономных АСР, АСЗ и управляющей вычислительной машины (УВМ).

1.5.2. Общие принципы построения систем автоматической защиты

Системы автоматической аварийной защиты представляют собой совокупность элементов и устройств, с помощью которых контролируются параметры процессов, протекающих в защищаемом объекте, и осуществляется выдача сигналов в критических ситуациях. АЗС используются для предотвращения аварий, взрывов и пожаров путём переключения режима работы объекта, остановки оборудования, проведения аварийного стравливания или слива горючего вещества, вызова обслуживающего персонала и выдачи ему необходимой информации о причинах и обстоятельствах возникновения отклонений от нормальной работы.

В функции АСЗ входит анализ предаварийного состояния и степени развития аварийной ситуации, а также выбор управляющих защитных воздействий.

В зависимости от конкретных условий применения АСЗ должны обеспечить:

- возможность обнаружения любых опасных ситуаций в объекте защиты по контролируемой совокупности параметров;
- прекращение хода контролируемого процесса в опасном направлении для любой возможной аварийной ситуации в объекте защиты;
- высокое быстродействие, создающее возможность своевременного выполнения противоаварийных действий;
- высокую чувствительность к контролируемому параметру;
- стабильность характеристик во времени, т. е. сведение к минимуму влияния таких явлений, как старение и утомляемость отдельных элементов;
- минимальное влияние внешних факторов: температуры, влажности, атмосферного давления, ударов, операций, электрических помех и т. п.;
- минимальное обратное влияние на объект защиты при нормальных значениях контролируемого параметра;

- безотказность в условиях длительной непрерывной работы (устройства защиты должны обладать более высокой надёжностью, чем объект защиты);
- высокую перегрузочную способность;
- взаимозаменяемость (повторяемость характеристик), обеспечивающую возможность замены вышедших из строя элементов без существенной перестройки системы защиты;
- возможность использования стандартных и унифицированных элементов;
- взрывонепроницаемость;
- удобство и простоту монтажа, настройки и обслуживания;
- минимальное потребление энергии в дежурном режиме.

Несмотря на большое разнообразие устройств защиты, применяемых в различных областях техники, они строятся по общим законам и в них почти всегда удаётся выявить следующие основные элементы: ИАС – индикаторы аварийных ситуаций; ИП – измерительные преобразователи; УС – устройства сравнения; УПУ – усилительно-преобразующие устройства; ЛУ – логические устройства; ИМ – исполнительные механизмы; ЗУ – задающие устройства.

На рис. 1.7 приведена блочная схема устройства защиты. В индикаторе аварийных ситуаций текущее значение контролируемого параметра, воспринимаемого ИП, сравнивается в УС с заданием.

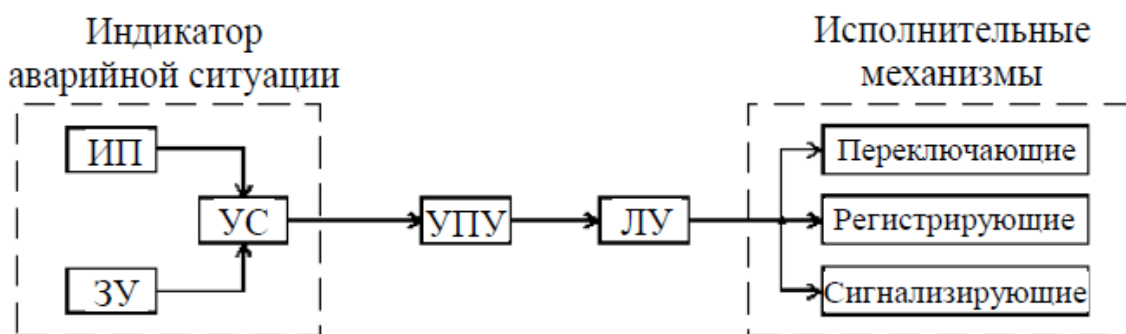


Рис. 1.7. Блочная схема устройства защиты

В устройствах защиты систем программного управления задание может автоматически изменяться от этапа к этапу программы. Для этого используются либо команды программного устройства системы управления, либо собственное программное устройство систем защиты. В устройствах происходит обнаружение признаков аварийной ситуации и формируется сигнал о наступлении этого события. При этом признаком аварийной ситуации может быть не только выход параметра за определённые пределы, но и сохранение величины сигнала на выходе датчика в течение заданного интервала времени, закономерность че-

редования различных сигналов, экстремальное значение одного сигнала из некоторой совокупности и т. д.

Сигнал, полученный на выходе схемы сравнения, чаще всего не может непосредственно воздействовать на исполнительные органы. В этих случаях сигнал предварительно подаётся на усилительно-преобразующие устройства, в которых в зависимости от необходимости могут осуществляться усиление или преобразование сигнала, стабилизация отдельных параметров схемы и т. п. Решение математических и логических задач, запоминание обнаруженных признаков событий, распределение сигнала от одного индикатора аварийных ситуаций к нескольким исполнительным органам или от нескольких индикаторов к одному исполнительному органу осуществляется управляющим логическим устройством (УЛУ).

Сигналы индикатора аварийных ситуаций после усиления и преобразования приводят в действие исполнительные механизмы, которые в общем случае выполняют следующие функции:

- предотвращают возможность аварии, взрыва или пожара путём выключения источника энергии, остановки оборудования, изменения режима его работы и т. п.;
- оповещают обслуживающий персонал о достижении контролируемыми параметрами предельных значений (максимальных или минимальных), происходящих переменах в ходе производственного процесса, возникновении опасных режимов работы или состояний объектов защиты, причинах и характере аварийных ситуаций;
- регистрируют предаварийные и аварийные режимы для последующего выяснения обстоятельств, приводящих к нарушению нормального хода процесса.

В результате срабатывания отключающих, переключающих и других исполнительных органов контролируемый параметр приобретает нормальное значение. После этого исполнительные органы выключаются. Однако если причина аварийной ситуации не была устранена, то вскоре контролируемый параметр опять приобретает недопустимое значение и защита срабатывает вновь и т. д.

Для исключения возможности многократного включения и отключения защиты вблизи заданного предельного значения параметра исполнительные органы после срабатывания обычно блокируются, например путём самоблокировки реле, включающего исполнительные органы, с помощью механических защёлок или введением обратной связи, которая приводит к скачкообразному приближению значения задания к норме. После устранения причины возникновения опасных режимов блокировки снимаются или вручную, например крат-

современным нажатием кнопки, отключающей питание, или автоматически по сигналам реле времени, программных устройств и т. д.

Для обеспечения высокой надёжности системы защиты часто снабжаются постоянно или периодически действующими цепями проверки работоспособности отдельных элементов и защитных устройств в целом.

При защите сложных объектов контролируется несколько параметров. При этом контроль может быть непрерывный или последовательный.

В случае непрерывного контроля система защиты может состоять из нескольких (по числу контролируемых параметров) постоянно включённых автономных устройств защиты, построенных по схеме (рис. 1.7), причём общими у них могут быть только выключающие, переключающие и другие исполнительные органы, а также сигнализаторы, привлекающие внимание обслуживающего персонала.

При последовательном контроле в одних и тех же задающих, сравнивающих, усилительных, логических, преобразующих и других элементах производится поочередная обработка исходной информации, получаемой от большого числа датчиков контролируемых параметров. Для того чтобы сигналы разнородных датчиков можно было обрабатывать в общих узлах, их предварительно унифицируют. Подключение датчиков к входу, а исполнительных органов – к выходу общих узлов производится поочерёдно с помощью синхронно работающих входного и выходного переключателей.

Конструктивно эти переключатели нередко объединяются в один оббегающий переключатель, который одновременно коммутирует ряд цепей в схемах, программных устройствах и т. д.

Системы защиты с последовательным (оббегающим) контролем имеют меньший объём аппаратуры по сравнению с системами непрерывного контроля, однако они не всегда удовлетворяют требованиям быстродействия и надёжности.

Существует три вида АСЗ в зависимости от алгоритма защиты, определяемого сложностью процесса, многообразием аварийных ситуаций и т. д.: простые АСЗ, АСЗ с развитой логической частью и адаптивные АСЗ.

Простые АСЗ построены так, что повышение или понижение параметра, по которому ведётся защита, до предельного значения вызывает управляющее исполнительное воздействие (рис. 1.7).

Структурная схема АСЗ с развитой логической частью, реализующая сложный алгоритм защиты, приведена на рис. 1.8.

В функции логического устройства (ЛУ) входит приведение в действие исполнительных устройств по определённому алгоритму. Это устройство может

реализовать различные функции ИЛИ, НЕ, И, ЗАПРЕТ и т. д., а в общем виде следящее логическое устройство должно реализовать функцию:

$$\begin{aligned} y_1 &= f_1(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n); \\ y_2 &= f_2(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n); \\ y_m &= f_m(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n), \end{aligned} \quad (1.3)$$

где $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ – состояние системы измерительных преобразователей, принимающих после прохождения устройств сравнения значения 0 или 1;

y_1, y_2, y_m – состояние системы исполнительных механизмов, которые также могут принимать значения 0 или 1.

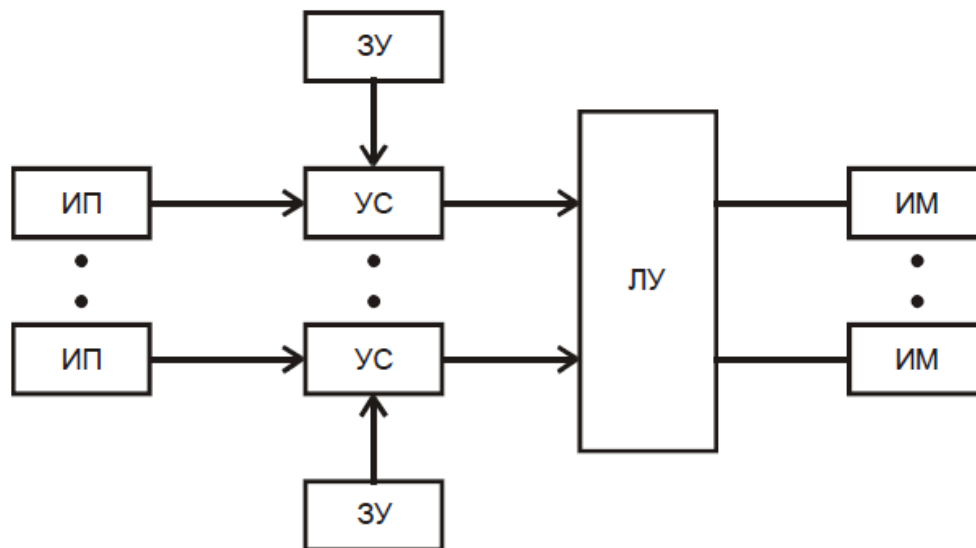


Рис. 1.8. Блочная схема АСЗ с развитой логической частью

Приведенные уравнения описывают алгоритм защиты от аварии потенциально опасного процесса. Следует иметь в виду, что составлению каждой логической функции предшествует исследование технологического процесса, а характерное отличие АСЗ, реализующих такие функции, – наличие двух ступеней защитных воздействий (рис. 1.6). Как видно из схемы, АСЗ на первой ступени принимает меры к возврату процесса в режим нормального функционирования, а в случае усложнения обстановки, невзирая на принятые меры, когда возврат уже неосуществим, АСЗ второй ступени останавливает процесс.

Наиболее сложным типом системы автоматической защиты являются адаптивные АСЗ, созданные для решения сложных, развитых алгоритмов, основывающихся на строгом математическом описании технологического процесса. При этом математическое описание его должно включать описание как самого процесса с учётом его кинетики, теплового баланса и т. п. в условиях аварийной ситуации, так и состояния после оказания защитного воздействия.

В структурную схему адаптивной АСЗ входят информационные устройства, состоящие из измерительных преобразователей и усилительно-преобразующих устройств, управляющего логического устройства и блока исполнительных устройств.

В функции блока ЛУ такой АСЗ входит обработка информации от ИП по определённому алгоритму, результатом чего является оценка степени развития аварийной ситуации, выбор вида защитного воздействия, соответствующего данной степени развития аварийной ситуации и обеспечивающего безаварийность процесса, и выдача управляющего защитного воздействия на блок ИМ. Разработка адаптивного алгоритма защиты для пожаро- и взрывоопасных технологических процессов по комплексу параметров – сложная задача, требующая затраты больших усилий и усложняющая его реализацию. Нашли применение упрощённые алгоритмы защиты, использующие экстраполяцию функции изменения параметра защиты по первой и второй производной. Так, если за определяющий параметр защиты выбрано давление в реакторе, то при составлении алгоритма защиты «аварийный сброс» и при допущении, что уменьшение реакционной массы не оказывает существенного влияния на изменение давления при сбросе, этот алгоритм можно записать как

$$p + \frac{dp}{dt} t_{AC3} + \frac{d^2p}{dt^2} \cdot \frac{t_{AC3}^2}{2} \leq P_{кр} . \quad (1.4)$$

Схема АСЗ, реализующая такой алгоритм, показана на рис. 1.9.

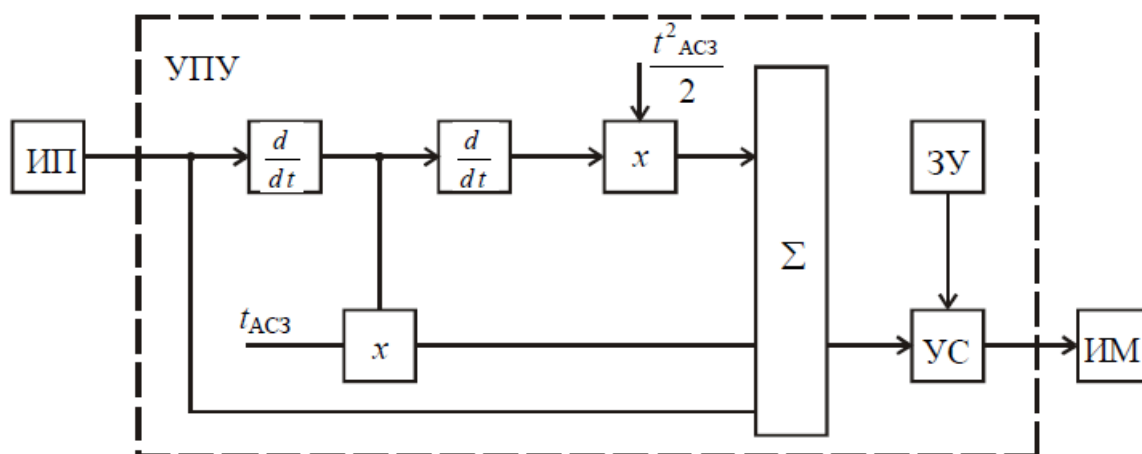


Рис. 1.9. Блочная схема, реализующая адаптивный алгоритм защиты

Общие принципы построения систем автоматической защиты реализуются в системах, установленных на объектах промышленного производства.

1.5.3. Системы аварийной сигнализации и защиты

На объектах химии, нефтехимии, нефтепереработки и других используются унифицированные системы аварийной защиты производств от аварий, взрывов и пожаров. Основой таких систем автоматической защиты являются унифицированные приборы-датчики, предназначенные для измерения concentra-

ций горючих или токсичных паров и газов в воздухе производственных помещений, а также для измерения таких параметров, как температура, давление, уровень жидкости и т. п., отклонение которых от заданного значения по регламенту может привести к аварии, взрыву, пожару. Информация о результатах измерения в виде аналогового или дискретного электрического сигнала от приборов-датчиков через коммутирующие сигналы поступает в приемно-логические устройства, в которых по определенному алгоритму вырабатываются командные сигналы, поступающие на сигнализирующие и исполнительные устройства.

Устройство аварийной сигнализации представляет собой многоканальный автоматический стационарный прибор непрерывного действия нормального исполнения с искробезопасными входными цепями, предназначенный для приема сигналов от датчиков аварийности и представления их оператору на световом табло. Устройство работает в комплекте с контактными датчиками взрывозащищенного исполнения, а также с датчиками обычного исполнения при условии, что эти датчики не имеют собственного источника питания.

Входными параметрами устройства являются:

- замыкание нормально-открытого контакта датчика;
- размыкание нормально-закрытого контакта.

Устройство имеет ряд входов с выходами на световое табло по каждому каналу и звуковую сигнализацию. На табло информация представляется в виде цифр и символов. Принцип действия устройства основан на преобразовании неэлектрических параметров аварийных ситуаций технологических процессов в светозвуковые сигналы с помощью логических схем на полупроводниковых элементах.

Устройство аварийной и предупредительной сигнализации представляет собой автоматическое стационарное логическое устройство постоянного циклического действия нормального исполнения, предназначенное для приема сигналов от датчиков аварийного отклонения параметров и представления их оператору на средствах цифровой и преобразовательной индикации.

Устройство выполняет следующие функции:

- циклический опрос датчиков аварийного отклонения параметров;
- дифференцирование поступивших сигналов по степени аварийности на три группы;
- контроль положения исполнительных механизмов систем защиты;
- представление поступившей информации об аварийных отклонениях параметров на цифровом трехразрядном индикаторе с одновременным сопровождением ее акустическим сигналом определенной тональности, зависящей от группы аварийности поступившего сигнала, и высвечиванием на табло номера группы;
- представление поступившей информации на экране изобразительной индикации в виде высвечиваемого участка схемы с указанием на нем номера

и места установки датчика, отметившего аварийное отклонение параметра, характера отклонения (завышение или занижение), группы важности информации;

- приоритетное представление информации более важных групп аварийности на средствах отображения независимо от занятости каналов информацией менее важных групп аварийности;

- хранение в памяти информации об аварийных ситуациях на производстве и воспроизведение ее на средствах отображения по вызову оператора;

- задержка определенного вида сигналов с датчиков аварийного отклонения параметров на время до одной минуты перед выдачей на средства отображения.

Входным параметром устройства является срабатывание контакта датчика (замыкание нормально-открытого или размыкание нормально-закрытого контакта).

На вход устройства могут поступать сигналы четырех групп:

- 1) аварийные;
- 2) предварительные;
- 3) предупредительные;
- 4) контроль положения исполнительного механизма.

Сигналы первой группы имеют приоритет перед двумя другими – второй и третьей, а сигналы второй группы – только перед третьей группой. Четвертая группа сигналов передается по самостоятельному каналу.

Сигналы от датчиков могут представляться по любому из десяти каналов вывода информации. Одиннадцатый канал предназначен для сигналов четвертой группы.

Конструктивно устройство выполняется в виде стола с пультом управления и индикации, в котором смонтирована логическая схема блока питания и экрана.

Система МЗС представляет собой комплекс унифицированных модулей защиты, сигнализации и мнемосхем.

Унифицированные модули предназначены для включения в проекты по разработке подсистем защиты и сигнализации, входящих в АСУТП с управляющей вычислительной машиной. Возможно и автономное использование комплекса. С применением микромодульных схем и унифицированных типов конструкций разработка технических средств защиты переведена на новую качественную основу. МЗС насчитывает около двух десятков модулей. Основными из них являются: модули дискретных входов, аналоговых входов, логики сигнализации, логики защиты, временной задержки, сигнальных табло, звуковой и световой сигнализации и индикации.

Комплекс обеспечивает прием сигналов как от УВМ, так и непосредственно от датчиков. На исполнительные механизмы и сигнализацию может быть

выдан любой унифицированный сигнал. Многофункциональность модульной системы позволяет применить ее для разработки АСЗ любой сложности.

Микропроцессорные контроллеры (МК) относятся к классу программно-аппаратных средств и ориентированы на решение конкретной задачи или набора однотипных задач. Их внедрение – основное направление повышения уровня автоматизации технологических процессов. По назначению они делятся на два типа: первый – МК, предназначенные для реализации алгоритмов регулирования и различного преобразования аналоговых и дискретных сигналов, которые заменят регуляторы; наиболее типичным представителем их является «РЕМИКОНТ»; второй – МК, предназначенные для реализации задачи программно-логического управления; они должны заменить релейные и логические схемы; представителем их является «ЛОМИКОНТ».

В состав любого типа МК входят неизменный для данного типа базовый комплект, проектно-компонуемый комплект (ПКК), а также панель оператора. Базовый комплект включает процессор (ПП) и память: оперативную – для хранения числовых данных и постоянную – для хранения программ.

ПКК – это устройство ввода-вывода сигналов. Его состав определяется числом каналов ввода-вывода и содержит блоки развязки (для разделения входов и выходов от нагрузки); мультиплексор (для коммутации аналоговых сигналов), а также аналого-цифровые, цифроаналоговые, дискретно-цифровые и цифро-дискретные преобразователи.

Панель оператора (ПО) МК имеет органы управления (клавиши, кнопки) и устройство отображения информации в виде цифрового индикатора «РЕМИКОНТ» или матричного экрана «ЛОМИКОНТ». Она позволяет выбрать режим работы, составить и реконфигурировать систему управления, осуществить вызов программы.

В табл. 1.3 приведены возможный состав ПКК и характеристики модулей различных типов.

Таблица 1.3

Характеристика модулей

Модуль	Число шт., до	Возможности, до
Аналого-цифрового преобразования	4	16 входов
Дискретно-цифрового преобразования	8	16 входов
Цифроаналогового преобразования	8	8 выходов
Цифроимпульсного преобразования	8	8 выходов
Цифродискретного преобразования	8	16 выходов
Разделителя гальванического входного	6	8 аналоговых входов
Разделителя гальванического выходного	6	4 аналоговых выходов
Блока переключения резерва	2	8 цепей

Приведенные данные позволяют рассчитать максимальное число входов и выходов *МК*: аналоговых входов – до 64, дискретных – до 126; аналоговых выходов – до 64, дискретных – до 126, импульсных – до 64.

Функциональные возможности *МК* определяются программами. «РЕМИКОНТ» располагает библиотекой программ, реализующей 24 алгоритма: ПИД – аналоговое регулирование (4), ПИД – дискретное регулирование (4), динамическое преобразование (5), статическое преобразование (5), нелинейное преобразование (5), стандартная логика (1).

Широкий набор программ и панель оператора позволяют легко создавать и изменять каналы регулирования с заданными динамическими свойствами.

Логический контроллер «ЛОМИКОНТ». Модели этого типа *МК* аналогичны моделям регулирующего *МК*, но базовый комплект состоит из 6 модулей. Максимальное число входов и выходов «ЛОМИКОНТА» составляет: дискретных входов – до 512, аналоговых – до 123, импульсных – до 84, дискретных выходов – до 256, аналоговых – до 64, импульсных – до 32.

МК «ДИМИКОНТ» – микропроцессорное устройство, предназначенное для контроля технологических процессов в составе распределенных АСУ, построенных с использованием регулирующих и логических микропроцессорных контроллеров. Связь как на нижнем уровне управления (с «РЕМИКОНТАМИ» и «ЛОМИКОНТАМИ»), так и на верхнем уровне (с *УВМ*) осуществляется интерфейсными каналами.

«ДИМИКОНТ» обеспечивает работу в оперативном и сервисном режимах, а также в режиме технологического программирования.

В оперативном режиме «ДИМИКОНТ» выполняет следующие функции:

- сбор и предварительную обработку данных о течении процесса в цикле до 2–10 с. Данные поступают с «РЕМИКОНТОВ» и «ЛОМИКОНТОВ», управляющих процессом. Общее число принимаемых дискретных и аналоговых сигналов – до 1536;

- отображение данных о течении процесса в виде статической информации (мнемосхем, таблиц, осей координат, информационных надписей и т. д.) и динамической (значений параметров, аварийной сигнализации, данных, характеризующих течение процесса, и т. д.), совмещенной со статической информацией. Динамическая информация отображается в процентах и абсолютных значениях параметров в виде графиков, диаграмм, таблиц, изменяющихся фрагментов изображений и т. д.;

- аварийную сигнализацию и сигнализацию об отклонениях параметров с подачей звукового сигнала, мерцанием и изменением цвета отображения параметра;

- ведение истории процесса: данные по истории процесса записываются в ОЗУ и на кассетный накопитель на магнитной ленте для последующего про-

смотра и анализа, осуществляемого в сервисном режиме. Оперативно доступны данные не менее чем по 124 параметрам;

- документирование информации по процессу, включающее автоматический вывод на печать аварийной информации (дата, время наступления отклонения параметра, наименование параметра, код отклонения «меньше нормы», «больше нормы» и т. д.); распечатку по вызову оператора буквенно-цифровой копии экрана;

- распечатку по вызову оператора протокола технического процесса основных параметров (в протокол входят выборки на программируемом интервале по основным параметрам, характеризующим течение процесса);

- вывод изображений на большое информационное табло (*БИТ*); цикл обновления информации на *БИТ* – 5 с;

- самодиагностику работы основных узлов оборудования в цикле реального времени, формирование и отображение сообщений о неисправности в контроллере и в линиях связи;

- формирование и отображение сообщений о неправильных действиях оператора.

Программно-технический комплекс автоматической защиты (ПТКАЗ) предназначен для решения задач автоматической защиты от аварий технологических процессов в химической, нефтехимической, металлургической, энергетической, пищевой и других отраслях промышленности.

ПТКАЗ обрабатывает дискретные и аналоговые входные сигналы, формирует дискретные выходы на мнемосхемы и информационные табло, а также на исполнительные механизмы постоянного и переменного тока. *ПТКАЗ* имеет органы ручного управления исполнительными механизмами со световой индикацией и искрозащиту по дискретным входам.

Данный комплекс выполняет логические операции алгоритмов защиты, имеет возможность формировать временные задержки и позволяет фиксировать в памяти факт и время срабатывания блокировок.

ПТКАЗ является программируемым комплексом, работать с ним могут проектировщики систем защиты и эксплуатационный персонал, не знакомые с программированием.

ПТКАЗ – проектно-компонуемое изделие. Он содержит постоянную часть аппаратуры (*ПТКАЗ-0*), поставляемую независимо от конкретной системы защиты, и переменную проектно-компонуемую часть, зависящую в основном от типа и числа каналов ввода-вывода информации и определяемую при заказе потребителем. Постоянная часть *ПТКАЗ* имеет однократное резервирование. Переменная часть аппаратуры может резервироваться в зависимости от требований пользователя.

ПТКАЗ-0 представляет собой дублированную подсистему обработки информации, выполненную на базе микроЭВМ, имеет модульную структуру и состоит из следующих узлов: микроЭВМ, интерфейса, постоянной памяти, памяти пользователя, модуля независимой памяти, модуля обмена и контроля, модуля контроля, модуля адаптерного, модуля реального времени, модуля связи, первичного и вторичного источников питания.

К переменной части *ПТКАЗ* относятся модули ввода и вывода, блок управления блокировками и программирующее устройство.

Модули ввода. Для ввода дискретных сигналов типа «сухой контакт» или двухпозиционных сигналов потенциального типа предназначен модуль ввода дискретной информации.

Для ввода аналоговой информации в целях сравнения ее с заданными установками предназначен программируемый модуль ввода аналоговой информации. В него с пульта предварительно заносятся установки, которые сохраняют свое значение при отключении питания.

Максимальное число дискретных входов равно 256 (с кратностью наращивания 16 путем установки модулей) или 128 (с кратностью наращивания 16 путем установки модулей) либо допускается любая комбинация модулей аналогового и дискретного вводов. Ограничения обусловлены общим числом установочных мест для ввода информации, равным 16.

Искробезопасность можно обеспечить максимально по 176 дискретным входам от датчиков типа «сухой контакт» (с кратностью наращивания 16 путем установки модулей).

Модули вывода. Для вывода информации на внешние устройства световой сигнализации предназначен 16-канальный модуль силовых низковольтных ключей. Для вывода информации на исполнительные механизмы постоянного тока предназначен 8-канальный модуль силовых низковольтных ключей.

Для вывода информации на исполнительные механизмы переменного тока предназначен 8-канальный модуль силовых высоковольтных ключей. Максимальное число выходов на сигнализацию составляет 256.

Блок управления блокировками. Этот блок предназначен для организации световой и звуковой сигнализации о срабатывании блокировок, а также звуковой диагностической сигнализации. Он является выносным устройством и может располагаться в местах, удаленных на расстояние до 50 м от стойки *ПТКАЗ*, имеет модульное исполнение и состоит из следующих модулей: управления блокировками, питания, ключей силовых низковольтных.

Блок имеет устройство звуковой сигнализации (динамик), механизмы перехода с автоматического управления на ручное, и наоборот, кнопку «Квитирование», устройства группового и индивидуального управления блокировками

и для организации световой сигнализации – лампочки, светодиоды, а также устройства выбора индивидуального управления блокировками.

Максимальное число управляемых вручную исполнительных механизмов (блокировок) в одной стойке равно 64. Организация ручного управления – групповая и поадресная.

Программатор относится к сервисному оборудованию и предназначен для программирования памяти пользователя; записи значений уставок в модуль ввода аналоговой информации; стирания и перепрограммирования установок; распечатки факта и времени срабатывания блокировок; метрологической проверки на объекте модулей ввода аналоговой информации; диагностики и ремонта модулей, входящих в состав *ПТКАЗ*; отладки алгоритмов автоматической системы защиты и сигнализации.

Сигнализация изменения состояния исполнительного механизма – световая и звуковая при работе в автоматическом режиме от *ПТКАЗ*, световая – при работе в ручном режиме. На базе одной стойки *ПТКАЗ* можно организовать одно рабочее место.

ПТКАЗ обеспечивает возможность выделения первопричины (выделение из группы сигналов сигнала, пришедшего первым) и отображения ее на мнемосхеме отличительной частотой мигания. Он обеспечивает накопление и хранение информации о факте и времени срабатывания блокировок и передачу ее по каналу, а также возможность распечатки информации.

ПТКАЗ обеспечивает диагностику и самодиагностику на уровне сменных модулей, а источник питания обеспечивает бесперебойным питанием вторичные источники питания модулей в каркасах *ПТКАЗ*, а также элементы сигнализации состояния блокировок.

В случае кратковременной потери питания по двум вводам обеспечивается сохранение состояния выходных ключей в положении, предшествующем потере напряжения.

Программное обеспечение (ПО) комплекса *ПТКАЗ* включает ПО стойки и ПО программатора. ПО стойки предназначено для управления работой стойки *ПТКАЗ* и состоит из четырех частей: управляющей системы, программ диагностики, библиотеки программ функции защиты и алгоритма защиты. Постоянная часть ПО стойки записывается в постоянную память при изготовлении комплекса *ПТКАЗ* и является его неотъемлемой частью. В ней записаны внутренний алгоритм работы стойки *ПТКАЗ* и набор стандартных операторов защиты для создания АСЗ.

Измеряемой частью ПО стойки является алгоритм защиты, представляющий собой программную реализацию конкретной АСЗ, записанной на специальном языке логической защиты. АСЗ программируется пользователем на программаторе и записывается в постоянную перепрограммируемую память.

Контрольные вопросы

1. Особенности и схема управления пожаро- и взрывоопасными технологическими процессами.
2. Назначение и основные функции АСЗ.
3. Основные элементы и блочная схема устройства защиты.
4. Структурная схема АСЗ с развитой логической частью.
5. Структурная схема АСЗ, реализующая адаптивный алгоритм защиты.
6. Принципы работы устройства аварийной и предупредительной сигнализации.
7. Назначение и основные функции системы МЗС.
8. Назначение и основные функции микропроцессорных контроллеров.
9. Микропроцессорное устройство «ДИМИКОНТ».
10. Программно-технический комплекс автоматической защиты.

2. СИСТЕМЫ ОБНАРУЖЕНИЯ ПОЖАРА

2.1. ОСНОВНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ПАРАМЕТРЫ ПОЖАРА И ОСОБЕННОСТИ ИХ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ПОЖАРНЫМИ ИЗВЕЩАТЕЛЯМИ

2.1.1. Основные информационные параметры пожара

Любой пожар сопровождается изменением характеристик окружающей среды, обусловленных развитием горения и возникновением конвективного теплового потока над его очагом. К таким характеристикам можно отнести: *повышенную температуру окружающей среды, дым и продукты горения, а также световое излучение пламени*. Автоматические пожарные извещатели сконструированы таким образом, чтобы реагировать на изменение одного или нескольких параметров пожара. В зависимости от вида контролируемого параметра они разделяются на *тепловые, дымовые, пламени (световые), газовые и комбинированные*. Автоматические пожарные извещатели преобразуют неэлектрические информационные параметры пожара в электрические сигналы, которыми достаточно свободно можно оперировать при переработке информации приемно-контрольными приборами. В соответствии с ГОСТ 12.2.047 автоматический пожарный извещатель – это устройство для формирования сигнала о пожаре, которое реагирует на факторы, сопутствующие пожару.

Для понимания взаимодействия извещателей с конвективной струей очага горения рассматривается графическая модель процесса (рис. 2.1). Изменение

избыточной температуры в месте установки пожарного извещателя над источником тепла определяется из выражения

$$t_{RH} = 20,5 \frac{Q_{\Pi}^{0,67}}{H^{1,67}} \exp \left\{ -37,3 \left(\frac{R}{H} \right)^2 \right\}, \quad (2.1)$$

где Q_{Π} – теплопроизводительность пожара, кДж/кг;

H – высота размещения теплового извещателя, м;

R – расстояние от оси очага пожара до места установки извещателя, м.

Теплопроизводительность очага горения – величина, зависящая от ряда параметров:

$$Q_{\Pi} = \eta F_{\Pi} Q_{\Pi} V_{\Pi}, \quad (2.2)$$

где η – коэффициент химического недожога;

F_{Π} – площадь пожара ко времени τ_i , м²;

Q_{Π} – конвективный тепловой поток, кВт;

V_{Π} – массовая скорость выгорания, кг/(с·м²).

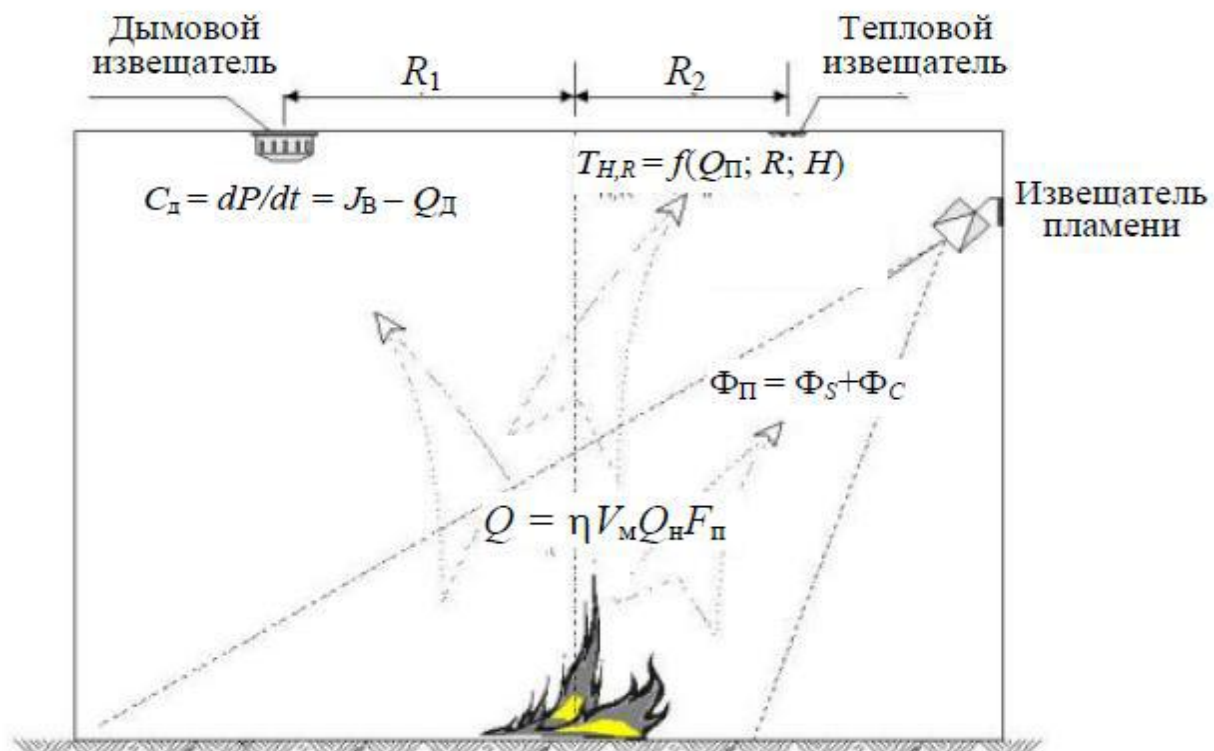


Рис. 2.1. Информационные характеристики пожара:

C_d – концентрация дыма; T_H, R – температура; Q_{Π} – теплопроизводительность очага пожара; Φ_{Π} – поток излучения очага пожара

Получив количественную оценку теплопроизводительности очага пожара, можно определить изменение температуры в любой точке помещения, что необходимо для оптимизации размещения тепловых пожарных извещателей.

Зона контроля пожарной сигнализации (пожарных извещателей) – совокупность площадей, объемов помещений объекта, появление факторов пожара в которых будет обнаружено пожарными извещателями.

Дымовой пожарный извещатель срабатывает при достижении концентрации дыма в месте его установки, равной пороговому значению для данного извещателя. Дым – это совокупность твердых и жидких частиц, взвешенных в воздухе или другой газообразной среде. Частички дыма в большинстве случаев очень малы (0,1–1,0 мкм). Под влиянием движения частицы в облаке дыма сталкиваются друг с другом и слипаются (коагулируют), а средний размер частиц при этом увеличивается. Видимый человеческим глазом дым – это частицы размером от 0,4 до 10 мкм и более. Концентрация дыма определяется массой частиц аэрозоля в измеряемом объеме и выражается в килограммах на кубических метр (кг/м³); числом частиц, содержащихся в 1 см³ дыма, $n/\text{м}^3$; а также оптическими характеристиками: оптической плотностью D и показателем ослабления светового потока a , проходящего в задымленной среде путь длиной L .

$$D = \lg(I_0 / I);$$

$$a = 1 / L \cdot \lg(I_0 / I) \quad (2.3)$$

где I_0 , I – интенсивность измерительного светового потока в чистой и задымленной среде соответственно.

Исследования показали, что характерный размер частиц дыма зависит от материала, подвергающегося горению, и условий температурного (термического) воздействия. Пик максимальной концентрации дыма достигается при горении древесины и целлюлозосодержащих материалов: для частиц размером 0,45–0,50 мкм, синтетических рулонных материалов на основе ПВХ – 1,5 мкм, резины – 4,0 мкм, ПСБС – 6,0 мкм. Распространение дыма в объеме защищаемого помещения происходит под влиянием конвективных потоков от очага пожара. Существует несколько математических моделей, описывающих этот процесс.

Очевидно, что процесс увеличения концентрации дыма будет зависеть от линейной и массовой скорости выгорания материалов, их свойств, характеризующих способность к дымообразованию, и расстояния до очага горения.

При этом нарастание общей массы дыма P_d при пожаре в помещении описывается дифференциальным уравнением первого порядка:

$$\frac{dP_d}{dt} = V_m K_d F_{\Pi} - Q_y C_d, \quad (2.4)$$

где K_d – коэффициент дымообразования, кг/кг;

C_d – концентрация дыма, кг/м³;

Q_y – количество удаляемого дыма, м³/с.

При круговом развитии очага пожара, характерном для большинства пожаров, изменение концентрации дыма в точке с координатами H и R определяется из выражения

$$C_d(H, R) = \frac{0,33 V_m V_d^2 K_d f t^3}{H R^2}, \quad (2.5)$$

где t – текущее время, с;

H – высота расположения извещателя, м;

R – расстояние от оси очага пожара до места установки извещателя, м;

V_m – массовая скорость выгорания, кг/(м²·с);

K_d – коэффициент дымообразования, кг/кг;

V_d – линейная скорость горения, м/с;

f – коэффициент неравномерности заполнения дымом объёма помещения.

Часто в технической литературе при указании характеристики дымовых извещателей, в особенности оптико-электронных, используется понятие оптической плотности дыма, на которую реагирует дымовой извещатель. Эта величина в разных литературных источниках называется *удельной оптической плотностью*, или *показателем ослабления светового потока a* , и имеет размерность 1/м. Взаимосвязь данного параметра и концентрации дыма, выраженной в миллиграммах на кубический метр (мг/м³), была определена экспериментально и представлена в виде аналитического выражения:

$$a = -0,0056 + 0,7 \cdot 10^{-3} \cdot C_d + 0,45 \cdot 10^{-5} \cdot C_d^2. \quad (2.6)$$

Параметр a позволяет оценить такой опасный фактор пожара, как потеря видимости в задымленной среде $L_{\text{вид}}$. В первом приближении можно записать:

$$L_{\text{вид}} = 1,698 / a. \quad (2.7)$$

Как показали эксперименты, конечная измеряемая величина a и связанная с ней величина $L_{\text{вид}}$ существенно зависят от длины волны источника светового излучения. Например, при одной и той же концентрации дыма $C_d = 35 \text{ мг/м}^3$, но для различного диапазона источника излучения (красный $\lambda = 0,61$; зеленый $\lambda = 0,55$; голубой $\lambda = 0,45$), показатель ослабления светового потока оказался равен 0,02; 0,038 и 0,123. Что соответствует видимости в задымленной среде 77,3; 44; и 13,8 м.

Любой пожар сопровождается электромагнитным излучением в оптическом диапазоне. Оптический диапазон излучения в зависимости от длины волны подразделяется на ультрафиолетовый (0,01–0,38 мкм), видимый (0,38–0,78 мкм) и инфракрасный (0,78–340 мкм).

Спектр излучения пламени содержит разный по интенсивности и диапазону состав, на который влияет большое количество факторов.

На практике пламя обнаруживается на излучающем фоне, создаваемом естественным и искусственным освещением. Фоновое излучение имеет свой спектральный состав и интенсивность.

Естественное освещение определяется спектром излучения солнца, прошедшего через атмосферу. В закрытых помещениях свет проходит через стекло, которое не пропускает УФ-излучение короче 0,33 мкм. Искусственное освещение, за исключением специальных светильников УФ-излучения, не имеет в спектральном составе ультрафиолетовой составляющей. Лампы накаливания имеют сплошной спектр. Поток регистрируемого приемником излучения Φ_r определяется величиной потока излучения, прошедшего непосредственно от источника пожара и рассеянного частицами дыма:

$$\Phi_r = \Phi_s + \Phi_c = \Phi_t [j^2 G_t G_z / 4\pi L^2] \cdot \exp(-pdL), \quad (2.8)$$

где L – расстояние между источником и приемником излучения;

p – концентрация частиц;

d – сечение поглощения частиц.

Чтобы создать оптимальную систему обнаружения пожара по оптическому излучению пламени, необходимо знать вид спектрального излучения и его интенсивность.

2.1.2. Основные показатели и структура пожарных извещателей

Для обеспечения эффективной работы системы автоматической пожарной сигнализации (АПС) необходимо определить влияющие на нее показатели пожарных извещателей. Номенклатура показателей состоит из нескольких групп (ГОСТ 4.188).

Показатели назначения:

– *чувствительность*, или *порог срабатывания*, – минимальное значение величины контролируемого параметра, при которой происходит срабатывание автоматического пожарного извещателя (АПИ). Он измеряется в тех же единицах, что и контролируемый параметр;

– *инерционность срабатывания* – постоянная времени, так ее называют в некоторых литературных источниках. Инерционность – это время с момента воздействия на чувствительный элемент АПИ контролируемого параметра, величина которого равна или превышает порог срабатывания и до момента выдачи сигнала АПИ;

– *контролируемая площадь* – максимальная дальность действия, контролируемый объем. Для извещателей пламени в некоторых случаях также угол обзора.

К этой группе показателей может быть отнесен и такой параметр, как *время обнаружения пожара*.

Показатели надежности: средняя наработка на отказ, вероятность безотказной работы, вероятность возникновения отказа, приводящего к ложному срабатыванию и др. Все эти показатели характеризуют свойства безотказности и указываются в технической документации на изделия.

Кроме рассмотренных показателей, которые непосредственно влияют на эффективность систем АПС, есть еще ряд показателей, которые используют проектировщики и разработчики аппаратуры: *показатели экономного использования материалов, энергии; эргономические; эстетические; транспортабельности; технологичности; стандартизации и унификации; патентно-правовые; безопасности; экономические*.

Совокупность представленных показателей позволяет судить о соответствии выпускаемых изделий требованиям российских и международных стандартов, производить сравнение пожарных извещателей, изготовленных в различных регионах, давать оценку оптимальности применения на конкретных объектах.

Пожарный извещатель предназначен для преобразования изменения параметров окружающей среды при возникновении пожара в сигнал, удобный для передачи по каналу связи на приемную станцию, где он может быть воспринят и расшифрован человеком.

Чувствительный элемент пожарного извещателя и система обработки сигнала преобразовывают контролируемый параметр в электрический сигнал, удобный для дальнейшей обработки и передачи.

Если пожарный извещатель преобразует входную величину без дополнительного источника энергии, то он называется *генераторным* (например, преобразование температуры окружающей среды в электродвижущую силу). Если для такого преобразования требуется дополнительный источник питания,

то такой извещатель называется *параметрическим*. Параметрические извещатели выгодно отличаются от генераторных тем, что электрическая выходная величина может передаваться на значительные расстояния.

Весьма важной характеристикой извещателя является его чувствительность. Она характеризует способность извещателя реагировать на информационные параметры пожара и равна отношению приращения выходной величины к приращению входной величины извещателя. В АПИ рабочая точка выбирается таким образом, чтобы обеспечить нечувствительность к определенному значению параметра окружающей среды. Это делается в целях повышения уровня помехозащищенности и обеспечения надежности извещателя. Например, для тепловых пожарных извещателей, работающих на обрыв цепи, при достижении порога срабатывания рабочая точка выбирается равной 70 °С. Если ее выбрать равной температуре помещения или ниже ее, то извещатель будет выдавать ложные срабатывания.

Автоматические пожарные извещатели в зависимости от характера взаимодействия с информационными характеристиками пожара можно разделить на три группы.

1-я группа – *извещатели максимального действия*. Они реагируют на достижение контролируемым параметром порога срабатывания. Максимальный тепловой пожарный извещатель – пожарный извещатель, формирующий извещение о пожаре при превышении температуры окружающей среды установленного порогового значения – температуры срабатывания извещателя (по НПБ 85-00).

2-я группа – извещатели, которые реагируют на скорость нарастания контролируемого информационного параметра пожара. Такие извещатели называются *дифференциальными*. Таким образом, дифференциальный тепловой пожарный извещатель – пожарный извещатель, формирующий извещение о пожаре при превышении скорости нарастания температуры окружающей среды выше установленного порогового значения.

3-я группа – извещатели, которые реагируют и на достижение контролируемым параметром заданной величины порога срабатывания, и на его производную. Такие извещатели называются *максимально дифференциальными*.

По способу обнаружения пожара автоматические пожарные извещатели можно разделить на *активные* и *пассивные*. В основу работы *активных извещателей* положен принцип заполнения защищаемого помещения определенным видом энергии. При пожаре в помещении фиксируется изменение создаваемого поля и выдается сигнал тревоги. *Пассивные точечные извещатели* реагируют на характерные информационные свойства очага пожара в месте установки извещателя. В зависимости от способа восприятия изменения контролируемых параметров извещатели бывают *точечные* и *линейные*. *Точечный пожарный извещатель* (дымовой, тепловой) – пожарный извещатель, реагирую-

щий на факторы пожара в компактной зоне. *Линейный пожарный извещатель* (дымовой, тепловой) – пожарный извещатель, реагирующий на факторы пожара в протяженной, линейной зоне.

Адресный пожарный извещатель – пожарный извещатель, который передает на адресный приемно-контрольный прибор код своего адреса вместе с извещением о пожаре (по НПБ 58).

Автономный пожарный извещатель – пожарный извещатель, реагирующий на определенный уровень концентрации аэрозольных продуктов горения (пиролиза) веществ и материалов и, возможно, других факторов пожара, в корпусе которого конструктивно объединены автономный источник питания и все компоненты, необходимые для обнаружения пожара и непосредственного оповещения о нем (по НПБ 66).

В соответствии с действующими стандартами технические средства пожарной сигнализации делятся на группы.

По характеру реакции на пожар – *максимального, дифференциального и максимально дифференциального действия.*

По конфигурации измерительной зоны – *точечные, многоточечные, линейные.*

По контролируемому признаку пожара – *тепловые ИП-1хх, дымовые ИП-2хх, пламени ИП-3хх, газовые ИП-4хх, ручные ИП-5хх, комбинированные ИП-6хх.*

В системах охранно-пожарной сигнализации используются два типа извещателей в следующей классификации:

- ИОП2 – линейные (оптико-электронные);
- ИОП4 – объемные (оптико-электронные, ультразвуковые).

В представленной классификации буквенное обозначение пожарных извещателей ИП, у охранно-пожарных – ИОП. Далее в названии автоматических пожарных извещателей идет цифровое обозначение. Первая цифра (1, 2, 3, ...) всегда указывает на вид пожарного извещателя: тепловой, дымовой, извещатель пламени, ручной извещатель; остальные цифры в типаже указывают на принцип действия, порядковый номер разработки и модернизации.

Комбинированный пожарный извещатель – пожарный извещатель, реагирующий на два или более фактора пожара.

Контрольные вопросы

1. Назовите основные информационные характеристики пожара.
2. Приведите графическую модель процесса и дайте определение основных параметров на её основе.
3. Определение и основные характеристики дыма.
4. Уравнение процесса нарастания общей массы дыма.

5. Сформулируйте понятие оптической плотности дыма.
6. Как определяется поток регистрируемого приемником излучения?
7. Основные показатели пожарных извещателей.
8. Графическая модель функционирования системы АПС.
9. Классификация автоматических пожарных извещателей.
10. Классификация технических средств пожарной сигнализации.

2.2. ОЦЕНКА ВРЕМЕНИ ОБНАРУЖЕНИЯ ПОЖАРА И ПРИНЦИПЫ РАЗМЕЩЕНИЯ ПОЖАРНЫХ ИЗВЕЩАТЕЛЕЙ НА ОБЪЕКТАХ

В типовых условиях применения автоматических пожарных извещателей на объектах часто возникает необходимость оптимизировать их выбор и размещение. Опыт работы показал, что математические методы в расчетах могут быть результативно использованы:

- для определения при заданной трассировке сети автоматической пожарной сигнализации, минимальной площади очага пожара и количества сгоревшего материала, вызвавших срабатывание системы АПС;
- проведения аналитической оценки времени срабатывания различных типов пожарных извещателей (тепловые, дымовые, пламени) в начальной стадии развития пожара;
- проведения оценки опасных факторов пожара (среднеобъемная температура, температура в точке с координатами H, R , задымленность и др.) к моменту срабатывания систем АПС;
- определения времени срабатывания основных и дублирующих пожарных извещателей, предназначенных для запуска АУП;
- определения предельно допустимого радиуса действия, оптимально защищаемой пожарным извещателем площади при известной величине пожарной нагрузки и допустимом времени обнаружения пожара.

Рассмотрение указанных вопросов необходимо в случае обоснования применения наиболее эффективных типов автоматических пожарных извещателей на этапе выдачи технического задания на проектирование, при проведении проектных и монтажных работ, экспертизе пожаров, а также при проведении огневых испытаний и оценке эффективности смонтированных систем АПС при вводе их в эксплуатацию.

2.2.1. Оценка времени обнаружения пожара тепловыми извещателями

Система автоматического обнаружения пожара должна быть спроектирована так, чтобы, с одной стороны, быть «чувствительной» к пожару, с другой – не генерировать ложных сигналов тревоги.

Как было установлено ранее, сигнал тревоги вырабатывается только тогда, когда величина, характеризующая пожар X_0 , превысит определенную, заранее установленную величину $X_{оп}$. Выходной величиной пожарного извещателя является дискретный сигнал 1 или 0.

Свойства пожарного извещателя максимального действия в условиях пожара будут вполне известны, если определить время срабатывания его при произвольных изменениях во времени температур окружающей среды.

Сначала требуется определить зависимость между входным сигналом извещателя X_0 и выходным сигналом с чувствительного элемента $Y_{(s)}$. В этом случае извещатель можно представить как инерционное звено первого порядка с задержкой, имеющей вид передаточной функции:

$$G_{(s)} = Y_{(s)} / X_{0(s)} = K \exp(-\tau_0 S) / (\tau_{п} S + 1), \quad (2.9)$$

где τ_0 – время задержки; $\tau_{п}$ – постоянная времени извещателя; K – коэффициент усиления чувствительного элемента извещателя.

При этом под порогом срабатывания извещателя максимального действия понимается минимальная величина амплитуды единичной функции температуры окружающей среды, которая приведет к срабатыванию АПИ после определенного времени τ_0 .

Так как $Y(\tau_0) = Y_n = KX_{оп}$, отклик извещателя $Y(\tau_0)$ на отдельные скачки температуры X_{01} дает зависимость

$$Y(\tau) = KX_0[1 - \exp(\tau - \tau_0) / \tau_{п}]. \quad (2.10)$$

Для извещателей максимального действия время обнаружения пожара будет определяться суммарным временем достижения величины порога срабатывания и инерционностью АПИ.

Для тепловых пожарных извещателей максимального действия (ИП-105, ИП-103, ИП-104) определяется изменение температуры в помещении в точке установки пожарного извещателя. Далее строится график изменения температуры, из которого определяется время достижения порога срабатывания извещателя. Зная инерционность АПИ, можно в первом приближении определить время срабатывания:

$$\tau_{обн} = \tau_{пор} + \tau_{и}. \quad (2.11)$$

Экспериментально были получены зависимости, характеризующие реакцию точечных максимальных извещателей на нагрев:

$$T_{и} = k T / (T - T_{пор}), \quad (2.12)$$

где k – коэффициент, характеризующий реакцию извещателя на темп роста температуры ($k = 10$ и $k = 6,5$ для ИП-104 и ИП-105 соответственно;

для ИП-103-4 $k = 5,4$), определяется экспериментально; T – температура окружающей среды, когда достигнута устойчивая динамика роста температуры; $T_{\text{пор}}$ – порог срабатывания извещателя.

Принцип действия извещателей дифференциального типа основан на существовании в системе двух идентичных чувствительных элементов, один из которых имеет непосредственный контакт с окружающей средой, а другой находится за тепловым экраном. Пороговая система генерирует сигнал тревоги в случае, когда величина разности сигналов обоих чувствительных элементов превысит предельную пороговую величину. Взаимосвязь между входным сигналом $X(t)$ и выходными сигналами $Y_1(t)$ и $Y_2(t)$ осуществляется передаточной функцией вида

$$G_1(t) = Y_1(t) / X(t); \quad G_2(t) = Y_2(t) / X(t). \quad (2.13)$$

Отклик системы с передаточными функциями представленного вида на входной сигнал в виде единичной функции, имеющей амплитуду x_0 , можно представить следующим образом:

$$Y(t) = X_0 k [\exp(t - t_{01}) / t_1 - \exp(t - t_{02}) / t_2]. \quad (2.14)$$

Для извещателей дифференциального типа, после того как построена кривая изменения температуры в месте установки АПИ, исследуется скорость роста температуры на протяжении всего участка, начиная с температуры в нормальных условиях. Определяющим для таких извещателей являются пороговые характеристики, связанные с его чувствительностью. В первом приближении, для начальной стадии роста температуры, принимается характер изменения температуры – линейный.

$$T = k \cdot \tau; \quad k = \text{tg}(a), \quad (2.15)$$

где τ – время; T – температура теплового потока.

Тогда $\Delta\tau = T_2 - T_1 / k$ характеризует нормативное значение промежутка времени, за который достигается температура порога срабатывания (например, 30 °С/мин).

Если установлено, что пороговые значения АПИ по скачку температуры достигаются за большее время, то извещатель как дифференциальный не работает и необходимо исследовать следующий промежуток времени.

Для определения предельно допустимого радиуса действия извещателя R_z следует, прежде всего, задать такие параметры, как допустимое время обнаружения $\tau_{\text{доп}}$. Оно в конкретных случаях будет зависеть от условий развития очага пожара, организации оповещения людей, их эвакуации и т. д.

$$R_3 = 0,17H \sqrt{\ln \frac{(\tau_{\text{доп}} - K)B}{(T_{\text{п}} - T_0)k^{0,33}}} + V_{\text{л}}\tau_{\text{доп}}, \quad (2.16)$$

где $V_{\text{л}}$ – линейная скорость распространения пожара, м/с; B – постоянная, характеризующая пожарную нагрузку.

$$B = 4,1[\eta V_M Q_H n a V_{\text{л}}]^{0,67}, \quad (2.17)$$

где n – число направлений развития очага горения; k – постоянная времени извещателя; a – ширина фронта пламени; η – коэффициент химического недожога.

2.2.2. Оценка времени обнаружения пожара дымовыми извещателями

Смысл расчета заключается в определении момента достижения концентрации дыма, кг/м^3 , равной пороговой $C_{\text{п}}$, в точке установки дымового извещателя с координатами H, R . Для условий кругового развития очага пожара

$$\tau_{\text{обн}} = \sqrt[3]{\frac{C_{\text{п}} H R^2}{0,33 V_M V_{\text{л}}^2 \varphi K_{\text{д}}}} + \tau_{\text{и}}. \quad (2.18)$$

Величина порога срабатывания дымовых пожарных извещателей зависит от характерного вида пожарной нагрузки. Причем для оптико-электронных точечных пожарных извещателей время срабатывания и величина порога срабатывания существенно зависят от условий термического разложения материала. Как показали эксперименты, наблюдается изменение порога срабатывания как по концентрации дыма, так и по модулю оптической плотности. Это объясняется тем, что при пламенном горении высокоуглеродосодержащих материалов и веществ резко увеличивается доля частиц дыма с характерным размером более 7 мкм, тогда как при горении целлюлозосодержащих материалов эта величина находится в пределах 0,4–0,45 мкм, т. е. на порядок меньшем диапазоне.

Модуль оптической плотности при горении резины на пороге срабатывания, как было установлено экспериментально, увеличивался в оптико-электронных извещателях в 5 раз (табл. 2.1). Такого разброса значений по весовой концентрации дыма не наблюдалось. Это свидетельствует о том, что предпочтительным и более корректным в математических расчетах является использование значения концентрации дыма $C_{\text{д}}$, выраженной в килограммах или миллиграммах на кубический метр (кг/м^3 или мг/м^3).

Таблица 2.1

Порог срабатывания дымовых извещателей, мг/м³

Тип извещателя	Древесина (сосна)	Бумага	Кабель ВРГ, АПРГ	Ткань х/б	Резина
РИД-6М	18,4	16,0	21,2	19,4	31,2
ДИП-3МЗ, ИП-212	16,8	16,2	31,2	19,8	32,6
ДИП-СУ	16,6	16,4	29,6	18,3	30,4
ДИП-9	18,9	17,6	32,7	20,2	33,0

Исследования массовой концентрации дыма C_d , мг/м³, и модуля оптической плотности среды m , 1/м, показали наличие тесной корреляционной связи между модулем оптической плотности m , концентрацией C_d и размером частиц дыма d .

Указанная зависимость представлена в виде двухфакторной модели:

$$m = 0,041 C_d + 0,0134d - 1,36. \quad (2.19)$$

Использование указанной зависимости представляется важным с точки зрения исследования изменения величины порога срабатывания дымовых извещателей при горении различных веществ и материалов, а также априорной аналитической оценки величины порога срабатывания по массовой концентрации дыма, когда из паспортных данных известны пороговые значения только по оптическим характеристикам.

Эксперименты показали, что образующаяся в начальной стадии горения дисперсионная система является неустойчивой и в результате коагуляции дыма наблюдается медленное снижение оптических характеристик задымленной среды. Экспериментально было установлено, что за время коагуляции (30 мин) величина a уменьшилась с 1,0 до 0,64 1/м. Это говорит о том, что в начальной стадии пожара пороговые характеристики дымовых извещателей в задымленной среде стабильны и скорость оседания частиц дыма не оказывает существенного влияния на работу ДПИ.

Если в процессе расчетов появляется необходимость определить минимальное количество материала P_m , кг, вызывающего срабатывание ДПИ при заданной трассировке сети АПС, то следует воспользоваться следующей зависимостью:

$$P_m = C_p F_z H / K_d. \quad (2.20)$$

Коэффициент дымообразования (отношение массы частиц дыма к массе сгоревшего вещества) при пламенном горении древесины, ткани, бумаги составляет величину $K_d = 0,01$ кг/кг; при горении синтетических материалов

$K_d = 0,03$; резины – $K_d = 0,05$. Проведение расчетов может оказаться полезным при количественной оценке эффективности срабатывания смонтированных систем АПС, а также в процессе приемки в эксплуатацию установок пожарной сигнализации.

2.2.3. Оценка времени обнаружения пожара извещателями пламени

К серийно выпускаемым извещателям пламени относятся: «Диабаз», «ДПИД» (ИП-3-4), «Аметист», «Пульсар», «Набат». Устройства имеют специфические особенности применения и используются, как правило, для защиты небольших, взрывоопасных помещений и для включения автоматических установок пожаротушения. Их защищаемая площадь – относительно небольшая, а размещение извещателей, как правило, рекомендуется производить непосредственно на защищаемом оборудовании или стене помещения. В нормативных документах при обосновании защищаемой площади недостаточно полно, по сравнению с другими типами АПИ, отражены основные требования к размещению извещателей пламени. Отсутствие четких рекомендаций ограничивает область их применения, а также затрудняет проведение сравнительной оценки эффективности использования. Поэтому первоочередной задачей при размещении извещателей пламени, в особенности типа ИП-329, является обоснование расчетным методом защищаемой извещателями площади помещения. Предпочтительным является размещение извещателей на стене под углом к контролируемой плоскости пола. Защищаемая площадь представляет собой в этом случае эллипс (рис. 2.2).

Основные параметры определяются из выражений:

$$F_{\text{защ}} = \pi a b = 0,5\kappa(\cos^2\Delta \operatorname{tg}^2\sigma - \sin^2\Delta)^{0,5} L_r \pi, \quad (2.21)$$

где a , b – полуоси эллипса;

$$a = (R^2 - d^2)^{0,5}; \quad (2.22)$$

$$d = \kappa \sigma; \quad (2.23)$$

$$\kappa = H / \cos(\sigma + \Delta); \quad (2.24)$$

$$R = \kappa \cos\Delta \operatorname{tg}\sigma; \quad (2.25)$$

$$s = 1 / 2 \operatorname{arctg} L_r / H; \quad (2.26)$$

$$L_r = (L^2_d - H^2); \quad (2.27)$$

$$b = L_r / 2. \quad (2.28)$$

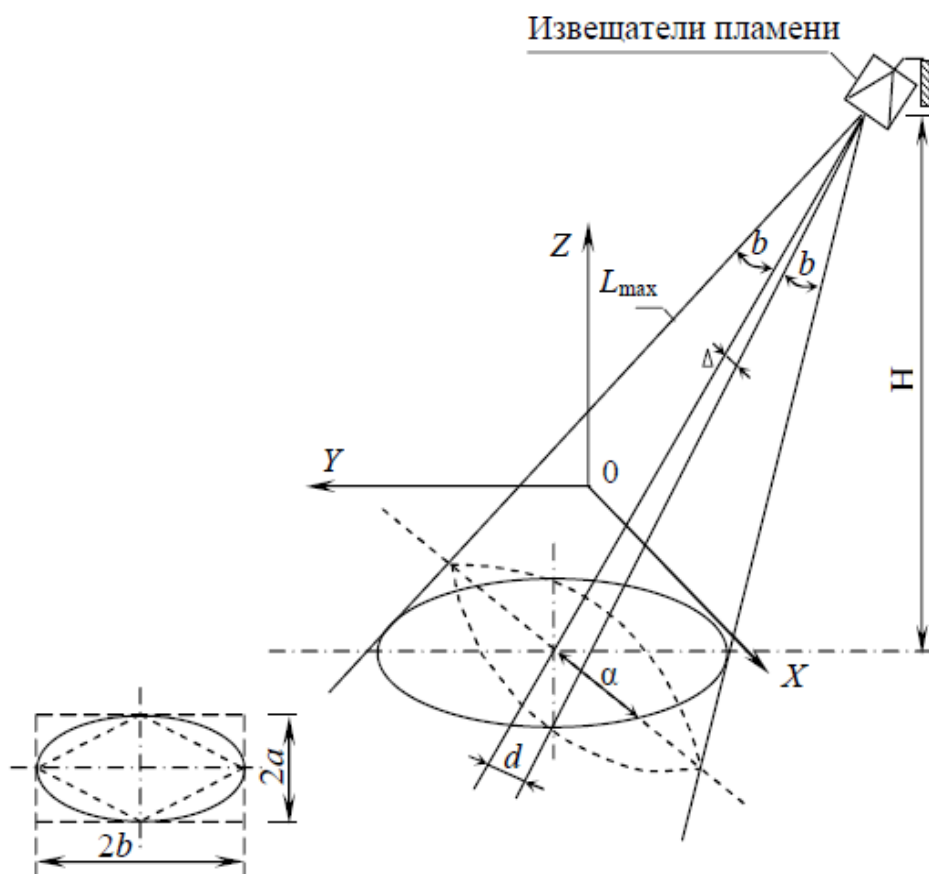


Рис. 2.2. Геометрия размещения извещателей пламени в защищаемом помещении

Для удобства проведения расчетов при разработке проектов эллипс допускается заменять вписанным в него прямоугольником или ромбом.

Площадь, контролируемая одним извещателем, равна

$$F_{\text{защ}} = 2 a b. \quad (2.29)$$

Величина контролируемой извещателями площади в зависимости от высоты установки его под углом к контролируемой плоскости определяется из номограммы.

Экспериментально было установлено, что извещатель гарантированно обнаруживает тестовый очаг пожара (гептан, ТФ-5) на определенной площади в зависимости от дальности расположения очага горения (L_{max}). Значения L_{max} для тестовых очагов пожара различной площади приведены в табл. 2.2. Серийный извещатель ИП-329 выпускается с установленным уровнем чувствительности 2У.

Алгоритм расчета условий размещения автоматических извещателей пламени включает определение L_{max} по критическому значению минимально регистрируемой площади горения $F_{\text{тест}}$ (ее величина определяется расчетом или задается заказчиком), определение по L_{max} и высоте помещения H максимальной

защищаемой площади и затем по представленным зависимостям определяются все геометрические параметры и координаты защищаемой площади.

Таблица 2.2

**Максимальная дальность обнаружения
пламени извещателем ИП-329 «Аметист»**

Площадь усред- ненного тестового пожара, см ²	Максимальная дальность обнаружения пламени L_{\max} при различных уровнях чувствительности, м		
	3У	2У	1У
1000	10–12	12–14	14–16
4000	16–18	20–22	24–26
10000	26–28	29–31	32–34

При размещении извещателей пламени под потолком помещения (такое расположение менее предпочтительно, так как усложняются условия эксплуатации используемого оборудования) защищаемая площадь представляет собой круг и определяется по формуле (при размещении АПИ на расстоянии 1 м от потолка)

$$F_{\text{защ}} = \pi(H-1)^2 \operatorname{tg}^2 \{ \arccos (H-1) / L_{\max} \}. \quad (2.30)$$

Оценка времени обнаружения пожара извещателем пламени заключается в определении времени горения до минимально регистрируемой площади $F_{\text{тест}}$ на границе сектора защищаемой площади $F_{\text{защ}}$ при максимальном значении L_{\max} с учетом инерционности извещателя. При этом известными по условию размещения являются значения величин: $F_{\text{защ}}$, H , L_{\max} .

Используя эти значения, находят гарантированно обнаруживаемую извещателем площадь тестового пожара $F_{\text{тест}}$ и время его обнаружения:

$$\tau_{\text{обн}} = 1,13(F_{\text{тест}})^{0,5}/V_{\text{л}} + t_{\text{и}}, \quad (2.31)$$

где $V_{\text{л}}$ – линейная скорость распространения пламени, м/с.

2.2.4. Принципы размещения автоматических пожарных извещателей на объектах

Размещение извещателей на объектах производится в соответствии с требованиями СНиП, НПБ 88, РД 78.145, а также техническими требованиями на установку, изложенными в паспортной технической документации. Параметры размещения зависят от типа пожарного извещателя, высоты помещения и др.

Если установка пожарной сигнализации предназначена для управления автоматическими установками пожаротушения, дымоудаления и оповещения о пожаре, каждую точку защищаемой площади необходимо контролировать не менее чем двумя автоматическими пожарными извещателями.

Максимальное расстояние между дублирующими дымовыми или тепловыми пожарными извещателями должно быть равно половине нормативного, если установка пожарной сигнализации предназначена для управления установками пожаротушения, дымоудаления и оповещения о пожаре.

Одним шлейфом пожарной сигнализации с неадресными пожарными извещателями допускается оборудовать зону контроля, включающую:

- помещения, расположенные на разных этажах, при суммарной площади здания 300 м^2 и менее;
- не более десяти помещений, изолированных и смежных с ними, суммарной площадью не более 1600 м^2 , расположенных на одном этаже здания и имеющих выход в одно и то же помещение (коридор, холл, вестибюль и т. п.);
- не более двадцати помещений, изолированных и смежных с ними, суммарной площадью не более 1600 м^2 , расположенных на одном этаже здания и имеющих выход в одно и то же помещение (коридор, холл, вестибюль и т. п.), при наличии выносной световой сигнализации о срабатывании пожарных извещателей над входом в каждое контролируемое помещение.

При сложном расположении помещений на объекте (помещения имеют выходы в протяжённый коридор с множеством поворотов и т. п.) расчет количества защищаемых помещений, охватываемых одним пожарным шлейфом с неадресными пожарными извещателями в зависимости от площади помещений и конфигурации объекта, следует производить аналитически. Суммарное время обхода помещений дежурным при минимальной скорости движения по объекту $0,8 \text{ м/с}$ и время, необходимое для передачи сообщения в пожарную часть, не должно превышать, как правило, 10 мин.

Количество автоматических пожарных извещателей, устанавливаемых в защищаемых помещениях или зонах контроля, следует определять, исходя из необходимости обнаружения загораний по всей площади или во всём объёме защищаемого помещения, или, соответственно, зоны контроля, а в случае применения извещателей пламени и площади (поверхности) оборудования. В каждом защищаемом помещении следует устанавливать не менее двух пожарных извещателей.

В защищаемом помещении допускается устанавливать один пожарный извещатель, если одновременно выполняются следующие условия:

- 1) площадь помещения не больше защищаемой пожарным извещателем площади, указанной в технической документации на него, и не больше средней площади, указанной в табл. 2.3–2.7;
- 2) пожарный извещатель является адресным;

3) обеспечивается автоматический контроль работоспособности пожарного извещателя, подтверждающий выполнение им своих функций с выдачей извещения о неисправности на приёмно-контрольный прибор;

4) по сигналу с пожарного извещателя аппаратура управления не производит включение автоматических установок пожаротушения или дымоудаления или систем оповещения о пожаре 5-го типа по НПБ 104.

Точечные пожарные извещатели, кроме извещателей пламени, следует устанавливать, как правило, под покрытием (перекрытием). При невозможности установки извещателей непосредственно под покрытием (перекрытием) допускается их установка на стенах, колоннах и других несущих строительных конструкциях, а также крепление на тросах.

При установке точечных пожарных извещателей под покрытием их следует размещать на расстоянии не менее 0,1 м от стен.

При установке точечных пожарных извещателей на стенах, специальной арматуре или креплении на тросах их следует размещать на расстоянии не менее 0,1 м от соседних стен, на расстоянии не менее 0,1 м и не более 0,3 м – от покрытия, включая габариты извещателя.

При установке точечных дымовых и тепловых пожарных извещателей в помещениях шириной менее 3 м под фальшполом, над фальшпотолком и в других пространствах высотой менее 1,7 м расстояния между извещателями, указанные в табл. 2,4, допускается увеличивать в 1,5 раза. При этом конструкции перекрытий фальшпола и фальшпотолка должны обеспечивать доступ к пожарным извещателям для их обслуживания. Пожарные извещатели, установленные под фальшполом, над фальшпотолком, должны быть подключены к самостоятельному шлейфу пожарной сигнализации и иметь выносное устройство оптической индикации либо быть адресными.

Дымовые и тепловые точечные пожарные извещатели следует устанавливать, как правило, на потолке.

При невозможности установки извещателей на потолке допускается установка их на стенах, балках, колоннах. Допускается подвеска извещателей на тросах под покрытием зданий со световыми, аэрационными, зенитными фонарями.

В этих случаях извещатели необходимо размещать на расстоянии не более 300 мм от потолка, включая габариты извещателя (рис. 2.3).

Дымовые и тепловые пожарные извещатели следует устанавливать в каждом отсеке потолка, ограниченном строительными конструкциями (балками, прогонами, ребрами плит и т. п.), выступающими от потолка на 0,4 м и более (рис. 2.4). При наличии на потолке выступающих частей от 0,08 до 0,4 м контролируемая площадь уменьшается на 25 %.



Оконечное устройство

ВТК2.4

ВТК2.3

ВТК2.2

ВТК2.1

0,4м

КРПН-10

Рис. 2.4. Размещение АПИ на потолке помещения с выступающими ребрами перекрытия

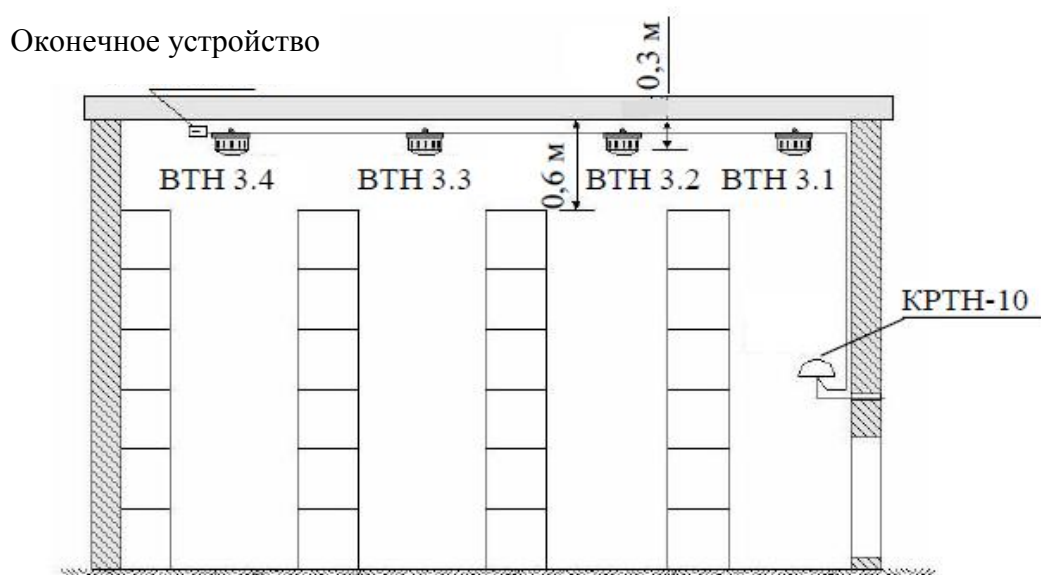


Рис. 2.5. Размещение дымовых пожарных извещателей в отсеках помещения, образованных стеллажами

Автоматические пожарные извещатели следует устанавливать в каждом отсеке помещения, образованном штабелями материалов, стеллажами, оборудованием, строительными конструкциями, верхние края которых выступают от потолка на 0,6 м и менее.

Таблица 2.3

Точечные дымовые пожарные извещатели

Высота защищаемого помещения, м	Средняя площадь, контролируемая одним извещателем, м ²	Максимальное расстояние, м	
		между извещателями	от извещателя до стены
До 3,5	До 85	9,0	4,5
3,5–6,0	До 70	8,5	4,0
6,0–10,0	До 65	8,0	4,0
10,5–12,0	До 55	7,5	3,5

Автоматические пожарные извещатели необходимо применять в соответствии с требованиями технических условий, стандартов и паспортов с учетом условий среды контролируемых помещений. При разработке нормативных требований по защищаемой площади пожарными извещателями, при различной высоте расположения необходимо минимизировать один из основных определяющих параметров – время обнаружения пожара.

Линейные дымовые пожарные извещатели

Блок приёмника (БП) и блок излучателя (БИ) линейного дымового пожарного извещателя (ЛДПИ) следует устанавливать на стенах, перегородках, колоннах и других неподвижных и устойчивых конструкциях таким образом,

чтобы оптическая ось БИ и БП проходила на расстоянии не более 0,4 м от уровня покрытия (перекрытия). Блок приёмника и блок излучателя ЛДПИ следует размещать на строительных конструкциях помещения таким образом, чтобы в зону обнаружения пожарного извещателя не попадали различные предметы и конструкции при его эксплуатации. Расстояние между БИ и БП определяется технической характеристикой пожарного извещателя. При формировании зоны контроля, образуемой зонами обнаружения ЛДПИ, максимальное расстояние между их параллельными оптическими осями, оптической осью и стеной в зависимости от высоты установки блоков пожарных извещателей следует определять по табл. 2.4.

Таблица 2.4

Высота установки блоков пожарных извещателей

Высота установки извещателя, м	Максимальное расстояние	
	между оптическими осями извещателей, м	от оптической оси извещателя до стены, м
До 3,5	9,0	4,5
3,5–6,0	8,5	4,0
6,0–10,0	8,0	4,0
10,0–12,0	7,5	3,5

В помещениях высотой свыше 12 м и до 18 м ЛДПИ следует, как правило, устанавливать в два яруса, в соответствии с табл. 2.5, при этом:

- первый ярус ЛДПИ следует располагать на расстоянии 1,5–2 м от верхнего уровня пожарной нагрузки, но не менее 4 м от плоскости пола;
- второй ярус ЛДПИ следует располагать на расстоянии не более 0,4 м от уровня покрытия.

ЛДПИ следует устанавливать таким образом, чтобы минимальное расстояние от его оптической оси до стен и окружающих предметов было не менее 0,5 м.

Таблица 2.5

Характеристика установки ЛДПИ

Высота защищаемого помещения, м	Ярус	Высота установки извещателя, м	Максимальное расстояние, м	
			между оптическими осями ДПИ	от оптической оси ЛДПИ до стены
12,0–18,0	1-й	1,5–2 от уровня пожарной нагрузки, не менее 4 от плоскости пола	7,5	3,5
	2-й	Не более 0,4 от покрытия	7,5	3,5

Точечные тепловые пожарные извещатели

Площадь, контролируемую одним точечным тепловым пожарным извещателем, а также максимальное расстояние между извещателями и извещателем и стеной при квадратной схеме размещения извещателей на потолке без выступающих частей необходимо определять по табл. 2.6, но не превышая величин, указанных в технических условиях и паспортах на извещатели.

Таблица 2.6

Размещение точечных тепловых пожарных извещателей

Высота защищаемого помещения, м	Средняя площадь, контролируемая одним извещателем, м ²	Максимальное расстояние, м	
		между извещателями	от извещателя до стены
До 3,5	До 25	5,0	2,5
3,5–6,0	До 20	4,5	2,0
6,0–9,0	До 15	4,0	2,0

Точечные тепловые пожарные извещатели следует располагать на расстоянии не менее 500 мм от теплоизлучающих светильников. При выборе для установки точечных тепловых пожарных извещателей следует учитывать, что температура срабатывания максимальных и максимально дифференциальных извещателей должна быть не менее чем на 20 °С выше максимально допустимой температуры воздуха в помещении.

Линейные тепловые пожарные извещатели (ЛТПИ) (термокабель) следует, как правило, прокладывать совместно или в непосредственном контакте с пожарной нагрузкой. ЛТПИ допускается устанавливать под перекрытием над пожарной нагрузкой в соответствии с табл. 2.6, при этом значения величин, указанных в таблице, не должны превышать соответствующих значений величин, указанных в технической документации изготовителя. При стеллажном хранении материалов допускается прокладывать ЛТПИ по верху ярусов и стеллажей. При использовании ЛТПИ с точечными чувствительными элементами расстояние между этими элементами не должно превышать расстояний между извещателями, указанными в табл. 2.7. Очевидно, что чем ближе расположен извещатель к очагу пожара, тем быстрее он будет обнаружен.

Таблица 2.7

Расположение линейных тепловых пожарных извещателей

Высота установки извещателя, м	Максимальное расстояние, м	
	между чувствительными элементами извещателя	от чувствительного элемента извещателя до стены
До 3,5	5,0	2,5
3,5–6,0	4,5	2,2
6,0–9,0	4,0	2,0

Однако в большинстве случаев невозможно априорно точно определить место возникновения очага горения. Поэтому приходится размещать пожарные извещатели, предполагая равную возможность возникновения пожара по всей площади. Если в защищаемом помещении выделить некоторую зону, расстояние от которой до извещателя не будет превышать предельного, то время обнаружения пожара будет соответствовать допустимому и ее можно считать зоной защиты АПИ.

В помещении эта зона будет иметь форму усеченной фигуры вращения, а извещатель займет место на ее оси. На уровне пола защищаемая площадь примет форму круга, на центр которого проектируется извещатель. Для решения задачи оптимизации выбора схемы размещения АПИ следует определить критерий оптимизации. Исходным положением выбора такого критерия будет являться выполнение требований норм по обеспечению определенной (одно- или двукратной) степени перекрытия защищаемой площади извещателями, размещенными в помещении (рис. 2.6).

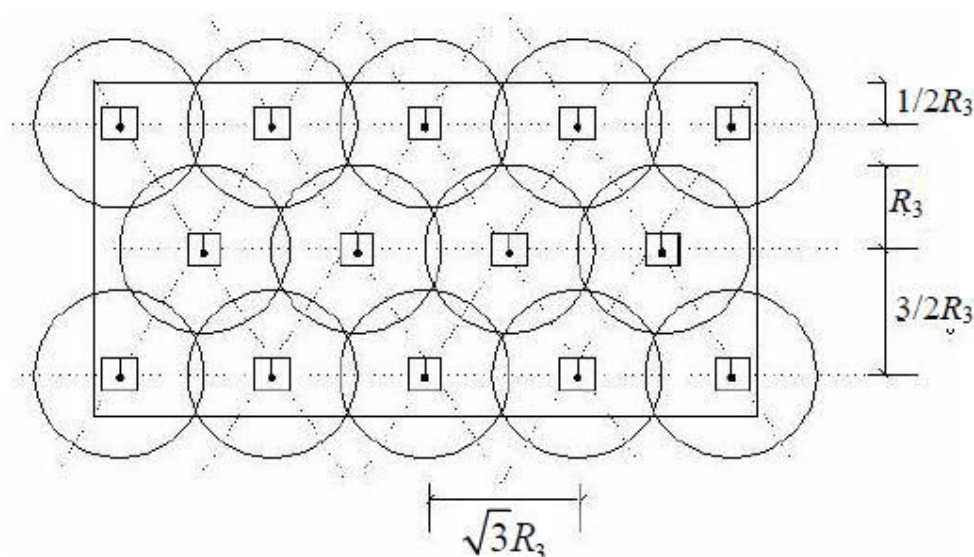


Рис. 2.6. Схема однократного перекрытия защищаемой площади

В математической теории покрытия для этого используется понятие *кратности покрытия*, которое аналогично термину *степень перекрытия*.

Применительно к АПС следует рассматривать две группы критериев оптимизации: *дифференцированные* и *стохастические*. К первой группе относится критерий плотности покрытия, который показывает, сколько извещателей контролирует единицу площади защищаемого помещения.

На практике применяется однократное и двукратное перекрытие с использованием квадратной схемы размещения извещателей. В этом случае расстояние L между соседними извещателями не превышает значений, указанных в табл. 2.5, а расстояние от АПИ до стен не превышает $L/2$.

При двукратной схеме размещения расстояние между извещателями одного ряда составляет $\sqrt{2}/2 \times R_3$. Схема размещения, плотность покрытия которой будет минимальна при заданной кратности защиты, станет оптимальной, так как чем меньше плотность покрытия, тем меньшее число автоматических пожарных извещателей ее реализует.

Так, однократное размещение АПИ обеспечивает расстановку извещателей в углах равносторонней треугольной решетки или треугольной схемы размещения. Считается, что такая схема наиболее рациональна с точки зрения минимизации количества извещателей. Параметры такой решетки следующие: расстояние между извещателями равно $R_3 \times \sqrt{2}$; расстояние между соседними шлейфами (рядками АПИ) принимается равным $3/2 R_3$.

Координатные схемы размещения в виде правильного квадрата и шестиугольников удовлетворяют условию сплошного покрытия, причем квадратная схема обеспечивает однократное покрытие плоскости кругами. Шестиугольная или гексагональная схема размещения (рис. 2.7) обеспечивает двукратное покрытие плоскости или ее двукратную защиту.

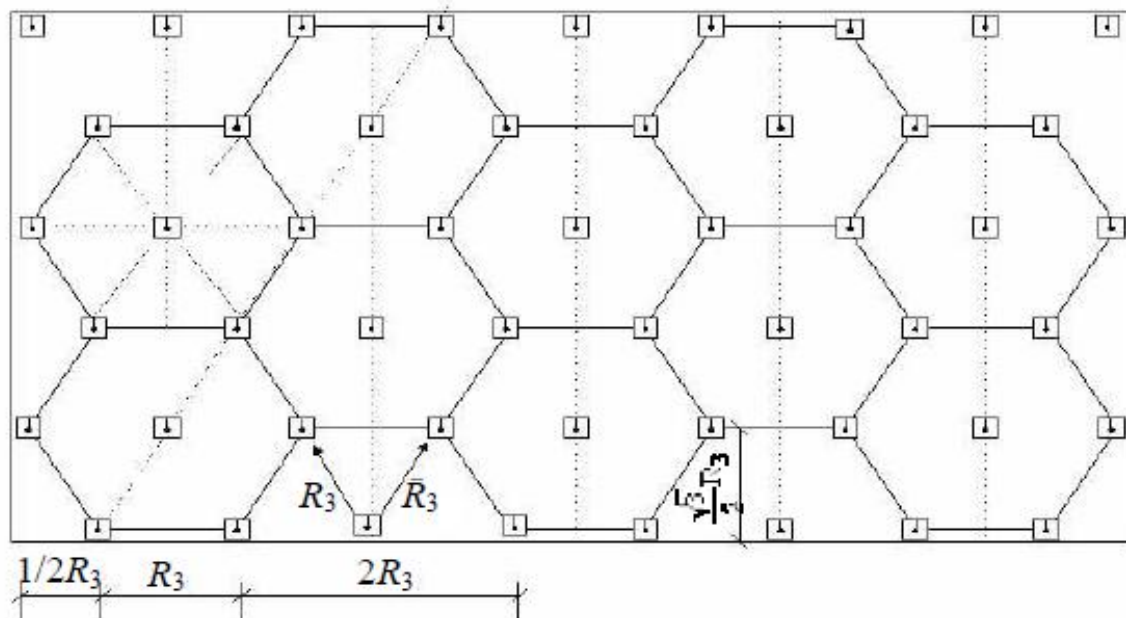


Рис. 2.7. Двукратная гексагональная схема размещения АПИ

Эта схема является наиболее надежной по обеспечению расчетного времени срабатывания систем раннего обнаружения пожара с последующим включением систем автоматической противопожарной защиты.

Стохастический критерий оптимизации выбора и размещения пожарных извещателей характеризует вероятность обнаружения пожара извещателями, размещенными по определенной схеме по заданному параметру вероятности $P(t)$, допустимого времени обнаружения пожара, допустимой тепловой мощности очага горения, предельной массе сгоревшего материала, допустимой по ус-

ловиям эвакуации концентрации дыма и др. Вероятность безотказной работы системы обнаружения пожара определяется по формуле

$$P_{(t)} = \sum_{i=1 \dots \infty}^n (1 - q_{(t)}^i) F_i / F, \quad (2.32)$$

где $P_{(t)}$ – вероятность безотказной работы системы обнаружения пожара в период между регламентными работами по ТО; $q_{(t)}$ – вероятность отказа одного АПИ из схемы размещения в пределах заданной наработки; F_i – суммарная площадь областей помещения, в начальный момент защищенных i -м извещателем, м; F – общая площадь помещения, м; n – количество извещателей в схеме размещения, защищающих помещение.

Количество автоматических пожарных извещателей, включаемых в один шлейф пожарной сигнализации, следует определять технической характеристикой пультов, концентраторов, приемно-контрольных приборов пожарной сигнализации.

Извещатели пламени

Пожарные извещатели пламени должны устанавливаться в помещениях, на покрытиях, стенах и других строительных конструкциях зданий и сооружений. Каждая точка защищаемой поверхности должна контролироваться не менее чем двумя извещателями пламени, их ориентацию на защищаемую поверхность рекомендуется производить с противоположных направлений.

Контролируемую извещателем пламени площадь помещения или оборудования следует определять, исходя из значения угла обзора извещателя и в соответствии с его классом по НПБ 72-98 или максимальной дальности обнаружения пламени конкретной пожарной нагрузки, указанной в технической документации.

Ручные пожарные извещатели

Ручные пожарные извещатели следует устанавливать внутри и вне зданий и сооружений на стенах и конструкциях на высоте 1,5 м от уровня земли или пола в легкодоступных местах. Ручные пожарные извещатели следует устанавливать на расстоянии:

- не менее 0,5 м от органов управления различным электрооборудованием (выключателей, переключателей и т. п.);
- не менее 0,75 м от различных предметов, мебели, оборудования и т. п.;
- в местах, удалённых от электромагнитов, постоянных магнитов и других устройств, воздействие которых может вызвать самопроизвольное срабатывание ручного пожарного извещателя (требование распространяется на ручные пожарные извещатели, срабатывание которых происходит при переключении магнитоуправляемого контакта);

- не более 50 м друг от друга внутри зданий;
- не более 150 м друг от друга вне зданий.

Обязательно ручные пожарные извещатели следует устанавливать на путях эвакуации, у выходов из помещения на лестничные клетки. Освещенность в месте установки ручного пожарного извещателя должна быть достаточной для того, чтобы прочитать указательные надписи на корпусе извещателя и различить его элементы управления.

Газовые пожарные извещатели

Газовый пожарный извещатель – пожарный извещатель, реагирующий на газы, выделяющиеся при тлении или горении материалов (по НПБ 71-98). Газовые пожарные извещатели следует устанавливать в помещениях на потолке, стенах и других строительных конструкциях зданий и сооружений в соответствии с инструкцией по эксплуатации этих извещателей и рекомендациями специализированных организаций.

Контрольные вопросы

1. Назовите основные направления применения математических методов для оптимизации выбора и размещения пожарных извещателей.
2. Характеристики пожарных извещателей максимального действия.
3. Характеристики пожарных извещателей дифференциального типа.
4. Как определить предельно допустимый радиус действия извещателя?
5. Оценка времени обнаружения пожара дымовыми извещателями.
6. Принципы действия и основные характеристики извещателей пламени.
7. Основные требования по размещению извещателей на объектах.
8. Основные схемы размещения АПИ в зданиях.
9. Назовите группы критериев оптимизации размещения АПИ.
10. Рекомендации по размещению типовых пожарных извещателей.

2.3. ОСНОВНЫЕ ФУНКЦИИ И ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЖАРНЫХ ПРИЕМНО-КОНТРОЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

В соответствии с классификацией приемно-контрольные приборы (ППКП) пожарной и охранно-пожарной сигнализации относятся к техническим средствам оповещения. Они предназначены для приема, преобразования, передачи, хранения, обработки и отображения поступающей информации и управления.

Установка пожарной сигнализации – совокупность технических средств для обнаружения пожара, обработки, представления в заданном виде извещения о пожаре, специальной информации и/или выдачи команд на включение автоматических установок пожаротушения.

Система пожарной сигнализации – совокупность установок пожарной сигнализации, смонтированных на одном объекте и контролируемых с общего пожарного поста.

Приемно-контрольные приборы должны обеспечивать:

- прием сигналов от ручных и автоматических пожарных извещателей с индикацией номера шлейфа, с которого поступил сигнал;
- непрерывный контроль за состоянием шлейфа АПС по всей длине, автоматическое выявление повреждения и сигнализацию о нем;
- световую и звуковую сигнализацию о поступающих сигналах тревоги или повреждения;
- различение принимаемых сигналов тревоги и повреждения;
- автоматическое переключение на резервное питание при исчезновении напряжения основного питания и обратно с включением соответствующей сигнализации без выдачи ложных сигналов;
- ручное включение любого шлейфа в случае необходимости;
- подключение устройств для дублирования поступивших сигналов тревоги и сигналов повреждения.

Технические средства оповещения *по типу используемых приборов и устройств* делятся на приемно-контрольные (ППКП) и управляющие (ППУ).

ППКП – это устройство, предназначенное для приема сигналов от пожарных извещателей (ПИ), обеспечения электропитанием активных (токопотребляющих) ПИ, выдачи информации на световые, звуковые оповещатели и пульта централизованного наблюдения, а также формирования стартового импульса запуска ППУ (по НПБ 75-98). Обеспечение электроэнергией активных ПИ и прием сигналов от ПИ осуществляется посредством одной или нескольких соединительных линий между ПИ и ППКП.

ППУ – это устройство, предназначенное для формирования сигналов управления автоматическими средствами пожаротушения (далее – АСПТ), контроля их состояния, управления световыми и звуковыми оповещателями, а также различными информационными табло и мнемосхемами (по НПБ 75). Запуск ППУ осуществляется от стартового импульса, формируемого ППКП. ППУ осуществляет прием информации от пожарных извещателей, включение местных устройств сигнализации, пуск автоматических установок пожаротушения, дымоудаления, взрывоподавления и выдачу информации на концентратор или оконечное устройство системы передачи сообщений.

По функциональному назначению технические средства оповещения подразделяются:

- на автономные системы пожарной и охранно-пожарной сигнализации;
- объектовые системы пожарной сигнализации;
- системы пожарной сигнализации, работающие в комплексе устройств противопожарной защиты;
- системы централизованного наблюдения.

По типу используемых каналов связи технические средства оповещения делятся:

- на специальные проводные линии связи с радиальной структурой;
- специальные проводные линии связи с кольцевой (цепочечной) структурой;
- специальные проводные линии связи с древовидной структурой: с использованием линий городской телефонной сети и радиосвязи.

Шлейф пожарной сигнализации – соединительные линии, прокладываемые от пожарных извещателей до распределительной коробки или приемноконтрольного прибора.

Основными информационными показателями ПКП (параметрами) являются:

- *информационная емкость* – количество контролируемых шлейфов сигнализации. ПКП делятся по этому параметру на малую (до 5 шлейфов), среднюю (6–20 шлейфов) и большую (более 20 шлейфов) информационные емкости;
- *информативность* – количество видов сообщений. По этому параметру ПКП разделяются на малую (2 вида сообщений), среднюю (3–5) и большую (более 5) информативности. Обязательным параметром в соответствии с принятым стандартом является выдача сообщения о нормальном режиме работы, повреждении (неисправности) или тревоге.

Приемно-контрольные приборы предназначены для эксплуатации в закрытых помещениях при нормальной температуре, как правило, в диапазоне от 0 до +40 °С и относительной влажности воздуха 80 % при 25 °С. Отдельные виды устройств могут быть использованы при температуре от –30 до +50 °С и влажности воздуха 98 %. При этом не должно быть прямого воздействия солнечной радиации, атмосферных осадков, песка и пыли.

Основные принципы конструирования оптимальных по затратам и надежности ПКП

1. Разделение системы на направления (шлейфы, лучи). Такое разделение позволяет достаточно экономно и просто определить адрес возникшего пожара. В каждое направление включается несколько пожарных извещателей.

2. Блочный принцип построения. Для обеспечения высокой ремонтпригодности, т. е. способности аппаратуры к быстрому отысканию и устранению неисправности, а также ее ремонту, ПКП конструктивно составлены из отдельных легкоъемных блоков с электронными элементами.

3. Иерархическая структура построения электронных элементов. Такая структура обеспечивает надежность при минимальном количестве элементов. Как правило, можно выделить три уровня иерархии: пожарные извещатели –

1-й уровень, блоки лучевых комплектов (БЛК) – 2-й уровень, общестанционный блок обработки информации – 3-й уровень.

4. Резервирование основных цепей и функций ПКП. Последствия отказов этой аппаратуры весьма существенны. Это либо пропуск пожара, что приводит к возрастанию ущерба, а для особо важных объектов – к непоправимым последствиям, либо ложное срабатывание, что приводит к выпуску огнетушащего средства или к неоправданному вызову подразделений пожарной охраны.

5. Автоматический и тестовый контроль работоспособности основных цепей. В ПКП автоматический контроль применяется для определения неисправности линий связи и наличия внешнего источника питания.

6. Взаимозаменяемость и унификация узлов. Для выполнения всех основных функций в соответствии с принципами построения ПКП имеет в своем составе следующие блоки, между которыми осуществляются определенное функциональное взаимодействие и взаимосвязь: пожарные извещатели, линии связи, входные коммутационные устройства, лучевые комплекты, общестанционные блоки обработки информации, световые устройства сигнализации, звуковые устройства сигнализации, блок контроля работоспособности тестовый, устройства сигнализации повреждения, внутренний блок питания, блок аварийного включения резервного источника питания, основной и резервный источники питания, устройства включения команд управления установками пожаротушения и обеспечения пожарной безопасности.

В Российской Федерации выпускается несколько приемно-контрольных приборов:

Пульт приемно-контрольный ППК-2 предназначен для приема сигналов от пожарных извещателей с нормально замкнутыми и нормально разомкнутыми контактами, а также активных пожарных извещателей с бесконтактным выходом, формирующих сигнал в виде уменьшения электрического сопротивления до величины, не превышающей 450 Ом при силе тока 20 мА (РИД-6М, ДИП-3МЗ и др.). В полный комплект установки АПС могут входить линейные блоки для расширения емкости системы типа БЛ-20 и БЛ-40, соответственно на 20 и 40 шлейфов. Последние две модификации выполняют в двух корпусах и соединяют электрическим кабелем с ППК-2.

Пульт состоит из блоков приема и регистрации информации (БПР), блоков контроля и управления (БКУ₁, БКУ₂), блока релейного (БР) и блока питания. С помощью сигнальных линий к пульту подключаются пожарные извещатели с нормально замкнутыми контактами параллельно нагрузочному резистору, извещатели с бесконтактным выходом и извещатели с нормально разомкнутыми контактами через диод. Пульт предусматривает тестовый контроль (с помощью встроенных устройств контроля) работоспособности основных цепей электрической схемы. Число активных пожарных извещателей, включаемых в один шлейф, от 20 до 40 шт.

Пульт ППК-2 предназначен для работы в двух основных режимах:

- дежурном сигнализационном;
- дежурном с автоматическим пуском установки пожаротушения.

При поступлении сигнала «Пожар» с защищаемого объекта включается соответствующий адресный и групповой оптические индикаторы и звуковой сигнализатор. Одновременно срабатывает трансляционное реле и через 25 с реле «Оповещение». Сброс всех поступающих сигналов осуществляется нажатием на кнопку «Сброс».

Во втором режиме должны быть нажаты все кнопки автоматического пуска установки пожаротушения в блоке приема и регистрации БПР сигналов соответствующих шлейфов. При поступлении сигналов «Пожар» оператор должен зафиксировать номер шлейфа, с которого поступила информация, и время поступления сигнала. Следует помнить, что недопустимо одновременное отключение питания более пяти шлейфов путем нажатия кнопок отключения шлейфа блока БПР. ППК-2 является основной составной частью установок АПС типа РУПИ-1 и ППС-3.

Устройство приемно-контрольное охранно-пожарное «ТОПАЗ» (УПКОП 01041-10/50-1). Устройство предназначено для приема сигналов тревожных сообщений от пожарных извещателей с нормально замкнутыми контактами (ИТМ, ИП-103, ТРВ-2, ИП-105 и др.), контроля за исправностью шлейфов сигнализации, отображения поступающей информации с помощью световых и звуковых сигналов с расшифровкой их вида и адреса, выдачи отдельных сигналов «Пожар», «Тревога», «Авария» по проводным линиям на пульт централизованного наблюдения, а также для формирования адресных команд управления автоматическими установками пожаротушения и дымоудаления. Выпускается три модификации концентратора: на 10 (устройство базовое), 30 и 50 (с линейными блоками) шлейфов сигнализации.

Концентратор «ТОПАЗ» работает как с выделенными линиями городской телефонной сети (ГТС), так и со специальными проводными линиями связи. Особенностью концентратора является то, что в каждом его шлейфе имеется возможность приема сигналов с охраняемого объекта по двум независимым каналам, каждый из которых может индивидуально отключаться.

Устройство сигнально-пусковое УСПП-01Л «Сигнал-42». Устройство предназначено для сигнализации о пожаре и управления автоматическими установками пожаротушения, системами дымоудаления и оповещения о пожаре (АСПТ) и может применяться в противопожарной защите различных объектов народного хозяйства. «Сигнал-42» осуществляет контроль состояния шлейфов АПС с включенными в них автоматическими и ручными пожарными извещателями. «Сигнал-42» работает с дымовыми извещателями типа ИП-212 (ДИП-3МЗ), РИД-6М, извещателем пламени ИП329 «Аметист», тепловыми ИП-101, ИП-103, ИП-105, ручным ИПР. Отличительная особенность устройст-

ва – возможность оперативного выбора алгоритма работы наиболее рациональных для конкретного объекта технических параметров устройства, а также непосредственного (без промежуточных реле) управления средствами автоматического пожаротушения (АСПТ).

Прибор приемно-контрольный охранно-пожарный ППКОП 032-1 «АРГУС». Прибор предназначен для непрерывного круглосуточного контроля состояния шлейфов охранной и пожарной сигнализации, определения нарушений или повреждений шлейфов и выработки сигналов тревожного извещения. Прибор формирует индивидуальные для каждого шлейфа электрические сигналы управления, которые могут быть использованы для управления автоматической системой пожаротушения (АСПТ), выносным многозонным световым оповещателем или для управления другим необходимым оборудованием (системами видеонаблюдения и т. п.). Прибор позволяет подключить печатающее устройство для распечатки протокола работы (события по шлейфам сигнализации и параметры работы прибора).

К выходу управления могут подключаться обмотка электромагнитного реле постоянного тока или световые индикаторы. Для питания прибора используется внешний источник постоянного тока напряжением до 40 В. Коммутируемая одним выходом мощность – до 25 Вт. Прибор обеспечивает пользователю возможность самостоятельно выбирать алгоритм работы каждого шлейфа, тип шлейфа (пожарный/охранный), на долгий срок отключать неиспользуемые шлейфы.

В системах охранно-пожарной сигнализации нашли широкое применение *приемные панели VISTA-501 и VISTA-120*. Панели имеют 9 базовых проводных зон. Зона № 1 может работать с двухпроводными пожарными извещателями (до 16), зона № 8 – с двухпроводными датчиками разбития стекла с памятью срабатывания. С помощью адресного шлейфа и радиоканального расширения количество зон может быть увеличено у VISTA-120 до 128.

Для защиты помещений и объектов с взрывоопасными технологическими процессами необходимо использовать либо пожарные извещатели в соответствующем взрывозащищенном исполнении, либо обычные извещатели, но подключенные в специальную искробезопасную электрическую цепь. Для этих целей отечественная промышленность выпускает *приемно-контрольные приборы ППКОП 019-1-13 «Корунд-1И», УПКОП 135-1-1, «Корунд-20И»*, соответственно с одним и двадцатью шлейфами, искробезопасной цепью. Приборы выполнены на современной элементной базе и отвечают всем необходимым требованиям.

Устройство приемно-контрольное охранно-пожарное взрывозащищенное с видом взрывозащиты «Искробезопасная электрическая цепь» УПКОП 135-1-1. Состоит из интерфейсного взрывозащищенного блока и элемента выносного. Устройство предназначено для подключения к приборам приемно-контрольным

охранно-пожарным и обеспечения контроля состояния одного искробезопасного шлейфа пожарной и (или) охранной сигнализации (*ШС*), выдачи сигналов тревожного извещения на шлейф сигнализации *ППКОП* в случае обрыва или короткого замыкания, срабатывания пожарных и (или) охранных извещателей в искробезопасной цепи. Устройство обеспечивает гальваническую развязку искробезопасного шлейфа и шлейфа сигнализации прибора *ППКОП* общего исполнения. Устройство содержит оптронную развязку выхода. Блок интерфейсный взрывозащищенный имеет:

- искробезопасный вход для подключения шлейфа пожарной и (или) охранной сигнализации;
- вход для подключения источника питания постоянного тока;
- выход для связи с цепями *ШС* прибора;
- двухцветный оптический светодиодный индикатор наличия напряжения питания и состояния цепи *ШС*.

Устройство рассчитано для работы в составе приборов, имеющих выход от внутреннего источника питания постоянного тока напряжением (12 ± 3) В. БИВ обеспечивает искробезопасность шлейфа пожарной сигнализации с включенными в него контактными пожарными извещателями и выносным элементом (ВЭ), с уровнем взрывозащиты «1а» по ГОСТ 22782.5–78 для взрывозащищенного электрооборудования группы II, имеет маркировку Ex1a11C в комплекте УПКОП 135-1-1 и предназначен для установки только вне взрывоопасных зон.

Для искробезопасных цепей во взрывоопасных зонах любого класса разрешается открытый способ прокладки небронированных проводов и кабелей.

Адресная система пожарной сигнализации (АСПС) – совокупность технических средств пожарной сигнализации, предназначенных (в случае возникновения пожара) для автоматического или ручного включения сигнала «Пожар» на адресном приемно-контрольном приборе посредством автоматических или ручных адресных пожарных извещателей, защищающих помещения.

Адресный пожарный извещатель (АПИ) – компонент *АСПС*, который передает на адресный приемно-контрольный прибор код своего адреса вместе с извещением о пожаре.

Адресный приемно-контрольный прибор (АПКП) – компонент *АСПС*, предназначенный для приема адресных извещений о пожаре и сигнала «Неисправность» от других компонентов *АСПС*, выработки сигналов пожарной тревоги или неисправности системы и для дальнейшей передачи сигналов и выдачи команд на другие устройства. *АПКП* должен обеспечивать контроль, управление и электрическое питание всех компонентов *АСПС*.

Шлейф – электрическая соединительная линия в *АСПС* между *АПКП* и *АПИ*.

Дежурный режим – стационарный режим работы АСПС после снятия всех поступивших на АПКП сигналов, в котором АСПС в целом и ее компоненты способны принять и передать сигналы «Пожар» и «Неисправность».

Устойчивость АСПС – возможность сохранять работоспособность при различных воздействиях окружающей среды.

По максимальному количеству подключаемых АПИ АСПС подразделяются на три категории: до 128 АПИ; от 129 до 512 АПИ; свыше 512 АПИ. По способу передачи информации о пожароопасной ситуации в защищаемых помещениях АСПС подразделяются на *аналоговые, дискретные и комбинированные*.

АСПС должна соответствовать требованиям действующих норм и технических условий на конкретную АСПС, введенных в установленном порядке и согласованных с УГПС. АСПС должна автоматически обеспечивать визуальное отображение кодов адресов (далее – номеров) АПИ, от которых поступил сигнал «Пожар». АСПС должна обеспечивать автоматическую дистанционную проверку работоспособности АПИ с визуальным отображением номеров отказавших АПИ.

В настоящее время выделяют три основных типа станций пожарной сигнализации: 1) неадресные, 2) адресные, 3) адресно-аналоговые.

Самые известные из них и ранее рассмотренные – традиционные *неадресные*. В шлейф сигнализации такого типа включаются обычные дымовые, тепловые и ручные извещатели. При срабатывании датчика его номер и помещение на станции не указываются. Источник сигнала определяется визуально по встроенному в извещатель светодиоду или выносному устройству индикации, что очень неудобно. Применение неадресных систем целесообразно для небольших объектов (не более 30–60 помещений).

В *адресных системах* анализ состояния окружающей среды и формирование сигнала также производятся самим датчиком, но в шлейфе сигнализации реализуется протокол обмена, позволяющий определить, какой именно извещатель сработал. В каждом датчике или монтажном цоколе расположена схема установки адреса.

Адресно-аналоговые системы пожарной сигнализации являются центром сбора телеметрической информации, поступающей от извещателя. Для теплового датчика станция постоянно контролирует температуру воздуха в месте его установки, для дымового – концентрацию дыма. По характеру изменения этих параметров именно станция, а не извещатель (как в случае адресных систем) формирует сигнал о пожаре. Это позволяет существенно повысить достоверность определения очага возгорания.

Таким образом, система определяет конкретное место формирования сигнала о пожаре, что повышает оперативность реагирования специальных служб. Примером адресных и адресно-аналоговых систем пожарной (охранно-пожарной) сигнализации могут служить приборы «HONEYWELL» (США),

«SECURITON» (Швейцария), «eff-eff» и «ESSER» (Германия), «SCHRACK» (Австрия), «CERBERUS», «ESMI» (Финляндия) и другие. Адресно-аналоговые приборы находят все большее распространение при защите различных объектов, в том числе для построения систем управления любыми типами установок пожаротушения.

Базовая модель приемно-контрольного прибора обеспечивает подсоединение двух и более кольцевых шлейфов сигнализации, в каждый из которых может быть включено до 128 адресно-аналоговых извещателей – тепловых, дымовых и ручных, а также до 128 устройств ввода-вывода, осуществляющих контроль и управление локальными системами автоматики и оповещения. Количество шлейфов может быть увеличено до 8 с кратностью наращивания 2. Для повышения «живучести» системы в шлейфы сигнализации вмонтированы устройства локализации короткого замыкания на каком-либо участке, обеспечивающие постоянную работоспособность основного шлейфа.

В адресно-аналоговых системах имеется 5–8 релейных выходов, формирующих сигнал о пожаре, и до 4 выходов для подключения информационных сигналов (звуковых или световых). Кроме того, могут быть организованы 32 выхода для управления системами автоматики. В корпусе станции предусмотрено место для установки аккумуляторных батарей, которые обеспечивают ее работоспособность в течение не менее 72 ч после отключения основного электропитания.

Особенностью приемных управляющих панелей приборов является наличие жидкокристаллического дисплея, на который выводится служебная информация на русском языке. В случае срабатывания извещателя, помимо отображаемого на дисплее адреса датчика и номера шлейфа, может быть выведено дополнительное текстовое пояснение.

Приемно-контрольные приборы на микропроцессорах выпускаются, как правило, с двумя центральными процессорами. Один из них – *шлейфный процессор* – обеспечивает связь ПКП с пожарными извещателями и обработку сигнала от них по определенному алгоритму, другой – выработку команд на управление внешними устройствами, обеспечение согласования всех внутренних блоков и контроль их работоспособности в соответствии с заданным алгоритмом. Он называется *главным процессором*.

Прибор приемно-контрольный пожарный серии «РАДУГА-3». Разработка АО «АРГУС-СПЕКТР» (г. Санкт-Петербург) предназначена для приема адресных извещений от автоматических и ручных пожарных извещателей с замыкающими и размыкающими контактами, а также от активных извещателей, подключенных к адресуемым устройствам. Максимальное количество активных извещателей, подключаемых к прибору, зависит от их энергопотребления и составляет от 200 до 300 шт.

Обслуживает 128 групп адресуемых устройств, 64 группы сигнальных и 64 исполнительных устройств, 2 сигнальные линии с возможностью их объединения в кольцо и разветвления на 8 лучей.

Прибор формирует адресные команды на исполнительные устройства:

- формирует режим «Внимание» при срабатывании одного и режим «Пожар» при срабатывании двух и более извещателей с одинаковым адресом; осуществляет проверку срабатывания пожарных извещателей;

- формирует адресные команды на внешние устройства оповещения и пожарной автоматики (УПА) с контролем их исполнения, осуществляет задержку включения УПА на 30–40 с и блокировку включения УПА при открытой двери контролируемого помещения;

- контролирует исправность сигнальных линий, шлейфов сигнализации, а также активных пожарных извещателей, подключенных к адресуемым модулям;

- производит отдельную индикацию всех извещений с возможностью определения времени их поступления, типа извещения и адреса;

- формирует электронный протокол событий с указанием времени поступления извещений («Пожар» – до 20 извещений, «Неисправность» – до 30 извещений).

Пульт приемно-контрольный ППК-2А. Пульт приемно-контрольный ППК-2А предназначен для приема сигналов тревожных извещений от пожарных извещателей в двух режимах: адресном или безадресном. Пульт ППК-2А позволяет совмещать оба этих режима, используя разные схемы подключения извещателей в шлейфах. Обладает всеми функциональными возможностями ППК-2, включает в свой состав одинаковые с ним блоки и отличается наличием дополнительного блока накопления и обработки информации (БНО-01), позволяющего организовывать индивидуальную и групповую адресацию включенных в один шлейф извещателей.

Принцип действия ППК-2А по определению адреса сработавшего извещателя в шлейфе основан на том, что после принятия из шлейфа сигнала «Пожар» в него, во время действия длинного полутакта, выдаются опросные импульсы в виде перерывов питания на $(2,5 \pm 1,5)$ мс со скважностью не менее 3. Если в шлейфе имеются специальные адресные блоки БВК-03Л (для адресации извещателя ИП-212-5М) или БВК-04 (для адресации группы извещателей типа ИП-103, ИП-105) либо адресные извещатели ИП-212-5МА, то при совпадении порядкового номера опросного импульса с адресом сработавшего извещателя (адресного) или блока, его адресующего (для безадресного), пультом будет зафиксирован дополнительный скачок тока.

Информация об адресе сработавшего извещателя отображается сегментными индикаторами в виде номера шлейфа и номера извещателя. С каждого

шлейфа, находящегося в режиме «Пожар», может быть принят только один адрес. При наличии нескольких сигналов «Пожар» (в разных шлейфах) пульт будет выдавать информацию об адресах сработавших извещателей последовательно.

Унифицированную структуру охранно-пожарной сигнализации представляет разработка российской фирмы «Unitronic». В состав системы входит адресно-аналоговая пожарная сигнализация с приемным пультом FG 496 на 384 адреса. В системе могут быть использованы отечественные и зарубежные извещатели, адресные блоки и адресные метки, модули управления системами пожаротушения, адресации и др. Система полностью адаптирована для использования на сложных объектах общественного и промышленного назначения.

Для защиты больших по площади объектов с применением до 2000 шлейфов АПС используется комплекс оборудования «Система 2000», разработанный в НВП «БОЛИД». Комплекс предназначен для организации интегрированной системы безопасности, включающей подсистемы охранной и пожарной сигнализации, контроля доступа и видеонаблюдения на основе приборов «С2000-4», «Сигнал-20П» и релейных модулей управления.

Программное обеспечение АРМ «Система-2000» содержит: оперативную задачу, администратор базы данных, генератор отчетов, средства администрирования и обслуживания. В двухпроводную магистраль (длина линии последовательного интерфейса RS-485 – 4000 м) включается до 127 приемно-контрольных приборов типа «Сигнал-20П», одновременно выполняющих роль расширителей на 20 шлейфов АПС. Кроме того, используя релейные блоки С200-СП1, можно управлять различными исполнительными устройствами и звуковыми оповещателями.

Система «Рубеж-07» (модификаций 2, 3, 4) предназначена для охранно-пожарной сигнализации на объектах различного профиля. Система позволяет вести прием извещений о проникновении (или пожаре) от 1 до 508 шлейфов сигнализации, подключаемых через адресные линейные блоки к двухпроводной линии связи:

- выходные цепи извещателей ультразвуковых («Фикус»), приемно-контрольных систем («УОТС») и им подобных;
- извещатели пожарные «ИП-104», магнитоконтактные «ИП-105-2-1».

Система имеет блочную структуру, позволяет реализовать различную тактику охраны объекта, имеет встроенные системы диагностики, производит непрерывный контроль подключенных к системе через линейные блоки датчиков и извещателей.

Фирмой «НИТА» разработан ППКОП «Дозор-16», предназначенный для построения эффективной пожарной и охранной сигнализации, а также системы управления любыми типами установок пожаротушения. «Дозор-16» используется на средних и больших объектах различного назначения как в автономном,

так и объектовом режиме с сообщением диспетчеру пожарной охраны или вневедомственной охраны (к центральной ЭВМ) о состоянии прибора по специальному последовательному интерфейсу. Возможна также совместная работа прибора с пультами централизованного наблюдения (ПЦН) и приемно-контрольными приборами. Его использование позволяет:

- поддерживать до 128 шлейфов охранной и пожарной сигнализации;
- управлять дистанционно с помощью 128 программируемых реле внешней нагрузкой до 400 Вт (включение/выключение вентиляции, систем дымоудаления, звуковых и световых оповещателей, электромагнитных замков и т. п.);
- контролировать состояние и выдавать необходимые сигналы управления для 32 направлений установок газового, порошкового или аэрозольного пожаротушения;
- хранить в энергонезависимой памяти сведения о текущей конфигурации прибора и о последних 100 обнаруженных событиях;
- обеспечивать бесперебойное питание (сеть или аккумулятор);
- снижать при помощи специального алгоритма вероятность ложных срабатываний дымовых извещателей;
- строить шлейфы сигнализации по многопроводной и двухпроводной схеме;
- осуществлять визуальную индикацию на защищаемом объекте при возникновении пожара.

Важное место среди устройств пожарной сигнализации занимают устройства управления установками пожаротушения. К ним относятся сертифицированные в Российской Федерации и нашедшие в последние годы широкое применение комплексы технических средств для построения адресных систем обработки сигнала о пожаре типа «АРГУС-ППУ», «РОСА-2SL», «КРИСТАЛЛ», «CLP-4» и др.

Наряду с общепринятыми задачами для АПС пульты управления позволяют осуществлять специфические функции, определяемые требованиями нормативных документов:

- 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.

Контрольные вопросы

1. Назначение приемно-контрольных приборов (ППКП) пожарной и охранно-пожарной сигнализации.
2. Классификация технических средств оповещения.
3. Основные информационные показатели ПКП.
4. Принципы конструирования оптимальных по затратам и надежности ПКП.
5. Назначение и основные характеристики приемно-контрольного пульта «ППК-2».
6. Назначение и основные характеристики приемно-контрольного охранно-пожарного устройства «ТОПАЗ» (УПКОП 01041-10/50-1).
7. Назначение и основные характеристики сигнально-пускового устройства УСПП-01Л «Сигнал-42».
8. Назначение и основные характеристики приемно-контрольного охранно-пожарного прибора ППКОП 032-1 «АРГУС».
9. Назначение и основные характеристики приемно-контрольного охранно-пожарного взрывозащищенного устройства с видом взрывозащиты «Искробезопасная электрическая цепь» УПКОП 135-1-1.
10. Назначение и основные компоненты адресной системы пожарной сигнализации (АСПС).

3. СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО ТУШЕНИЯ ПОЖАРА

3.1. 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. 3.1) по их назначению, виду огнетушащего вещества, режиму работы, степени автоматизации, конструктивному исполнению, принципу действия и инерционности.

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 уста-

новки водяного пожаротушения позволяют предотвращать 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).

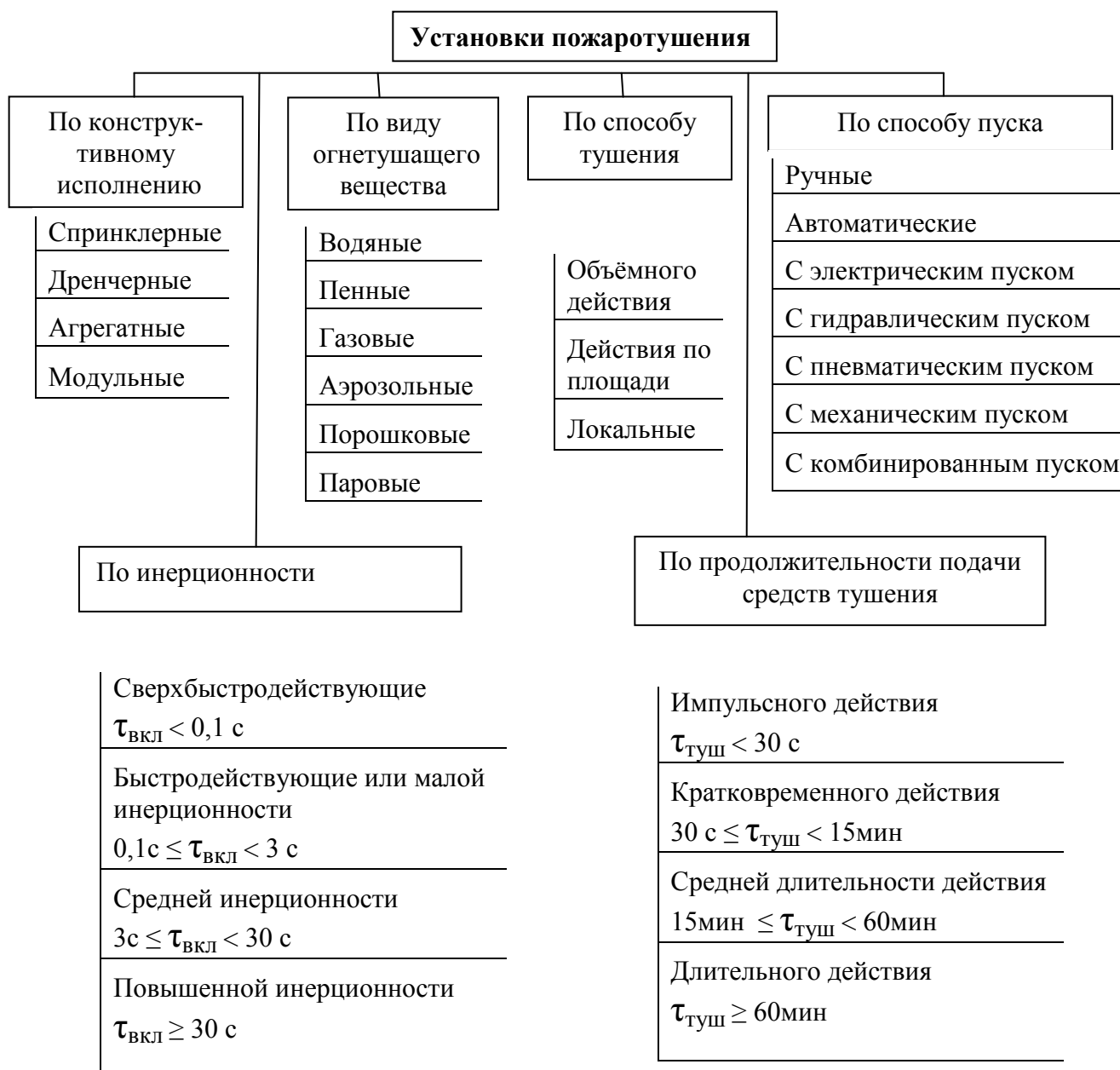


Рис. 3.1. Обобщенная классификация установок пожаротушения

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.

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, т. е. 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, распредустройств 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;
- самозакрывание дверей;
- 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.

Контрольные вопросы

1. Классификация автоматических установок (систем) пожаротушения (АУП).
2. Назначение и основные характеристики автоматических установок водяного пожаротушения.
3. Назначение и основные характеристики автоматических установок пенного пожаротушения.
4. Назначение и основные характеристики автоматических установок газового и аэрозольного пожаротушения.
5. Назначение и основные характеристики автоматических установок порошкового пожаротушения.

3.2. АВТОМАТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ ВОДЯНОГО ПОЖАРОТУШЕНИЯ

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

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. 3.2, 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.

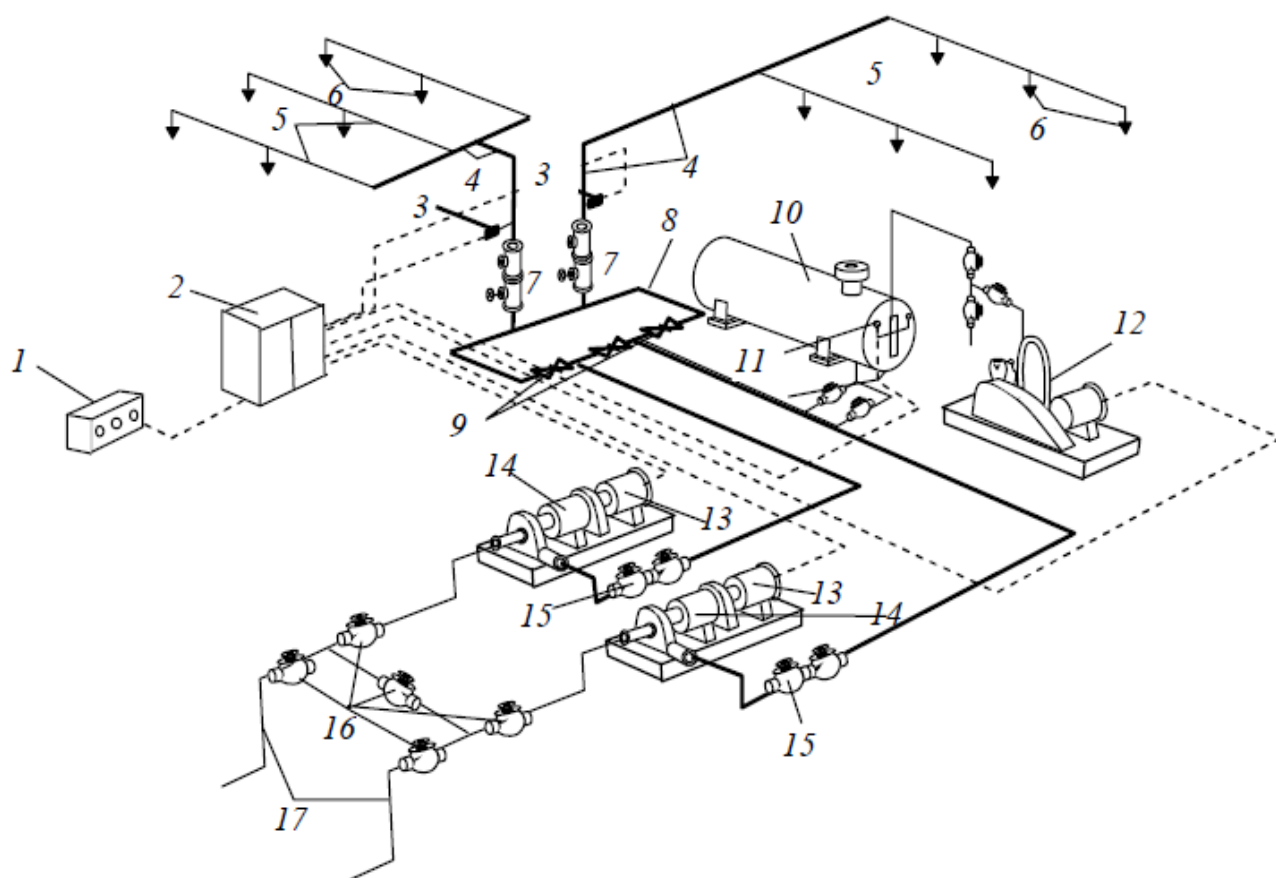


Рис. 3.2. Принципиальная схема спринклерной установки водяного пожаротушения:
 1 – приемно-контрольный прибор; 2 – щит управления; 3 – сигнализатор давления СДУ; 4 – питающий трубопровод; 5 – распределительный трубопровод; 6 – спринклерные оросители; 7 – узел управления; 8 – подводящий трубопровод; 9, 16 – нормально открытые задвижки; 10 – гидропневмобак (импульсное устройство); 11 – электроконтактный манометр; 12 – компрессор; 13 – электродвигатель; 14 – насос; 15 – обратный клапан; 17 – всасывающий трубопровод

Спринклерные установки водяного пожаротушения в зависимости от температуры воздуха в защищаемых помещениях бывают:

- водозаполненные – для помещений с минимальной температурой воздуха $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ и выше;
- воздушные – для неотапливаемых помещений зданий, с минимальной температурой воздуха ниже $5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

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

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

Работа дренчерной установки водяного пожаротушения, схема которой представлена на рис. 3.3, осуществляется следующим образом:

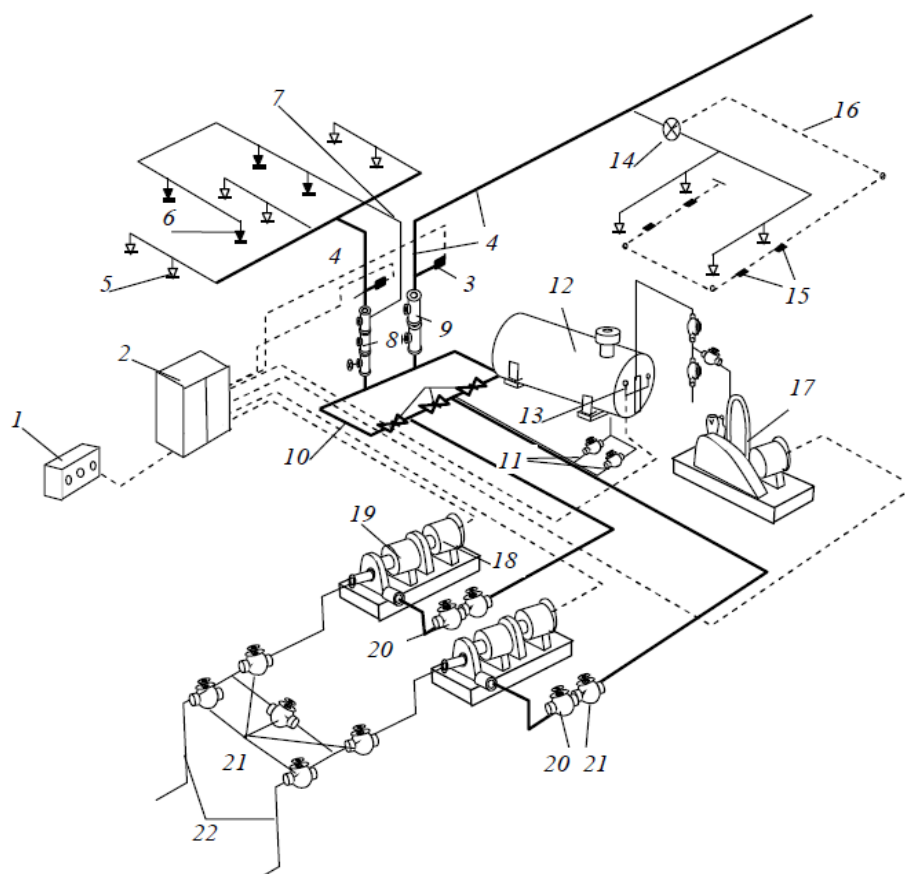


Рис. 3.3. Принципиальная схема дренчерной установки водяного пожаротушения:

- 1 – щит сигнализации; 2 – щит управления; 3 – сигнализатор давления СДУ;
 4 – питающий трубопровод; 5 – дренчерные оросители; 6 – спринклерные оросители;
 7 – побудительная сеть; 8, 9 – узел управления с клапаном ГД; 10 – подводящий
 трубопровод; 11, 21 – нормально открытые задвижки; 12 – гидропневмобак;
 13 – ЭКМ; 14 – клапан пусковой тросовой 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 гидропневмобаке 12, электроконтактные манометры (ЭКМ) 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 побудительного тросового (КПТА) клапана 14. При срабатывании КПТА падает давление воды в трубопроводе 4 над узлом управления 9, вследствие чего он открывается и пропускает воду к дренчерным оросителям. Далее работа установки происходит аналогично спринклерной.

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

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

Оросители классифицируют по нескольким показателям.

1. По наличию теплового замка или привода для срабатывания оросители делятся:

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

2. 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).
3. По конструктивному исполнению:
- розеточные (Р);
 - центробежные (эвольвентные) (Ц);
 - диафрагменные (каскадные) (Д);
 - винтовые (В);
 - щелевые (Щ);
 - струйные (С);
 - лопаточные (Л);
 - прочие конструкции (П).
4. По виду используемого огнетушащего вещества (ОТВ):
- водяные (В);
 - для водных растворов (Р), в том числе пенные (П);
 - универсальные (У).
5. По форме и направленности потока огнетушащего вещества:
- симметричные: концентричные, эллипсоидные (0);
 - неконцентричные односторонней направленности (1);
 - неконцентричные двусторонней направленности (2);
 - прочие (3).
6. По капельной структуре потока ОТВ:
- разбрызгиватели;
 - распылители.
7. По виду теплового замка:
- с плавким термочувствительным элементом (П);
 - с разрывным термочувствительным элементом (Р);
 - с упругим термочувствительным элементом (У);
 - с комбинированным тепловым замком (К).
8. 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) (Гв);
 - вертикально, поток ОТВ из корпуса направлен вниз, а затем в сторону (вдоль направляющей лопатки или образующей корпуса оросителя) (Гн);

– вертикально, поток ОТВ из корпуса направлен вверх или вниз, а затем в сторону (вдоль направляющей лопатки или образующей корпуса оросителя) (универсальные) (ГУ);

– в любом пространственном положении (П).

9. По виду покрытия корпуса:

– без покрытия (о);

– с декоративным покрытием (д);

– с антикоррозионным покрытием (а).

10. 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 местного 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.

В зависимости от вида исполнения спринклеры бывают: с вогнутой розеткой (В); 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), параллельно плоскости пола (СН).

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. 3.1).

Таблица 3.1

Условие выбора спринклерных оросителей

Температура, °С	
в защищаемом помещении	разрушения теплового замка
До 41	57–67
42–50	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. 3.2 приведены цвета жидкости в зависимости от номинальной температуры разрушения теплового замка.

Таблица 3.2

**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 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.

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 по-

жаротушения, 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.

Узлы управления подразделяют:

- 1) по виду: на спринклерные (С) и дренчерные (Д);
- 2) 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;
- 3) 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);
- пневматического и гидравлического привода – минимальное рабочее давление в мегапаскалях (МПа), например (Г 0,05);

4) 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;

5) 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.

Узлы управления следует располагать в помещениях насосных станций, пожарных постов, а также в защищаемых помещениях или вне их. Их необхо-

димо размещать в местах с температурой воздуха 5 °С и выше, к которым имеется свободный доступ обслуживающего персонала. При этом узлы управления, находящиеся в защищаемых помещениях, следует отделять от этих помещений противопожарными перегородками и перекрытиями с пределом огнестойкости не менее RET45 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 – клапаны группового действия и др.

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

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

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) предназначается для извещения о вскрытии спринклерных оросителей и устанавливается на горизонтальных участках трубопровода диаметром 50 и 80 мм в спринклерных установках.

Принцип действия сигнализатора заключается в следующем. При отсутствии движения огнетушащего вещества регистратор, уравновешенный с помощью пружины, находится в нейтральном положении. В этом положении контакты микропереключателя разомкнуты. При вскрытии одного или более оросителей поток огнетушащего вещества отклоняет регистратор, который, свободно перемещаясь в резиновом уплотнении маятника, действует на микропереключатель 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, естест-

венные 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).

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

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, согласно Правилам устройства электроустановок (ПУЭ), относятся к I категории, 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.

Контрольные вопросы

1. Классификация автоматических установок водяного пожаротушения.
2. Принцип действия и основные компоненты спринклерных установок водяного пожаротушения.

3. Принцип действия и основные компоненты дренчерных установок водяного пожаротушения.
4. Назначение и классификация оросителей установок водяного пожаротушения.
5. Назначение и классификация узлов управления (УУ) установок.
6. Назначение и классификация сигнализаторов потока жидкости (СПЖ).
7. Назначение и классификация импульсных устройств.

3.3. АВТОМАТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ 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. 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; для защиты резервуаров с горючими жидкостями;
- локально-поверхностные: спринклерные – для защиты отдельных аппаратов и 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 – для одновременной подачи пены в объем или по поверхности технологических аппаратов и на поверхность вокруг них (соединены схемы установок локально-поверхностного и локально-объемного тушения).

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-ВЗ, ДПУ-0,15-ВЗ; 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-ВЗ, ДПУ-0,15-ВЗ; 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 пенные оросители дренчерного (ДПУ-0,15-ВЗ) и спринклерного (СПУ-0,15-Р68-ВЗ) типов, устанавливаемые в зависимости от условий эксплуатации как розеткой вниз, так и розеткой вверх.

Минимальное рабочее давление перед оросителем 0,15 МПа, площадь орошения этих оросителей составляет 12 м², коэффициент производительности оросителей 0,77 л/(с·м^{0,5}), номинальная температура срабатывания спринклерных оросителей 68 °С. Кратность пены 5–20. 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 м² при высоте расположения оросителя 3 м. Коэффициент производительности оросителей «ОЭ-16» 0,27 л/(с·м^{0,5}), «ОЭ-25» 0,81 л/(с·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°.

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 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 конфузорную часть. Поступающий на пакет сеток поток образует ВМП. Рабочий напор у распылителя 0,4–0,6 МПа (4–6 кгс/см²).

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. 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.

Генератор пены средней кратности стационарный с коробом типа ГПСК-2000 предназначен для получения из водного раствора пенообразова-

теля 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.

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 доставки ее в виде компактной струи в зону пожара. Данные устройства применяются в автоматических установках пенного пожаротушения для ликвидации пожара в резервуарах, но могут быть использованы для тушения пожара в помещениях объемным способом.

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

1. Способ объемного дозирования заключается в смешивании воды и пенообразователя в определенных пропорциях в резервуаре, из которого пенообразующий раствор насосами подается в распределительную сеть установки пожаротушения. Запас раствора пенообразователя, как правило, следует хранить в двух резервуарах.

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. Этот способ заключается в подаче пенообразователя из емкости в поток воды в напорном трубопроводе основного насоса через дозирующую шайбу насосом-дозатором.

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 дренажных установках пожаротушения.

Контрольные вопросы

1. Назначение и основные компоненты установок пенного пожаротушения.
2. Способы воздействия на очаг пожара установок пенного пожаротушения.
3. Типы пенообразующих устройств установок пенного пожаротушения.
4. Основные характеристики генераторов ГПС и ГЧСМ.
5. Основные характеристики генераторов ГПСК-2000, ГПСС-2000 и ГПСС-600.
6. Назначение и конструкция дозирующих устройств установок пенного пожаротушения.

3.4. 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.

Специфика применения автоматических установок 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”» 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).

Автоматические установки газового пожаротушения (УАГП) применяются для ликвидации пожаров классов А, В, С по ГОСТ 27331–87 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.) В последнем случае для тушения пирофорных и щелочных металлов используется жидкий азот или специальные порошковые составы. Классификация УАГП представлена на рис. 3.4.



Рис. 3.4. Классификация установок автоматических газового пожаротушения

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).

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 %; пневматическим пуском – 27,6; механическим (тросовым) пуском – 4,4; комбинированным пуском – 3,4 %.

Местный пуск УАГП осуществляют из станции пожаротушения. Для этого вручную открывают клапан распределительного устройства на нужном направ-

лении и головку-затвор на пусковом баллоне или модуле. Для периодической подкачки воздуха в побудительные и пусковые баллоны предусмотрены 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.

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 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. 3.5). При этом на резьбу выходного штуцера модуля крепится короткий отрезок трубы $a = 20$ 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»).

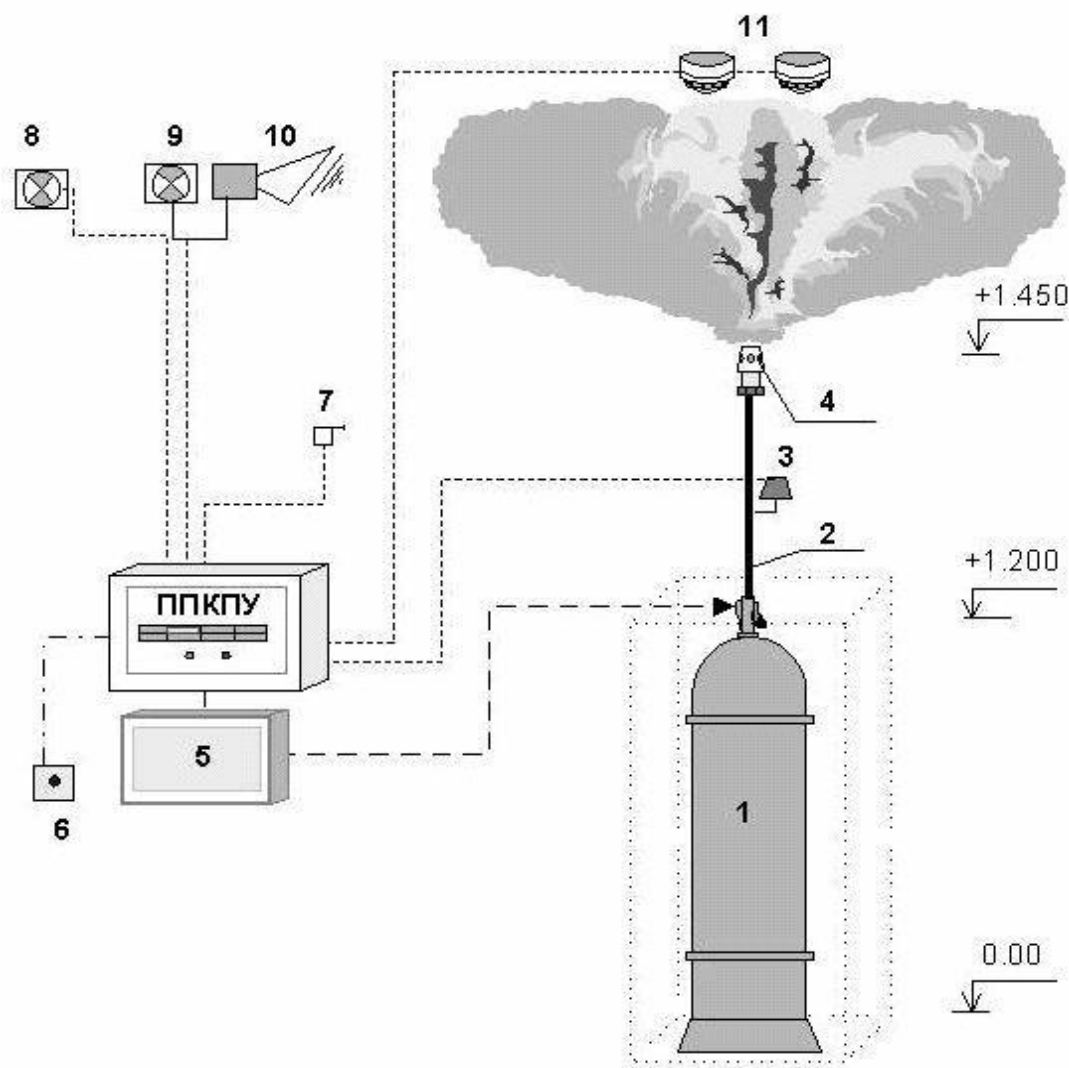


Рис. 3.5. Схема модульной УАГП без трубной разводки:

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 двуокиси 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 аргонного пожаротушения) применяются для защиты помещений (оборудования), имеющих стационарные ограждающие конструкции с заданными параметрами негерметичности.

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 аргонного 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, воздействующая 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.

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

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

личества 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 держать 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 – 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 (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 находятся в защищаемом помещении, местный пуск должен быть исключен, а пусковые элементы на модулях должны быть заблокированы. Пусковые устройства должны располагаться на высоте не более 1,7 м от пола и иметь защиту от несанкционированного пуска. Размещение устройств дистанционного пуска возможно в помещении пожарного поста или другом помещении с персоналом, ведущим круглосуточное дежурство.

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), «Effeft» 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:

- 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);

- 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, должны быть предусмотрены *световая и звуковая сигнализации*:

- о неисправности установки;
- 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 электропитания (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 трубопроводах и пусковых баллонах.

Согласно НПБ 88–2001* в установках газового пожаротушения могут применяться огнетушащие средства в виде сжиженных и сжатых под избыточным давлением газов (табл. 3.3).

Таблица 3.3

Основные виды газовых огнетушащих средств

Газы	
Сжиженные	Сжатые
Двуокись углерода (CO ₂)	Азот (N ₂)
Хладон 125 (C ₂ F ₅ H)	Аргон (Ar)
Хладон 218 (C ₃ F ₈)	Инерген:
Хладон 227ea (C ₃ F ₇ H)	азот – 52 % (об.);
Хладон 318Ц (C ₄ F ₈ Ц)	аргон – 40 % (об.);
Хладон 114B2 (C ₂ F ₄ Br ₂)	двуокись углерода – 8 % (об.)
Хладон 23 (CF ₃ H); ТФМ-18	–
Шестифтористая сера (SF ₆)	–

Следует отметить, что наряду с приведенными в ГОСТ 12.4.009–83 видами ГОС на практике также широко используются находящиеся в эксплуатации высокоэффективные средства тушения на основе хладона 13В1 (трифторбромметан – CF₃Br), а также смесей бромэтила и бромэтилена с углекислотой.

Двуокись углерода (диоксид углерода, CO₂) является традиционным средством газового пожаротушения. CO₂ в обычных условиях – бесцветный газ, не имеющий запаха и вкуса, более чем в 1,5 раза тяжелее воздуха.

Хранят CO₂ в жидком виде в баллонах под давлением до 12,5 МПа (125 кгс/см²). 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.

Огнетушащая концентрация – не менее 30 % по объему ($0,637 \text{ кг/м}^3$). Для помещений с повышенной пожарной опасностью категорий А и Б нормативную массовую огнетушащую концентрацию увеличивают до $0,768 \text{ кг/м}^3$. Расчетная массовая огнетушащая концентрация для установок локального тушения по объему двуокиси углерода составляет не менее $6,0 \text{ кг/м}^3$.

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. Огнетушащая 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 огнетушащая концентрация двуокиси углерода в воздухе является смертельной для человека.

Безопасная для человека концентрация CO_2 ($C_{от}$, при времени экспозиции 1–3 мин) не превышает 5 % (об.), опасная 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.

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.

Хладон 114В2 (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 114В2 осуществляется по рекомендациям ВНИИПО МЧС России.

Хладон 114В2 является наиболее активным ингибитором, он эффективнее диоксида углерода, а также всех других видов хладона. Хладон 114В2 – 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.

Более высокой токсичностью обладают продукты термического распада хладона 114В2, 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, 227еа).

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 пentaфтористая 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, 227еа 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.

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).

С 1994 г. сторонами Монреальского протокола было запрещено производство озоноразрушающих хладонов как веществ, разрушающих озоновый слой земной атмосферы. Поэтому в России фирмой «Озон» 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 (CF₃H); ТФМ-18; хладон 125 (C₂F₅H); хладон 318Ц (C₄F₈Ц) и др.

Озонобезопасные хладоны по своей огнетушащей эффективности в 2–3 раза уступают 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.

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 % – CO₂; 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 N₂ – 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.

Чаще всего азот применяют в комбинированных составах; он также служит для транспортирования хладагента 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, образующийся 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 инертгена 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 серверных помещений с дорогостоящим чувствительным электронным оборудованием, помещений центров управления, а также объектов с наличием культурных и исторических ценностей.

Контрольные вопросы

1. Назначение и основные характеристики УАГП.
2. Классификация установок автоматических газового пожаротушения.
3. Схема и принцип работы модульной УАГП без трубной разводки.
4. Принцип работы установок объемного и локального пожаротушения.
5. Специальные устройства и приборы управления УАГП.
6. Основные виды и характеристики газовых огнетушащих средств.
7. Характеристики ГОС двуокись углерода (диоксид углерода, CO_2).
8. Характеристики ГОС хладон 114В2 (фреон).
9. Характеристики ГОС азот (N_2) и озонобезопасных хладонов.
10. Характеристики ГОС инертген.

3.5. АВТОМАТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ ПОРОШКОВОГО ПОЖАРОТУШЕНИЯ

Установки порошкового пожаротушения предназначены для тушения горящих 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 на 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 на производствах, где обращаются горючие материалы, способные гореть без доступа кислорода.

Огнетушащие порошки представляют собой мелкоизмельченные минеральные соли с различными добавками, препятствующими слеживанию и комкованию. Они обладают рядом преимуществ по сравнению с другими огнетушащими веществами, а именно:

- 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), прессуемость (уплотнение порошка под нагрузкой), устойчивость к вибрации (сохранение свойства после воздействия регламентируемой усадки), насыпная 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 относятся: 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.

Модуль порошкового пожаротушения (МПП) – устройство, которое вмещает функции хранения и подачи огнетушащего порошка при воздействии исполнительного импульса на пусковой элемент. 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 (импульсные И) или кратковременного (КД-1 и КД-2) действия.

По способу хранения вытесняющего газа МПП подразделяются на закачные (З), с газогенерирующим (пиротехническим) элементом (ГЭ, ПЭ), с баллоном сжатого или сжиженного газа (БСГ).

МПП с разрушающимся корпусом имеет ослабленную нижнюю часть корпуса. При воздействии командного импульса включается газогенерирующее устройство, внутри корпуса растет давление, 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 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.

Модуль типа МПП-50 или МПП-100 представляет собой приваренный к раме стальной сварной баллон для порошка, засыпаемого через горловину в верхней части баллона. Труба служит для соединения порошкового трубопровода с насадками-распылителями. В крышку горловины вмонтирован предохранительный клапан. К баллону с порошком прикрепляется баллон с двуокисью углерода или азота, под давлением 0,8 МПа (8 кгс/см²), который необходим для доставки порошка в защищаемое помещение. Газ под давлением попадает

в баллон с порошком при помощи пусковой головки с пиропатроном, 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. Газ поступает во внутреннюю полость корпуса с порошком. В корпусе порошок с помощью впускивателя 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 пневматический клапан, 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.

Установки порошкового пожаротушения состоят из одного или нескольких модулей и подразделяются на следующие типы:

- с централизованным источником рабочего газа;
- 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;
- 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 773К 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 либо 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 моду-

лей 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;

6) блока электроуправления установкой.

Установка с автономным источником рабочего газа включает следующие сборочные единицы:

- 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;

- 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;

- блок электропитания установки;

- 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.

Контрольные вопросы

1. Назначение и основные характеристики автоматических установок порошкового пожаротушения.
2. Основные требования, предъявляемые к огнетушащим порошкам.
3. Назначение и основные характеристики МПП.
4. Типы установок порошкового пожаротушения.
5. Сборочные единицы установки с автономным источником рабочего газа.

3.6. АВТОМАТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ АЭРОЗОЛЬНОГО 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.

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 галоидоорганических соединений, включая и огнетушащие бромхлорхладоны, был введён показатель озонораз-

рушающего 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 веществ. В связи с этим во всём мире интенсивно ведётся поиск заменителей и альтернативных хладагентов озоноразрушающих веществ с нулевым ОРП.

В России в качестве огнетушащих веществ, альтернативных хладагентам, получила достаточно широкое распространение новая разновидность средств объёмного пожаротушения, имеющих нулевой ОРП, – твёрдотопливные аэрозольобразующие 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 аэрозольобразующих 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*.

Широко используемые окислители и горючие вещества 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 по следующим основным категориям:

- окислители;
- горючие;

- связующие (цементаторы) – вещества, обеспечивающие механическую прочность формуемых огнетушащих зарядов;
- флегматизаторы – вещества, уменьшающие температуру и скорость горения состава, а также чувствительность его к механическим, тепловым и другим внешним воздействиям;
- стабилизаторы – вещества, увеличивающие химическую стойкость состава;
- катализаторы (ингибиторы) – вещества, ускоряющие (замедляющие) процесс горения;
- 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 аэрозодем.

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 оборудования 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:

- 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) определяются главным образом следующими условиями:

– 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.

Согласно ГОСТ Р 51046–97 ГОА классифицируются следующим образом:

1) по конструктивному исполнению: снаряжённые узлом пуска, не снаряжённые узлом пуска;

2) по способу приведения в действие ГОА: запускаемые от электрического сигнала, запускаемые от теплового сигнала, с комбинированным пуском;

3) 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.

ГОА характеризуются следующими основными параметрами:

– температурой продукта на срезе выпускного отверстия, °С;

– массой АОС в снаряжённом генераторе, кг;

– огнетушащей способностью аэрозоля, получаемого при работе ГОА, $кг/м^3$, 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. 3.4.

Таблица 3.4

Параметры генераторов огнетушащего аэрозоля

Основные параметры генератора	Тип генератора		
	I	II	III
Температура аэрозольных продуктов на срезе выпускного отверстия генератора, °С	> 500	130–500	< 130
Масса АОС в снаряжённом генераторе, кг, не более	15,0	15,0	15,0
Огнетушащая способность аэрозоля, получаемого при работе ГОА для модельных очагов класса В, кг/м ³ , не более	0,20	0,7	0,7
Время подачи огнетушащего аэрозоля, с	5–200	5–200	5–200
Инерционность (время срабатывания) для ГОА, запускаемых от электрического сигнала, номинальное значение (с отклонением, не превышающим ± 0,5 с), не более	5,0	5,0	5,0
Для ГОА, запускаемых от теплового сигнала	В соответствии с нормативными документами		

Условное обозначение генераторов огнетушащего аэрозоля в ТУ, другой технической документации должно содержать сведения о ГОА в соответствии с определенной структурой (рис. 3.6).

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 являются:

- корпус (оболочка, камера сгорания);
- огнетушащий заряд АОС;

узел воспламенения – устройство инициирования заряда (электроспираль, электропиропатрон, пировоспламенитель, капсуль и др.).

ГОА могут также иметь следующие элементы:

- выходное отверстие (сопло) с удерживающей заряд решеткой;
- герметизирующая легковскрываемая мембрана;
- насадки (завихрители, инжекторы, охладители, сопла, смесители);
- блоки охлаждения, располагаемые в камере сгорания ГОА;
- узел крепления или приспособление для переноски и забрасывания ГОА

в очаг пожара;

- другие специальные конструктивные и защитные элементы.

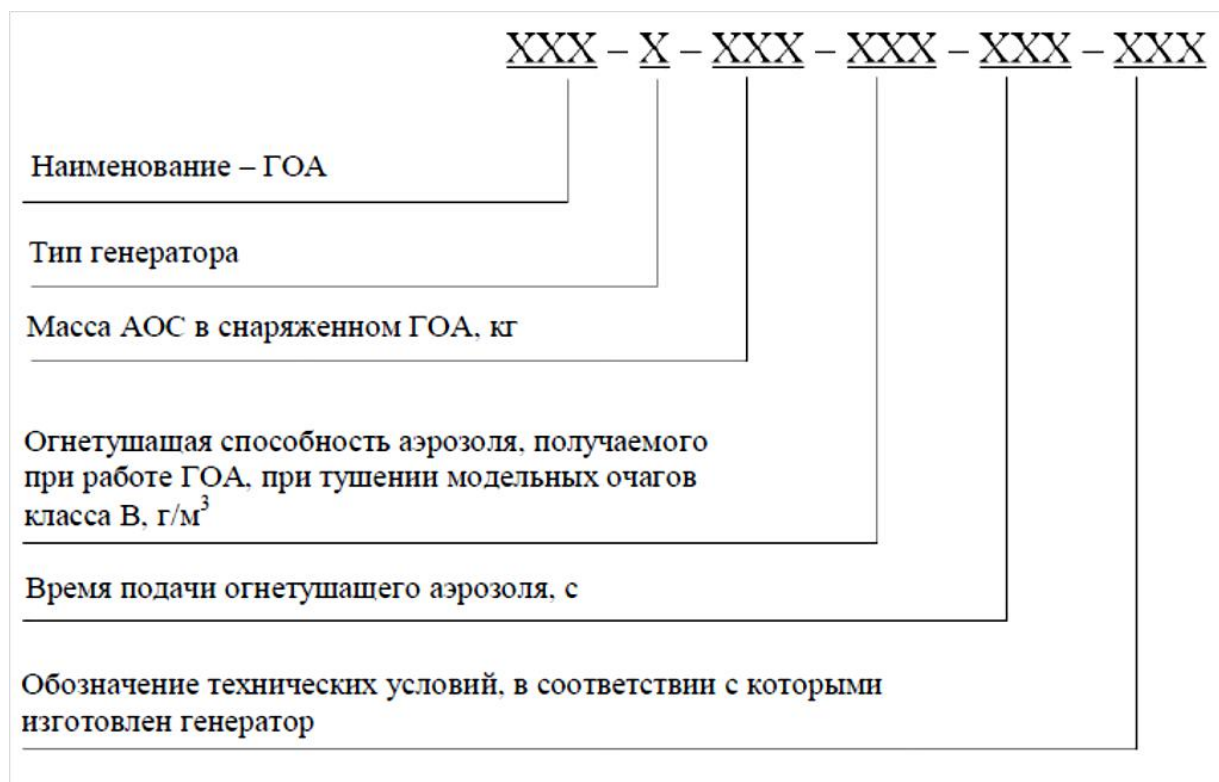


Рис. 3.6. Маркировка генератора огнедышащего аэрозоля

Принцип действия ГОА заключается в следующем: 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.

Генераторы огнетушащего аэрозоля можно разделить по следующим основным признакам:

- виду компоновки;
- конструктивным особенностям корпусов;
- способу применения;
- температуре огнетушащего аэрозоля на выходе из ГОА;
- способу пуска.

По видам компоновки ГОА разделяют на три группы:

- *бескорпусные*, в которых 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;
- *генераторы со сбрасываемым корпусом*, в которых огнетушащий заряд АОС и узел инициирования жестко установлены в защитном корпусе, сбрасываемом после пуска, а процесс аэрозолеобразования протекает непосредственно в атмосфере защищаемого объема;

– генераторы с камерой сгорания, в которых огнетушащий заряд АОС и узел инициирования жестко установлены в защитном корпусе, одновременно являющемся камерой сгорания; процесс аэрозолеобразования протекает в корпусе с последующей подачей аэрозоля в защищаемый объем. Эта компоновка применяется наиболее часто.

По конструктивным особенностям ГОА подразделяются на следующие:

- с металлическим корпусом;
- пластмассовым (картонным и т. п.) корпусом;
- сопловые;
- бессопловые;
- с насадками (инжекторами, диффузорами, завихрителями и т. п.);
- без насадок;
- с охлаждающими блоками;
- однонаправленной подачей аэрозоля;
- двунаправленной подачей аэрозоля;
- круговой подачей аэрозоля;
- со ступенчатой подачей аэрозоля;
- с комбинированной подачей аэрозоля и других огнетушащих веществ (газ, порошок, вода и т. д.).

По способу применения ГОА выделяют:

- стационарно размещаемые;
- переносные (забрасываемые, передвижные и т. п.).

По температуре аэрозоля, получаемого на срезе выходного отверстия, ГОСТ Р51046–97 определяет три типа ГОА:

- высокотемпературные (температура аэрозоля 500 °С);
- среднетемпературные (температура аэрозоля 130–500 °С);
- низкотемпературные (температура аэрозоля меньше 130 °С).

По способу пуска ГОА подразделяются на генераторы:

- с электрическим пуском (электропировоспламенители, электроспирали и т. п.);
- тепловым пуском (огнепроводные шнуры, очаг пожара и т. п.);
- механическим пуском;
- комбинированным пуском.

Наибольшее распространение в настоящее время получили генераторы с пуском от электрического и (или) теплового сигнала.

Генераторы с электрическим пуском, как правило, применяются в автоматических установках аэрозольного пожаротушения.

Тепловой пуск ГОА обычно осуществляется от огнепроводного шнура (термочувствительного), представляющего собой специальную твердотоплив-

ную 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 ГОСТ Р 50969-96.

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.

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):

- 1) с постоянной массовой скоростью (соответственно подача аэрозоля с постоянным секундным расходом);
- 2) прогрессивное (с увеличивающимся во времени секундным расходом);
- 3) 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.

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.

Для устранения этого недостатка 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.

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 удается снизить температуру аэрозоля на выходе ГОА до 600–100 °С и ниже.

Знание основных пожароопасных характеристик ГОА, таких 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.

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 аэрозолепорошкового тушения типа «Габар», а также новых видов ГОА: ОСА, ОП-517 и др.) и разработку надежных методик по определению уровня взрывозащищенности конструкций ГОА.

Контрольные вопросы

1. Назначение и основные характеристики аэрозольных АУП.
2. Назначения основных компонентов АОС.
3. Принципы подавления очагов горения с помощью АОС.
4. Какими условиями определяются эффективность и механизм аэрозольного тушения?
5. Классификация и характеристики ГОА.
6. Основные элементы и принцип действия ГОА.
7. Принцип действия теплового пуска ГОА.
8. Характеристики основных режимов аэрозолеобразования.
9. Характеристики генераторов «холодного» аэрозоля.

3.7. ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ МОДУЛЬНЫХ УСТАНОВОК ВОДЯНОГО ПОЖАРОТУШЕНИЯ

Модульная установка пожаротушения тонкораспыленной водой – 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. По этому признаку выделяют МУПТВ:

- малоинерционные – установки с инерционностью не более 3 с;
- среднеинерционные – установки 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.

Продолжительность действия – время с момента начала до момента окончания подачи распыленной воды из насадка. По этому параметру разделяют МУПТВ:

- кратковременного действия – со временем подачи огнетушащего вещества от 1 до 600 с;
- непрерывного действия – с непрерывной подачей огнетушащего вещества в течение времени действия;
- циклического действия, когда подача огнетушащего вещества осуществляется по многократному циклу «подача – пауза».

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:

$$\begin{array}{ccccccccc} \text{МУПТВ} & - & \text{XXX} & - & \text{X} & - & \text{XX} & - & \text{ТУ}, \\ & & (1) & & (2) & & (3) & & (4) & & (5) \end{array}$$

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, газово-водяная 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.

МУПТВ должны соответствовать требованиям ПБ 03-576–03, ГОСТ 12.2.003–91, ГОСТ 12.4.009–83 и ТД, утвержденной в установленном порядке.

МУПТВ закачного типа (рис. 3.7) должны иметь манометр (класс 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.

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 $1,25 \text{ Ч } P_{\text{раб}}$.

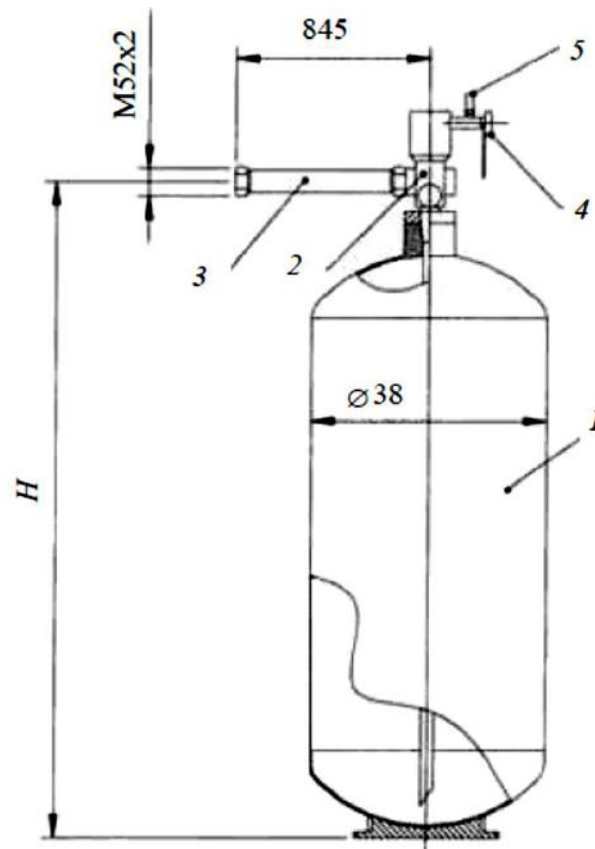


Рис. 3.7. Модульная установка водяного пожаротушения закачного типа:

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

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.

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.

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. 3.8) 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.

При возникновении пожара электрический импульс поступает 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 модуль оснащен предохранительным клапаном 2 сверх рабочего. 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.

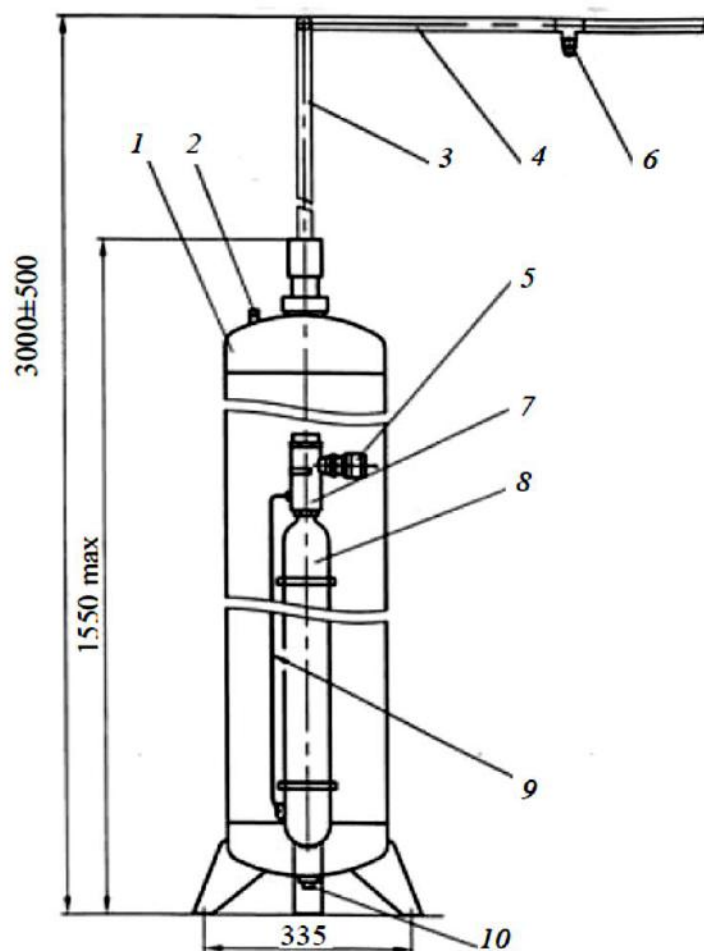


Рис. 3.8. Модуль водяного пожаротушения с газовым баллоном:

- 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

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

Роботизированная установка пожаротушения (РУП) – 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 пультовой, 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 нескольким признакам.

1. По функциональным возможностям выделяют:

- 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).

2. По величине 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).

3. По типу привода: с электрическим приводом (Э); гидравлическим (Г); пневматическим (П); комбинированным (К).

4. По месту 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);
- кабельные линии связи.

Максимальное рабочее давление РУП должно быть не менее 1 МПа (10 кгс/м^2).

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/м^2).

Дальность подачи сплошной и распыленной водяных струй, а также струи пены низкой кратности должны 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 ($0,5 \text{ кгс/м}^2$).

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° .

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 двух 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.

Контрольные вопросы

1. Назначение и основные характеристики МУПТВ.
2. Конструкция и характеристики МУПТВ закачного типа.
3. Конструкция и характеристики модуля водяного пожаротушения с газовым баллоном.
4. Назначение и основные характеристики РУП.
5. Назначение и основные характеристики ДУЛС.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

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 лабораториями, аккредитованными Центральным органом системы сертификации в области пожарной безопасности в РФ, с выдачей сертификата пожарной безопасности.

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

Монтаж пожарной автоматики на объектах осуществляется согласно ведомственным строительным нормам и руководящим документам, согласованным 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 эта эффективность достигается только в том случае, если на всех этапах – от производства технических средств до эксплуатации систем на объекте – соблюдаются требования нормативно технической документации.

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

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агафонов, В.К. Установки аэрозольного пожаротушения: элементы и характеристики, проектирование, монтаж и эксплуатация / В.К. Агафонов, П.К. Копылов. – М. : ВНИИПО, 1999.
2. Бабуров, В.П. Автоматические установки пожаротушения. Вчера. Сегодня. Завтра : учеб.-справ. пособие / В.П. Бабуров, В.В. Бабурин, В.И. Фомин. – М. : Пожнаука, 2009. – 291 с.
3. Кирюхина, Т.Г. Установки пожаротушения : учеб. пособие / Т.Г. Кирюхина, Н.В. Смирнов. – М. : ТАКИР, 2006. – 302 с.
4. Оросители водяных и пенных автоматических установок пожаротушения : учеб.-метод. пособие / Л.М. Мешман [и др.] ; под ред. Н.П. Копылова ; М-во РФ по делам гражд. обороны, чрезвычайн. ситуациям и ликвидации последствий стихийн. бедствий, Всерос. науч.-исслед. ин-т противопожар. обороны. – М. : ВНИИПО МЧС России, 2002. – 311 с.
5. Пожарная и охранно-пожарная сигнализация. Проектирование, монтаж, эксплуатация и обслуживание : справочник / под ред. М.М. Любимова. – М. : Пож. кн., 2008. – 380 с.
6. Производственная и пожарная автоматика. Ч. 1. Производственная автоматика для предупреждения пожаров и взрывов. Пожарная сигнализация : учебник / А.А. Навацкий [и др.] ; под ред. А.А. Навацкого. – М. : Академия ГПС МЧС России, 2005. – 335 с.
7. Собурь, С.В. Установки пожарной сигнализации : учеб.-справ. пособие / С.В. Собурь. – 5-е изд., доп., изм. – М. : Пож. кн., 2006. – 277 с.
8. Собурь, С.В. Установки пожаротушения автоматические : справочник / С.В. Собурь. – 4-е изд., с изм. – М. : Пож. кн., 2004. – 402 с.
9. Технические средства систем охранной и пожарной сигнализации : учеб.-справ. пособие. В 2 ч. Ч. 1. Охранная сигнализация / А.Н. Членов, Т.А. Буцынская, И.Г. Дровникова ; под. ред. А.Н. Членова. – М. : Пожнаука, 2009. – 314 с.

10. Технические средства систем охранной и пожарной сигнализации : учеб.-справ. пособие. В 2 ч. Ч. 2. Технические средства пожарной сигнализации / В.П. Бабуров, В.В. Бабурин, В.И. Фомин. – М. : Пожнаука, 2009. – 231 с.

11. Установки пожаротушения на основе регенерированных озоноразрушающих газовых огнетушащих веществ : рук. для проектирования / М-во РФ по делам гражд. обороны, чрезвычайн. ситуациям и ликвидации последствий стихийн. бедствий, НИИ противопожар. обороны. – Введ. с 21.01.2004. – М. : ВНИИПО МЧС России, 2004. – 32 с.

СПИСОК ОСНОВНЫХ СОКРАЩЕНИЙ

АПИ	– автоматический пожарный извещатель
АПС	– автоматическая пожарная сигнализация
АРМ	– автоматизированное рабочее место
АСЗ	– автоматическая система защиты
АСК	– автоматическая система контроля
АСПТ	– автоматические средства пожаротушения
АСР	– автоматическая система регулирования
АСС	– автоматическая система сигнализации
АСУ	– автоматическая система управления
АСУТП	– автоматическая система управления технологическими процессами
АУП	– автоматическая установка пожаротушения
ДПИ	– дымовой пожарный извещатель
ЗУ	– задающее устройство
ИАС	– индикатор аварийных ситуаций
ИМ	– исполнительный механизм
ИП	– извещатель пожарный
ИОП	– извещатель охранно-пожарный
КИП	– контрольно-измерительные приборы
ЛДПИ	– линейный дымовой пожарный извещатель
ЛТПИ	– линейный тепловой пожарный извещатель
МЗС	– модуль защиты и сигнализации
МК	– микропроцессорный контроллер
ПКК	– проектно-компонуемый комплект
МПП	– модуль порошкового пожаротушения
МУПТВ	– модульная установка пожаротушения водой
ПО	– программное обеспечение
ППКП	– пожарный приемно-контрольный прибор
ППУ	– пожарный прибор управления
ПТКАЗ	– программно-технический комплекс автоматической защиты

САР – система автоматического регулирования

СВИ – сигнализатор воспламенения искусственного

СВЧ – сигнал высокой частоты

СДК – сигнализатор взрывоопасных концентраций

СПАЗ – система противоаварийной автоматической защиты

УААП – установка автоматическая аэрозольного пожаротушения

УАВП – установка автоматическая водяного пожаротушения

УАГП – установка автоматическая газового пожаротушения

УАПП – установка автоматическая пенного пожаротушения

УВМ – управляющая вычислительная машина

УС – устройство сравнения

УПУ – усилительно-преобразующее устройство

УЛУ – управляющее логическое устройство

ЭДС – электродвижущая сила

FMCW (frequency modulated continuous wave) – непрерывное частотно-модулированное излучение

Учебное издание

Храпский Сергей Филиппович

Стариков Виктор Иннокентьевич

Рысев Дмитрий Валерьевич

ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ И ПОЖАРНАЯ АВТОМАТИКА

Учебное пособие

Редактор *О. В. Маер*

Компьютерная верстка, дизайн обложки *О. Г. Белименко*

Сводный темплан 2013 г.

Подписано в печать 01.03.13. Формат 60×84 ¹/₁₆. Отпечатано на дупликаторе.

Бумага офсетная. Усл. печ. л. 9,5. Уч.-изд. л. 9,5.

Тираж 50 экз. Заказ 166.

Издательство ОмГТУ. 644050, г. Омск, пр. Мира, 11; т. 23-02-12

Типография ОмГТУ.

