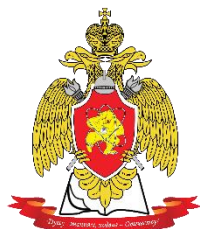


МИНИСТЕРСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО ДЕЛАМ ГРАЖДАНСКОЙ
ОБОРОНЫ, ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ СИТУАЦИЯМ И ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ
СТИХИЙНЫХ БЕДСТВИЙ

ФГБОУ ВО СИБИРСКАЯ ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ
ГПС МЧС РОССИИ



Антонов А.В., Голякова Е.И., Сацук И.В., Филкова А.П.

**КРАТКИЙ КУРС ЛЕКЦИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ
«ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ И ПОЖАРНАЯ АВТОМАТИКА»**

Учебное пособие

**Железногорск
2022**

УДК 681(075,8)
ББК 32.966я73
К78

Авторы: Антонов Александр Викторович, канд. тех. наук,
Голякова Елена Ивановна, канд. тех. наук,
Сацук Иван Владимирович
Филкова Анастасия Петровна

Краткий курс лекций по дисциплине «Производственная и пожарная автоматика»
[Текст]: учебное пособие / А.В. Антонов, Е.И. Голякова, И.В. Сацук, А.П. Филкова –
Железногорск: ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
2022. – 296 с.: ил.

Учебное пособие включает в себя основные разделы учебной дисциплины «Производственная и пожарная автоматика»: основные понятия теории автоматического регулирования, автоматизированные системы управления пожарной безопасностью технологических процессов, классификация и общие технические требования к установкам пожарной автоматики. Содержит теоретический материал и вопросы для самоконтроля.

Учебное пособие предназначено для обучающихся по направлению подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность. Может быть использовано для самостоятельного изучения дисциплины обучающимися и в практической деятельности специалистов в области обеспечения пожарной безопасности.

<https://sibpsa.ru/proizvodst-pozh-avtomatika/>
ISBN 978-5-906874-96-2

© ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2022
© Антонов А.В., Голякова Е.И., Сацук И.В., Филкова А.П., 2022.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
Раздел 1. Приборы контроля параметров технологических процессов	9
Вопрос 1. Общие понятия автоматизации технологических процессов. Назначение, принцип работы приборов контроля параметров температуры, давления	9
Вопрос 2. Назначение, принцип работы приборов контроля параметров расхода, уровня	24
Раздел 2. Анализаторы взрывоопасных газов и паров	34
Вопрос 1. Принципы построения анализаторов взрывоопасных газов и паров. Автоматический аналитический контроль, основные понятия и определения	34
Вопрос 2. Назначение, принцип работы термохимических газоанализаторов	36
Вопрос 3. Требования на установку газоанализаторов в производственных помещениях и на промышленных территориях	44
Раздел 3. Основные понятия теории автоматического регулирования	54
Вопрос 1. Системы автоматического регулирования	54
Вопрос 2. Система автоматического регулирования как совокупность типовых динамических звеньев	65
Раздел 4. Автоматические системы противоаварийной защиты	76
Вопрос 1. Особенности управления потенциально пожароопасных технологических процессов	76
Вопрос 2. Общие принципы построения систем аварийной защиты технологических процессов	93
Раздел 5. Автоматизированные системы управления пожарной безопасностью технологических процессов	107
Вопрос 1. Автоматизированные системы управления предприятиями	107
Вопрос 2. Автоматизированные системы управления технологическими процессами	116
Вопрос 3. Автоматизированные системы управления взрывопожарозащитой промышленных объектов. Оператор в человекомашинной системе	133

Раздел 6.	Классификация и общие технические требования к установкам пожарной автоматики	144
Вопрос 1.	Основные термины и определения, классификации установок пожарной автоматики	144
Вопрос 2.	Общие технические требования к установкам пожарной автоматики. Структура установок пожарной сигнализации	150
Раздел 7.	Технические средства сбора и обработки информации	159
Вопрос 1.	Основные функции и показатели приемно-контрольных приборов	159
Вопрос 2.	Основные информационные показатели ПКП (параметры)	161
Вопрос 3.	Принципы построения, типы и алгоритмы функционирования ППКП и ПУ	163
Вопрос 4.	Назначение, устройство интегрированных систем охраны	172
Раздел 8.	Автоматические установки водяного и пенного пожаротушения	183
Вопрос 1.	Классификация и область применения АУПТ	183
Вопрос 2.	Назначение и устройство установок водяного пожаротушения. Спринклерные и дренчерные установки. Установка пожаротушения тонкораспыленной водой	186
Вопрос 3.	Назначение и устройство установок пенного пожаротушения	203
Раздел 9.	Автоматические установки газового пожаротушения	211
Вопрос 1.	Общие сведения о газовом пожаротушении. Классификация и область применения АУГПТ	211
Вопрос 2.	Принцип работы АУГПТ. Общие требования, предъявляемые к АУГПТ	219
Раздел 10.	Автоматические установки порошкового и аэрозольного пожаротушения	227
Вопрос 1.	Общие сведения о порошковом и аэрозольном пожаротушении	227
Вопрос 2.	Классификация, назначение и конструктивные особенности применения порошковых АУПТ	233
Вопрос 3.	Классификация, назначение и конструктивные особенности применения аэрозольных АУПТ	238
Вопрос 4.	Сравнительные характеристики порошкового и аэрозольного пожаротушения	247

Раздел 11.	Автоматическая противопожарная защита многофункциональных зданий и зданий повышенной этажности	252
Вопрос 1.	Обеспечение противопожарной защиты зданий повышенной этажности	252
Вопрос 2.	Конструктивные особенности многофункциональных зданий повышенной этажности для их противопожарной защиты	255
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ		291

ВВЕДЕНИЕ

Противопожарная защита современных зданий представляет собой комплекс инженерно-технических и организационных мероприятий, выполняющих важную роль при обеспечении пожарной безопасности обслуживающего персонала, технологического оборудования и строительных конструкций.

Одним из основных направлений пожарной безопасности является внедрение пожарной автоматики. Основной функцией установок пожарной сигнализации является своевременное оповещение людей о пожаре в его начальной стадии и введение в действие систем пожаротушения, дымоудаления и пр., направленных на обеспечение безопасности.

Учебное пособие «Краткий курс лекций по дисциплине «Производственная и пожарная автоматика»», написано в соответствии с утверждённой учебной Программой курса дисциплины «Производственная и пожарная автоматика» и включает в себя обязательный для усвоения дисциплины теоретический, методический и справочный материал.

В пособии приведен теоретический материал по основным системам автоматического контроля технологических параметров, принципам построения систем аварийной защиты технологических процессов, автоматизированным системам управления технологическими процессами, а также классификации, принципам работы и характеристикам технических средств систем пожарной автоматики с учетом действующих нормативно-правовых актов.

Учебное пособие посвящено вопросам автоматического контроля технологических параметров производственных объектов, построению систем аварийной защиты технологических процессов, автоматизированным системам управления технологическими процессами, а также классификации, принципам работы и характеристикам технических средств систем пожарной автоматики с учетом действующих нормативно-правовых актов. Разделы

пособия отвечают требованиям компетентностной модели выпускника по направлению подготовки 20.03.01 «Техносферная безопасность».

Данное учебное пособие разработано в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность (уровень – прикладной бакалавриат).

Актуальность создания учебного пособия, обосновано необходимостью рассмотрения основных принципов и методов построения автоматических и автоматизированных систем, характеристик типовых элементов - звеньев, применяемых при построении автоматических систем, учитывая основные способы повышения их устойчивости и качества. В том числе развитие способности обучающихся ориентироваться в основных методах и системах обеспечения техносферной безопасности, обоснованно выбирая изученные устройства, системы и методы защиты человека и производственной среды.

Лекция 1. «Приборы контроля параметров технологических процессов»

Вопрос 1. Общие понятия автоматизации технологических процессов. Назначение, принцип работы приборов контроля параметров температуры, давления

Технологический процесс (ТП) – это осуществление технологической операции во времени.

Любой технологический процесс осуществляется при управлении его ходом, параметрами. Это необходимо, чтобы технологический процесс не изменялся нежелательным образом. Управлять – значит оказывать специально организованное целенаправленное воздействие на средства его реализации (технические устройства, биообъекты).

При автоматизированной системе управления управляющее воздействие осуществляется при обязательном участии человека (АСУ). АСУ подразделяется на несколько видов или уровней:

- АСУ ТП (нижний уровень) – автоматизированная система управления технологическими процессами.
- АСУП – автоматизированная система управления предприятием.
- АСУПО – автоматизированная система управления производственным объединением.
- ОАСУ – отраслевая автоматизированная система управления.

АСУ одновременно с задачами управления решает вопросы снижения травматизма, вероятности возникновения аварий, взрывов и пожаров. При решении задач производственной автоматики одновременно решаются основные задачи пожарной охраны:

- предупреждение пожаров, взрывов и аварий на объектах защиты и сообщение о начале аварийной ситуации (пожаро-взрыво-опасной).
- привод в действие автоматических установок пожаротушения.

- использование информации приборной техники о протекании технологического процесса в предаварийных обстоятельствах для исследования причин аварий, взрывов и пожаров.

Если управление осуществляется без участия человека, то такая система управления считается автоматической (САУ).

Различают следующие основные виды автоматизации:

- автоматический контроль,
- автоматическую защиту,
- дистанционное и автоматическое управление,
- телемеханическое управление.

Автоматический контроль включает: автоматическую сигнализацию, измерение, сортирование и сбор информации.

Автоматическая сигнализация выполняет функции оповещения обслуживающего персонала о определенных или аварийных значениях каких-либо контролируемых физических параметров технологического процесса, месте и характере нарушений. В качестве сигнальных устройств используются лампы, звонки, сирены, специальные синемонические указатели и другие световые и звуковые устройства.

Автоматическое измерение служит для измерения физических величин, характеризующих технологический процесс и передачи их на указательные и регистрирующие приборы.

Обслуживающий персонал по показаниям приборов делает выводы о качестве технологического процесса, режиме работы машин и агрегатов.

Автоматический сбор информации осуществляется для получения информации о ходе технологического процесса, качестве и количестве выпускаемой продукции с целью обработки получаемой информации, ее хранения и представления обслуживающему персоналу.

Автоматическая защита – совокупность технических средств с помощью которых прекращают контролируемый производственный процесс при ненормальных или аварийных режимах.

Автоблокировки, входящие в автоматическую защиту, предназначены для предотвращения непроизвольных включений и отключений, ошибочного действия обслуживающего персонала. С их помощью предупреждаются возможные повреждения и аварии.

Дистанционное управление объединяет методы и технические средства объектами на расстоянии.

Телемеханика – охватывает теорию и технические средства автоматической передачи на расстоянии команд управления и состояния объекта управления (ОУ).

Все понятия объединены в новое – научно-техническое направление – техническая кибернетика. Кибернетика – наука об управлении объектами различной природы.

Государственная система промышленных приборов и средств автоматизации

Экономически и технически рационально проблему обеспечения техническими средствами систем контроля, регулирования и управления технологическими процессами решать использованием унифицированных приборов. Это обусловлено многообразием технологий различных производств в условиях их эксплуатации. Для решения такой проблемы создана Государственная система промышленных приборов и средств автоматизации (ГСП), которая основана на унификации, агрегатировании и совместимости приборов.

Функционально все изделия ГСП разделены на несколько групп, в которые входят измерительные преобразователи (датчики), усилители, исполнительные механизмы.

Создание ГСП позволяет решить следующие проблемы:

- увеличить надежность, точность и быстродействие средств автоматизации
- эффективно использовать научные и инженерные кадры при решении общих задач по единому плану.
- удешевление производства применением блочно-модульных принципов построения конструкций, специализации отдельных предприятий на выпуске определенных видов продукции и кооперации предприятий, производящих средства автоматизации.
- уменьшение номенклатуры приборов.
- уменьшение затрат на ремонт.
- возможность работы вновь создаваемых приборов с ранее выпущенными.

Основные требования к ГСП отражены в государственных и отраслевых стандартах. ГСП различаются по роду используемой энергии, применяемой для приема и передачи энергии и делятся на:

- электрические,
- пневматические,
- гидравлические.

Достоинства приборов.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ: высокая чувствительность, точность быстрого действия, высокая унификация и возможность работы на больших расстояниях.

ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ: безопасные, возможность работы в легко воспламеняемых и взрывоопасных средах, высокая надежность.

ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ: возможность точного перемещения исполнительных органов, возможность создания больших усилий.

ГСП разделяются так же по условиям эксплуатации и соответственно по защищенности от действия окружающей среды:

- обыкновенное исполнение.

- пылезащищенное.
- взрывозащищенное.
- герметичное.
- водозащищенное.
- защищенное от агрессивной среды.
- по устойчивости к воздействию температуры и влажности окружающего воздуха.

По функциям ГСП разделяют:

1. Устройства для получения информации о состоянии процесса.
2. Устройства для приема, преобразования и передачи информации по каналам связи.
3. Устройства для преобразования хранения и обработки информации и формирования команд управления.
4. Устройства для использования командной информации в целях воздействия на процесс и связь с оператором.

Назначение, принцип работы приборов контроля параметров температуры,
давления

Измерительный преобразователь (датчик). Основные характеристики

Измерительный преобразователь выполняется в виде технического устройства, которое является самостоятельным изделием.

Датчики разделяют:

по роду измеряемых величин:

- температуры,
- давления или силы,
- расхода,
- уровня,
- массы,

- перемещения и т.д.

по виду измеряемых величин:

- электрические,
- пневматические,
- гидравлические,
- механические,
- акустические и т.д.

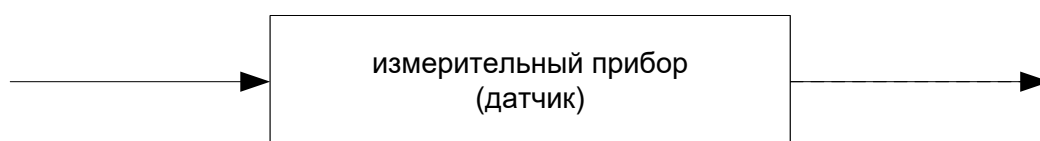


Рис. 1.1 Изображение датчика в функциональных схемах

Зависимость между выходной и входной величинами $y(x)$ в установившемся режиме называют статической характеристикой датчика.

Указанная характеристика может быть линейной 1 и нелинейной 2, как правило, датчики стремятся делать с линейной статической характеристикой.

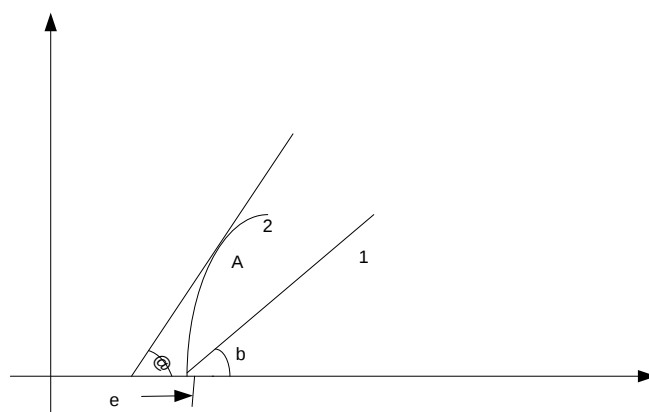


Рис. 1.2 Статистические характеристики непрерывных датчиков

K - отношение изменения выходной величины к вызвавшему его изменению входной величины в установленном режиме, чувствительность или коэффициент усиления датчика.

Для датчиков с нелинейной характеристикой K переменная величина и в каждой точке характеристики она равна углу наклона касательной к оси X . Нечувствительность (порог чувствительности) - наименьшее значение входной величины, способное вызвать изменение выходной величины. Величины нечувствительности возникают от сил трения и люфтов в устройстве, тепловых шумов в электрических измерительных цепях и т.д.

Существуют датчики, имеющие нелинейную статистическую характеристику, когда выходная величина изменяется скачкообразно.

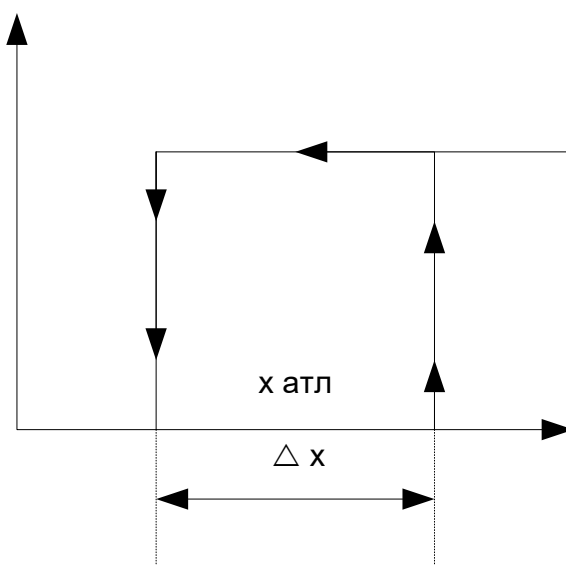


Рис. 1.3 Статическая характеристика релейного датчика

В этом случае параметр *дельта X* называется величиной срабатывания датчика, X - величина отпускания датчика.

Такого типа статические характеристики относятся к категории релейных, а устройства, обладающие такими характеристиками, относят к группе релейных. В этом случае коэффициент усиления теряет смысл и для

характеристики таких датчиков используют другие показатели (например, величина дифференциала).

Датчик воспринимает абсолютное значение контролируемого параметра или его отклонение от заданной величины. В этом случае в состав датчика должно входить задающее устройство.

Чаще всего датчик из-за малой мощности выходного параметра не может непосредственно воздействовать на устройство отображения информации (УОИ). В этом случае сигнал от датчика подается на усилительно-преобразующее устройство.

В простейшем случае датчик может состоять только из чувствительного элемента, например, термопары, поплавка. В этом случае датчик изображается как на рисунке.



Рис. 1.4 Функциональная схема датчика непосредственного преобразования

Если выходной сигнал поступающий от датчика проходит несколько последовательных преобразований, то какая схема построения будет каскадной.

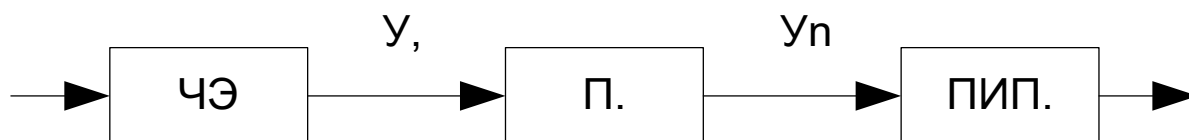


Рис. 1.5 Функциональная схема датчиков

ЧЭ – чувствительный элемент, П – промежуточный измерительный преобразователь, ПИП – передающий измерительный преобразователь

Оконечный преобразователь датчика часто называют передающим преобразователем. С целью увеличения чувствительности уменьшения влияния внешних факторов датчики строят по схеме сравнения. Такие датчики называют дифференциальными.

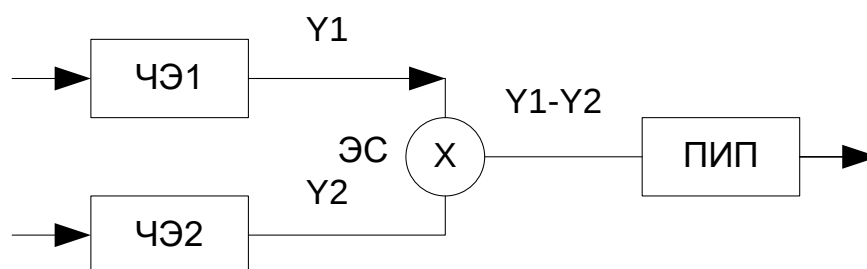


Рис. 1.6 Функциональная схема дифференциального датчика

Особенностью таких датчиков является наличие двух однотипных преобразовательных элементов. В этом случае выходные системы чувствительных элементов вычитаются таким образом, чтобы нежелательные воздействия (помехи) компенсировались, а полезные суммировались.

В датчиках такого типа имеются элементы сравнения ЭС, который обеспечивает алгебраическое суммирование (в данном случае вычитание) сигналов двух однотипных преобразователей.

Для получения особо высокой точности и сведения к минимуму влияния внешних факторов датчик выполняется по компенсационной схеме.

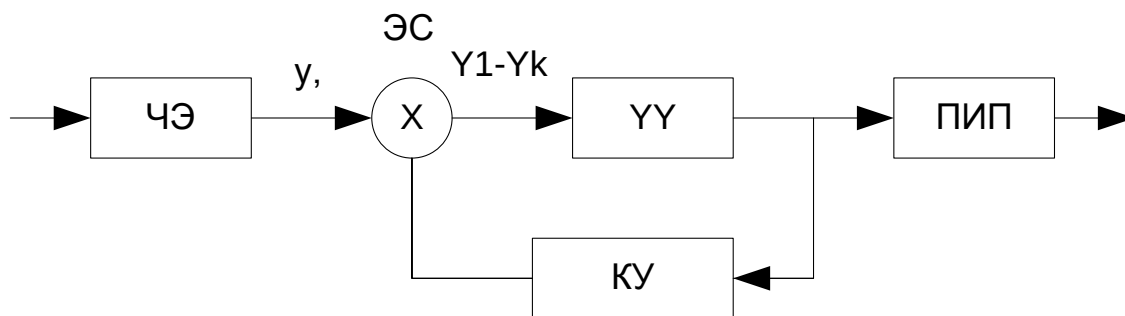


Рис. 1.7 Функциональная схема датчика с компенсацией помех
УУ – усилительное устройство; КУ – компенсационное устройство

Здесь входит еще усилительное устройство, которое обеспечивает усиление сигнала по мощности. В таких датчиках происходит автоматическое уравнивание сигнала U , который формируется чувствительным элементом другим сигналом U_k той же физической природы. Для непрерывной компенсации в датчике осуществляется отрицательная обратная связь за счет преобразователя КУ – выполняющего функцию компенсирующего устройства с формированием сигнала U_k .

Мощность выходного сигнала компенсационного датчика определяется только мощностью усилителя, а точность устройством компенсационным и чувствительным элементом.

Принципы работы датчиков температуры

Жидкостные датчики температуры. В пожарной автоматике широко распространены приборы контроля параметров температуры объекта. Наиболее простыми по устройству являются жидкостные датчики температуры. Такие датчики используют принцип теплового расширения жидкости. Конструктивно это обычный жидкостный термометр, у которого изменение температур вызывает изменение высоты столба жидкости в капилляре. Учитываются:

- сечение капилляра,

- температурный коэффициент линейного расширения жидкости,
- температурный коэффициент материала ампулы и капилляра.

Преобразование изменения в выходной сигнал может осуществляться различными способами.

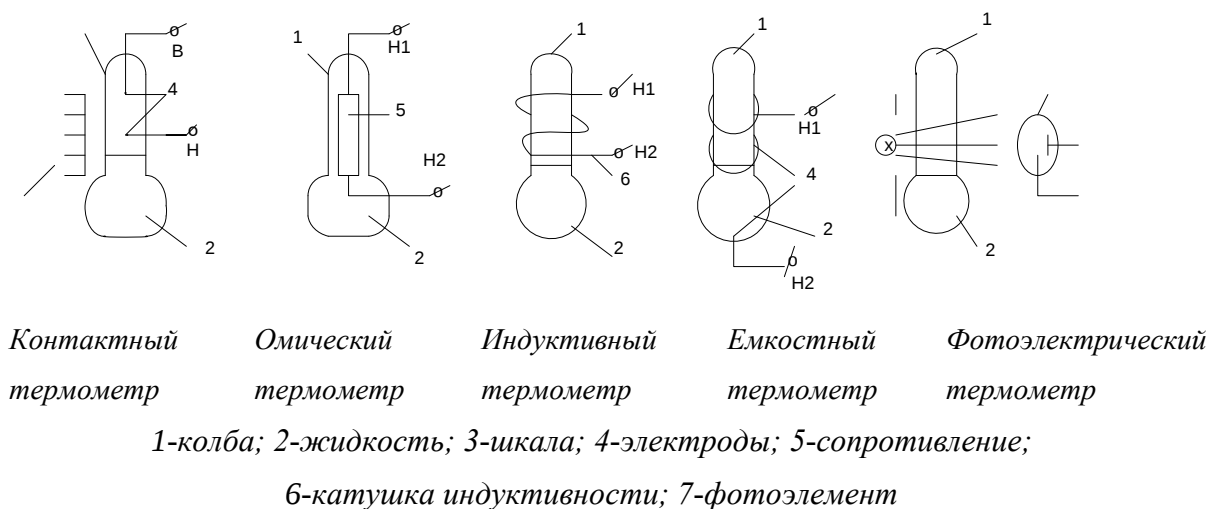


Рис. 1.8 Основные виды жидкостных термометров, используемых в автоматических устройствах

Преимущество — простота устройства. Недостатки: низкая долговечность, низкая точность при вибрациях и ускорениях.

Термопары. Это два разнородных проводника, спаянные концы которых находятся при разных температурах. За счет чего возникает термо-ЭДС, чем больше разность температур, тем больше ЭДС. Используются при температурах от -100°C до $+2000^{\circ}\text{C}$.

Материал термопар: платина, иридий, золото и их сплавы, сталь, никель, хромель, константан, медь, а также полупроводниковые. Например, карбид кремния — графитовые.

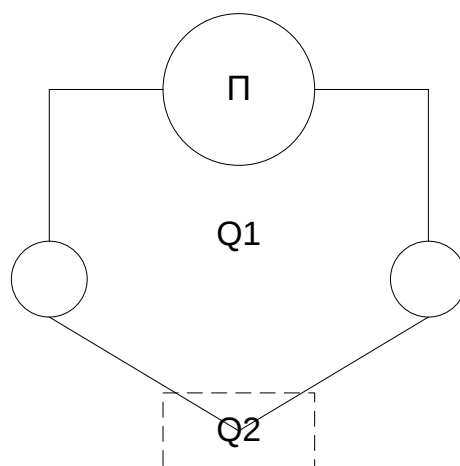
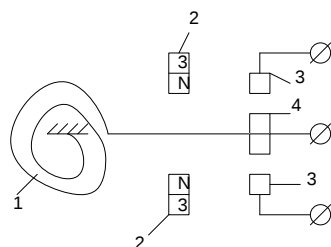


Рис. 1.9 Схема подключения термопары

Значение термо-ЭДС пропорционально разности и зависит от материала

Скоростные термопары. Предназначены для измерения скорости изменения температуры. Она состоит из двух последовательно включенных термопар, один из спаев которых заключен в термоизоляционную гильзу. Термопары включаются встречно. В процессе нагрева термо-ЭДС открытого спая следует за изменением практически без инерционности, а термо-ЭДС инерционного слоя с запаздыванием из-за тепловой инерции.

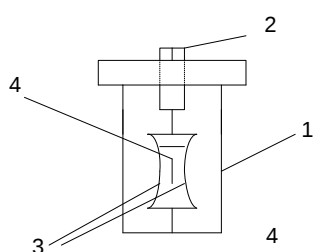
Биметаллические и dilatометрические датчики также используют свойства некоторых металлов значительно изменять свои линейные размеры.



1. Биметаллическая спираль
2. Постоянные магниты
3. Неподвижные контакты
4. Подвижные контакты

Рис. 1.10 Схема биметаллического датчика

Биметаллический датчик с пружинным ускорителем состоит из биметаллической пластины, подвижной траверсы с контактом, неподвижного контакта, пружины, подзащелки и нагревателя.



- 1. Латунная трубка
- 2. Установочный винт
- 3. Инварные пластины
- 4. Контакты

Рис. 1.11 Схема дилатометрического датчика

Эти датчики просты, но ненадежны, поэтому применяются только для сигнализации или защиты.

Терморезисторы используют зависимость сопротивления материала от температуры. Наиболее распространены терморезисторы с платиновой (ТСП) и медной ТСМ проволоками. Зависимость от температуры характеризуют температурным коэффициентом сопротивления.

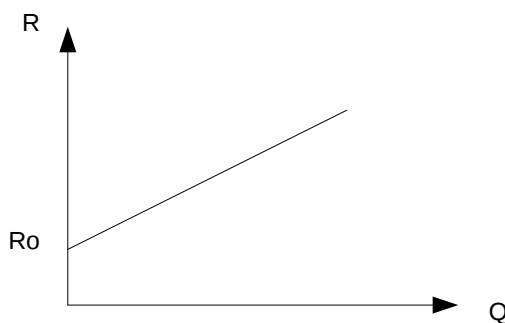


Рис. 1.12 Температурная зависимость терморезистора

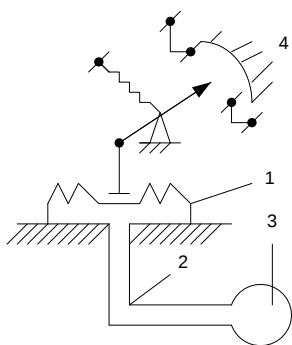
Различают погружные и поверхностные термопреобразователи сопротивления. Их размещают в корпусе, защитный чехол которого

изготавливают из латуни или нержавеющей стали. Провод лока наматывается на изоляционный каркас в виде пластины из слюды. Температурный диапазон: верхний предел для ТСМ – 180 °С, верхний предел для ТСП – 600 °С.

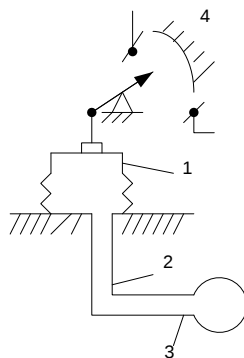
Полупроводниковый терморезистор. Чувствительный элемент из медно-марганцевых или кадмиево-марганцевых полупроводниковых порошков со специальными добавками (ММТ, КМТ). Серийно выпускаются термисторы с отрицательным температурным коэффициентом и положительным температурным коэффициентом (позисторы).

Чувствительный элемент позисторов – титанат бария со специальными примесями, придающими резкую зависимость сопротивления от температуры. Их температурный коэффициент в 3-4 раза больше, чем у термисторов, а постоянная времени в 5-6 раз меньше. У позисторов имеется веристорный эффект уменьшения сопротивления с увеличением приложенного напряжения.

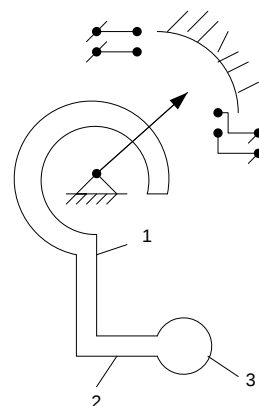
Манометрические датчики. В таких датчиках под действием температуры происходит изменение объема жидкости или газа (ртуть, ацетон, спирт, азот и др.). Изменение объема преобразуется в перемещение мембран, сильфонов и манометрических трубок.



1. мембрана
2. капилляр
3. термобаллон
4. шкала прибор



1. сильфон
2. труба
3. термобаллон
4. шкала прибор

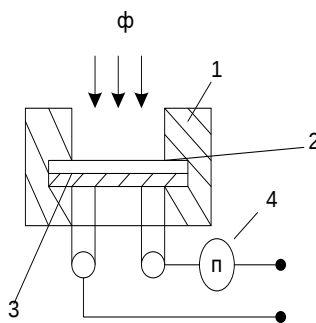


1. манометрич. труба
2. капилляр
3. термобаллон
4. шкала

Рис. 1.13 Манометрические датчики

Радиационные датчики. Это датчики, которые реагируют на световой луч или изменение освещенности. В качестве чувствительных элементов применяют фоторезисторы, фотодиоды, фототриоды, фото, светоизлучающие диоды, электровакуумные фотоэлементы.

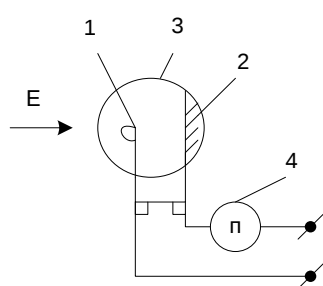
В такого типа датчиках, как фоторезисторы, под действием квантов света увеличивается количество свободных электронов, в этом случае уменьшается электрическое сопротивление полупроводникового слоя и растет величина тока, проникающего через этот слой (внутренний фотоэффект).



1 – пластмассовый корпус, 2 – слой лака,
3 – полупроводниковый слой, 4 – показывающий прибор

Рис. 1.14 Устройство фоторезистора

Такие приборы обладают высокой чувствительностью, простые по конструкции, имеют небольшие габариты, работают в цепях тока. Недостатки – зависимость сопротивления от температуры, нелинейность характеристики, большая инерционность при малых световых потоках.



- 1 – анод,
- 2 – катод,
- 3 - стеклянная колба,
- 4 - показывающий прибор

Рис. 1.15 Вакуумный фотоэлемент

Фотоэлемент работает в режиме насыщения, когда фототок зависит только от освещенности. Электроны покидают светочувствительный слой и идут к аноду (внешний фотоэффект). Для увеличения чувствительности колбу заполняют инертным газом, электроны ионизируют газ и под действием электрического поля увеличивается ток, ионные фотоэлементы. Такие фотоэлементы мало инерционны, но имеют небольшой срок службы, низкая чувствительность и малая выходная мощность.

Вопрос 2. Назначение, принцип работы приборов контроля параметров расхода, уровня

Расходом вещества называется количество вещества, проходящее через данное сечение трубопровода в единицу времени. Массовый расход измеряется в кг/с, объемный - в м³/с.

$$Q = V / t \tag{1.1}$$

где: V – объем вещества,

t – время прохождения.

Прибор, измеряющий расход вещества, проходящего через данное сечение трубопровода в единицу времени, называется расходомером. Если прибор имеет интегрирующее устройство со счетчиком и служит для

одновременного измерения и количества вещества, то его называют расходомером со счетчиком.

Для учета количества потребляемой воды в системах водоснабжения зданий устанавливают водосчетчики или расходомеры - контрольно-измерительные приборы.

Счетчики воды устанавливают на вводах холодного и горячего водоснабжения в каждое здание, а также на вводах в каждую квартиру и на всех ответвлениях трубопроводов в отдельные помещения: магазины, рестораны и др. Различают водомерные узлы простые (без обводной линии) и с обводной линией, на которой устанавливают вентиль или задвижку в закрытом (опломбированном) положении.

Водомерный узел с обводной линией применяют, главным образом, на объединенных системах хозяйственно-питьевого и противопожарного водопровода для пропуска воды на пожар по обводной линии, минуя счетчик, а также в зданиях, где недопустим перерыв в подаче воды.

Запорную арматуру (вентили или задвижки) устанавливают перед водосчетчиком и после него. Между водосчетчиком и запорной арматурой по направлению движения воды устанавливают контрольно-спускной кран (или патрубок с пробкой), который служит для спуска воды из системы внутреннего водопровода, контроля располагаемого напора, проверки правильности показания водосчетчика.

Для учета количества воды, расходуемой в зданиях, применяют крыльчатые и турбинные скоростные водосчетчики. Принцип действия счетчиков основан на учете частоты вращения помещенной в поток воды вращающейся крыльчатки или турбинки. Скорость вращения крыльчатки или турбинки пропорциональна средней скорости движения воды в месте установки прибора.

Перед водосчетчиками рекомендуется предусматривать прямой участок трубы длиной, равной пяти ее диаметрам. Водосчетчики бывают холодноводные, горячеводные, суховодные.

Потерю напора определяют по формуле:

$$h_{cq} = S \cdot q_p^2, \quad (1.2)$$

где S – гидравлическое сопротивление счетчика, $\text{м}/(\text{л}/\text{с})^2$; q_p – расчетный максимальный секундный расход воды, $\text{л}/\text{с}$.

Методы измерения расхода

Метод переменного перепада давления – является самым распространенным и изученным методом измерения расхода жидкости, пара и газа.

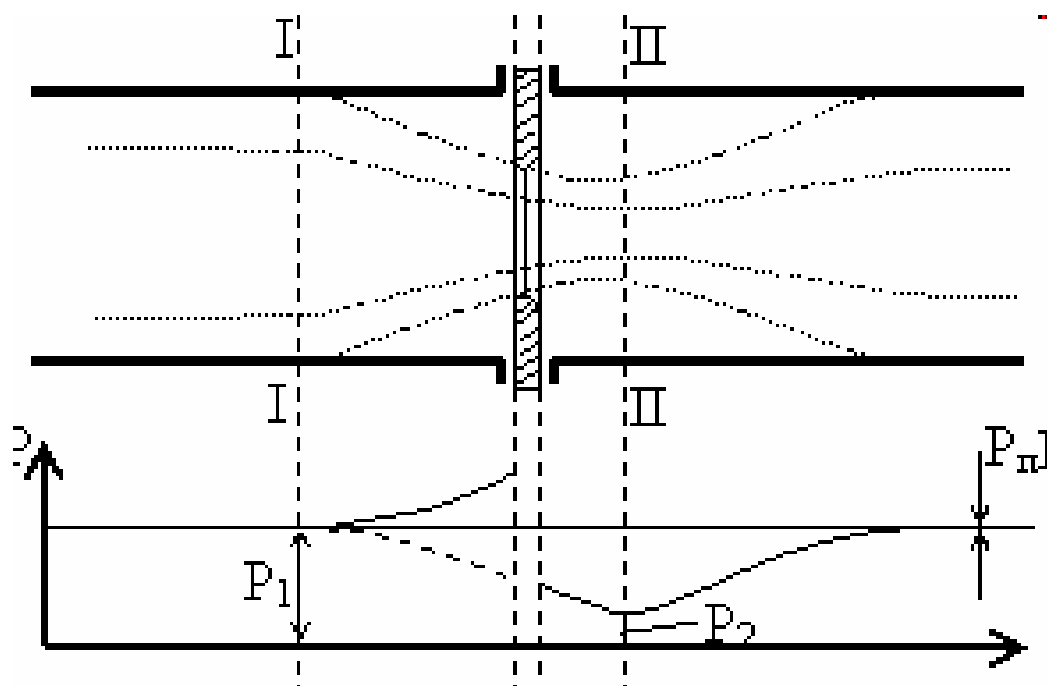


Рис. 1.16 Схема измерения расхода методом переменного перепада давления

Наиболее часто из них применяются диафрагмы, которые представляют собой тонкий диск, установленный в трубопровод так, чтобы его отверстие было концентрично внутреннему контуру сечения трубопровода. Сужение потока начинается до диафрагмы. Затем на некотором расстоянии за ней благодаря действию сил инерции, поток сужается до минимального значения, а далее постепенно расширяется до полного сечения трубопровода. Перед диафрагмой и за ней образуются зоны вихревого движения.

I - I - сечение потока до искажения формы.

II - II - сечение в месте максимального сужения.

P_n - потери давления на трение и завихрения.

Разность давлений $P_1 - P_2$ зависит от расхода среды, протекающей через трубопровод.

В методе постоянного перепада давления применяются гидродинамические, поршневые, поплавковые, ротаметрические расходомеры.

Наиболее распространенными приборами группы расходомеров постоянного перепада давления являются ротаметры, которые имеют ряд преимуществ перед расходомерами переменного перепада давления:

а) потери P_n незначительны и не зависят от расхода;

б) имеют большой диапазон измерения и позволяют измерять малые расходы.

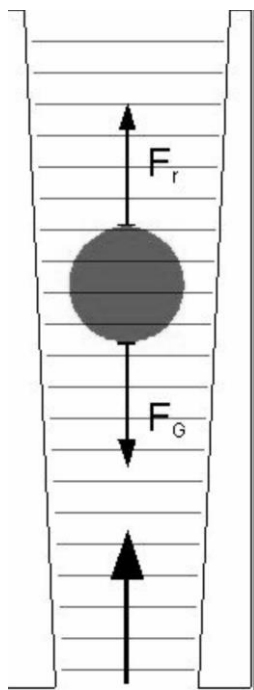


Рис. 1.17 Схема ротаметра

Принцип действия основан на измерении положения H поплавка, вращающегося в расширяющейся сверху трубке под влиянием направленной вверх струи.

Q - расход проходящего через трубку газа или жидкости,

α - угол наклона стенок трубки.

Зависимость Q от H нелинейна, но в начальном и среднем участках равномерность делений шкалы искажается в незначительной степени.

Ротаметрические трубки обычно изготавливаются из стекла, на которое наносится шкала.

Метод скоростного напора – измерение расхода основано на зависимости динамического напора от скорости потока измеряемой среды.

Дифманометр, соединяющий обетрубки, показывает динамическое давление, по которому судят о скорости потока и, следовательно, о расходе.

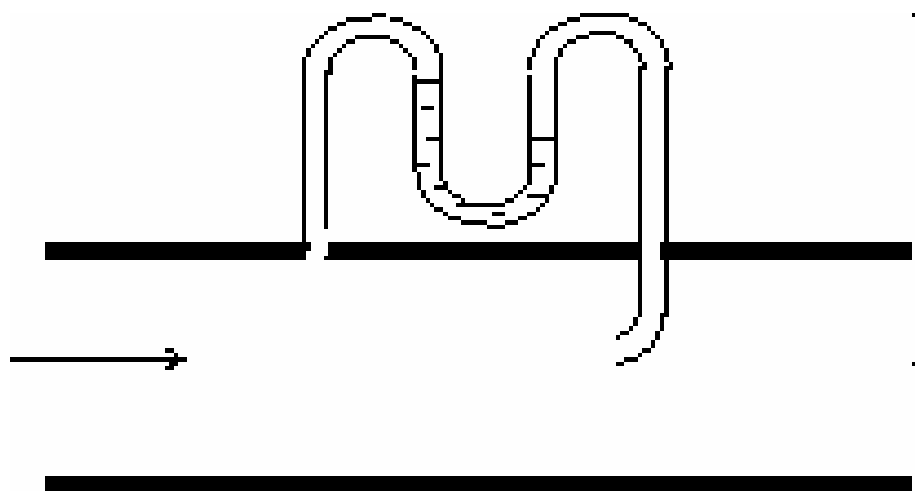


Рис. 1.18 Схема измерения расхода методом скоростного напора

Измерение уровня.

Уровень вещества — высота поверхности вещества, отсчитываемая относительно некоторой постоянной плоскости сравнения.

Уровнемер — прибор, предназначенный для определения уровня содержимого в открытых и закрытых резервуарах, хранилищах и так далее. Под содержимым подразумеваются разнообразные виды жидкостей, в том числе и газообразующие, а также сыпучие и другие материалы.

Уровнемеры так же называют датчиками/сигнализаторами уровня, преобразователями уровня.

Главное отличие уровнемера от сигнализатора уровня — это возможность измерять градации уровня, а не только его граничные значения.

В промышленном производстве в настоящее время существует разнообразный ряд технических средств, решающих задачу измерения и контроля уровня. Средства измерения уровня реализуют разнообразные методы, основанные на различных физических принципах. К наиболее распространённым методам измерения уровня, которые позволяют преобразовать значение уровня в электрическую величину и передавать её значение в системы АСУ ТП относятся:

- контактные методы:

- волноводный;
- поплавковый,
- ёмкостной,
- гидростатический,
- буйковый;
- бесконтактные методы:
- зондирование звуком,
- зондирование электромагнитным излучением,
- зондирование радиационным излучением.

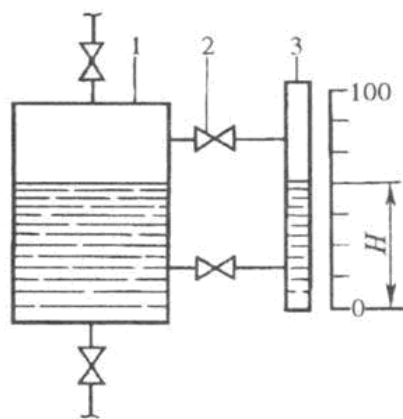


Рис. 1.19 Схема визуального уровнемера

Визуальные уровнемеры (рис. 1.19) - простейшие измерители уровня жидкости. К технологическому аппарату 1 через запорные вентили 2 подсоединено указательное стекло (трубка 3). Аппарат и трубка представляют собой сообщающиеся сосуды, поэтому уровень H жидкости в трубке всегда равен ее уровню в аппарате и отсчитывается по шкале.

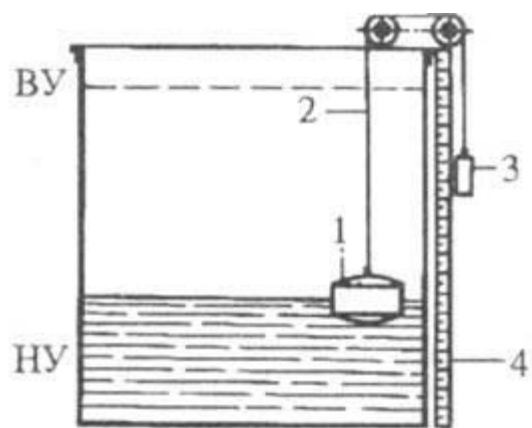


Рис. 1.20 Схема поплавкового уровнемера

Поплавковые уровнемеры. Чувствительный элемент - поплавок, находящийся на поверхности жидкости (рис. 1.20). Поплавок 1 уравнивается грузом 3, который связан с поплавком гибким тросом 2. Уровень жидкости определяется положением груза относительно шкалы 4. Пределы измерений устанавливают в соответствии с принятыми значениями верхнего (ВУ) и нижнего (НУ) уровней.

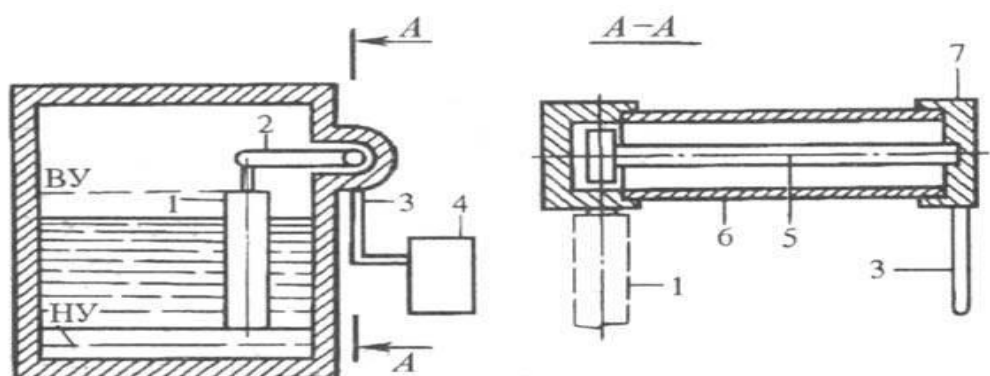


Рис. 1.21 Схема буйкового уровнемера

Значительно надежнее тонущие поплавки - массивные буйки (рис. 1.21). При изменении уровня жидкости по закону Архимеда изменяется действующая на конец рычага 2 выталкивающая сила (вес буйка 1). Соответствующий момент сил, действующих на рычаг 2, от буйка передается через вал 5, закрепленный в донышке 7, на трубку 6 и уравнивается моментом ее скручивания. Изменение угла скручивания трубки пропорционально величине уровня.

В отличие от уровнемеров, датчики уровня (рис. 1.22) показывают граничные значения уровней (максимальный уровень, минимальный уровень, аварийный уровень и др.). В установках автоматического пожаротушения датчики уровня и реле уровня получили широкое распространение.

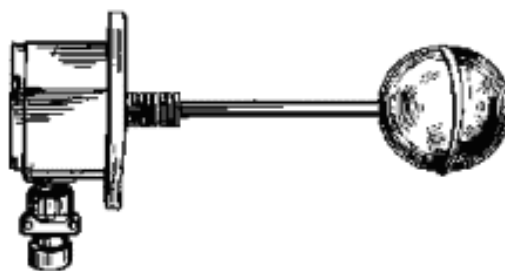


Рис. 1.22 Датчик-реле уровня типа ДРУ-1

Датчики-реле уровня включаются в общую схему систем автоматики и в автоматическом режиме могут управлять заполнением различных резервуаров, контролировать уровень жидкости в них, а также в случае аварийного падения уровня выдавать сигнал об аварии.

Контрольные вопросы.

1. Что такое технологический процесс?
2. На какие виды подразделяется АСУ?
3. Какие существуют виды автоматизации?
4. Какие существуют методы измерения расхода?
5. Какие существуют виды измерительных преобразователей?

Лекция 2. «Анализаторы взрывоопасных газов и паров»

Вопрос 1. Принципы построения анализаторов взрывоопасных газов и паров. Автоматический аналитический контроль, основные понятия и определения

Оснащение производства контрольно-измерительными и регулирующими приборами должно быть решено таким образом, чтобы оно воссоздавало полную картину протекания технологического процесса. 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 производств, где обращаются горючие газы и жидкости.

Нарушение пропорции этих веществ в смеси с воздухом или взаимного их соотношения (сероводород - воздух в печах дожига - производства серы), (кислород-этилен в реакторах 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 быстрым ростом нефтехимической и химической промышленности, в которых своевременное обнаружение горючих газов и паров в воздухе производственных помещений, в концентрациях, значительно меньше взрывоопасных, и их локализация является важной задачей.

Обычные лабораторные анализы, дают информацию только о промежуточном состоянии процесса, и, как правило, со значительным опозданием, в отношении оперативной оценки сложившейся ситуации.

Автоматический аналитический контроль обеспечивает определение концентрации контролируемого компонента в анализируемой смеси, а результат измерения прибор показывает или записывает, в отдельных случаях, при необходимости, выдает светозвуковой сигнал.

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

Анализатор относится к числу устройств, которые действуют полностью автоматически и могут служить в качестве элементов автоматических регулирующих систем, а также могут быть использованы в схемах автоматической защиты. Они представляют собой стационарные устройства непрерывного действия.

Полуавтоматический анализатор, (индикатор) - устройство, предполагающее в своей работе наличие ручных операций по периодическому забору анализируемой смеси и в дополнительной обработке результатов анализа. Приборы такого типа не могут применяться в качестве элементов регулирующих систем и систем защиты.

Анализаторы классифицируются по ряду признаков. По принципу действия анализаторы разделяют на две группы. Анализаторы, основанные на физических принципах - 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.

Анализа торы, осно ванные на физико-хими ческих принципах, измеряют параметры, сопровождающие химиче скую реак цию, в которой определяемое вещество либо участвует само, либо на кото рую оно оказывает существенное влияние.

По числу определяе мых компонен тов анализаторы разделяются на одно и многокомпонентные.

По физическому (агрегатному) состоя нию анализируемого вещества анализаторы разделяются на анализаторы жид костей, твердых веществ и газоанализаторы.

Самую большую группу анализат оров пре дставляют газоанализаторы, которые первыми стали прим еняться в производственной практике.

Типы приборов для анализа газов могут быть объединены в зависимости от использования тех или и ных физ ико-химических свойств определяемых веществ в следующие груп пы:

- тепловые,
- термохимические,
- термомагнитные,
- фотоколориметрические,
- оптико-акустические,
- спектральные,
- хромотографические.

Вопрос 2. Назначение, принцип работы термохимических газоанализаторов

Для опре деления взрывоопасности газопаровоздушных сред пользуются газоанализато рами, опред еляющими концентрацию в воздухе того или

инного горючего газа или пара. 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 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 группе* относятся 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 полезный тепловой эффект измеряется расположенным на носителе термочувствительным элементом (рис. 2.1).

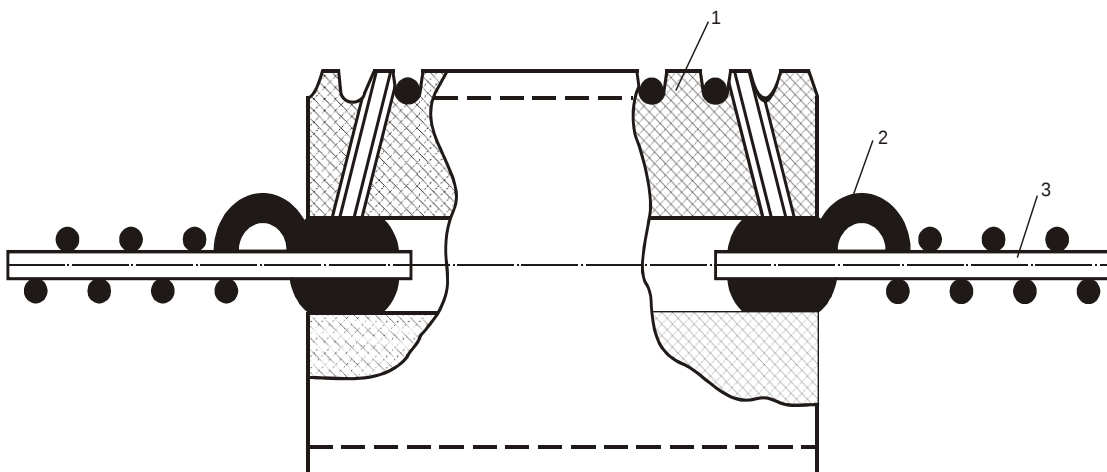


Рис. 2.1 Схема чувствительного элемента

1 - цилиндр из окиси алюминия; 2 - платиновая спираль; 3 - контактные выводы

Носителями обычно служат материалы, имеющие большую поверхность на единицу объема, такие, как активная окись алюминия, асбест. Для полного окисления газообразующих продуктов требуется температура более 1000 °С, катализаторы же снижают эту температуру.

Тепловой эффект и температуру измеряют компенсационным или нулевым методом измерения.

Первыми разработками в области приборов, определяющих степень загазованности производственных помещений горючими газами или парами, являются переносной газоанализатор горючих газов и паров типа ПГФ1 и в последующем его модификации ПГФ1-В1А, ПГФ2-В3Г в искробезопасном исполнении.

На основе ПГФ1 был разработан прибор ГБЗ для измерения концентраций этилированных бензинов. Для измерения концентраций бензина и метана разработан прибор МБ2. Первыми отечественными стационарными приборами были приборы типа СГГ – сигнализаторы горючих газов. Эти приборы 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 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 в этих приборах является универсальная шкала, построенная на основе закономерностей горения различных горючих веществ в воздухе при нижнем концентрационном пределе воспламенения.

Повышение температуры платиновой нити при горении на ней газа выражается общей формулой, принятой при термохимических расчетах:

$$\frac{\alpha}{100} = \alpha_1 Q_n \left(1 - \frac{\beta}{100} \right) = \sum_{vc} \Delta t, \quad (2.1)$$

где α – полнота реакции; α_1 – число молей реагирующего вещества; Q_n – теплота сгорания; β – потери тепла в окружающую среду; $\sum_{vc}$ – теплосодержание продуктов реакции и балластного газа; Δt – повышение температуры нити.

Из соотношения (1) имеем:

$$\Delta t = \frac{\alpha}{100} \alpha_1 \frac{Q_n}{\sum_{vc}} \left(1 - \frac{\beta}{100} \right). \quad (2.2)$$

При одних и тех же конструктивных параметрах камеры, где расположена рабочая спираль, коэффициент зависит только от теплопроводности газа и температуры нити.

Так как в анализируемой смеси находится небольшое количество горючих паров или газов, то без особой погрешности можно принять во всех случаях теплопроводность среды примерно одинаковой и мало отличающейся от теплопроводности воздуха.

Выражение Σ_{vc} при небольших примесях различных горючих паров и газов к воздуху также может быть принято постоянным, так как в основном оно определяется теплосодержанием воздуха, который во всех случаях составляет не менее 96 – 97 % смеси.

Следовательно, для прибора одного и того же типа формула (2) примет вид:

$$\Delta t = K \alpha \alpha_1 Q_n, \quad (2.3)$$

где K – константа, постоянная для данного типа газоанализатора.

Таким образом, при одинаковых конструктивных параметрах прибора повышение температуры платиновой нити при горении на ней различных горючих веществ является функцией теплоты сгорания данного вещества, его концентрации и полноты реакции:

$$\Delta t = f(Q_n, \alpha, \alpha_1). \quad (2.4)$$

Теплота сгорания Q_n многих паров горючих веществ близки между собой, а полнота реакции определяется условиями диффузии горючего вещества к нити, каталитической активностью нити, условиями конвекции и другими факторами.

Температура пламени для некоторых газозоудных смесей на нижнем концентрационном пределе распространения пламени (НКПР) приведена в таблице 2.1.

Таблица 2.1 Температура пламени для газозоудных смесей на нижнем концентрационном пределе распространения пламени

Горючий газ	Нижний предел воспламенения, об. %	Температура пламени, °С
Метан	5,0	1225
Этан	2,9	1218

Горючий газ	Нижний предел воспламенения, об. %	Температура пламени, °С
Про пан	2,1	1233
Б утан	1,8	1340
Пе нтан	1,4	1292
Гекса н	1,3	1361
Гепта н	1,0	1341

Как видно из таблицы 1, температура пламени при горении различных горючих веществ в воздухе 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 для одних и тех же условий 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.

Более строго постоянство температуры горения газовых смесей на нижнем концентрационном пределе распространения пламени доказано Я.Б. Зельдовичем. Он получил количественное решение задачи определения пределов распространения пламени (пределов воспламенения), согласно которому температура горения на нижнем пределе воспламенения весьма слабо зависит от начальной температуры состава смеси. Согласно этой теории, появление пределов распространения пламени (концентрационных пределов воспламенения) обуславливается неадиабатичностью процесса горения вследствие теплопотерь в окружающую среду. Наличие этих теплопотерь вызывает необходимость предположения конечных пределов значений скорости распространения пламени. Эти конечные значения определяют концентрационные пределы распространения пламени.

Сравнительные характеристики современных стационарных термохимических газоанализаторов приведены в таблице 2.2. Схема принудительного забора контролируемой среды на анализ показана на рисунке 2.2.

Таблица 2.2 Характеристики современных стационарных термохимических газоанализаторов

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

Тип газоанализатора	Количество датчиков/ взрывозащита (1ExdibIICT3)	Вид забора смеси на анализ	Вид анализируемой смеси
ГАЗОТЕСТ-3001/3003	от 1 до 3 1ExibdsIICT6	Диффузионный	Суммагорючих паров и газов в воздухе (C_x/H_y)

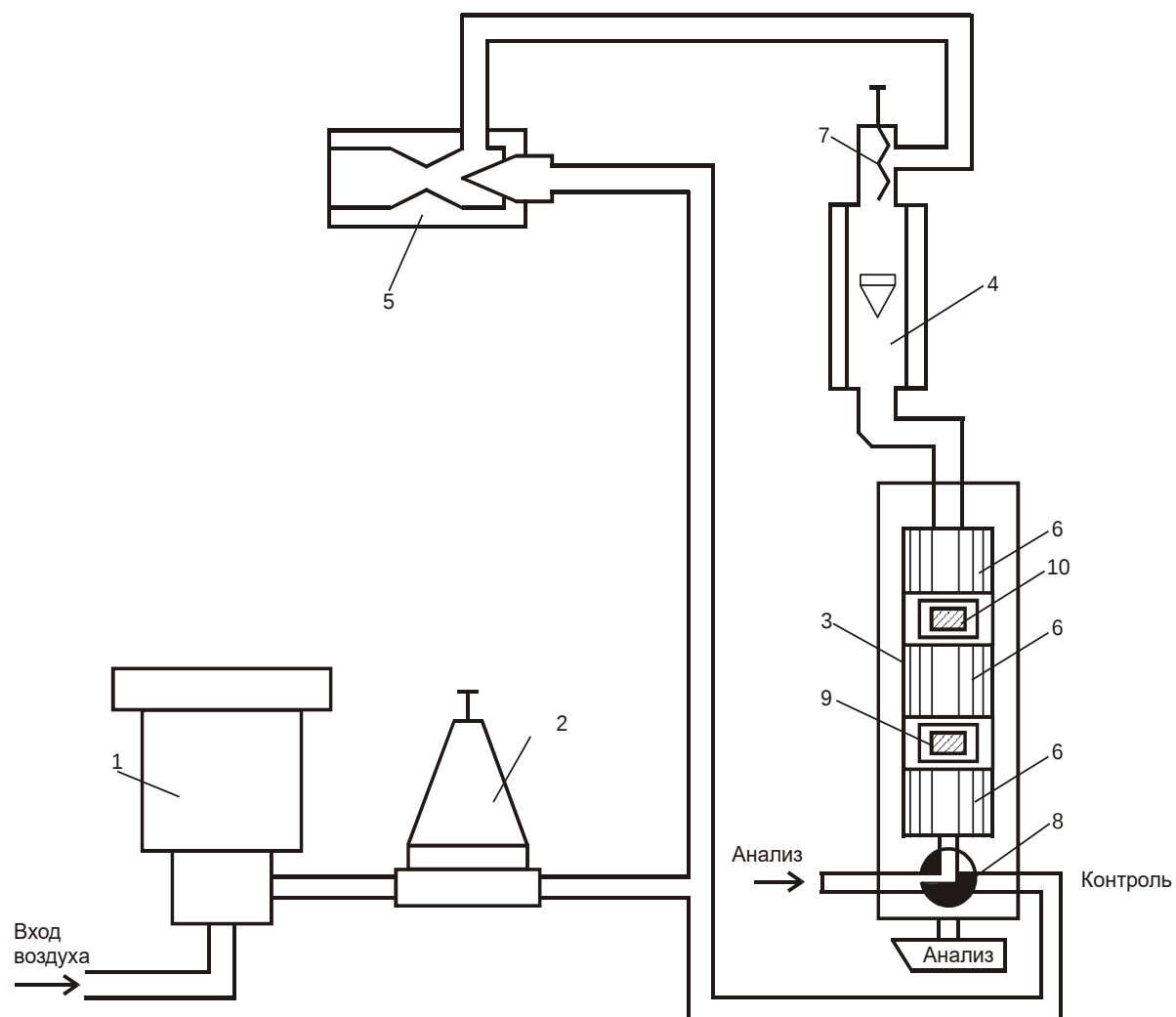


Рис. 2.2 Схема принудительного забора анализируемой смеси на анализ:

1 – фильтр; 2 – редуктор давления; 3 – датчик; 4 – ротаметр; 5 – воздушный эжектор;
 6 – взрывозащитное устройство; 7 – вентиль ротаметра; 8 – кран-переключатель;
 9 – сравнительный чувствительный элемент; 10 – рабочий чувствительный элемент

Вопрос 3. Требования на установку газоанализаторов в производственных помещениях и на промышленных территориях

Условия эксплуатации, особенности монтажа и порядок установки автоматических стационарных газоанализаторов-сигнализаторов регламентированы «Правилами пожарной безопасности при эксплуатации предприятий химической промышленности» (ВНЭ 5-79), «Общими правилами взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств (ПБ-09-170-97)», «Требованиями к установке сигнализаторов и газоанализаторов» (ТУ-газ-86) и инструкциями заводов-изготовителей. В соответствии с этими документами проектные организации определяют тип, количество газоанализаторов и места отбора проб газопаровоздушных смесей с учетом местных условий, физико-химических и взрывопожароопасных свойств обращающихся веществ и технологических особенностей производства.

Блоки сигнализации и питания газоанализаторов изготавливаются в обыкновенном исполнении с маркировкой и должны быть установлены за пределами взрывоопасных зон. Датчики и блоки датчиков выполнены взрывозащищенными с маркировкой взрывозащиты и могут эксплуатироваться во взрывоопасных зонах помещений всех классов и наружных установок согласно «Правилам устройства электроустановок» (ПУЭ) и другим документам, регламентирующим применение электрооборудования во взрывоопасных условиях.

Содержание механических, агрессивных примесей: хлора, серы, фосфора, мышьяка, сурьмы и их соединений в окружающей и контролируемой среде, отравляющих каталитически активные элементы датчика, не должно превышать предельно допустимых концентраций (ПДК).

Автоматические газоанализаторы могут эксплуатироваться в следующих условиях:

- температура окружающей и контролируемой среды:

 - от -45 до $+50$ °С – для датчиков;

 - от $+1$ до $+50$ °С – для блока датчика и блока сигнализации и питания;

- относительная влажность окружающей и контролируемой среды до 90 % при температуре 25 °С.

Газоанализаторы, укомплектованные датчиками с принудительной подачей контролируемой среды, требуют наличия в месте установки датчика линии сжатого воздуха давлением от 0,25 до 0,6 МПа (от 2,5 до 6 кгс/см²). Объемный расход контролируемой среды через датчик, в соответствии с техническим описанием прибора, устанавливается в пределах 25 – 48 л/ч.

Согласно ТУ-газ-86, сигнализаторы взрывоопасных концентраций необходимо устанавливать во взрывоопасных зонах классов В-1а, В-1б, В-1г, а также в заглубленных помещениях с нормальной средой, куда возможно затекание горючих газов и паров. Вторичные приборы газоанализаторов должны автоматически включать светозвуковую сигнализацию, оповещающую о наличии опасных концентраций взрывоопасных и вредных веществ.

В случаях необходимости, определяемой проектной организацией, от импульса датчиков взрывных концентраций предусматривается автоматическое отключение технологического оборудования или включение системы защиты.

Световой и звуковой сигналы о наличии взрывоопасных концентраций подаются для постоянно обслуживаемых помещений – в загазованное помещение, для периодически обслуживаемых помещений – у входа в помещение. Данные сигналы также одновременно подаются в операторную или пункт управления производственным комплексом.

Сигналы о срабатывании датчика сигнализатора до взрывных концентраций, установленного на открытой площадке, необходимо подавать в операторную или пункт управления производственным комплексом – световой и звуковой; на открытую площадку – только звуковой.

Световая сигнализация оформляется в виде светового табло, устанавливаемого в хорошо обозреваемом месте, отдельно от сигнализации параметров технологического контроля.

В производственных помещениях с наличием аварийной вытяжной вентиляции блоки сигнализации и питания блокируются с пуском аварийной вентиляции. Она должна автоматически включаться в работу при срабатывании датчиков газоанализаторов.

Монтаж газоанализаторов и подвод электрических цепей к ним проводится в строгом соответствии с действующими: «Инструкцией по монтажу электрооборудования силовых и осветительных цепей взрывоопасных зон» (для организаций, входящих в состав ассоциации Росэлектромонтаж) от 05.05.2017 года и техническим описанием на приборы.

Для соединения датчика с блоком сигнализации и питания рекомендуется использовать кабель типа РПШЭ 4×1,5 (РПШЕ 4×1,5) или любой другой четырехжильный кабель с наружным диаметром не менее 0,8 и не более 12,5 мм и сопротивлением каждой жилы не более 8 – 10 Ом при длине, равной расстоянию от датчика до блока сигнализации и питания. Электрическое сопротивление изоляции цепей датчика должно быть не менее 20 МОм.

Каждый блок сигнализации и питания заземляется с помощью заземляющего зажима медным проводом сечением 2 – 3 мм². Сопротивление цепи заземления должно составлять не более 4 Ом.

Устанавливаются газоанализаторы в наиболее опасных производственных помещениях точки зрения возможности образования

взрывоопасных смесей (компрессорные горючих газов, насосные сжиженных газов, насосные и складские помещения легко воспламеняющихся и горючих жидкостей). Поэтому отбор проб контролируемого воздуха к датчикам сигнализаторов и газоанализаторов предусматривается в местах наиболее вероятного выделения и скопления газов и паров в зависимости от их свойств, количества, а также конструктивных особенностей технологического оборудования с соблюдением при этом указаний, изложенных в главе 2 ТУ-газ-86.

В помещениях компрессорных датчик сигнализатора устанавливается у каждого компрессорного агрегата в районе возможных источников утечек перекачиваемой среды (сальники, лабиринтные уплотнения и т.д.) на расстоянии не более 1 м (по горизонтали) от них.

В помещениях насосных сжиженных газом устанавливается один датчик сигнализатора для взрывных концентраций на насос или группу насосов при условии, если расстояние от датчика до наиболее удаленного места возможных утечек в этой группе насосов не превышает 3 м (по горизонтали).

В помещениях насосных легко воспламеняющихся жидкостей, а также в других взрывоопасных помещениях предусматривается одно пробоотборное устройство сигнализаторов взрывных концентраций на группу насосов, аппаратов или другого оборудования, при этом расстояние от пробоотборного устройства до наиболее удаленной точки возможных утечек в этой группе насосов, аппаратов или другого оборудования не должно превышать 4 м (по горизонтали). Пример размещения датчиков сигнализаторов во взрывоопасных помещениях приведен на рисунке 2.3.

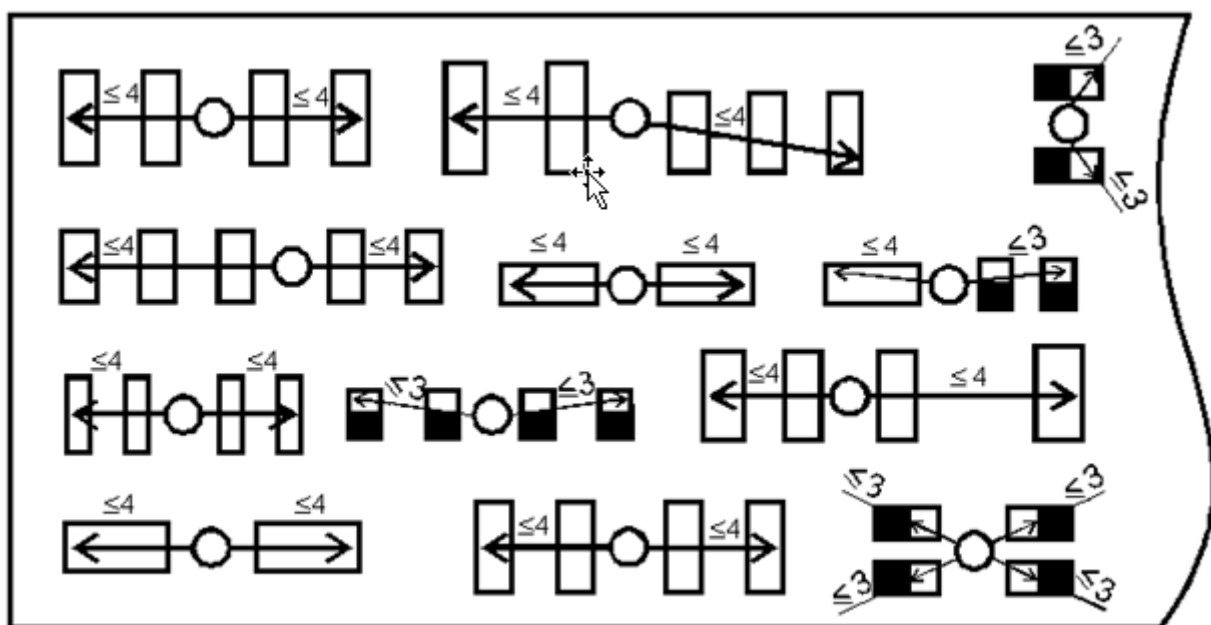


Рис. 2.3 Пример расположения датчиков сигнализаторов до взрывоопасных концентраций насосных сжиженных газов и ЛВЖ
(■ — насосы, перекачивающие сжиженные газы)

В заглубленных помещениях насосных сточных вод, оборотного водоснабжения и др., куда возможно течение взрывоопасных газов и паров извне, а также складских помещений при хранении в них ЛВЖ и горючих газов устанавливается по одному приборному устройству на каждые 100 м² площади помещения, но не менее одного датчика на помещение.

Проборные устройства сигнализаторов до взрывных концентраций размещаются по высоте помещений в соответствии с плотностью газов и паров по воздуху (приложение 1 ТУ-газ-86) следующим образом:

- при выделении легких газов плотностью по воздуху не менее 1 – над источником;
- при выделении газов с плотностью по воздуху от 1 до 1,5 – на высоте источника или ниже его;

- при выделении газов и паров плотностью по воздуху более 1,5 – не выше 0,5 м от пола.

При наличии в производственном помещении смеси горючих газов и паров с различными плотностями отборные устройства сигнализаторов размещаются по высоте, исходя из плотности того компонента смеси, для которого величина отношения $C / \text{НКПР}$ – наибольшая, где C – концентрация компонента в смеси. НКПР и C независимо друг от друга могут быть в любых единицах измерения, но одинаковых для всех компонентов смеси.

Если установка сигнализаторов и газоанализаторов производится в помещениях с неплотными или решетчатыми междуэтажными перекрытиями, каждый этаж следует рассматривать как самостоятельное помещение. Допускается (за исключением компрессорных и насосных сжиженных газов) применять автоматические переключатели для попеременной подачи проб контролируемого воздуха от нескольких точек отбора к одному датчику. При этом периодичность анализа для каждой точки отбора не должна превышать 10 мин.

Газоподводящие линии к датчикам сигнализаторов и газоанализаторов выполняются из коррозионно-устойчивых труб с внутренним диаметром от 6 до 12 мм. В месте отбора проб анализируемого воздуха они заканчиваются обращенными вниз воронками высотой от 100 до 150 мм и диаметром от 50 до 100 мм. Время запаздывания поступления проб к датчику за счет длины газоподводящих линий не должно превышать 60 с.

Правила размещения датчиков газоанализаторов на открытых технологических установках (ОТУ) несколько отличаются от правил размещения датчиков в производственных помещениях. Это обусловлено, во-первых, высокой вероятностью образования зон взрывоопасных концентраций на промышленной территории ОТУ как при нормальном

(регламентном) режиме работы технологического оборудования, так и при аварийной разгерметизации (полной или частичной) аппаратов, технологических трубопроводов, приводящей к мгновенному выбросу большого количества углеводородного топлива, загазованности территории и образованию облака топливоздушнoй смеси (ТВС). Во-вторых, большим числом факторов, влияющих на рассеивание взрывоопасного облака (скорость и направление ветра на момент аварии, характеристика и производительность источника выброса, рельеф местности, состояние атмосферы и т.д.) и, следовательно, невозможностью точно предсказать время образования и координаты области сигнальной концентрации (5 – 50 % НКПР).

Критерием рационального размещения датчиков на промышленной территории является исключение неконтролируемого передвижения облака ТВС за границу технологической установки и предотвращение цепного механизма развития аварии.

Радиус обслуживания датчика R конвекционно-диффузионного типа характеризуется аналитической зависимостью

$$R = \left[\frac{r_D^2 V_f - V_f^3}{U_v r_D \sin \gamma} \right]^{0,5} \left[K \frac{\rho - \rho_a}{\rho_a} g H \right]^{0,25}, \quad (2.5)$$

где r_D – расстояние от места аварийного выброса до датчика, м; V_f – расстояние от места аварийного выброса до границы установки, м; U_v – скорость ветра, м/с; γ – угол направления ветрового потока; ρ – плотность вещества в ТВС, кг/м³; ρ_a – плотность воздуха, кг/м³; g – ускорение свободного падения, м/с²; H – высота облака ТВС, м; K – безразмерный коэффициент.

Результаты исследования данной зависимости показали, что величина радиуса обслуживания R датчика газоанализатора конвекционно-диффузионного типа в среднем составляет 10 м. Данная величина зафиксирована и в действующем нормативном документе ТУ-газ-

86, определяющем требования к установке сигнализаторов–газоанализаторов. Согласно этому документу, при размещении датчика на промышленной территории ОТУ необходимо соблюдать следующие требования:

Размещать датчики только на той части площади открытой установки, где расположено оборудование с взрывопожароопасными продуктами.

Ближайшие датчики не должны удаляться более чем на 6 м от внешнего периметра открытой установки в сторону расположения на ней оборудования, за исключением случаев, когда оборудование не имеет взрывопожароопасных продуктов. Датчики каждого последующего ряда по отношению к предыдущему ряду датчиков должны быть смещены на величину их радиуса обслуживания, т.е. расположены в шахматном порядке (рис. 2.4).

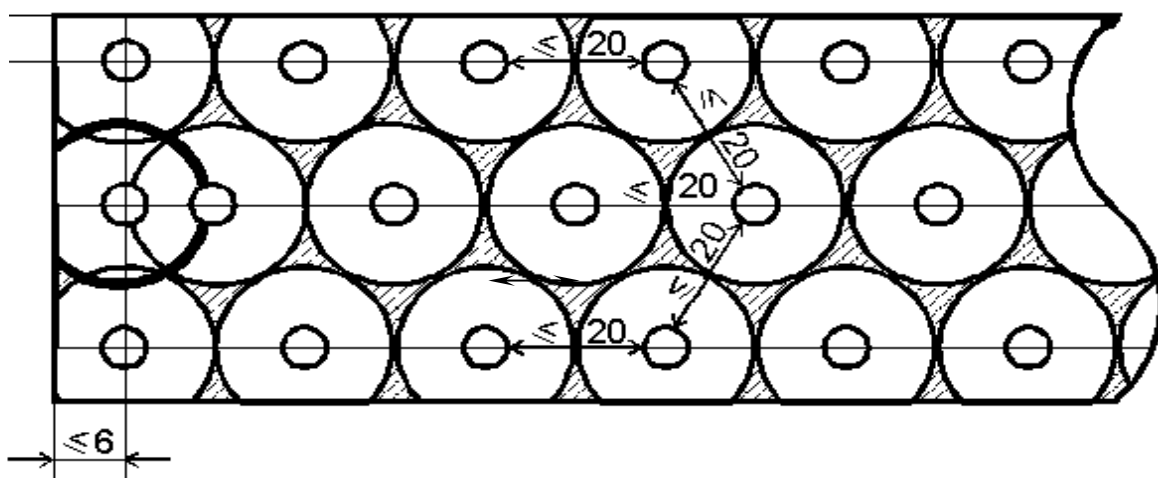


Рис. 2.4 Примерный порядок расположения датчиков сигнализаторов взрывоопасных концентраций на открытой установке:

○ – места установки датчиков; // – пространства («мертвые») зоны, которые не следует учитывать при расстановке датчиков

Датчики сигнализаторов дозрывных концентраций следует устанавливать в местах наиболее вероятного выделения и скопления горючих паров и газов, но во всех случаях радиус обслуживания одного датчика не должен превышать 10 м. При физическом определении требуемого количества датчиков образующиеся между кругами зон защиты пространства («мертвые зоны»), не обслуживаемые датчиками, учитывать не следует.

Датчики сигнализаторов следует располагать на высоте 0,5 – 1 м от нулевой отметки.

На многоярусных открытых этажерках датчики устанавливаются только на нулевой отметке.

По периметру наружной установки, обращенному к печам, должно быть установлено не менее одного датчика на печь, при этом датчики сигнализаторов устанавливаются против каждой стороны печи, обращенной к открытой установке.

Расстояние от места расположения датчиков сигнализаторов до печей должно быть не менее 15 м.

В открытых компрессорных горючих зонах, насосных сжиженных газов и легко воспламеняющихся жидкостей, насосов, расфасованных по установке, датчики сигнализаторов дозрывных концентраций устанавливаются аналогично датчикам в компрессорных и насосных, расположенных в производственных помещениях.

К открытым насосным и компрессорным относятся:

- а) насосные и компрессорные, расположенные на открытых площадках или под навесами с частичным ограждением боковых сторон;
- б) насосные с частичным ограждением боковых сторон, расположенные под постаментом открытых этажерок;
- в) неотапливаемые компрессорные со съемным или раздвигающимся ограждением боковых сторон.

На сливноналивных эстакадах следует устанавливать один датчик на две цистерны на нулевой отметке вдоль каждого фронта налива и слива. При двухстороннем фронте налива или слива датчик располагать в шахматном порядке.

Контрольные вопросы.

1. Что обеспечивает автоматический аналитический контроль?
2. Что такое полуавтоматический анализатор?
3. На какие группы делятся термохимические приборы, в основе которых лежит термохимический метод?
4. Какой существует критерий рационального размещения датчиков на промышленной территории?
5. Что относится к открытым насосным и компрессорным?

Лекция 3. «Основные понятия теории автоматического регулирования»

Вопрос 1. Системы автоматического регулирования

С древних времен человек хотел использовать предметы и силы природы в своих целях, то есть *управлять* ими. Управлять можно неодушевленными предметами (например, перекатывая камень на другое место), животными (дрессировка), людьми (начальник – подчиненный).

Множество задач управления в современном мире связано с техническими системами – автомобилями, кораблями, самолетами, станками. Например, нужно поддерживать заданный курс корабля, высоту самолета, частоту вращения двигателя, температуру в холодильнике или в печи. Если эти задачи решаются без участия человека, говорят об *автоматическом управлении*.

Теория управления пытается ответить на вопрос «как нужно управлять?». До XIX века науки об управлении не существовало, хотя первые системы автоматического управления уже были (например, ветряные мельницы «научили» разворачиваться навстречу ветру). Развитие *теории* управления началось в период промышленной революции. Сначала это направление в науке разрабатывалось механиками для решения задач *регулирования*, то есть поддержания заданного значения частоты вращения, температуры, давления в технических устройствах (например, в паровых машинах). Отсюда происходит название «теория автоматического регулирования».

Позднее выяснилось, что принципы управления можно успешно применять не только в технике, но и в биологии, экономике, общественных науках. Процессы управления и обработки информации в системах любой природы изучает наука *кибернетика*. Один из ее разделов, связанный главным образом с техническими системами, называется *теорией*

автоматического управления. Кроме классических задач регулирования, она занимается также оптимизацией законов управления, вопросами приспособляемости (адаптации).

Иногда названия «теория автоматического управления» и «теория автоматического регулирования» используются как синонимы. Например, в современной зарубежной литературе вы встретите только один термин – *control theory*.

Из чего состоит система управления?

В задачах управления всегда есть два объекта – управляемый и управляющий. Управляемый объект обычно называют *объектом управления* или просто *объектом*, а управляющий объект – *регулятором*. Например, при управлении частотой вращения объект управления – это двигатель (электромотор, турбина); в задаче стабилизации курса корабля – корабль, погруженный в воду; в задаче поддержания уровня громкости – динамик.

Регуляторы могут быть построены на разных принципах. Самый знаменитый из первых механических регуляторов – центробежный регулятор Уатта для стабилизации частоты вращения паровой турбины (на рисунке). Когда частота вращения увеличивается, шарики расходятся из-за увеличения центробежной силы. При этом через систему рычагов немного закрывается заслонка, уменьшая поток пара на турбину.

Регулятор температуры в холодильнике или термостате – это электронная схема, которая включает режим охлаждения (или нагрева), если температура становится выше (или ниже) заданной.

Во многих современных системах регуляторы – это микропроцессорные устройства, компьютеры. Они успешно управляют самолетами и космическими кораблями без участия человека.

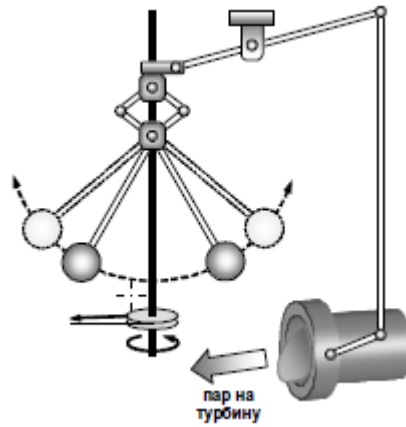


Рис. 3.1 Центробежный регулятор Уатта (механический регулятор) для стабилизации частоты вращения паровой турбины

Оыч но регулятор действует на объект управления не прямо, а через исполнительные механизмы (*приводы*), которые могут усиливать и преобразовывать сигнал управления, например, электрический сигнал может «превращаться» в перемещение клапана, регулирующего расход топлива, или в поворот руля на некоторый угол.

Чтобы регулятор мог «видеть», что фактически происходит с объектом, нужны *датчики*. С помощью датчиков чаще всего измеряются те характеристики объекта, которые нам нужно управлять. Кроме того, качество управления можно улучшить, если получать дополнительную информацию – измерять внутренние свойства объекта.

В типичную систему управления входят объект, регулятор, привод и датчики. Однако, набор этих элементов – еще не система. Для превращения в систему нужны *каналы связи*, через них идет обмен информацией между элементами. Для передачи информации могут использоваться электрический ток, воздух (пневматические системы), жидкость (гидравлические системы), компьютерные сети.

Взаимо связанные элементы – это уже *система*, которая обладает (за счет связей) особыми свойствами, которых нет у отдельных элементов и любой их комбинации.

Основная интрига управления связана с тем, что на объект действует окружающая среда – *внешние возмущения*, которые «мешают» регулятору выполнять поставленную задачу. Большинство возмущений заранее непредсказуемы, то есть носят случайный характер.

Кроме того, датчики измеряют параметры не точно, а с некоторой ошибкой, пусть и малой. В этом случае говорят о «шумах измерений» по аналогии с шумами в радиотехнике, которые искажают сигналы.

Подводя итог, можно нарисовать структурную схему системы управления так:

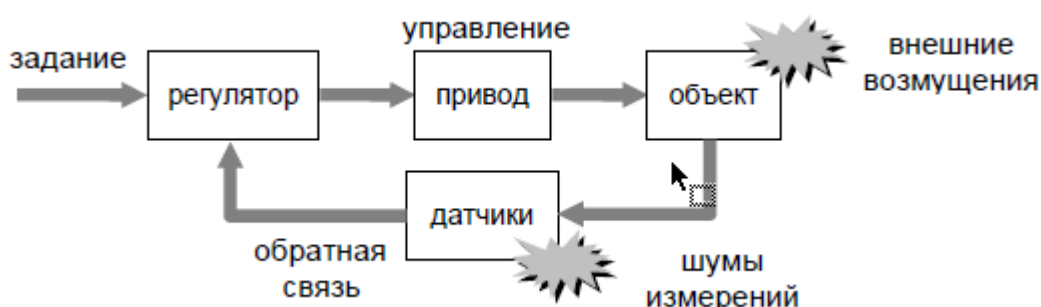


Рис. 3.2 Структурная схема системы управления

Например, в системе управления курсом корабля:

- *объект управления* – это сам корабль, находящийся в воде; для управления его курсом используется руль, изменяющий направление потока воды;
- *регулятор* – цифровая вычислительная машина;
- *привод* – рулевое устройство, которое усиливает управляющий электрический сигнал и преобразует его в поворот руля;
- *датчики* – измерительная система, определяющая фактический курс;

- *внешние возмущения* – это морское волнение и ветер, отклоняющие корабль от заданного курса;
- *шумы измерений* – это ошибки датчиков.

Информация в системе управления как бы «ходит по кругу»: регулятор выдает сигнал управления на привод, который воздействует непосредственно на объект; затем информация об объекте через датчики возвращается обратно к регулятору и все начинается заново. Говорят, что в системе есть *обратная связь*, то есть регулятор использует информацию о состоянии объекта для выработки управления. Системы с обратной связью называют *замкнутыми*, поскольку информация передается по замкнутому контуру.

Регулятор сравнивает задающий сигнал («задание», «установку», «желаемое значение») с сигналами обратной связи от датчиков и определяет *рассогласование (ошибку управления)* – разницу между заданным и фактическим состоянием. Если оно равно нулю, никакого управления не требуется. Если разница есть, регулятор выдает управляющий сигнал, который стремится свести рассогласование к нулю. Поэтому схему регулятора во многих случаях можно представить так:

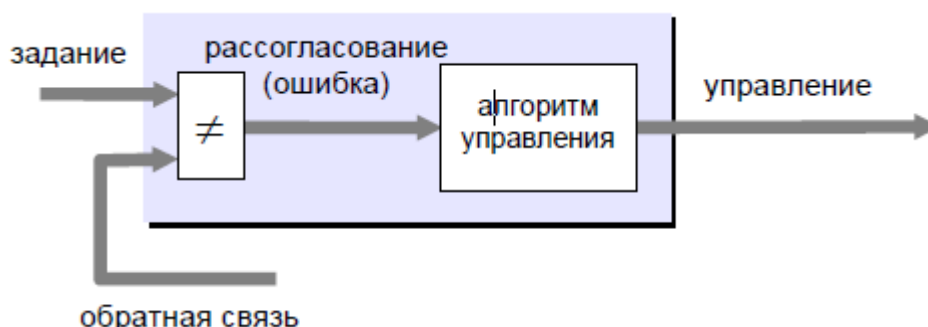


Рис. 3.3 Схема регулятора

Такая схема показывает *управление по ошибке* (или *по отклонению*). Это значит, что для того, чтобы регулятор начал действовать, нужно, чтобы управляемая величина *отклонилась* от заданного значения. Блок, обозначенный знаком $\neq$, находит рассогласование. В простейшем случае в нем из заданного значения вычитается сигнал обратной связи (измеренное значение).

Можно ли управлять объектом так, чтобы не было ошибки? В реальных системах – нет. Прежде всего, из-за внешних воздействий и шумов, которые заранее неизвестны. Кроме того, объекты управления обладают *инерционностью*, то есть, не могут мгновенно перейти из одного состояния в другое. Мощности регулятора и приводов (то есть мощность сигнала управления) всегда ограничены, поэтому быстродействие системы управления (скорость перехода на новый режим) также ограничена. Например, при управлении кораблем угол перекладки руля обычно не превышает 30 – 35°С, это ограничивает скорость изменения курса.

Мы рассмотрели вариант, когда обратная связь используется для того, чтобы уменьшить разницу между заданным и фактическим состоянием объекта управления. Такая обратная связь называется *отрицательной*, потому что сигнал обратной связи *вычитается* из задающего сигнала. Может ли быть наоборот? Оказывается, да. В этом случае обратная связь называется *положительной*, она *увеличивает* рассогласование, то есть, стремится «раскачать» систему. На практике положительная обратная связь применяется, например, в генераторах для поддержания незатухающих электрических колебаний.

Можно ли управлять, не используя обратную связь? В принципе, можно. В этом случае регулятор не получает никакой информации о реальном состоянии объекта, поэтому должно быть точно известно, как этот объект себя ведет. Только тогда можно заранее рассчитать, как им нужно управлять (построить нужную *программу* управления). Однако при этом нельзя

гарантировать, что задание будет выполнено. Такие системы называют *системами программного управления* или *разомкнутыми системами*, поскольку информация передается не по замкнутому контуру, а только в одном направлении.

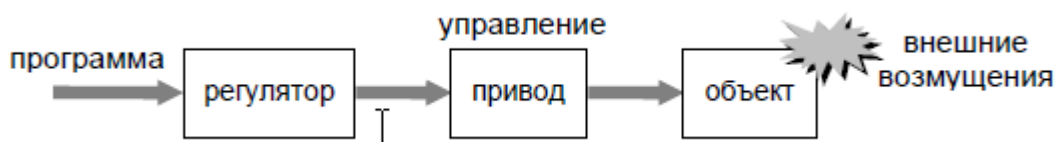


Рис. 3.4 Схема разомкнутой системы

Слепой и глухой водитель тоже может вести машину. Некоторое время. Пока он помнит дорогу и сможет правильно рассчитать свое место. Пока на пути не встретятся пешеходы или другие машины, о которых он заранее не может знать. Из этого простого примера ясно, что без обратной связи (информации с датчиков) невозможно учесть влияние неизвестных факторов, не полноту наших знаний.

Несмотря на эти недостатки, разомкнутые системы применяются на практике. Например, информационное табло на вокзале. Или простейшая система управления двигателем, в которой не требуется очень точно поддерживать частоту вращения. Однако с точки зрения теории управления разомкнутые системы малоинтересны, и мы не будем больше про них вспоминать.

Автоматическая система — это система, работающая без участия человека. Есть еще *автоматизированные системы*, в которых рутинные процессы (сбор и анализ информации) выполняет компьютер, но управляет всей системой человек-оператор, который и принимает решения. Мы будем далее изучать только автоматические системы.

Автоматические системы управления применяются для решения трех типов задач:

- *стабилизация*, то есть поддержание заданного режима работы, который не меняется длительное время (задающий сигнал – постоянная, часто нуль);
- *программное управление* – управление по заранее известной программе (задающий сигнал меняется, но заранее известен);
- *слежение* за неизвестным задающим сигналом.

К системам стабилизации относятся, например, авторулевые на кораблях (поддержание заданного курса), системы регулирования частоты вращения турбин. Системы программного управления широко используются в бытовой технике, например, в стиральных машинах. Следящие системы служат для усиления и преобразования сигналов, они применяются в приводах и при передаче команд через линии связи, например, через Интернет.

По количеству входов и выходов бывают:

- *одномерные* системы, у которых один вход и один выход (они рассматриваются в так называемой *классической* теории управления);
- *многомерные* системы, имеющие несколько входов и./или выходов (главный предмет изучения *современной* теории управления).

Мы будем изучать только одномерные системы, где и объект, и регулятор имеют один входной и один выходной сигнал. Например, при управлении кораблем по курсу можно считать, что есть одно управляющее воздействие (поворот руля) и одна регулируемая величина (курс).

Однако, в самом деле это не совсем верно. Дело в том, что при изменении курса меняется также крен и дифферент корабля. В одномерной модели мы пренебрегаем этими изменениями, хотя они могут быть очень существенными. Например, при резком повороте крен может достигнуть недопустимого значения. С другой стороны, для управления можно использовать не только руль, но и различные подрывающие устройства, стабилизаторы качки и т.п., то есть объект имеет несколько входов. Таким образом, реальная система управления курсом – многомерная.

Исследование многомерных систем – достаточно сложная задача. Поэтому в инженерных расчетах стараются иногда упрощенно представить многомерную систему как несколько одномерных, и довольно часто такой метод приводит к успеху.

По характеру сигналов системы могут быть:

- *непрерывными*, в которых все сигналы – функции непрерывного времени, определенные на некотором интервале;
- *дискретными*, в которых используются дискретные сигналы (последовательности чисел), определенные только в отдельные моменты времени;
- *непрерывно-дискретными*, в которых есть как непрерывные, так и дискретные сигналы.

Непрерывные (или *аналоговые*) системы обычно описываются дифференциальными уравнениями. Это все системы управления движением, в которых нет компьютеров и других элементов дискретного действия (микропроцессоров, логических интегральных схем).

Микропроцессоры и компьютеры – это дискретные системы, поскольку в них вся информация хранится и обрабатывается в дискретной форме. Компьютер не может обрабатывать непрерывные сигналы, поскольку работает только с *последовательностями* чисел. Примеры дискретных систем можно найти в экономике (период отсчета – квартал или год) и в биологии (модель «хищник-жертва»). Для их описания применяют *разностные* уравнения.

Существуют также и гибридные *непрерывно-дискретные* системы, например, компьютерные системы управления движущимися объектами (кораблями, самолетами, автомобилями и др.). В них часть элементов описывается дифференциальными уравнениями, а часть – разностными. С точки зрения математики это создает большие сложности для их исследования, поэтому во многих случаях непрерывно-дискретные системы сводят к упрощенным чисто непрерывным или чисто дискретным моделям.

Для управления очень важен вопрос о том, изменяются ли характеристики объекта со временем. Системы, в которых все параметры остаются постоянными, называются *стационарными*, что значит «не изменяющиеся во времени».

В практических задачах часто дело обстоит не так радужно. Например, летящая ракета расходует топливо и за счет этого ее масса изменяется. Таким образом, ракета – нестационарный объект. Системы, в которых параметры объекта или регулятора изменяются со временем, называются *нестационарными*. Хотя *теория* нестационарных систем существует (формулы написаны), применить ее на практике не так просто.

Самый простой вариант – считать, что все параметры объекта определены (заданы) точно, так же, как и внешние воздействия. В этом случае мы говорим о *детерминированных* системах, которые рассматривались в классической теории управления.

Тем не менее, в реальных задачах точных данных у нас нет. Прежде всего, это относится к внешним воздействиям. Например, для исследования качки корабля на первом этапе можно считать, что волна имеет форму синуса известной амплитуды и частоты. Это детерминированная модель. Так ли это на практике? Естественно нет. С помощью такого подхода можно получить только приближенные, грубые результаты.

По современным представлениям форма волны приближенно описывается как сумма синусоид, которые имеют *случайные*, то есть неизвестные заранее, частоты, амплитуды и фазы.

Помехи, шум измерений – это тоже случайные сигналы. Системы, в которых действуют случайные возмущения или параметры объекта могут изменяться случайным образом, называются *стохастическими* (вероятностными). Теория стохастических систем позволяет получать только вероятностные результаты. Например, нельзя гарантировать, что отклонение корабля от курса *всегда* будет составлять не более 2° , но можно попытаться

обеспечить такое отклонение с некоторой *вероятностью* (вероятность 99% означает, что требование будет выполнено в 99 случаях из 100).

Часто требования к системе можно сформулировать в виде *задачи оптимизации*. В *оптимальных* системах регулятор строится так, чтобы обеспечить минимум или максимум какого-то критерия качества. Нужно помнить, что выражение «оптимальная система» не означает, что она действительно идеальная. Все определяется принятым критерием – если он выбран удачно, система получится хорошая, если нет – то наоборот.

Особые классы систем.

Если параметры объекта или возмущений известны неточно или могут изменяться со временем (в нестационарных системах), применяют *адаптивные* или самонастраивающиеся регуляторы, в которых закон управления меняется при изменении условий. В простейшем случае (когда есть несколько заранее известных режимов работы) происходит простое переключение между несколькими законами управления. Часто в адаптивных системах регулятор оценивает параметры объекта в реальном времени и соответственно изменяет закон управления по заданному правилу.

Самонастраивающаяся система, которая пытается настроить регулятор так, чтобы «найти» максимум или минимум какого-то критерия качества, называется *экстремальной* (от слова *экстремум*, обозначающего максимум или минимум).

Во многих современных бытовых устройствах (например, в стиральных машинах) используются *нечеткие регуляторы*, построенные на принципах *нечеткой логики*. Этот подход позволяет формализовать человеческий способ принятия решения: «если кораль ушел сильно вправо, руль нужно сильно переложить влево».

Одно из популярных направлений в современной теории – применение достижений искусственного интеллекта для управления техническими

системами. Регулятор строится (или только настраивается) на основе *нейронной сети*, которую предварительно обучает человек-эксперт.

Вопрос 2. Система автоматического регулирования как совокупность типовых динамических звеньев

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:

$$f_1(t), f_2(t), \dots, f_n(t). \quad (3.1)$$

Для борьбы с возмущениями объект регулирования (ОР) снабжается регулирующим органом (РО) воздействием на который (вручную или автоматически), можно изменять регулируемую величину, компенсируя

нежелательное ее изменение. Воздействие на регулирующий орган называется регулирующим воздействием и обозначается буквой μ («мю»).

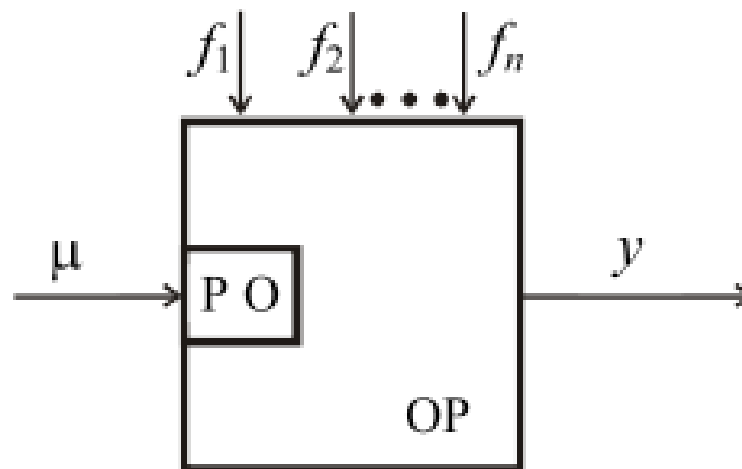


Рис. 3.5 Схема автоматической системы регулирования

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

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

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

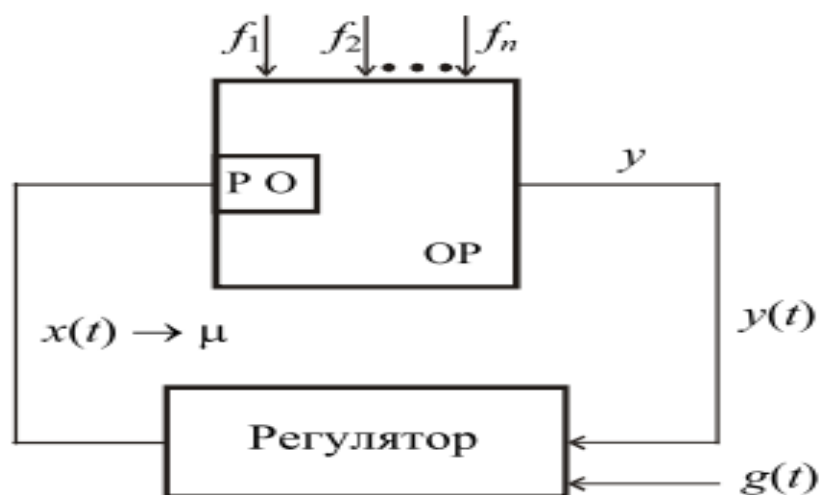


Рис. 3.6 Схема автоматической системы регулирования с автоматическим регулятором

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

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

Принцип регулирования по возмущению.

Этот принцип был предложен французским ученым Понселе и впервые реализован во второй половине XIX века 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 рисунке 3.7.

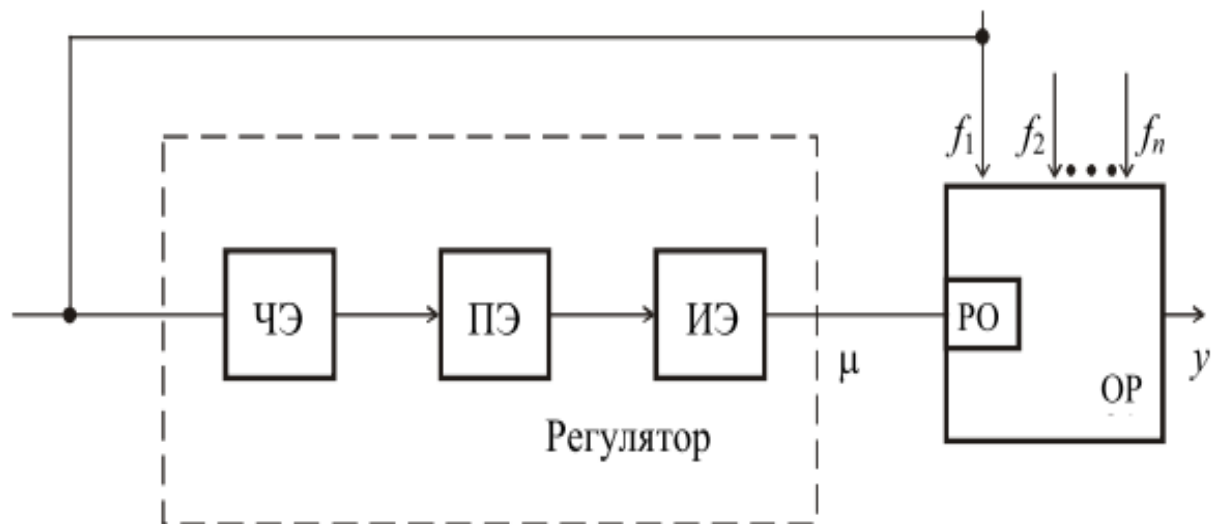


Рис. 3.7 Схема АСР, реализующая принцип регулирования по возмущению

Из рисунка видно, что регулятор такого типа обеспечивает независимость (инвариантность) регулируемой величины от возмущающего воздействия АСР, работающих по возмущению. Он имеет ряд недостатков, а именно 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.

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 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:

$$\mu(t) = g(t) - y(t) \quad (3.2)$$

при идеальной работе $\mu(t)=0$.

Для оценки качества работы АСР используют так называемое отклонение:

$$\Delta y(t) = y(t) - g(t) \quad (3.3)$$

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 рисунке 3.8.

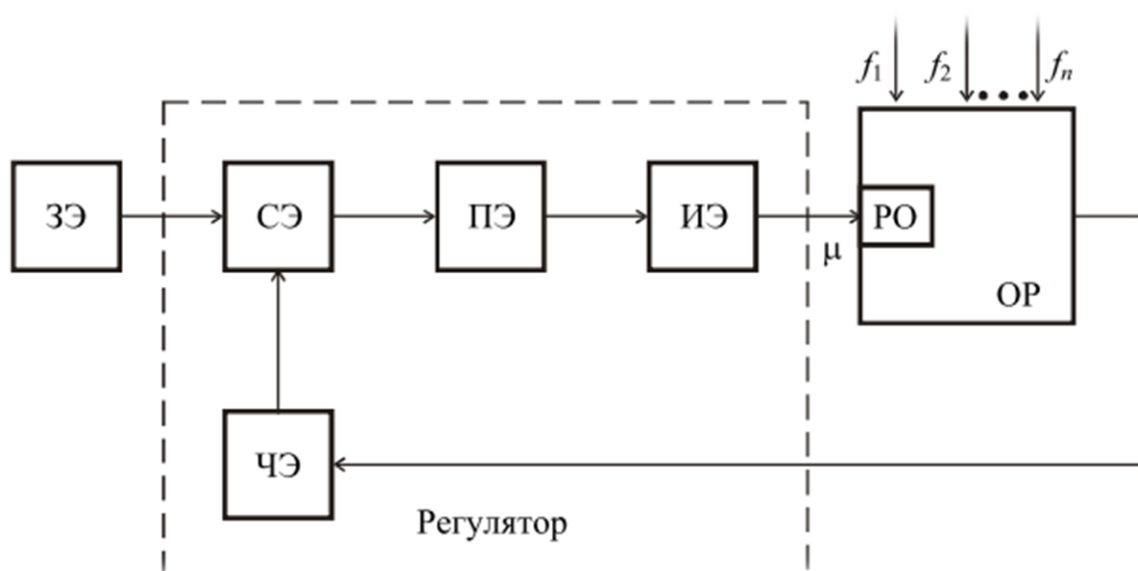


Рис. 3.8 Функциональная схема АСР, работающая по отклонению

В этой схеме регулируемая величина y измеряется чувствительным элементом и подается на вход сравнивающего элемента (СЭ). На другой вход сравнивающего элемента поступает задущее 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 рисунке 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 местных требований к стабильности характеристик элементов регулятора и объекта. Обусловлено это тем, что изменение параметров регулятора и объекта приводит к появлению отклонения, которое немедленно обнаруживается системой 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 $y \neq 0$, 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, обеспечивает инвариантность регулируемой величины по отношению к одному из основных возмущений, 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.

В зависимости от закона $g(t)$ изменения регулируемой величины $y(t)$ все АСР принято делить на системы:

- стабилизации,
- программного регулирования
- 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,
- 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,
- 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. Какой принцип работы регулятора?
2. В чем заключается принцип регулирования по возмущению?
3. В чем заключается принцип регулирования по отклонению?
4. Что называют астатической системой?
5. Что называют экстремальной системой?
6. Что называют самообучающейся системой?
7. Что называют обучаемой системой?

Лекция 4. «Автоматические системы противоаварийной защиты»

Вопрос 1. Особенности управления потенциально пожароопасных технологических процессов

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

- I – нормальном функционировании;
- II – предаварийном состоянии.

В режиме нормального функционирования технологического процесса различают три состояния (рис. 4.1):

- нормальное протекание процесса, когда все определяющие параметры соответствуют заданным (рис. 4.1; Ib);
- отклонение определяющих параметров в сторону уменьшения опасности (рис. 4.1; Ia);
- отклонение определяющих параметров в сторону увеличения опасности (рис. 4.1; Iv).

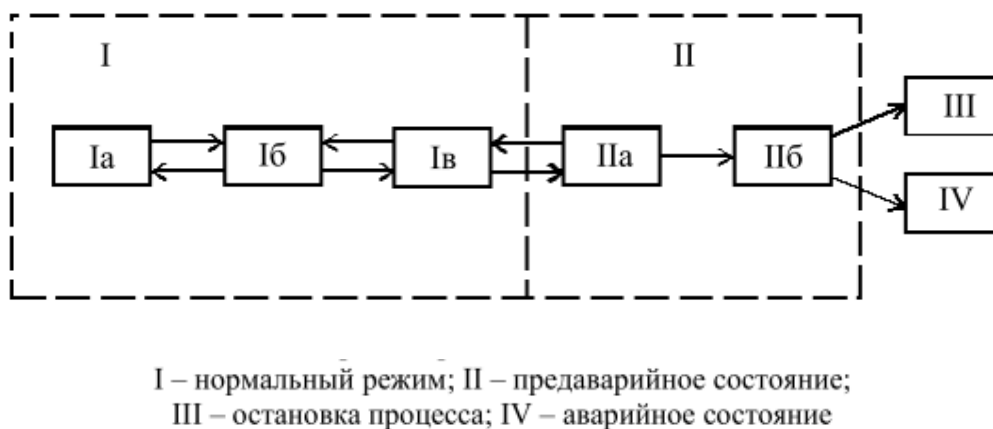


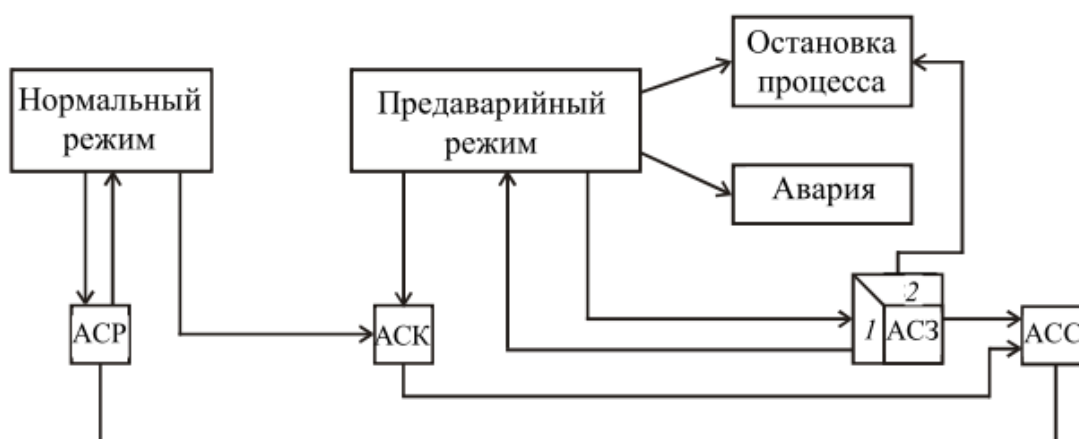
Рис. 4.1 Состояния пожаро- и взрывоопасного технологического процесса

При этом все отклонения в режиме I находятся в заданных пределах, обусловленных необходимостью 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, характерным для процессов, можно выделить две фазы: в первой фазе (рис. 4.1, IIa) возможен возврат процесса к нормальному режиму, во второй (рис. 4.1, IIб) развитие аварийной ситуации становится необратимым. В последнем случае необходимо прекратить ведение процесса (III).

Если не принять мер, способствующих прекращению развития аварийной ситуации и возвращению процесса к режиму нормального функционирования или прекращению его, то возникает авария (IV), имеющая 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 предварительном режиме АСУТП должны включать, кроме систем автоматического контроля (АСК), регулирования (АСР), систем сигнализации (АСС), и системы автоматической защиты (АСЗ) (рис. 4.2).



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

Рис. 4.2 Схема управления потенциально пожаро- и взрывоопасным технологическим процессом

Впредварительном 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 предварительном режиме.

Таким образом, АСУ пожаро- и взрывоопасными технологическими процессами может быть реализована путём создания автономных АСР, АСК, АСС, и АСЗ (см. рис. 4.2) или применением автономных АСР, АСЗ и управляющей вычислительной машины (УВМ).

Общие принципы построения систем аварийной защиты технологических процессов

Системы автоматической аварийной защиты представляют собой совокупность элементов и устройств, с помощью которых контролируются параметры процессов, протекающих в защищаемом объекте, и выдача сигналов в критических ситуациях, и использование их для предотвращения аварий, взрывов и пожаров путём переключения режима работы объекта, остановки оборудования, проведения аварийного оповещения 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 аварийного 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 перегруочную способность;
- взаимозаменяемость (повторимость 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. 4.3 приведена блочная схема устройства защиты. В индикаторе аварийных ситуаций текущее значение контролируемого параметра, воспринимаемого ИП, сравнивается в УС с заданием, которое задаётся за датчиком и определяет допустимые граничные значения.

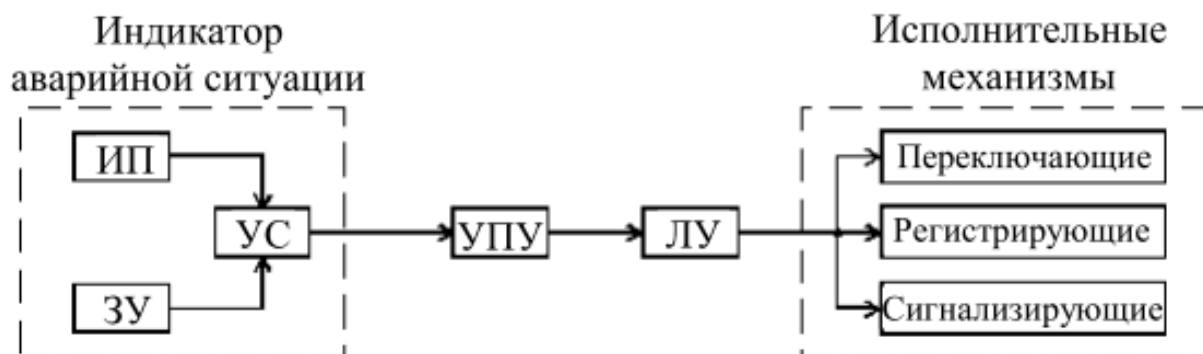


Рисунок 4.3 Блочная схема устройства защиты

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 чередования 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 т.п. 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 в норму. После устранения причины возникновения опасных режимов блокировки

снимаются или вручную, например, кратковременным 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.3, причём общими у них могут быть только выключающие, переключающие и т.п. исполнительные органы, а также сигнализаторы, привлекающие внимание обслуживающего персонала. Сигнализация характера и причины аварийной ситуации обычно производится отдельными для каждого контролируемого параметра элементами.

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. Поочерёдно подключение датчиков к входу, а исполнительных органов – к выходу общих узлов, производится 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 быстрогодействия и надёжности.

Существуют три вида АСЗ в зависимости от алгоритма защиты, определяемого сложностью процесса, многообразием аварийных ситуаций и т.д.:

- простые АСЗ,
- АСЗ с развитой логической частью,
- адаптивные АСЗ.

Простые АСЗ построены так, что повышение или понижение параметра, по которому ведётся защита, до предельного значения вызывает управляющее исполнительное воздействие (см. рис. 4.3).

Структурная схема АСЗ с развитой логической частью, реализующая сложный алгоритм защиты, приведена на рис. 4.4.

В функции логического устройства (ЛУ) входит приведение в действие исполнительных устройств по определенному алгоритму. Это устройство может реализовать различные функции ИЛИ, НЕ, И, «ЗАПРЕТ» и т.д., а в общем следящее логическое устройство должно реализовать функцию вида:

$$\left. \begin{aligned} y_1 &= f_1(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n); \\ y_2 &= f_2(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n); \\ y_m &= f_m(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n); \end{aligned} \right\} \quad (4.1)$$

где $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ – состояние системы измерительных преобразователей, принимающих после прохождения устройств сравнения значения 0 или 1; $y_1, y_2, y_3, \dots, y_m$ – состояние системы исполнительных механизмов, которые также могут принимать значения 0 или 1.

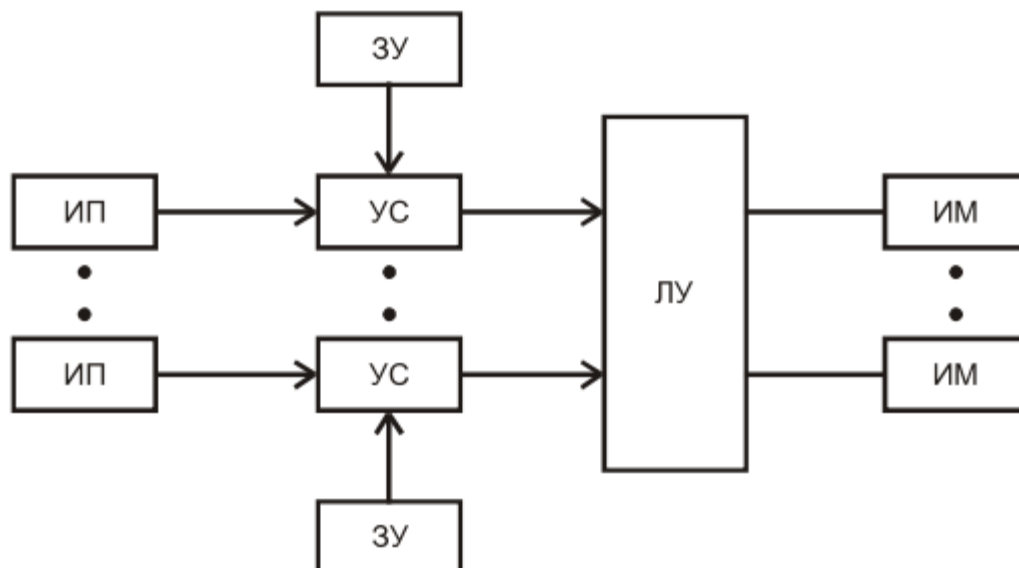


Рис. 4.4 Блочная схема АСЗ с развитой логической частью

Приведенные уравнения описывают алгоритм защиты потенциально опасного процесса от аварии. 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, как видно из схемы, АСЗ на первой ступени принимает меры к возврату процесса в режим нормального функционирования, а в случае усложнения обстановки, не взирая 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 как описание 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 блок 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 вторым производным. 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:

$$p + \frac{dp}{dt}t_{AC3} + \frac{d^2p}{dt^2}, \quad \frac{t^2_{AC3}}{2} \leq P_{KP} \quad (4.2)$$

схема АСЗ, реализующей такой алгоритм, показана на рис. 4.5.

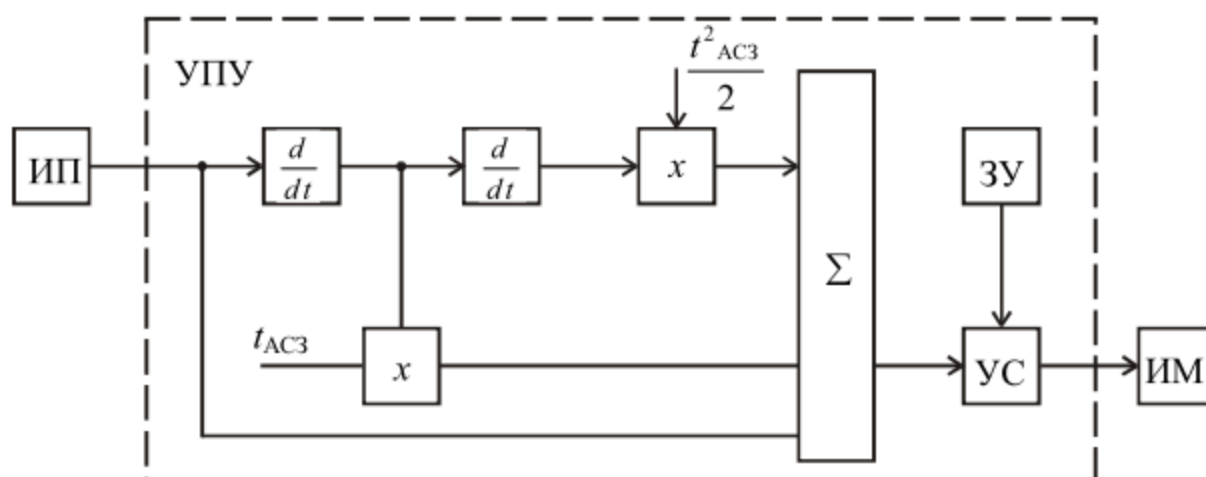


Рис. 4.5 Блочная схема АСЗ, реализующая адаптивный механизм защиты

Элементы логики устройств защиты

Логические устройства АСЗ классифицируются по виду алгоритмов ЛУ для реализации простых алгоритмов защиты и представляют собой типовой преобразователь сигнала в сочетании с элементом сравнения. Для реализации простого алгоритма по результатам сравнения текущего значения параметра и заданного значения разносный сигнал преобразуется в команду на исполнительный механизм.

ЛУ для реализации сложных алгоритмов решают две задачи: возврат процесса из предаварийного в режим нормального функционирования и остановку процесса. Логические устройства такого типа сравнивают значения параметров с заранее рассчитанными.

ЛУ с адаптивным алгоритмом защиты обязательно включает специальное вычислительное устройство или работает в комплекте с ЭВМ. Такие ЛУ имеют изменяющиеся во времени вместе с развитием технологического процесса, задания.

ЛУ делятся на однофункциональные и многофункциональные (выдают команду на несколько противоаварийных операций).

Разработке логики, реализующей алгоритм защиты, предшествует большая аналитическая работа по анализу статистики аварий, причин их возникновения, физико-химической сущности процесса, выявлению возмущающих воздействий, приводящих к аварии, особенностей развития её во времени, учёту факторных связей и разработке математической модели аварийной ситуации, т.е. построению дерева отказов надёжности технологической системы.

После изучения и анализа объекта разрабатываются оптимальный алгоритм защиты и структура логического устройства:

- определяется значение предаварийных и аварийных параметров, при которых должна срабатывать АСЗ;
- выбираются устройства сравнения;
- определяются защитные воздействия и вид команд на исполнительные механизмы для их осуществления;
- определяется характер и физическая природа командного сигнала;
- рассчитывается быстродействие системы, подсчитывается минимум потерь продукта на каждом аппарате при его остановке или отключении;
- определяются надёжностные характеристики используемых технических средств.

Появление аварийных и предупредительных сигналов в ЛУ от датчиков системы во время функционирования технологического процесса носит случайный характер. Следовательно, построение АСЗ может базироваться на теории массового обслуживания, так как АСЗ обладает всеми признаками системы массового обслуживания.

Теория массового обслуживания изучает системы, предназначенные для обработки случайного потока требований, поступающих в систему извне, а так как длительность обработки одного требования также носит случайный

характер, то задачи системы массового обслуживания решаются с использованием теории вероятностей. Входящий в систему поток требований может быть конечным или бесконечным, в соответствии с чем системы называют замкнутыми или разомкнутыми. Обслуживаемый в системе поток всегда характеризуется его интенсивностью. Поток требований образует вероятностный процесс, который представляет собой последовательность однородных событий, поступающих через случайные интервалы времени. При однородном поступлении группы требований образуется очередь на обслуживание. Процесс обслуживания может характеризоваться его интенсивностью. Эта величина будет определять и длительность ожидания перед обслуживанием и пропускную способность системы.

Особые условия в системе массового обслуживания возникают тогда, когда требования имеют различную важность и некоторые из них должны обслуживаться раньше, чем другие. По формулам теории массового обслуживания можно вычислить такое число обслуживающих аппаратов, которое обеспечит минимальные очереди и минимальное количество незагруженных обслуживающих аппаратов при максимальной пропускной способности системы. Теория массового обслуживания позволяет осуществлять расчёты, связанные с синтезом систем защиты и с учётом характеристик потока информации и технических возможностей исполнительных устройств и человека-оператора (если он задействован в системе), правильно выбрать число каналов и число приемных устройств АСЗ.

Для пожаро- и взрывоопасных технологических процессов химической промышленности и ряда других характерны три приоритетных группы сигналов от датчиков: аварийные, предаварийные и предупредительные. Для интенсивностей потока сигналов всех трёх групп характерно показательное распределение:

$$P_{\lambda}(t) = \lambda e^{-\lambda t} \quad (4.3)$$

а плотность распределения длительностей обработки сигналов оператором хорошо совпадает с теоретической кривой распределения вида:

$$P_{\mu}(t) = \mu e^{-\mu t} \quad (4.4)$$

При расчёте вероятностных характеристик АСЗ важно знать закон распределения входящего потока сигналов и его свойства.

Теория массового обслуживания доказывает, что обслуживаемая система рассчитывается наиболее просто, если входящий поток – рекуррентный, т.е. обладает тремя свойствами: ординарностью, ограниченностью последствия и стационарностью. Поток сигналов о нарушении технологических параметров обладает тремя вышеназванными свойствами.

В АСЗ невозможно совмещение двух или более сигналов в один и тот же момент времени (ординарность потока), так как один датчик может выдавать не более одного сигнала, а сигналы различных датчиков одновременно поступают на разные устройства сравнения. Ограниченность последствия, т.е. взаимная независимость интервалов между моментами поступления сигналов и стационарность потока, как свойство потока сигналов о нарушении технологических параметров не так очевидна.

При разработке АСЗ к ней предъявляются требования:

- АСЗ должна быть недорогой и состоять из небольшого числа индикаторов;

- число индикаторов должно быть достаточно велико, чтобы оператор или логическое устройство могли правильно оценить состояние контролируемой системы.

Удовлетворение двух противоречивых требований достигается решением задачи оптимизации, результатом которого является получение формулы для расчёта оптимального значения индикаторов массива:

$$n = \max \left\{ \left[\frac{\lg(1 - Q_i)}{\lg \rho_i} \right] \right\} \quad \text{при } i = 1, 2, 3, \quad (4.5)$$

где Q_i - надёжность отображения реальной ситуации; ρ_i - вероятность, что требование i -й группы датчиков застанет в стационарном режиме все n мест своего или более высокого приоритета.

Из теории массового обслуживания получены и другие характеристики АСЗ. Среднее число сигналов i -й группы, находящихся в системе, равно:

$$L_i^{сис} = \frac{\rho_i}{1 - \rho_i} \quad (4.6)$$

Среднее число сигналов в очереди:

$$L_i^{оч} = \frac{\rho_i^2}{1 - \rho_i} \quad (4.7)$$

Среднее число ожидания сигнала каждой группы в системе и в очереди получим выражение из (4.6) и (4.7):

$$W_i^{сис} = \frac{1}{\mu(1 - \rho_i)} \quad (4.8)$$

$$W_i^{оч} = \frac{\rho_i}{\mu(1 - \rho_i)} \quad (4.9)$$

Логические устройства АСЗ, реализующие простые и сложные алгоритмы защиты, представляют собой устройства релейного действия, поэтому они синтезируются по законам теории релейно-контактных схем.

Управляющие и исполнительные элементы автоматических защит имеют состояния:

- включено – выключено,
- открыто – закрыто,
- замкнуто – разомкнуто и т.п.

Устройство защиты в целом, характеризуется бинарным состоянием, реализует двоичную функцию некоторого числа двоичных аргументов. Математические операции с двоичными аргументами исследуются с помощью аппарата алгебры логики, или булевой алгебры, названной по имени английского математика Д. Буля.

Операции, выполняемые в различных автоматических системах защиты, обычно носят логический характер. Это означает, что выполнение той или иной операции требует наличия или отсутствия условий в определённый момент времени. Логические переменные величины отражают суждение по тому или иному действию, процессу. Элемент, реализующий логическую зависимость между входными и выходными сигналами, называется логическим.

На основе логических функций строятся логические схемы действия промышленных систем автоматических защит, в том числе и аварийно-воздействующих на технологический объект управления в соответствии с алгоритмом защиты. Сопрежение логических элементов автоматических защит с объектом защиты осуществляется посредством промежуточных реле, играющих роль усилителей мощности. Обычно выходной сигнал

промежуточного релезаводится в цепь управления силового коммутационного устройства электропривода агрегата или исполнительного механизма АСУТП.

Вопрос 2. Общие принципы построения систем аварийной защиты технологических процессов

На объектах химии, нефтехимии, нефтепереработки и т.д. используются унифицированные системы аварийной защиты производств от аварий, взрывов и пожаров. Основой таких систем автоматической защиты являются унифицированные приборы - датчики, предназначенные для измерения концентраций горючих или токсичных паров и газов в воздухе производственных помещений, а также для измерения таких параметров (температуры, давления, уровня 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 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 своем 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 табло, указывающего номер 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;
- задержку определенного вида сигналов с датчиков аварийного отклонения параметров на время до одной минуты перед выдачей на средства отображения.

Входными параметрами устройства являются: срабатывание контакта датчика (замыкание нормально-открытого или размыкание нормально-закрытого контакта).

На вход устройства могут поступать сигналы четырех групп:

- первая группа – аварийные сигналы;
- вторая группа – предварительные сигналы;
- третья группа – предупредительные сигналы;
- четвертая группа – 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 идет 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 при разработке подсистем защиты и сигнализации, входящих в АСУТП с управляющей вычислительной машиной. Возможно и автономное использование комплекса. С использованием 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:

- модуль дискретных входов,
- модуль аналоговых входов,
- модуль логики сигнализации,
- модуль логики защиты,
- модуль временной задержки,
- модуль сигнальных табло,
- модули звуковой и световой сигнализации,
- модуль 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 применять 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, предназначен для реализации алгоритмов регулирования и различного преобразования аналоговых и дискретных

сигналов, которые заменят регуляторы (наиболее типичным представителем их является РЕМИКОНТ);

- второй - МК, предназначен 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-компоновочный комплект (ПКК), а также панель оператора. Базовый комплект включает процессор (ПР) 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, цифро-аналоговые, 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 таблице 4.1 приведены возможный состав проектно-компоновочного комплекта (ПКК) и характеристики модулей различных типов.

Таблица 4.1 Возможный состав проектно-компоновочного комплекта

Модули	Число (шт.) до	Возможности
Аналого-цифрового преобразования	4	До 16 входов
Дискретно-цифрового преобразования	8	До 16 входов

Модули	Число (шт.) до	Возможности
Цифро-аналогового преобразования	8	До 8 выходов
Цифро-импульсного преобразования	8	До 8 выходов
Цифро-дискретного преобразования	8	До 16 выходов
Разделителя гальванического входного	6	До 8 аналоговых входов
Разделителя гальванического выходного	6	До 4 аналоговых выходов
Блока переключения резерва	2	До 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. Общее число входов-выходов ЛОМИКОНТА может достигать 900.

От завода-изготовителя ЛОМИКОНТ поставляется полностью готовым к работе и настраивается на решение требуемой задачи на объекте с помощью пульта оператора, имеющего экран и специализированную клавиатуру. В процессе настройки, которая называется технологическим программированием, оператор вводит в ЛОМИКОНТ логику управления конкретным объектом (программу пользователя), используя специально предназначенный для этого технологический язык МИКРОЛ. Программа пользователя, введенная оператором в ЛОМИКОНТ, а также информация о текущем состоянии объекта сохраняются при отключении питания.

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 просмотра 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.

В режиме технологического программирования осуществляются функции конфигурирования ДИМИКОНТА под требования конкретного объекта:

- формирование библиотек алгоритмов. Для обработки алгоритма предусмотрены специальные директивы и инструкции, облегчающие эту процедуру;

- формирование библиотек кадров и страниц. Под «кадром» понимается некоторый объем связанной статистической информации, например, мнемосхема объекта. Кадр может иметь объем, превышающий информационную емкость экрана ЭЛТ и различный формат. Кадр вызывается по присвоенному ему номеру. Под «страницей» понимается объем динамической информации, наложенной на изображение кадра. Один кадр может включать до 64 страниц динамической информации;

- определение вида отображения динамической информации и ее размещение. Эта функция выполняется с помощью штатных подпрограмм вида отображения данных;

- значение характеристик сигналов. Назначаются, например, такие характеристики сигналов, как наименование сигналов, абсолютные значения диапазонов измерений параметров, погрешности представления параметров, коды отклонения и т.д.;

- назначение параметров, по которым ведется история процесса.

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 микро-ЭВМ, имеет модульную структуру и состоит из следующих узлов:

- микро-ЭВМ;
- интерфейс;
- постоянная память;
- память пользователя;
- модуль независимой памяти;
- модуль обмена и контроля;
- модуль контроля;
- модуль адаптерный;
- модуль реального времени;
- модуль связи;
- модуль связи;
- первичный источник питания;
- вторичный источник питания.

К переменной части ПТКАЗ относят ся 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 обеспечения, при необходимости, искробезопасности входных цепей при вводе информации типа «сухой контакт» предназначен барьер искробезопасности.

Для ввода аналоговой информации с целью 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) либо равно 128 (с кратностью наращивания 16 путем установки модулей), либо допускается любая комбинация модулей аналогового ввода и дискретного ввода. 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 ключей силовых низковольтных. Для вывода информации исполнительные механизмы постоянного тока предназначен 8-канальный модуль ключей силовых низковольтных.

Для вывода информации на исполнительные механизмы переменного тока предназначен 8-канальный модуль ключей силовых высоковольтных.

Максимальное число выходов на сигнализацию равно 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 и имеет модульное исполнение и состоит из следующих модулей:

- управления блокировками;
- управления блокировками;
- питания;
- ключей силовых низковольтных.

Блок имеет орган звуковой сигнализации (динамик), органы перехода с автоматического управления на ручное и наоборот, кнопку «Квитирование», органы группового и индивидуального управления блокировками и для организации световой сигнализации лампочки, светодиоды, а также органы выбора индивидуального управления блокировками.

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

Устройство, программирующее относится к сервисному оборудованию и предназначено для:

- программирования памяти пользователя;
- записи значений установок в модуль ввода аналоговой информации;
- стирание и перепрограммирование 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 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,
- 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 АЗ, записанную на специальном языке логической защиты. АЗ программируется пользователем на программаторе и записывается в постоянную перепрограммируемую память.

Контрольные вопросы:

1. В каких режимах могут протекать пожаро- и взрывоопасные технологические процессы?
2. Какие существуют состояния технологического процесса в режиме нормального функционирования?
3. Какие приборы называются унифицированными?
4. Сигналы каких групп могут поступать на вход устройства аварийной и предупредительной сигнализации?
5. На какие типы подразделяются микропроцессорные контроллеры?

Лекция 5. «Автоматизированные системы управления пожарной безопасностью технологических процессов»

Вопрос 1. Автоматизированные системы управления предприятиями

Предприятие (производственное объединение) можно рассматривать как объект управления. Современные промышленные предприятия (ПП) являются сложными объектами управления, включающими основные и вспомогательные производства.

Сложность управления предприятием состоит и в том, что оно непрерывно подвергается как внутренним, так и внешним возмущающим воздействиям:

- внутренние: поломки оборудования, изменения его характеристик, аварии, взрывы и пожары, производственные травмы работников и т.д.;
- внешние: срывы межзаводских поставок, несвоевременное обеспечение транспортом, изменение нагрузки, стихийные бедствия и т.п.

Система управления предприятием должна обеспечивать его нормальное функционирование в различных условиях. К функциям управления можно отнести:

- управление технической подготовкой производства: организацию производства (основного, обеспечивающего и обслуживающего);
- управление технологическими процессами;
- оперативное управление производством;
- организацию метрологического обеспечения;
- технический контроль и испытания;
- управление сбытом продукции;
- организацию работ с кадрами;

- управление организацией труда и вопросы, связанные с заработной платой;

- управление материально-техническим снабжением;

- управление финансовой деятельностью.

В зависимости от характера, специализации и масштаба ПП, а также конкретных условий его деятельности определяется состав функций управления и формируется система управления.

Функции управления реализуются путём решения задач управления ПП. Под *задачей управления* понимаются алгоритм или совокупность алгоритмов формирования выходных документов (сообщений), имеющих определённое функциональное назначение для управления ПП или его подразделением.

Задачи управления ПП можно разделить на два вида:

- одни являются экономическими или организационными, например составление планов, учёт сдачи и отгрузки товарной продукции, анализ показателей качества продукции, расчёт заработной платы рабочим и служащим;

- другие представляют собой задачи непосредственного управления работой отдельных технологических установок.

Решением экономических и организационных задач на ПП заняты многочисленные функциональные службы: производственный отдел, экономический отдел, технический отдел, бухгалтерия, отдел сбыта, отдел материально-технического снабжения, отдел кадров, отдел труда и заработной платы и т.д.

Высококачественное управление таким сложным объектом, каким является современное ПП, возможно лишь при автоматизации управления. Последняя проводится на базе новых технических средств сбора, передачи, обработки и выдачи информации, причём основным устройством в этой системе управления становится ЭВМ. Другим непременным условием

автоматизации управления является использование при обработке информации на ЭВМ современных методов расчета технико-экономических показателей (ТЭП, специальных разделов математики по поиску оптимальных управленческих решений, экономико-математических методов и моделей.

Основная цель автоматизации управления – улучшение технико-экономических показателей производственной хозяйственной деятельности ПП, что достигается совершенствованием разработки, производства и сбыта продукции, обеспечения производства управления перечисленными процессами, организационной и производственной структурами ПП, а также улучшением качества проектируемой и выпускаемой продукции и снижением затрат на создание и использование (эксплуатацию) продукции.

Автоматизация управления ПП обусловлена производственно-хозяйственной необходимостью и производственно-экономической целесообразностью.

Производственно-хозяйственная необходимость обусловлена:

- недостаточной достоверностью информации о состоянии производственной деятельности подразделения;
- сложностью анализа и обработки информации;
- несвоевременностью ее получения управляющим персоналом;
- недостаточной полнотой текущего анализа и оценки деятельности подразделений;
- невозможностью полной обработки больших объемов информации о деятельности предприятия для учета и отчетности всех видов;
- несовершенством методов расчета технико-экономических показателей;
- невозможностью проведения своевременного контроля параметров процессов производства;

- нестабильностью качества входных потоков технологических объектов управления;

- нестабильностью режимов работы технологических объектов управления.

Основные задачи ПП при автоматизации управления:

- определение степени готовности предприятия к автоматизации;

- выявление направлений объектов автоматизации;

- определение требований к объектам автоматизации;

- необходимость и целесообразность автоматизации и реконструкция объектов автоматизации, обеспечивающих эффективное функционирование автоматизированных систем управления;

- обеспечение работ по проектированию и внедрению автоматизированных систем управления.

Автоматизация управления должна сопровождаться внесением изменений в систему управления ПП. Это сводится к созданию новых, преобразованию имеющихся и ликвидации лишних подразделений в производственных и функциональных структурах; уточнению и перераспределению функций и задач управления; изменению движения информационных и материальных потоков в соответствии с модифицированными производственной и функциональной структурами; уточнению уровня централизации и децентрализации управления; дифференциации операций управления между человеком и ЭВМ.

Формы использования вычислительной техники при автоматизации управления различны: коллективное использование ЭВМ на базе вычислительных центров коллективного пользования (ВЦКП) и кустовых вычислительных центров (КВЦ) данной отрасли; индивидуальное использование вычислительных машин посредством создания автоматизированной системы управления предприятием (АСУП).

ВЦКП создается в целях проведения вычислительных работ для нескольких десятков пользователей. На ПП устанавливаются лишь периферийные средства ввода и вывода информации для передачи исходной информации в ВЦКП и получения конечных результатов решения задач управления.

В результате использования ВЦКП повышается эффективность работы ЭВМ и надежность системы в целом, увеличивается разнообразие и сложность решаемых задач. Все сказанное относится и к КВЦ, которые предназначены для обслуживания нескольких пользователей одной отрасли. В настоящее время признано, что мелкие и средние предприятия должны проводить автоматизацию управления на основе ВЦКП и КВЦ.

На крупных ПП автоматизация управления проводится за счет индивидуального использования вычислительной техники на базе АСУП.

АСУП - это человекомашина система, объединяющая управленческий и руководящий персонал, вычислительную и организационную технику. Она предназначена для автоматизированного сбора, передачи и обработки производственно-экономической и социальной информации в целях подготовки и принятия решений по управлению, планированию и анализу деятельности коллектива ПП.

Проведение работ по автоматизации управления ПП возлагается на специализированное подразделение. Таким подразделением может быть отдел (лаборатория) АСУ или информационно-вычислительный центр.

АСУП состоит из функциональной и обеспечивающей частей.

Функциональная часть АСУП состоит из отдельных подсистем, выделенных в соответствии с функциями управления ПП. Рассмотрим основные подсистемы АСУП.

Подсистема технической и технологической подготовки производства (ТПП) обеспечивает сокращение сроков разработки новой и совершенствование существующей технологии. Решение задач управления

по ТПП повышает эффективность АСУП в целом, так как на этапе ТПП формируется значительная часть материальных и трудовых нормативов, принимаемых в качестве исходных и других важнейших подсистем АСУП.

К основным задачам подсистемы можно отнести расчеты норм расхода сырья и основных материалов на единицу продукции; норм относительных выходов продуктов и потерь сырья; производственных мощностей; плановых удельных норм расхода энергоресурсов; нормативной трудоемкости и расценки на изделие и т.д.

Часть задач этой подсистемы направлена на конструирование новых и совершенствование существующих аппаратов. Так, на ЭВМ проводятся технологические расчеты сложных аппаратов массо и теплообмена, конструкторские расчеты на прочность и надежность, расчеты исполнительных механизмов и сужающихся устройств.

Подсистема технико-экономического планирования (ТЭП) предназначена для перспективного и текущего планирования путем разработки и обоснования производственной программы.

Подсистема оперативного управления основным производством (ОУОП) обеспечивает ритмичное выполнение планов производства (квартальных, месячных, декадных, суточных, сменных).

Подсистема материально-технического снабжения (МТС) осуществляет своевременное и комплексное обеспечение сырьем, топливом, основными и вспомогательными материалами в соответствии с производственной программой.

Подсистема управления вспомогательным производством (УВП) предназначена для управления ремонтным и энергетическим обеспечением, а также транспортным обслуживанием.

Подсистема управления качеством продукции (УКП) служит для формирования, обеспечения и поддержания необходимого качества продукции при ее разработке, производстве, реализации и эксплуатации.

Подсистема бухгалтерского учета предназначена для повышения оперативности учета и снижения затрат при обработке.

Подсистема управления кадрами служит для набора ИТР и рабочих на предприятие; разработки оценок профессиональной пригодности претендентов на должность или работу; организации мероприятий, направленных на повышение квалификации рабочих и служащих предприятия.

Подсистема управления сбытом продукции способствует своевременному и полному обеспечению потребителей продукцией в соответствии с договорными обязательствами и планом реализации предприятия.

Подсистема управления финансами предназначена для обеспечения и распределения денежных средств, необходимых для достижения ТЭП работы предприятия.

Обеспечивающая часть АСУП включает:

- организационно-правовое,
- информационное,
- программное,
- математическое,
- техническое обеспечение АСУП.

Организационно-правовое обеспечение (ОПО) - это совокупность методов, средств и юридических актов, регулирующих и организующих разработку, внедрение и функционирование АСУП. Особенно важна роль ОПО на стадии разработки АСУП, когда закладываются ее основные характеристики, т.е. в момент проведения технико-экономического анализа системы управления ПО (ПП), выбора направлений совершенствования системы управления, выбора и постановки задач управления, обеспечивающих повышение эффективности разрабатываемой системы,

формулировки требований к комплексу технических средств для решения выбранных задач и т.д.

На этой стадии основной документ ОПО – «Общепромышленные руководящие методические материалы по созданию АСУП». В нем приводится порядок финансирования всех работ по созданию АСУП, указываются права и ответственность заказчика и разработчика, даются обязательный состав и содержание технического задания, технического и рабочего проектов, приводится необходимая организационно-распорядительная документация с указанием форм документов, регламентируется порядок проведения опытной эксплуатации системы и приемосдаточных испытаний.

При разработке АСУП используют также методику предпроектного обследования, методические материалы по выбору оригинальных задач, выбору пакетов прикладных программ (ППП), использованию типовых проектных решений, разработке общесистемных документов. Также пользуются отраслевыми и общегосударственными перечнями состава задач управления, типовых задач, ППП; типовыми структурами управления предприятием; унифицированными формами документов и т.д.

На стадии функционирования АСУП ОПО материализуется в комплексе директивных документов, правовых актов общего, отраслевого и местного характера, организационной документации (графики, инструкции, методики, памятки и т.д.). Перечисленные документы определяют эффективную работу системы управления ПО (ПП), функции, права и связи его подразделений и работников, обеспечивают наиболее рациональные формы и методы получения и обработки управленческой информации, пути ее продвижения, а также порядок использования новейших средств обработки данных для принятия научно обоснованных управленческих решений.

Информационное обеспечение (ИО) представляет собой совокупность единой системы классификации и кодирования технико-экономической информации, унифицированных систем документации и массивов информации, используемых в АСУП. Осуществляется выдача следующей информации:

- нормативных и справочных данных,
- текущих сведений о состоянии объекта управления и поступающих извне системы (оперативная информация),
- накапливаемых учетных и архивных сведений.

Для однозначного описания данных и обеспечения эффективного поиска и идентификации данных в памяти ЭВМ используют системы классификации и кодирования.

Система классификации - это совокупность правил и результат разделения заданного множества на подмножества. При разработке АСУ используют общесоюзный или отраслевой классификатор. Если их применение неэффективно, разрабатывают локальный классификатор предприятия.

Основным элементом ИО являются информационные массивы, предназначенные для хранения информации. Различают *входные, основные, рабочие* и *выходные* массивы и данные.

Программное обеспечение представляет собой совокупность программ для реализации АСУП на базе применения вычислительной техники.

Математическое обеспечение - это совокупность средств и методов, позволяющих строить экономико-математические модели задач управления предприятием. Построение экономико-математической модели включает следующие этапы:

- выбор критерия эффективности,
- определение ограничений,
- составление формальных математических соотношений,

- отражающих моделируемый экономический процесс.

Получение оптимального решения экономико-математической модели проводится на базе методов математического программирования, математической статистики и теории массового обслуживания.

Математическое программирование (линейное, нелинейное, динамическое, стохастическое, дискретное и оптимизация на сетях) используют при решении задач планирования и управления производством.

При решении задач прогнозирования выпуска готовой продукции, спроса на продукцию, развития предприятия, выявления причин текучести кадров и определения нормативных данных применяют методы математической статистики. Теория массового обслуживания нашла применение при определении оптимального комплекта оборудования предприятия, людских резервов, числа ремонтных бригад.

Вопрос 2. Автоматизированные системы управления технологическими процессами

Основой автоматизации производства является применение автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП) с электронными управляющими вычислительными машинами. Применение АСУТП повышает уровень организации производства и оперативность взаимодействия персонала с технологическим агрегатом. Это сокращает цикл производства, позволяет перейти к оптимизированным режимам технологических процессов, что увеличивает производительность агрегатов, повышает производительность труда, эффективность использования сырья и материалов, а также предотвращает аварийные ситуации.

Наибольшее число систем внедрено в энергетической, химической и нефтехимической промышленности. Внедрение систем показало высокую их эффективность. В среднем срок окупаемости таких систем составляет примерно 1 год, в то время как систем автоматизации без применения вычислительной техники - 1,5 года.

Большинство АСУТП, которые созданы и создаются в настоящее время, являются не автоматическими, а автоматизированными. В этих системах ещё велика роль оператора, который либо сам принимает решения в соответствии с информацией, предоставляемой ему вычислительной машиной, либо оценивает и реализует решения, выработанные ЭВМ. Однако по мере совершенствования технических средств всё более возможным становится переход к автоматическому управлению агрегатами и процессами.

Создание методологических основ для разработки систем управления технологическими процессами требует установления единой терминологии. В соответствии с общепромышленными методическими материалами системы технологический процесс + АСУТП называются автоматизированными технологическими комплексами.

Под управляемым технологическим процессом понимается такой процесс, для которого определены основные входные (управляющие, управляемые и неуправляемые) воздействия и выходные переменные процессы, которые необходимо контролировать в реальном времени, установлены детерминированные и (или) вероятностные зависимости между входными воздействиями и выходными параметрами (математическая модель), разработаны методы их автоматического измерения и направленного измерения.

Автоматизированная система управления технологическим процессом - это система, которая при участии оперативного персонала в реальном времени обеспечивает автоматизированное управление процессом

изготовления (переработки) продукта по заданным технологическим и технико-экономическим критериям.

Под автоматической системой управления технологическим процессом понимается система, которая без вмешательства оперативного персонала обеспечивает управление в реальном времени основной или группой основных технологических операций по заданным технологическим или технико-экономическим критериям.

Расположение на территории объекта управления технических средств АСУТП и оперативного персонала (центрального и локального постов управления) называется *топологией* АСУТП.

АСУТП, которая разбивается на две и более подсистемы, решающие задачи управления на своём горизонтальном уровне управления и связанные между собой по вертикали информационными связями и соответствующими аппаратно-программными средствами, объединяется в понятие иерархической системы.

Как правило, в таких АСУТП с помощью аппаратно-программных средств обеспечивается общесистемная организация решения в реальном времени задачи комплексного управления объектом с увязкой (координаций) решаемых задач на каждом уровне. К такой системе применим термин «интегрирование АСУТП», под которым понимается управление не отдельной частью технологического процесса, а охват процесса в комплексе с решением задач организационно-технологического управления по технико-экономическим критериям, применяется как к иерархическим АСУТП, так и к одноуровневым системам на основе одной центральной ЭВМ.

Составляющими комплексной АСУТП являются локальные АСУТП, автономно функционирующие подсистемы комплексной АСУТП, управляющие отдельными операциями или частями процесса.

Для АСУТП управляемым объектом является технологический объект, представляющий совокупность технологического оборудования. АСУТП воздействует непосредственно на те или иные элементы оборудования технологического объекта.

Таким образом, АСУТП представляет собой человекомашинную систему, обеспечивающую автоматизированный сбор и обработку информации, необходимую для оптимизации управления технологическими процессами. Процесс оптимизации предполагает выбор такого варианта управления, в котором достигается минимальное или максимальное значение некоторого критерия, характеризующего качество управления.

При выборе и разработке АСУТП необходимо учесть экономические показатели всего производства, характер технологического процесса, тщательно проанализировать, сможет ли внедрение АСУ коренным образом изменить производительность и улучшить условия труда на данном объекте. Разработка АСУТП должна сопровождаться:

- технико-экономическим обоснованием необходимости её применения;
 - анализом технологического процесса как объекта управления;
- построением математической модели процесса;
- формулировкой решаемых задач;
 - проектированием собственно системы управления, которое осуществляется на основе системного анализа и включает разработку систем локальной автоматики, а также разработку информационного, математического, алгоритмического и технического обеспечения системы;
 - анализом структурной надёжности системы и разработкой мероприятий по её выполнению;
 - разработкой системы технического обслуживания.

После разработки и опытной эксплуатации АСУТП проводится анализ её функционирования и коррекция всех её частей применительно к

реальным условиям эксплуатации. Нередко внедрение АСУТП сопровождается коренной реконструкцией объекта.

Задачи АСУТП в общей схеме управления производством и их классификация

Объективная необходимость широкого внедрения во всех отраслях народного хозяйства АСУТП обусловлена тем, что применение современных средств автоматических сбора и обработки информации позволяет решать следующие задачи:

- вести процесс с производительностью, максимально достижимой для данных производительных сил, автоматически учитывая непрерывные изменения технологических параметров, свойств исходных материалов и полуфабрикатов, изменения в окружающей среде, ошибки операторов;
- управлять процессом, учитывая номенклатуру продукции (сортамент, номиналы, классы, группы точности и качество) путём оперативной перестройки режимов технологического оборудования и т.п.;
- реализовывать статистическое управление процессами в реальном времени по экстремальному или адаптивному алгоритму;
- осуществлять автоматическое управление технологическими процессами во вредных для человека и пожаро- и взрывоопасных условиях.

Необходимо отметить также, что решение названных задач при внедрении АСУТП имеет для народного хозяйства, кроме прямого экономического эффекта, и существенный социальный эффект, так как требует повышения общего уровня организации производства и его культуры. Конкретные функции, которые выполняет АСУТП, зависят также от характера и сложности управляемого процесса, а также от технических возможностей самой АСУТП. К таким функциям относятся:

- сбор и обработка информации о состоянии технологического процесса и выпускаемых изделий;

- контроль и идентификация процесса;
- стабилизация и регулирование процесса;
- логико-программное управление;
- поиск оптимальных решений по управлению процессом;
- комплексное координационное управление объектом;
- анализ и предотвращение аварийных ситуаций;
- техническая диагностика отдельных частей и системы в целом.

Таким образом, АСУТП, решая самостоятельную задачу повышения эффективности отдельных производственных процессов, одновременно создают информационную и техническую базу для автоматизированной системы управления производством и предприятием в целом.

Цели и задачи комплексной системы управления технологическим объектом видны на обобщенной схеме управления.

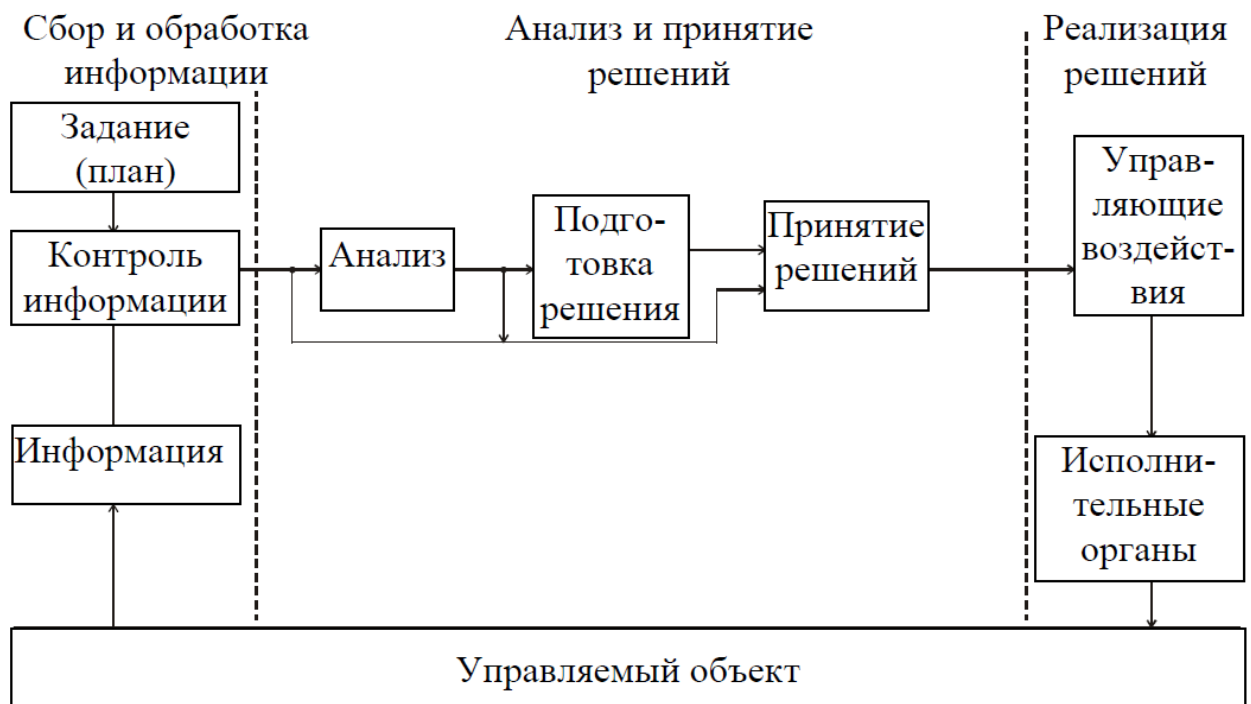


Рис. 5.1. Структурная схема АСУТП

АСУТП классифицируется по шести наиболее существенным признакам:

- характеру управляемого технологического процесса;
- степени сложности управляемого процесса;
- степени охвата управляемого процесса;
- степени автоматизации задач управления;
- функционально-алгоритмическому признаку;
- архитектурному признаку.

Рассмотрим основные виды АСУТП в зависимости от классификационного признака.

По характеру управляемого технологического процесса АСУТП можно разделить на следующие классы:

- АСУ с основными непрерывными технологическими процессами;
- АСУ с основными непрерывно-дискретными процессами;
- АСУ со сборочными процессами в дискретном производстве;
- АСУ с контрольными операциями и процессами;
- АСУ с процессами изготовления оснастки и инструментов для основного производства.

Классификация по степени сложности управляемого процесса основывается на условных границах числа параметров контроля и управления процессом. Например, классификация для предприятий с непрерывным и непрерывно-дискретным характером производства выделяет количественные границы: 20, 40, 100, 800 параметров. Такая классификация может служить основой для планирования разработок и определения номенклатурной базы АСУТП.

Системы по степени охвата управляемого процесса целесообразно разделить на два основных класса: комплексные АСУТП, локальные АСУТП.

Классификация по степени автоматизации задачи управления используется с момента зарождения АСУТП и определяет распределение «интеллектуальных» функций в решении задачи управления между ЭВМ и человеком, т.е. основывается на признаке технического совершенства АСУТП как кибернетической системы.

В этом плане различают АСУТП в зависимости от способов выполнения основных информационных и управляющих функций.

АСУТП функционирующие без вычислительного комплекса, применяются для управления отдельными технологическими агрегатами, установками или отдельными, относительно простыми производственными процессами, они обладают определённой автономностью, занимая при этом, как правило, нижнюю ступень иерархии управления производством.

В этих системах автоматический контроль, регулирование параметров технологического процесса, а в ряде случаев и их оптимизация осуществляются автономными специальными техническими устройствами. Информация о состоянии объекта вводится в такую систему автоматически от датчиков (первичных преобразователей), а управляющее воздействие поступает от неё на регулирующие органы. При этом сбор информации и формирование управляющих воздействий производится либо непрерывно, либо с высокой частотой, определяемой темпом управляемого технологического процесса.

Оператор и подчинённые ему технические средства управления объектом составляют единую автоматизированную систему управления объектом (рис. 5.2). Приведённый вариант системы управления, хотя и не содержит в своём составе вычислительного комплекса, является

человекомашинной системой и, как АСУТП, достаточно широко распространённой.

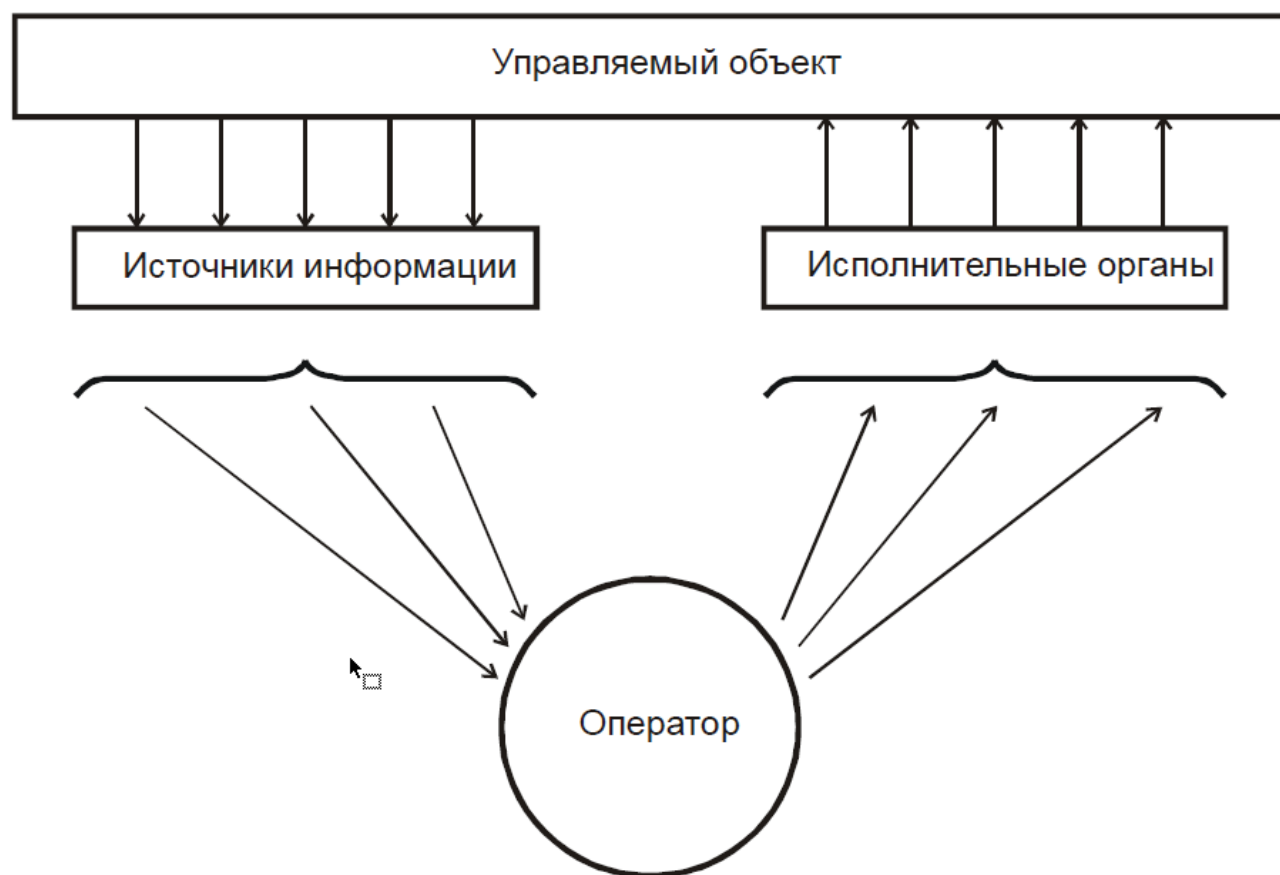


Рис. 5.2 АСУТП без вычислительного комплекса

АСУТП с вычислительным комплексом, выполняющим информационные функции (рис. 5.3), содержит все функциональные и аппаратные элементы, присущие рассмотренной выше системе, но отличается от неё наличием вычислительного комплекса (ВК), который осуществляет централизованный контроль, вычисление комплексных технических и технико-экономических показателей, а также контроль за работой и состоянием оборудования.

Вычислительный комплекс получает в системах такого вида информацию о состоянии объекта, а особенностью систем является то, что анализ поступающей информации, принятие решений, а также осуществление управляющих воздействий возлагается на оператора. Данные об объекте управления, кроме вывода на централизованные средства отображения информации, могут передаваться в вышестоящую АСУ для дополнительной обработки непосредственно, либо выводиться для этой цели на внешние накопители.

Целью сбора данных может быть также изучение технологического процесса при различных условиях, в том числе и предаварийных. В результате накапливается информация, позволяющая построить или уточнить математическую модель процесса, которым надо управлять.

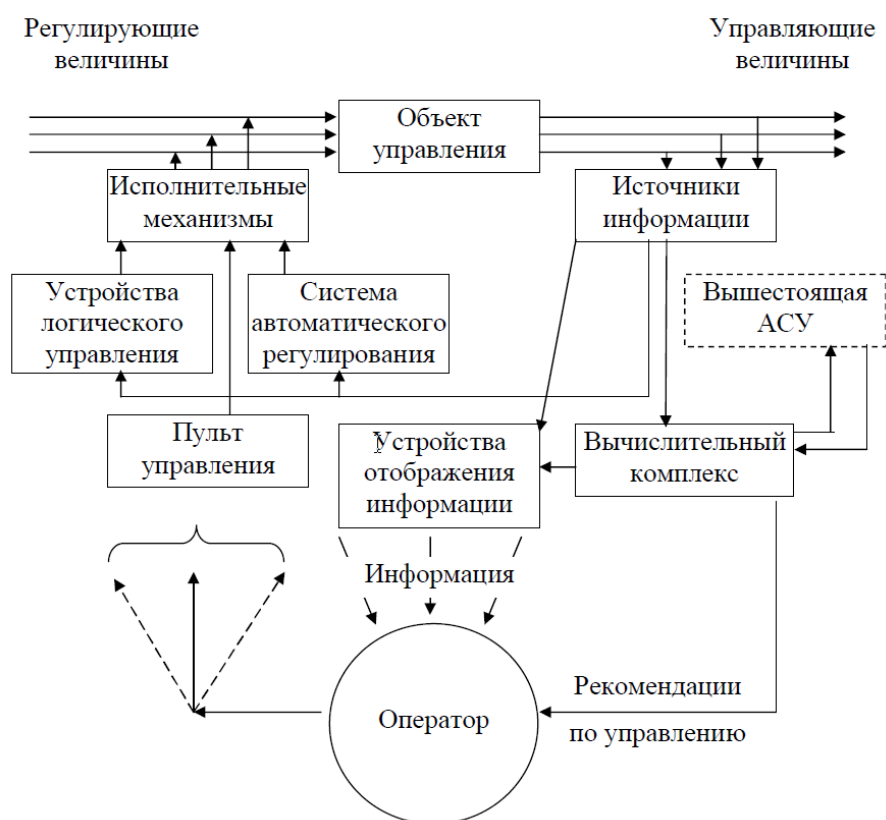


Рис. 5.3 АСУТП с вычислительным комплексом, выполняющим
информационные и советующие функции

АСУТП с вычислительным комплексом, выполняющим советующие функции, кроме функций, выполняемых в системе, рассмотренной выше, анализирует поступающую информацию и производит поиск оптимальных решений с выдачей рекомендаций по управлению (советов) оператору, который и осуществляет выбор решения и управляющее воздействие на объект.

В АСУТП с вычислительным комплексом, осуществляющим супервизорное управление (рис. 5.4), ВК включается в замкнутый контур автоматического управления и вырабатывает управляющие воздействия, поступающие как сигналы заданий непосредственно на вход системы автоматического регулирования.

Основная задача супервизорного управления - автоматическое поддержание технологического процесса вблизи оптимальной рабочей точки путём оперативного воздействия на него.

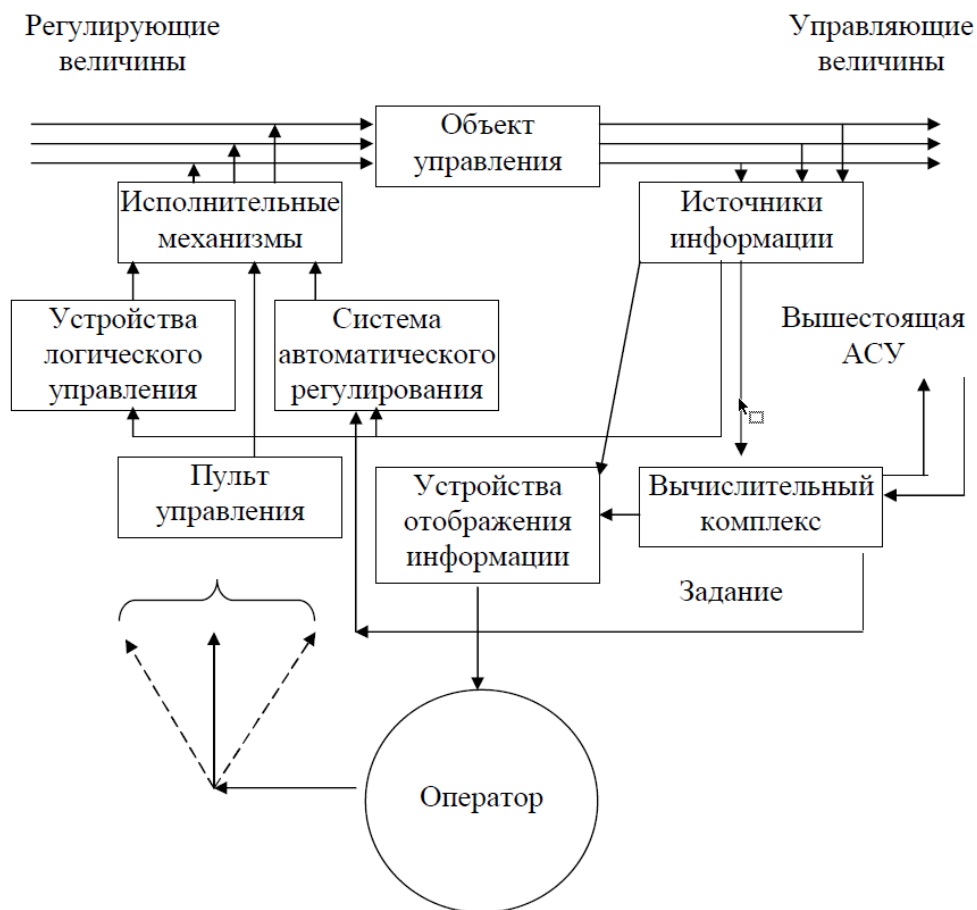


Рис. 5.4 АСУТП с вычислительным комплексом, осуществляющим супервизорное управление

В этом существенное преимущество данного вида систем автоматического управления. ВК, отыскав в системе супервизорного управления необходимые значения заданий, регулятором преобразует их в такие сигналы, которые непосредственно используются для изменения задания и настройки регуляторов.

Функции оператора в таком виде управления сводятся к общему наблюдению за ходом процесса и введению необходимых коррективов в уравнение контуров управления.

АСУТП с вычислительным комплексом, выполняющим функции непосредственного (прямого) цифрового управления (НЦУ) (рис. 5.5), сигналы, используемые для приведения в действие исполнительных механизмов, поступают непосредственно от ВК, а необходимые ранее регуляторы исключаются из системы (или используются как резерв).

Непосредственное цифровое управление (НЦУ) позволяет заменить совокупность регуляторов с соответствующими им заданиями на вычислительный комплекс. В этом случае вместо расчёта заданий регулятором рассчитываются значения управляющих воздействий и соответствующий сигнал передаётся непосредственно на исполнительные механизмы регулирующих органов. Это делается для каждого контура управления. Одно из главных преимуществ применения АСУТП с ВК в режиме НЦУ заключается в возможности изменения алгоритмов управления для контуров управления внесением изменений в программу.

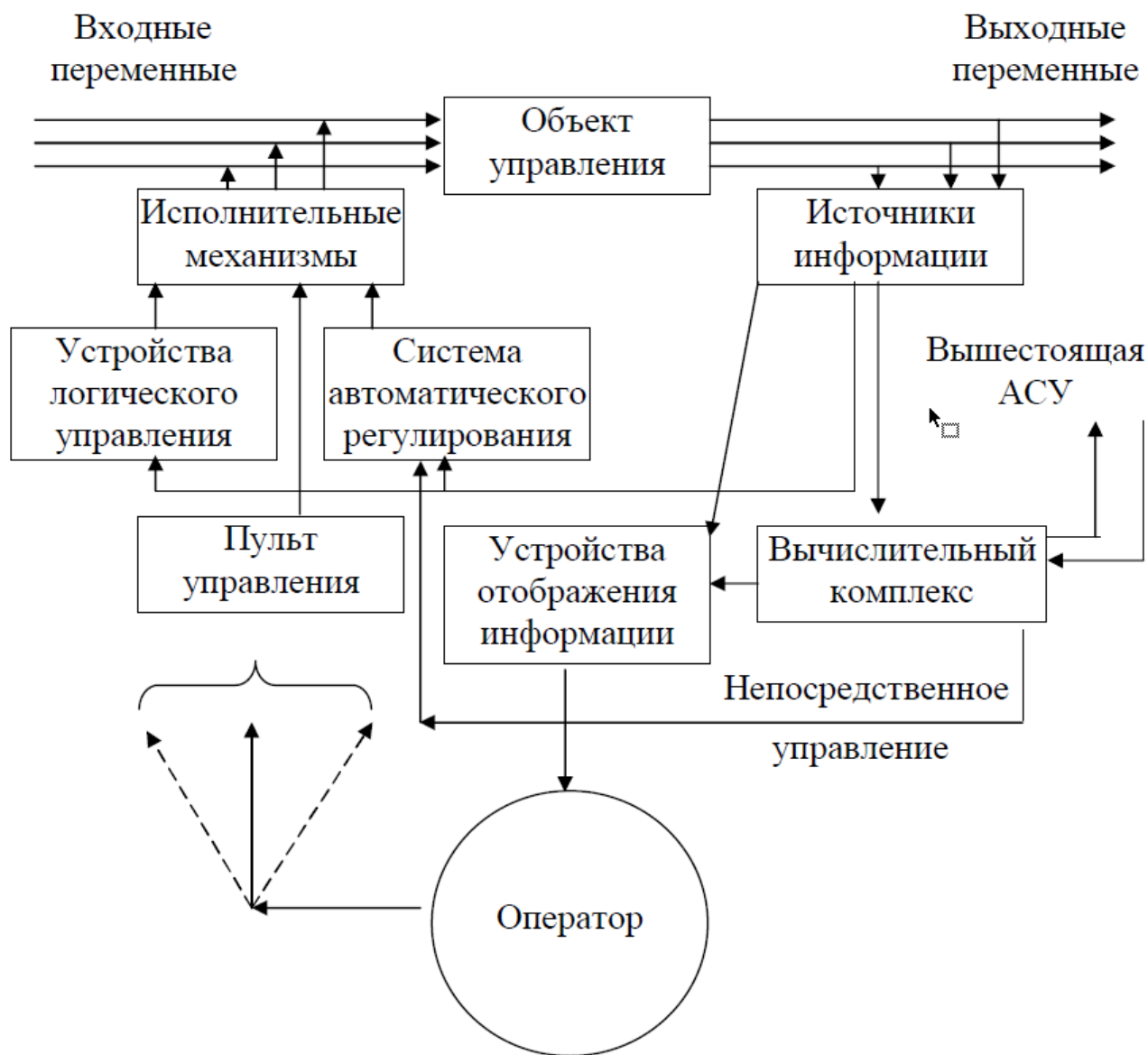


Рис. 5.5 АСУТП с вычислительным комплексом, выполняющим непосредственной управление

Классификация по функционально-алгоритмическому признаку определяет функции и степень совершенства алгоритма управления, реализуемого АСУТП. Выполняемые системой функции, в свою очередь, определяют источники её технико-экономической эффективности, что придаёт особую практическую значимость классификации по данному

признаку. По этому признаку АСУТП классифицируются на следующие системы:

- логико-программного управления;
- экстремального управления;
- адаптивного управления;
- организационно-технологического управления;
- оптимально-координационного управления.

Классификация по архитектурному признаку обобщает все известные системотехнические решения при построении АСУТП. Различают следующие АСУТП по архитектурному признаку:

- одноуровневые централизованные системы на базе одного управляющего вычислительного комплекса (одной ЭВМ), имеющие прямую связь со всеми источниками и приёмниками информации;
- одноуровневые централизованные с уплотнением каналов связи, системы на базе одного управляющего комплекса;
- двухуровневые с одной ЭВМ, системы на базе одной ЭВМ с частным распределением функций управления на управляемые регуляторы и (или) программаторы и (или) локальные посты управления;
- многоуровневые (двухуровневые) с определенным количеством ЭВМ, системы, в которых ЭВМ используется более чем на одном уровне.

В соответствии с теорией многоуровневых систем для иерархических АСУТП свойственны последовательные вертикальные расположения подсистем (вертикальная декомпозиция), приоритет действий подсистем верхнего уровня и зависимость действий подсистем верхнего уровня от результатов выполнения нижними уровнями своих функций.

Взаимодействие возможно всеми уровнями, однако всегда сохраняется приоритетное воздействие верхних уровней на нижние. При проектировании АСУТП находят практическое применение три основных понятия иерархических уровней:

- уровни описания или абстрагирования (страты);
- уровни сложности принимаемого решения (слои);
- организационные уровни (эшелоны).

На рисунке 5.6 приведен один из возможных вариантов стратифицированного представления АСУТП.

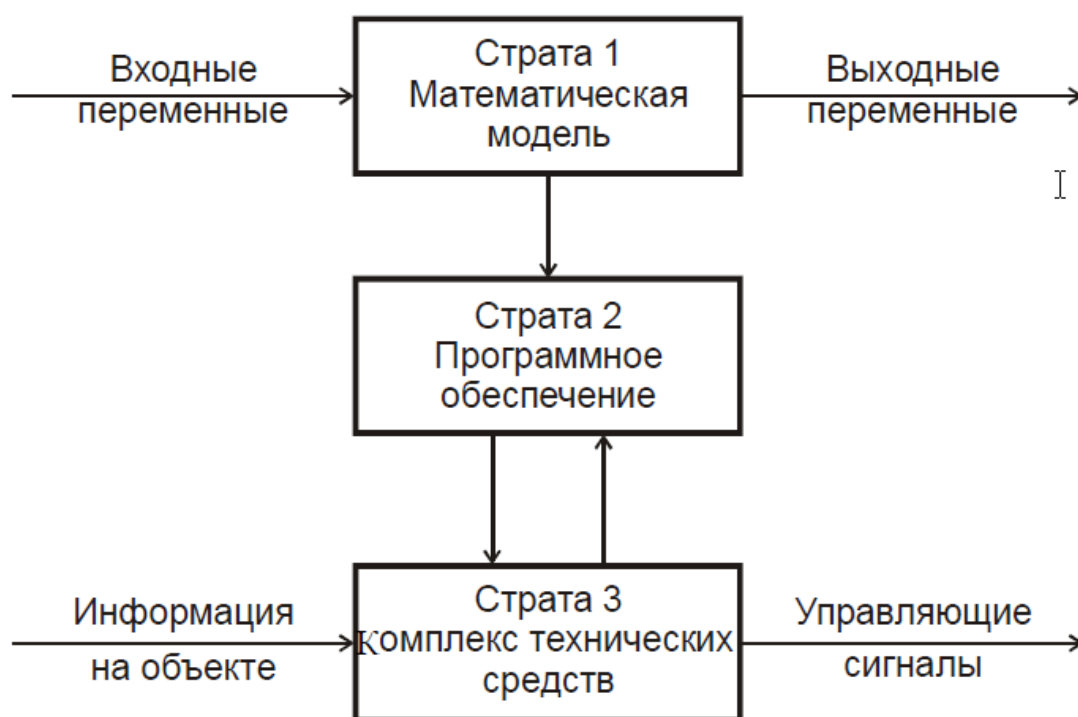


Рисунок 5.6 Стратифицированное представление АСУТП

В состав АСУТП входят следующие основные компоненты:

- оперативный персонал,
- информационное, организационное, программное и техническое обеспечение.

Основные компоненты АСУТП и их взаимодействие показаны на рисунке 5.7.

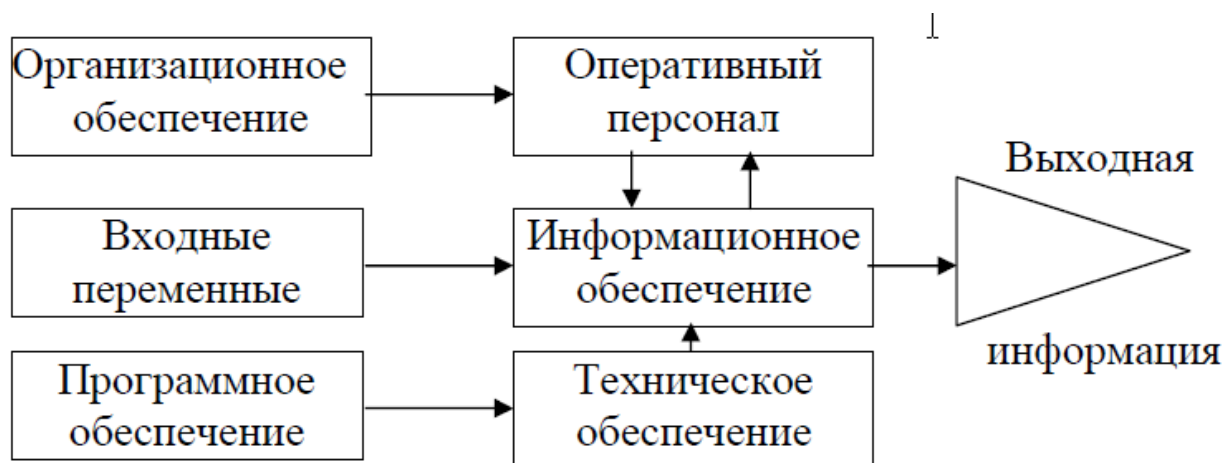


Рис. 5.7 Блок-схема взаимодействия основных компонентов АСУТП

Как видно из схемы, основная задача АСУТП сводится к целенаправленному преобразованию входной информации в выходную. Сбор входной информации, её обработку и анализ, а также принятие решений по управлению и их реализацию осуществляют оперативный персонал. Для правильного функционирования и решения основной задачи оперативный персонал руководствуется документами организационного обеспечения, а КТС имеет программное обеспечение.

В процессе функционирования АСУТП между её основными компонентами существует интенсивное взаимодействие. Эти взаимодействия внутри системы, а также её взаимодействие с внешней средой носят информационный характер, так как сводятся к передаче и приёму информации в виде различных сигналов, данных, сообщений, текстов и т.д. Множество принятых форм массивов данных, документов, перечней и используемых сигналов, кодов и правил их расшифровки образуют информационный комплекс АСУТП.

Автоматизация технологических процессов типовыми средствами контроля, средствами дистанционного управления и т.п. способствует повышению уровня пожаро- и взрывобезопасности объекта. Однако больший эффект по пожаро- и взрывозащите производств может быть достигнут при использовании вычислительной техники, входящей в АСУТП.

Вопрос 3. Автоматизированные системы управления взрывопожарозащитой промышленных объектов. Оператор в человекомашинной системе

Автоматизация технологических процессов типовыми средствами контроля, средствами дистанционного управления и т.п. способствует повышению уровня пожаро- и взрывобезопасности объекта. Однако больший эффект по пожаро- и взрывозащите производств может быть достигнут при использовании вычислительной техники, входящей в АСУТП.

Вычислительная техника позволяет компоновать управляющие и информационные вычислительные системы для отдельных технологических процессов, а также автоматизированные системы управления для отдельных цехов и промышленных предприятий с одним или несколькими вычислительными комплексами.

Комплексная автоматизация промышленных объектов системами управления на базе ВТ оптимизирует ход производственного процесса при переменных значениях параметров, влияющих на процесс, с целью достижения его наибольшей экономической эффективности и пожарной безопасности. За критерий оптимальности могут быть приняты некоторые обобщенные показатели, характеризующие экономическую или техническую сущность работы объекта: максимальная производительность труда, снижение расхода ценного сырья и т.п., а для обеспечения пожарной безопасности комплексный или

обобщенный показатели. Одновременно, входящие в состав АСУТП среди прочих задач выполняют анализ аварийных ситуаций и выявляют причинно-следственные связи, что может быть экстраполировано в принципе и на системы пожарной защиты.

Информация, поступающая в УВМ, позволяет выделить группы связанных между собой аварийных сигналов, определить основную причину появления этих сигналов и их ближайшие, наиболее угрожающие результаты. Таким результатом аварийной ситуации может быть пожар или взрыв. Так как вычислительная машина успевает за короткий срок проверить большое количество логических условий, то способность автоматизированной системы управления распознавать пожаро- и взрывопасные ситуации значительно превышает возможности оператора.

Для выявления такой ситуации и организации пожарной защиты в программу УВМ включается подпрограмма с командами целевого назначения. Эта подпрограмма представляет собой цепочку логических выборов поиска оптимального решения пожарной защиты. В результате логического анализа УВМ должна определить в каждом конкретном случае уровень защиты, снизить нагрузку на объект, произвести постепенное отключение или остановку оборудования и включение системы пожарной защиты или подавления взрыва.

Пример блок-схемы программы анализа аварийного сигнала приведён на рис. 5.8, а структурная схема управления с наличием подсистем пожарной защиты и взрывоподавления приведена на рис. 5.9.



Рис. 5.8 Блок-схема программы анализа аварийного сигнала

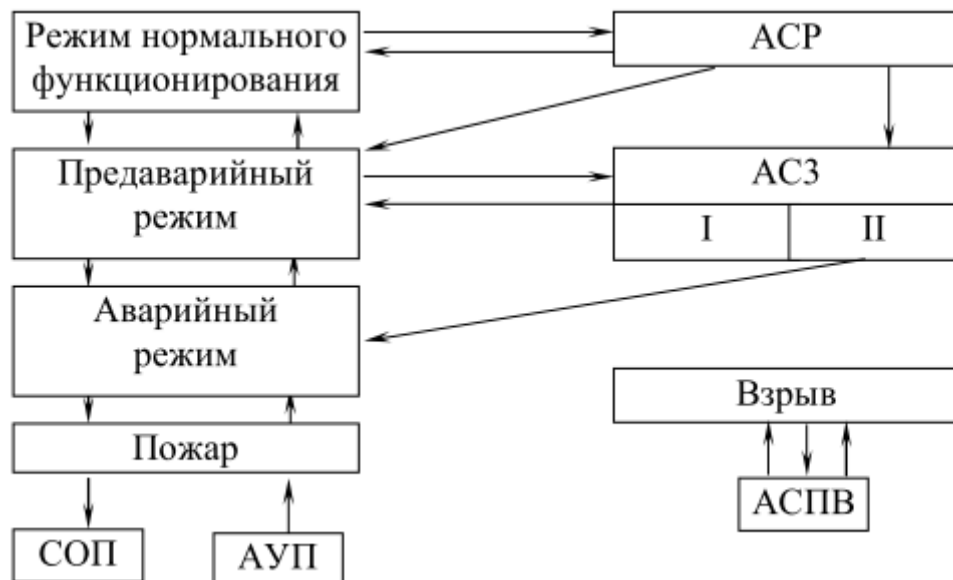


Рис. 5.9 Структурная схема управления с наличием подсистемы пожарной защиты и взрывоподавления

Таким образом, для обеспечения автоматической пожарной защиты АСУТП может выполнять ряд функций, к которым относятся следующие:

1. Предупреждение пожаров и взрывов на объекте защиты путем анализа обстановки по пожаро- и взрывоопасности в ходе технологического процесса и осуществление защитных мероприятий, исключающих пожар или взрыв. Это может быть осуществлено по специально разработанному алгоритму с учётом вышесказанного.

2. Контроль работоспособности автоматической пожарной защиты (АПЗ). Это обусловлено повышением сложности систем АПЗ, трудностью решаемых ими задач в условиях интенсификации производства и его повышенной пожарной опасностью. Введение быстрых и объективных машинных методов контроля, не связанных с субъективными особенностями человека, может значительно повысить надёжность систем АПЗ и своевременно обнаруживать неисправности.

Для контроля работоспособности систем АПЗ с помощью ВМ комплекса АСУТП необходимо установить число независимых состояний систем АПЗ (дежурное, аварийное, ремонтное), независимые параметры, наиболее полно характеризующие состояние системы АПЗ, признаки состояния и их взаимную связь с параметрами и произвести минимизацию их числа, а также выбрать оптимальный алгоритм контроля системы АПЗ и подобрать измерительные, регистрирующие и информационные устройства достаточной точности.

1. Управление ликвидацией пожара и спасанием людей. Пожары на современных предприятиях, связанные с обращением в большом количестве легковоспламеняющихся жидкостей, горючих газов и пылей, могут принимать сложные формы и большие размеры, а это значительно усложняет управление силами и средствами по его ликвидации.

В связи с этими функциями управления ликвидацией пожаром и спасанием людей, выполняемая УВМ и другими техническими средствами,

должна обеспечивать выявление помещения (места) на территории объекта, где возникло загорание, контроль пуска локальных систем пожаротушения, оповещение оператора и пожарных подразделений о пожаре, выдачу рекомендаций о первичных действиях по тушению пожара силами добровольных пожарных дружин, прибывшими подразделениями пожарной охраны и выдавать информацию о предписанных маршрутах эвакуации людей.

Цель внедрения АСУВПЗ на промышленном объекте – повышение уровня взрывопожаробезопасности технологических процессов и безопасности людей и их эвакуации в экстремальных случаях.

Для достижения этой цели АСУВПЗ, решая задачи по обеспечению автоматизированной противопожарной и противовзрывной защиты, выполняет соответствующие информационные и управляющие функции.

К информационным функциям АСУВПЗ относятся:

1. Контроль обеспеченности автоматическими приборами и системами предупреждения, локализации и ликвидации пожаров, взрывов и аварий защищаемого объекта (наличие, режим работы, ремонт и т.п.)

2. Контроль выполнения предписаний, рекомендаций и решений контролирующих органов и ГПН.

3. Контроль работоспособности систем предупреждения пожаров, взрывов, аварий.

4. Контроль работоспособности систем локализации и ликвидации пожаров, взрывов, аварий.

5. Контроль «нормы» технологических параметров, определяющих взрывопожароопасность защищаемого объекта.

6. Контроль связи и схем оповещения.

7. Обнаружение и регистрация отклонений параметров, определяющих взрывопожароопасность защищаемого объекта.

8. Информация оператора о текущем взрывопожароопасном состоянии защищаемого объекта, возникновении аварийной ситуации (пожар, взрыв, авария).

9. Информация оператору-диспетчеру о прогнозе аварийной ситуации.

10. Выдача рекомендаций оператору-диспетчеру по реализации плана ликвидации аварийной ситуации.

11. Выдача оперативного плана пожаротушения и рекомендации РТП.

12. Регистрация срабатывания систем предупреждения, локализации и ликвидации аварийных ситуаций.

К управляющим функциям АСУВПЗ относятся:

- приведение в действие систем предупреждения, локализации и ликвидации аварийных ситуаций, пожаров и взрывов;
- частичное или полное отключение технологического оборудования и остановка технологического процесса;
- управление средствами и системами эвакуации людей из аварийных помещений и зон.

Организационное обеспечение АСУВПЗ - совокупность описаний функциональной, технической и организационной структур, инструкций и регламентов для оперативного персонала АСУВПЗ, определяющего действия при функционировании технологического комплекса с наличием АСУВПЗ.

Структурная схема АСУВПЗ в общем виде включает комплекты первичных преобразователей — датчиков на различные параметры, характеризующие возможные аварийные ситуации (аварию, взрыв, пожар) на защищаемом объекте, устройство контроля, приёма и преобразователя информации, вычислительный комплекс, управляющие устройства и исполнительные органы, систему отображения, представления и регистрации информации.

Разделяют три разновидности АСУВПЗ.

Для первой характерно включение подсистемы пожарной безопасности в АСУТП. Это, как правило, крупные предприятия, уже имеющие комплексные, двух- и многоуровневые АСУТП. Задачи АСУВПЗ по обеспечению пожаровзрывобезопасности входят самостоятельными подпрограммами в комплекс АСУТП.

Вторая разновидность – это самостоятельная и независимая АСУВПЗ объекта или технологического процесса.

Третья разновидность – это сочетание АСУТП и АСУВПЗ в комплексе АСУ производством.

Структуры АСУВПЗ определяют состав, назначение и взаимодействие подсистем, степень централизации и число уровней иерархии системы, организацию связей между компонентами АСУВПЗ, взаимосвязь АСУВПЗ с другими системами управления, а также возможность развития и модернизации АСУВПЗ в пределах, оговоренных техническим заданием на создание АСУВПЗ.

В ходе проектирования АСУВПЗ разрабатываются следующие виды структур:

- функциональная структура АСУВПЗ;
- организационная структура АСУВПЗ;
- структура комплекса технических средств АСУВПЗ.

Элементами функциональной структуры АСУВПЗ являются подсистемы, функции, задачи, операции, а связи между элементами – потоки информации, циркулирующей между ними и при функционировании системы.

Элементами организационной структуры АСУВПЗ являются структурные подразделения и (или) отдельные должностные лица, связанные с функционированием АСУВПЗ, а связи между ними определяют обмен информацией, соподчиненность и взаимодействие. При

проектировании АСУВПЗ целесообразно разрабатывать организационную структуру таким образом, чтобы предусмотреть создание единой службы эксплуатации АСУВПЗ.

Структура комплекса технических средств (КТС) АСУВПЗ включает:

- датчики контроля аварийной загазованности и пожарной сигнализации объекта;
- датчики контроля состояния технологического объекта управления (ТОУ ВПЗ);
- исполнительные устройства, осуществляющие управление оборудованием ТОУ ВПЗ;
- устройства предупредительной и аварийной сигнализации;
- средства электроавтоматики;
- средства ввода-вывода информации (устройства связи с объектом);
- средства обработки информации и управления (центральные обрабатывающие устройства);
- средства хранения информации;
- средства обмена информацией;
- оперативно-диспетчерское оборудование;
- сервисное оборудование;
- источники питания, конструктивы, кроссовую и коммутационную аппаратуру;
- соединительные кабели, провода, жгуты.

Вариант структуры КТС распределённой многоуровневой АСУВПЗ представлен на рис. 5.10.

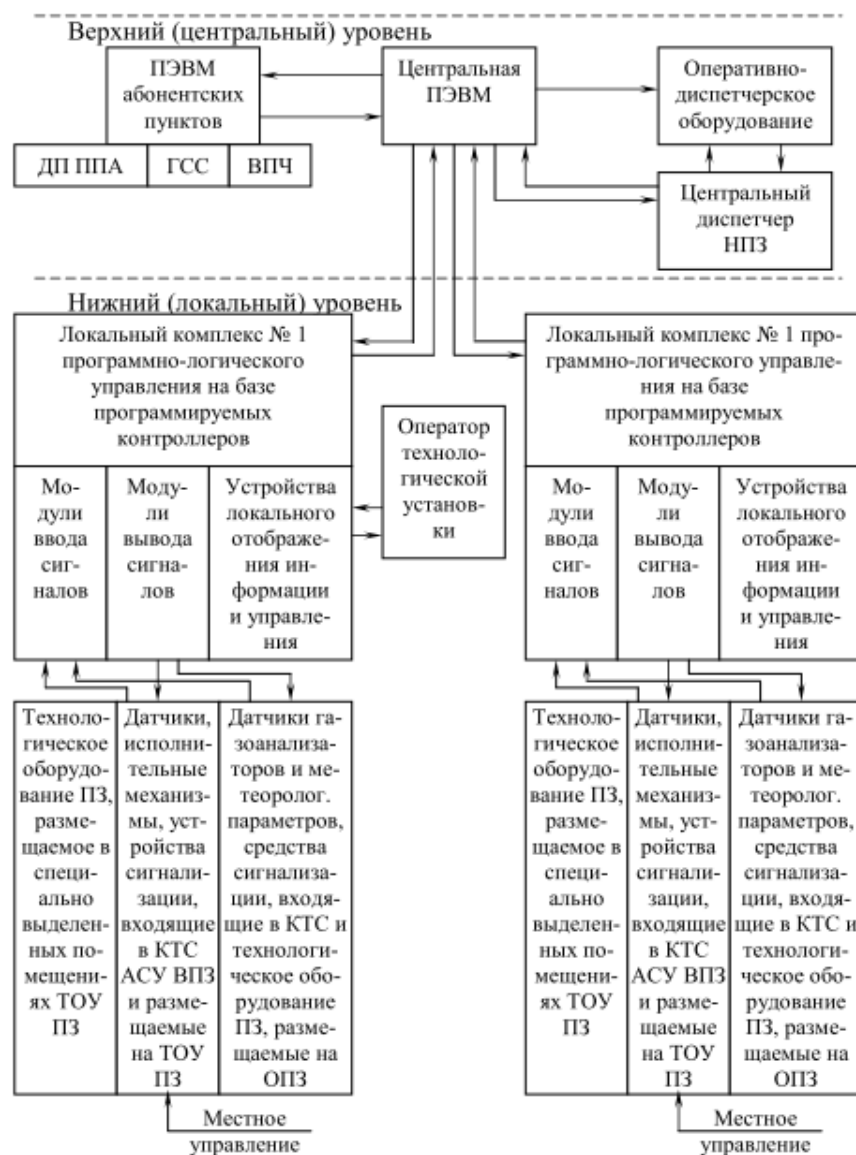


Рис. 5.10 Структура комплекса технических средств распределенной многоуровневой АСУВПЗ нефтеперерабатывающего предприятия (стрелками показано направление передачи информации и управляющих воздействий); ДП ППА – диспетчерский пункт противопожарной автоматики

Структурная схема предусматривает два уровня управления:

- 1) нижний (локальный) уровень, реализованный на процессорном модуле с последовательным интерфейсом RS 232;
- 2) верхний уровень, реализованный на персональной ЭВМ.

Таким образом, АСВПЗ строится на базе двухуровневого распределённого комплекса технических средств, функционирование которого должно обеспечиваться аппаратными и программными средствами стыковки (сопряжения).

Нижний (локальный) уровень АСУВПЗ выполняет функции автоматического непрерывного контроля состояния и программного логического управления ТОО ВПЗ в дежурном режиме и при обнаружении аварийной ситуации с представлением локальной информации.

Верхний (центральный) уровень выполняет функции централизованного представления информации оператору АСУВПЗ, передачи нижнему уровню команд автоматического дистанционного управления, контроля и координации функционирования подсистем нижнего уровня АСУВПЗ. Предусматривается возможность автономного функционирования локальных подсистем (например, при отказе верхнего уровня). В этом случае информацию об аварийной ситуации и состоянии ТОО ВПЗ можно получить от устройств отображения информации, входящих в состав соответствующих локальных комплексов нижнего уровня. Автоматизированное управление (дублирующее автоматическое) осуществляется с помощью средств ручного управления этих комплексов.

Каждый локальный комплекс управляется «своим» участком или видом ТОО ВПЗ (канальными модулями СВГ, электрозадвижками САЗ и т.д.)

Локальные комплексы располагаются в местах, приближенных к управляемому технологическому оборудованию ВПЗ (например, в операторских технологических установках).

В нормальном режиме функционирования АСУВПЗ (при отсутствии отказов) локальные комплексы не требуют постоянного пребывания оперативного персонала. Развитие распределенной АСУВПЗ при расширении ТОО ВПЗ (появлении дополнительных установок пожарной автоматики, систем по давлению взрыва и систем автоматической защиты)

обеспечивается за счёт подключения к системе дополнительных локальных комплексов в пределах, соответствующих возможностям используемых средств ВТ.

Технические средства верхнего (центрального) уровня АСУВПЗ располагаются в специальных помещениях – диспетчерских пунктах АСУВПЗ, где предусмотрено непрерывное круглосуточное дежурство операторов системы, а нижнего уровня АСУВПЗ – операторных технологических установок.

Обмен информацией между техническими средствами верхнего и нижнего уровней АСУВПЗ осуществляется по уплотнённым каналам связи в соответствии с принятыми протоколами обмена.

При создании конкретной АСУВПЗ необходимо обеспечить соответствие технических требований к АСУВПЗ общим требованиям, установленным ГОСТ. Оперативный персонал АСУВПЗ должен иметь уровень подготовленности, достаточный для выполнения своих функций, определяемых организационным обеспечением системы.

Контрольные вопросы.

1. Что относится к функциям управления?
2. Какая основная цель автоматизации управления?
3. Для каких целей создается ВЦКП?
4. Что такое АСУП?
5. Что понимается под управляемым технологическим процессом?

Лекция 6. «Классификация и общие технические требования к установкам пожарной автоматики»

Вопрос 1. Основные термины и определения, классификации установок пожарной автоматики

Пожарная сигнализация - совокупность технических средств, предназначенных для обнаружения пожара, обработки, передачи в заданном виде извещения о пожаре, специальной информации и (или) выдачи команд на включение автоматических установок пожаротушения и включение исполнительных установок систем противодымной защиты, технологического и инженерного оборудования, а также других устройств противопожарной защиты.

Пожарный извещатель - техническое средство, предназначенное для формирования сигнала о пожаре.

Пожарный оповещатель - техническое средство, предназначенное для оповещения людей о пожаре.

Прибор приемно-контрольный пожарный - техническое средство, предназначенное для приема сигналов от пожарных извещателей, осуществления контроля целостности шлейфа пожарной сигнализации, световой индикации и звуковой сигнализации событий, формирования стартового импульса запуска прибора управления пожарного.

Прибор управления пожарный - техническое средство, предназначенное для передачи сигналов управления автоматическим установкам пожаротушения, и (или) включения исполнительных установок систем противодымной защиты, и (или) оповещения людей о пожаре, а также для передачи сигналов управления другим устройствам противопожарной защиты.

Система передачи извещений о пожаре - совокупность совместно действующих технических средств, предназначенных для передачи по

каналам связи и приема в пункте централизованного наблюдения извещений о пожаре на охраняемом объекте, служебных и контрольно-диагностических извещений, а также (при наличии обратного канала) для передачи и приема команд телеуправления.

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

Технические средства оповещения и управления эвакуацией - совокупность технических средств (приборов управления оповещателями, пожарных оповещателей), предназначенных для оповещения людей о пожаре.

Классификация пожарной техники. Пожарная техника в зависимости от назначения и области применения подразделяется на следующие типы:

- 1) первичные средства пожаротушения;
- 2) мобильные средства пожаротушения;
- 3) *установки пожаротушения;*
- 4) *средства пожарной автоматики;*
- 5) пожарное оборудование;
- 6) средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре;
- 7) пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный);
- 8) *пожарная сигнализация, связь и оповещение.*

Классификация установок пожаротушения. Установки пожаротушения - совокупность стационарных технических средств тушения пожара путем выпуска огнетушащего вещества. Установки пожаротушения должны обеспечивать локализацию или ликвидацию пожара.

Установки пожаротушения по конструктивному устройству подразделяются на:

- агрегатные,
- модульные,
- микрокапсулированные.

Установки пожаротушения по степени автоматизации подразделяются на:

- автоматические,
- автоматизированные,
- автономные,
- ручные.

Установки пожаротушения по виду огнетушащего вещества подразделяются на:

- жидкостные (вода, водные растворы, другие огнетушащие жидкости),
- пенные,
- газовые,
- порошковые,
- аэрозольные,
- комбинированные.

Установки пожаротушения по способу тушения подразделяются на:

- на объемные,
- поверхностные,
- локально-объемные,
- локально-поверхностные.

Тип установки пожаротушения, способ тушения и вид огнетушащего вещества определяются организацией-проектировщиком. При этом установка пожаротушения должна обеспечивать:

- 1) реализацию эффективных технологий пожаротушения, оптимальную инерционность, минимально вредное воздействие на защищаемое оборудование;
- 2) срабатывание в течение времени, не превышающего длительности начальной стадии развития пожара (критического времени свободного развития пожара);
- 3) необходимую интенсивность орошения или удельный расход огнетушащего вещества;

4) тушение пожара в целях его ликвидации или локализации в течение времени, необходимого для введения в действие оперативных сил и средств;

5) требуемую надежность функционирования.

Классификация средств пожарной автоматики. Средства пожарной автоматики предназначены для автоматического обнаружения пожара, оповещения о нем людей и управления их эвакуацией, автоматического пожаротушения и включения исполнительных устройств систем противоподымной защиты, управления инженерным и технологическим оборудованием зданий и объектов. Средства пожарной автоматики подразделяются на:

1) извещатели пожарные;

2) приборы приемно-контрольные пожарные;

3) приборы управления пожарные;

4) технические средства оповещения и управления эвакуацией пожарные;

5) системы передачи извещений о пожаре;

6) другие приборы и оборудование для построения систем пожарной автоматики.

Рассматривая пожарную автоматику как часть системы противопожарной защиты, можно сформулировать цель создания систем противопожарной защиты. Целью создания систем противопожарной защиты является защита людей и имущества от воздействия опасных факторов пожара и (или) ограничение его последствий. Защита людей и имущества от воздействия опасных факторов пожара и (или) ограничение его последствий обеспечиваются снижением динамики нарастания опасных факторов пожара, эвакуацией людей и имущества в безопасную зону и (или) тушением пожара.

Системы противопожарной защиты должны обладать надежностью и устойчивостью к воздействию опасных факторов пожара в течение времени,

необходимого для достижения целей обеспечения пожарной безопасности. Состав и функциональные характеристики систем противопожарной защиты объектов устанавливаются нормативными документами по пожарной безопасности.

Защита людей и имущества от воздействия опасных факторов пожара и (или) ограничение последствий их воздействия обеспечиваются одним или несколькими из следующих способов:

- 1) применение объемно-планировочных решений и средств, обеспечивающих ограничение распространения пожара за пределы очага;
- 2) устройство эвакуационных путей, удовлетворяющих требованиям безопасной эвакуации людей при пожаре;
- 3) устройство систем обнаружения пожара (установок и систем пожарной сигнализации), оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре;
- 4) применение систем коллективной защиты (в том числе противодымной) и средств индивидуальной защиты людей от воздействия опасных факторов пожара;
- 5) применение основных строительных конструкций с пределами огнестойкости и классами пожарной опасности, соответствующими требуемым степени огнестойкости и классу конструктивной пожарной опасности зданий и сооружений, а также с ограничением пожарной опасности поверхностных слоев (отделок, облицовок и средств огнезащиты) строительных конструкций на путях эвакуации;
- 6) применение огнезащитных составов (в том числе антипиренов и огнезащитных красок) и строительных материалов (облицовок) для повышения пределов огнестойкости строительных конструкций;
- 7) устройство аварийного слива пожароопасных жидкостей и аварийного стравливания горючих газов из аппаратуры;
- 8) устройство на технологическом оборудовании систем

противовзрывной защиты;

9) применение первичных средств пожаротушения;

10) применение автоматических и (или) автономных установок пожаротушения.

Системы обнаружения пожара (установки и системы пожарной сигнализации), оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре должны обеспечивать автоматическое обнаружение пожара за время, необходимое для включения систем оповещения о пожаре в целях организации безопасной (с учетом допустимого пожарного риска) эвакуации людей в условиях конкретного объекта.

Системы пожарной сигнализации, оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре должны быть установлены на объектах, где воздействие опасных факторов пожара может привести к травматизму и (или) гибели людей. Перечень объектов, подлежащих оснащению указанными системами, устанавливается нормативными документами по пожарной безопасности.

Применение автоматических и (или) автономных установок пожаротушения должно обеспечивать достижение одной или нескольких из следующих целей:

1) ликвидация пожара в помещении (здании) до возникновения критических значений опасных факторов пожара;

2) ликвидация пожара в помещении (здании) до наступления пределов огнестойкости строительных конструкций;

3) ликвидация пожара в помещении (здании) до причинения максимально допустимого ущерба защищаемому имуществу;

4) ликвидация пожара в помещении (здании) до наступления опасности разрушения технологических установок.

Тип автоматической и (или) автономной установки пожаротушения, вид огнетушащего вещества и способ его подачи в очаг пожара определяются в

зависимости от вида горючего материала, объемно-планировочных решений здания, сооружения и параметров окружающей среды.

Вопрос 2. Общие технические требования к установкам пожарной автоматики. Структура установок пожарной сигнализации

Автоматические установки пожаротушения и пожарной сигнализации должны монтироваться в зданиях и сооружениях в соответствии с проектной документацией, разработанной и утвержденной в установленном порядке. Автоматические установки пожаротушения должны быть обеспечены:

- 1) расчетным количеством огнетушащего вещества, достаточным для ликвидации пожара в защищаемом помещении, здании или сооружении;
- 2) устройством для контроля работоспособности установки;
- 3) устройством для оповещения людей о пожаре, а также дежурного персонала и (или) подразделения пожарной охраны о месте его возникновения;
- 4) устройством для задержки подачи газовых и порошковых огнетушащих веществ на время, необходимое для эвакуации людей из помещения пожара;
- 5) устройством для ручного пуска установки пожаротушения, за исключением установок пожаротушения, оборудованных оросителями (распылителями), оснащенными замками, срабатывающими от воздействия опасных факторов пожара.

Способ подачи огнетушащего вещества в очаг пожара не должен приводить к увеличению площади пожара вследствие разлива, разбрызгивания или распыления горючих материалов и к выделению горючих и токсичных газов.

В проектной документации на монтаж автоматических установок пожаротушения должны быть предусмотрены меры по удалению

огнетушащего вещества из помещения, здания и сооружения после его подачи.

Автоматические установки пожаротушения и пожарной сигнализации в зависимости от разработанного при их проектировании алгоритма должны обеспечивать автоматическое обнаружение пожара, подачу управляющих сигналов на технические средства оповещения людей о пожаре и управления эвакуацией людей, приборы управления установками пожаротушения, технические средства управления системой противодымной защиты, инженерным и технологическим оборудованием.

Автоматические установки пожаротушения и пожарной сигнализации должны обеспечивать автоматическое информирование дежурного персонала о возникновении неисправности линий связи между отдельными техническими средствами, входящими в состав установок.

Пожарные извещатели и иные средства обнаружения пожара должны располагаться в защищаемом помещении таким образом, чтобы обеспечить своевременное обнаружение пожара в любой точке этого помещения.

Системы пожарной сигнализации должны обеспечивать подачу светового и звукового сигналов о возникновении пожара на приемно-контрольное устройство в помещении дежурного персонала или на специальные выносные устройства оповещения.

Ручные пожарные извещатели должны устанавливаться на путях эвакуации в местах, доступных для их включения при возникновении пожара.

Требования к проектированию автоматических установок пожаротушения и автоматической пожарной сигнализации устанавливаются настоящим Федеральным законом и (или) нормативными документами по пожарной безопасности.

Оповещение людей о пожаре, управление эвакуацией людей и обеспечение их безопасной эвакуации при пожаре в зданиях и сооружениях

должны осуществляться одним из следующих способов или комбинацией следующих способов:

- 1) подача световых, звуковых и (или) речевых сигналов во все помещения с постоянным или временным пребыванием людей;
- 2) трансляция специально разработанных текстов о необходимости эвакуации, путях эвакуации, направлении движения и других действиях, обеспечивающих безопасность людей и предотвращение паники при пожаре;
- 3) размещение и обеспечение освещения знаков пожарной безопасности на путях эвакуации в течение нормативного времени;
- 4) включение эвакуационного (аварийного) освещения;
- 5) дистанционное открывание запоров дверей эвакуационных выходов;
- 6) обеспечение связью пожарного поста (диспетчерской) с зонами оповещения людей о пожаре;
- 7) иные способы, обеспечивающие эвакуацию.

Информация, передаваемая системами оповещения людей о пожаре и управления эвакуацией людей, должна соответствовать информации, содержащейся в разработанных и размещенных на каждом этаже зданий и сооружений планах эвакуации людей.

Пожарные оповещатели, устанавливаемые на объекте, должны обеспечивать однозначное информирование людей о пожаре в течение времени эвакуации, а также выдачу дополнительной информации, отсутствие которой может привести к снижению уровня безопасности людей.

В любой точке защищаемого объекта, где требуется оповещение людей о пожаре, уровень громкости, формируемый звуковыми и речевыми оповещателями, должен быть выше допустимого уровня шума. Речевые оповещатели должны быть расположены таким образом, чтобы в любой точке защищаемого объекта, где требуется оповещение людей о пожаре,

обеспечивалась разборчивость передаваемой речевой информации. Световые оповещатели должны обеспечивать контрастное восприятие информации в диапазоне, характерном для защищаемого объекта.

При разделении здания и сооружения на зоны оповещения людей о пожаре должна быть разработана специальная очередность оповещения о пожаре людей, находящихся в различных помещениях здания и сооружения.

Размеры зон оповещения, специальная очередность оповещения людей о пожаре и время начала оповещения людей о пожаре в отдельных зонах должны быть определены исходя из условия обеспечения безопасной эвакуации людей при пожаре.

Системы оповещения людей о пожаре и управления эвакуацией людей должны функционировать в течение времени, необходимого для завершения эвакуации людей из здания, сооружения.

Технические средства, используемые для оповещения людей о пожаре и управления эвакуацией людей из здания, сооружения при пожаре, должны быть разработаны с учетом состояния здоровья и возраста эвакуируемых людей.

Звуковые сигналы оповещения людей о пожаре должны отличаться по тональности от звуковых сигналов другого назначения.

Звуковые и речевые устройства оповещения людей о пожаре не должны иметь разъемных устройств, возможности регулировки уровня громкости и должны быть подключены к электрической сети, а также к другим средствам связи. Коммуникации систем оповещения людей о пожаре и управления эвакуацией людей допускается совмещать с радиотрансляционной сетью здания и сооружения.

Системы оповещения людей о пожаре и управления эвакуацией людей должны быть оборудованы источниками бесперебойного электропитания.

Помещения, здания и сооружения, в которых предусмотрена система

оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре, оборудуются автоматическими установками пожарной сигнализации и (или) пожаротушения в соответствии с уровнем пожарной опасности помещений, зданий и сооружений на основе анализа пожарного риска. Перечень объектов, подлежащих оснащению указанными установками, устанавливается нормативными документами по пожарной безопасности.

Автоматические установки пожарной сигнализации, пожаротушения должны быть оборудованы источниками бесперебойного электропитания.

Требования к автоматическим установкам пожарной сигнализации

Технические средства автоматических установок пожарной сигнализации должны обеспечивать электрическую и информационную совместимость друг с другом, а также с другими взаимодействующими с ними техническими средствами.

Линии связи между техническими средствами автоматических установок пожарной сигнализации должны сохранять работоспособность в условиях пожара в течение времени, необходимого для выполнения их функций и эвакуации людей в безопасную зону.

Приборы управления пожарным оборудованием автоматических установок пожарной сигнализации должны обеспечивать принцип управления в соответствии с типом управляемого оборудования и требованиями конкретного объекта.

Технические средства автоматических установок пожарной сигнализации должны быть обеспечены бесперебойным электропитанием на время выполнения ими своих функций.

Технические средства автоматических установок пожарной сигнализации должны быть устойчивы к воздействию электромагнитных помех с предельно допустимыми значениями уровня, характерного для защищаемого объекта, при этом данные технические средства не должны оказывать отрицательное воздействие электромагнитными помехами на иные технические средства,

применяемые на объекте защиты.

Технические средства автоматических установок пожарной сигнализации должны обеспечивать электробезопасность.

Требования к автоматическим и автономным установкам
пожаротушения

Автоматические и автономные установки пожаротушения должны обеспечивать ликвидацию пожара поверхностным или объемным способом подачи огнетушащего вещества в целях создания условий, препятствующих возникновению и развитию процесса горения.

Тушение пожара объемным способом должно обеспечивать создание среды, не поддерживающей горение во всем объеме объекта защиты.

Тушение пожара поверхностным способом должно обеспечивать ликвидацию процесса горения путем подачи огнетушащего вещества на защищаемую площадь.

Срабатывание автоматических и автономных установок пожаротушения не должно приводить к возникновению пожара и (или) взрыва горючих материалов в помещениях зданий, сооружений и на открытых площадках.

Требования к автоматическим установкам жидкостного и пенного
пожаротушения

Автоматические установки жидкостного и пенного пожаротушения должны обеспечивать:

- 1) своевременное обнаружение пожара и автоматический запуск установки пожаротушения;
- 2) подачу воды, водного раствора или других огнетушащих жидкостей из оросителей (спринклерных, дренчерных) либо насадков с требуемой интенсивностью подачи огнетушащей жидкости;
- 3) подачу пены из пеногенерирующих устройств автоматических установок пенного пожаротушения с требуемыми кратностью и интенсивностью подачи пены.

Требования к автоматическим установкам газового пожаротушения

Автоматические установки газового пожаротушения должны обеспечивать:

- 1) своевременное обнаружение пожара автоматической установкой пожарной сигнализации, входящей в состав автоматической установки газового пожаротушения;
- 2) возможность задержки подачи газового огнетушащего вещества в течение времени, необходимого для эвакуации людей из защищаемого помещения;
- 3) создание огнетушащей концентрации газового огнетушащего вещества в защищаемом объеме или над поверхностью горящего материала за время, необходимое для тушения пожара.

Требования к автоматическим установкам порошкового пожаротушения

Автоматические установки порошкового пожаротушения должны обеспечивать:

- 1) своевременное обнаружение пожара автоматической установкой пожарной сигнализации, входящей в состав автоматической установки порошкового пожаротушения;
- 2) подачу порошка из распылителей автоматических установок порошкового пожаротушения с требуемой интенсивностью подачи порошка.

Требования к автоматическим установкам аэрозольного пожаротушения

Автоматические установки аэрозольного пожаротушения должны обеспечивать:

- 1) своевременное обнаружение пожара автоматической установкой пожарной сигнализации, входящей в состав автоматической установки аэрозольного пожаротушения;
- 2) возможность задержки подачи огнетушащего аэрозоля в течение

времени, необходимого для эвакуации людей из защищаемого помещения;

3) создание огнетушащей концентрации огнетушащего аэрозоля в защищаемом объеме за время, необходимое для тушения пожара;

4) исключение возможности воздействия на людей и горючие материалы высокотемпературных участков поверхности генератора и струи огнетушащего аэрозоля.

Автоматические установки комбинированного пожаротушения должны соответствовать требованиям, предъявляемым к установкам автоматического пожаротушения, из которых они состоят.

Роботизированные установки пожаротушения должны обеспечивать:

1) обнаружение и ликвидацию или ограничение распространения пожара за пределы очага без непосредственного присутствия человека в зоне работы установки;

2) возможность дистанционного управления установкой и передачи оператору информации с места работы установки;

3) возможность выполнения установкой своих функций в условиях воздействия опасных факторов пожара или взрыва, радиационного, химического или иного опасного для человека и окружающей среды воздействия.

Требования к автоматическим установкам сдерживания пожара:

1. Автоматические установки сдерживания пожара должны обеспечивать снижение скорости увеличения площади пожара и образования его опасных факторов.

2. Автоматические установки сдерживания пожара должны применяться в помещениях, в которых применение других автоматических установок пожаротушения нецелесообразно или технически невозможно.

3. Вид огнетушащих веществ, используемых в автоматических установках сдерживания пожара, определяется особенностями объекта защиты, вида и размещения пожарной нагрузки.

Контрольные вопросы.

1. Что такое пожарная сигнализация?
2. Что такое пожарный извещатель?
3. Что такое пожарный оповещатель?
4. Какие существуют требования к автоматическим установкам пожарной сигнализации?
5. Какие существуют требования к автоматическим и автономным установкам пожаротушения?

Лекция 7. «Технические средства сбора и обработки информации»

Вопрос 1. Основные функции и показатели 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. Классификация технических средств оповещения, приемно-контрольных и управляющих приборов представлена на слайде 1.

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 меню. 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.

В комплексных системах охранно-пожарной сигнализации применяется специальный прибор – концентратор, который осуществляет прием тревожных сообщений с нескольких контролируемых направлений от соответствующих приемно-контрольных (сигнально-пусковых) приборов или непосредственно от извещателей, преобразование полученной

информации, индикацию состояния каждого из охраняемых объектов, включение местных устройств сигнализации, выдачу информации на оконечное устройство системы передачи тревожных сообщений и пуск установок автоматического пожаротушения, дымоудаления, взрывоподавления.

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 подразделяются 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;
- с использованием радиосвязи.

Шлейф пожарной сигнализации — соединительные линии, прокладываемые от пожарных извещателей до распределительной коробки или приемно-контрольного прибора.

Вопрос 2. Основные информационные показатели ПКП (параметры)

Информационная емкость (единицы) — 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 (единицы) – количество видов сообщений. По этому параметру ПКП разделяются на малую (2 вида сообщений), среднюю (3-5 сообщений) и большую (более 5 сообщений) информативности. Обязательными параметрами в соответствии с принятым стандартом является выдача сообщений о нормальном режиме работы, повреждении (неисправности) и тревоге.

Работу шлейфа ПКП в режиме совпадения сигнала от двух извещателей можно проиллюстрировать на рис. 7.1. После первого срабатывания АПИ выдается сигнал «Внимание», после чего происходит проверка станцией истинности сигнала о пожаре, а шлейф АПС обнуляется. Через короткий промежуток времени (около 2 секунд) АПИ восстанавливается, после чего ПКП переходит в режим повторного запроса и ожидания второго срабатывания, а после его подтверждения в течение приблизительно 50 с выдается сигнал «Пожар».

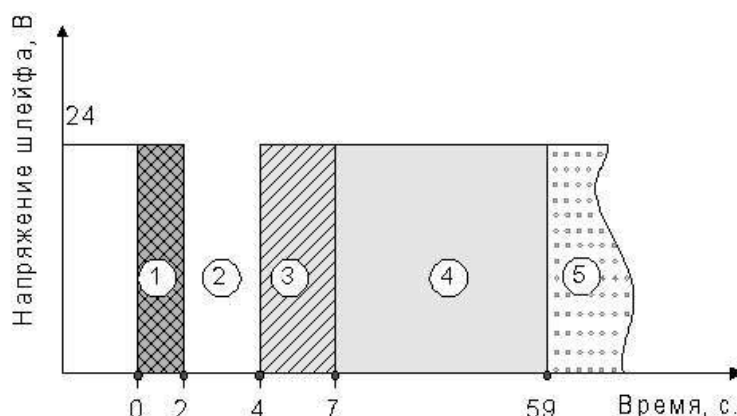


Рис. 7.1 Работа шлейфа АПС при обнаружении пожара

1 – время после 1-го срабатывания АПИ, режим «Внимание»;
 2 – обнуление шлейфа; 3 – восстановление АПИ; 4 – повторный запрос и ожидание
 второго срабатывания АПИ; 5 – режим «Пожар»

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

Вопрос 3. Принципы построения, типы и алгоритмы функционирования ППКП и ПУ

Сигнализация о пожаре осуществляется приемно-контрольными приборами пожарными. Управление техническими средствами обеспечения пожарной безопасности осуществляется приборами управления. Некоторые технические устройства осуществляют несколько функций. Так, сигнально-пусковой прибор выполняет функции сигнализации и управления, устройство приемно-контрольное функции обнаружения пожара и сигнализации о нем, устройство сигнально-пусковое функции обнаружения, сигнализации и управления. Для передачи сообщений в пункт централизованной охраны используют системы передачи извещений о пожаре и проникновении. Массовое оповещение людей о пожаре производится с помощью речевых, звуковых или световых оповещателей.

Принципы построения, типы и алгоритмы функционирования ППКП

Для создания высокоэффективных ППКП, назначение которых заключается в преобразовании сигнала от пожарных извещателей в вид, который может быть легко осознан и принят человеком, были проведены научные исследования в целом ряде стран. Сформулированы основные требования к их конструированию. Единая техническая политика в области разработки таких ППКП обусловлена наличием соглашения в области стандартизации пожарной техники. Аналогичные документы выпущены и в

других странах. Эти документы регламентируют электрические параметры ППКП. Единые значения этих параметров позволяют обеспечить взаимозаменяемость ППКП, выпускаемых в разных странах. Регламентируются информационные свойства ППКП, т.е. должно быть обеспечено качественное воспроизведение следующих извещений: тревога, повреждение линии связи с извещателем; повреждение отдельных блоков самого ППКП; повреждение источника питания.

Регламентируются эксплуатационные характеристики станций, т.е. данные о вибростойкости, климатостойкости и другие, позволяющие определить условия их надежной эксплуатации. В документации формулируются числовые значения всех этих параметров, они являются законом для заводов-изготовителей. Однако конструктивные и схемные решения станций не регламентируются; здесь открыты широкие возможности для работы над повышением их надежности.

Существует в основном два вида комплексов пожарной сигнализации: объектовые и централизованные. С объектовых комплексов информация поступает в диспетчерскую объекта, и далее дежурный передает ее по телефону в пожарную охрану. С централизованного комплекса сообщение о пожаре передается через канал связи (телефонную станцию или радиоканал) в централизованный пункт пожарной охраны.

Функции ППКП сводятся к следующему.

1. *Фиксация тревожных сигналов от пожарных извещателей.*

ППКП должны надежно зафиксировать сигнал тревоги. На линии связи могут возникнуть различные электрические помехи, которые по своему составу и уровню аналогичны сигналу тревоги. Чтобы этого не случилось, следует обеспечить определенный уровень помехозащищенности. Тревожные сигналы должны быть *четко* зафиксированы и *не перепутаны* с другими сигналами, например, с сигналом повреждения линии связи и т.п., поэтому станция должна

обладать избирательностью. ППКП должны иметь определенный уровень информативности, т.е. должна фиксировать определенное количество сигналов. Тревожный сигнал должен быть зафиксирован ППКП с точным адресом, т.е. зарегистрирован не только сам факт получения сигнала тревоги, но и определено место (или извещатель), откуда пришло данное извещение.

В некоторых случаях возникает необходимость зарегистрировать еще и время поступления сигнала тревоги. Для этого применяется дополнительное регистрирующее (печатающее) устройство. Для более эффективной борьбы с ложными срабатываниями (особенно от высокочувствительных дымовых и световых извещателей) ППКП может иметь специальные устройства, проверяющие (автоматически или ручным тестированием) истинность поступающих сигналов тревоги, прежде чем передать тревожную информацию в систему, обеспечивающую тушение пожара.

2. Контроль исправности линий связи извещателей с ППКП.

Проводные линии связи разветвленная сеть. При производстве хозяйственных и строительных работ возможны их повреждения. Для обнаружения повреждений в ППКП предусмотрен автоматический контроль с фиксацией сигналов о повреждении. В некоторых случаях автоматический контроль дополняется специальным контролем электрических характеристик.

3. Контроль работоспособности извещателей.

Пожарные извещатели должны быть постоянно в работоспособном состоянии и сохранять свои основные характеристики чувствительности инерционность (в заданных пределах). Контроль работоспособности извещателя осуществляется обычно с помощью переносных имитаторов параметров пожара, которые подносятся к извещателю и вызывают его срабатывание, либо с помощью малогабаритных встроенных имитаторов

горения, команда на включение которых подается с ППКП. После срабатывания извещателя фиксируются полученные сигналы и время их прохождения. Следует осуществлять контроль работоспособности каждого извещателя, что нередко связано с большими затратами времени на доступ к нему: в ряде случаев извещатели размещены либо на большой высоте, либо в труднодоступной зоне.

ППКП позволяет контролировать работоспособность всех извещателей непосредственно с пульта станции и производить проверку с достаточной частотой. Однако для осуществления такой проверки нужно большое количество специальных малогабаритных имитаторов горения либо дополнительные линии связи, по которым подается команда на включение, а также питание к имитатору. Все это существенно усложняет и удорожает станцию сигнализации, поэтому такие станции применяются только на особо ответственных объектах.

4. Обеспечение электропитанием всех блоков и элементов.

Для осуществления этой функции в станциях создан специальный блок питания, который преобразует напряжение внешнего источника питания в напряжение, необходимое для обеспечения бесперебойного снабжения электроэнергией всех ее элементов.

5. Переключение на резервный источник питания в случае отказа основного источника (с индикацией отказа).

Электропитание ППКП осуществляется от внешнего источника питания. Обычно их два: основной и резервный. В качестве основного обычно используется электросеть переменного тока. Резервным источником может быть электросеть переменного тока, имеющая самостоятельный ввод и работающая независимо от основного источника.

Кроме того, можно использовать аккумуляторную батарею, обеспечивающую питание установки сигнализации в течение 24 ч.

Переключение питания станции с основного на резервный источник осуществляется автоматически при пропадании напряжения основного источника. На лицевой панели станции обычно включаются световой и звуковой сигналы о пропадании основного и включении резервного источника питания.

6. Включение выносных индикаторов тревоги.

На крупных объектах, например, в зданиях гостиниц повышенной этажности, необходимо часто продублировать сигнал тревоги в несколько помещений. Для этого ППКП должен иметь возможность транслировать сигналы тревоги (иногда и сигналы повреждения) на специальные сигнальные табло.

7. Подача команд управления на устройства обеспечения безопасности людей при пожаре и установки пожаротушения.

Для сопряжения с другими техническими средствами пожарной защиты в станциях имеются специальные устройства, коммутирующие электрические цепи, по которым подаются команды включения этих средств.

Перечислены лишь основные функции, которые должны осуществлять ППКП. Исходя из этих основных функций, были сформулированы основные принципы их построения, которые сводятся к следующему.

1. Разделение системы на направления (шлейфы). Такое разделение позволяет достаточно экономно и просто определить адрес возникшего пожара. В каждое направление включается несколько пожарных извещателей. Для более точного определения сработавшего извещателя применяются специальные установки с кодированием извещателя.

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

3. Раздельная компоновка приборов сигнализации и элементов

управления и контроля работоспособности. Для обеспечения надежной и быстрой обработки информации, поступающей от извещателей, информационный блок выделяется из общей массы элементов, размещенных на лицевой панели ППКП.

4. Выделение сигнала тревоги. Этот сигнал является основным, поэтому его выделяют местом размещения, цветом, тональностью.

5. Иерархическая структура построения электронных элементов.

Она обеспечивает максимальную надежность при минимальном количестве элементов. Как правило, можно выделить три уровня иерархии:

- первый уровень: общестанционный блок обработки информации;
- второй уровень: блоки лучевых комплектов (шлейфы);
- третий уровень: пожарные извещатели.

Соответственно иерархии распределяется надежность блоков. Отказ элементов первого уровня приводит к отказу всей установки, отказ второго уровня - к отказу части установки (одного направления), отказ одного извещателя (третий уровень) только снижает степень эффективности системы. Для обеспечения эффективности работы станции сигнализации нужно, чтобы более надежными были элементы первого иерархического уровня, так как на этом уровне находится всего один блок. Его можно сделать более дорогим, т.е. создать с учетом различных способов обеспечения высокой надежности.

6. Резервирование основных блоков и элементов станции. Как правило, остаются свободными несколько шлейфов. В случае отказа одного из лучевых комплектов весь шлейф быстро переключают на резервный.

7. Автоматический и тестовый контроль работоспособности основных цепей. Для своевременного обнаружения возникших отказов основных блоков используют специальные контролирующие автоматические устройства. При автоматическом контроле на лицевой панели станции

включается сигнал о неисправности контролируемого блока. Однако обеспечить все элементы станции таким контролем практически невозможно дорого и технически сложно. Поэтому широко используются встроенные устройства для тестового контроля, который осуществляется оператором с заданной периодичностью. Проконтролировать все элементы станции специальными устройствами порой затруднительно, поэтому применяют контроль прохождения сигнала тревоги при срабатывании извещателя от имитатора пожара.

8. Взаимозаменяемость и унификация узлов. Станцию стараются сконструировать из наименьшего количества разнотипных элементов и блоков. Это дает сокращение затрат времени и средств на ее ремонт, сокращает номенклатуру запасных деталей, что в конечном итоге повышает ее надежность и эффективность.

Принципы построения и алгоритм функционирования приборов управления установками пожаротушения

Приборы управления предназначены для приема извещений от приемно-контрольных приборов, пультов пожарной сигнализации или пожарных извещателей; формирования и выдачи команд на включение автоматических установок пожаротушения или (и) других установок и устройств. Фактически приборы управления призваны обеспечить автоматизацию процесса пожаротушения.

Приборы управления бывают двух типов в зависимости от принимаемой информации. При приеме информации от пожарных извещателей приборы управления дополнительно должны обеспечивать выполнение функций станций пожарной сигнализации. При приеме информации от станций и приемно-контрольных приборов - только функции управления. По количеству защищаемых зон приборы управления

подразделяются на приборы с малой информационной емкостью (две зоны), средней (от трех до пяти зон) и большой (более пяти зон).

В настоящее время промышленность не выпускает готовые приборы управления, поэтому для каждого проекта установки пожаротушения разрабатывается своя структура автоматизации. Разработка прибора управления производится на основе программы и алгоритма автоматизации, которые зависят от вида установки пожаротушения. Программа должна предусматривать выполнение следующих основных действий:

- прием и обработка сигналов от технических средств обнаружения пожара; определение зоны возникшего пожара;
- обеспечение открытия запорно-пусковых устройств установки;
- выдача управляющих команд на технологическое оборудование и средства автоматизации защищаемого процесса;
- отключение системы вентиляции и кондиционирования;
- перекрытие вентиляционных каналов;
- включение установки и устройств подачи огнетушащих средств; включение звуковой и световой сигнализации.

Программа должна учитывать особенности развития пожара на объекте, установки пожаротушения и действия оперативного персонала. На основе разработанной программы составляется алгоритм, т.е. описывается работа установок во времени, последовательность включения отдельных элементов. Следует учитывать быстродействие, надежность и экономичность приборов управления, а также их безопасность и удобство эксплуатации.

В помещении пожарной охраны (или другом помещении с круглосуточным пребыванием дежурного персонала) предусматривается световое табло с сигнализацией о возникновении пожара, о срабатывании установки и прохождении огнетушащего вещества к защищаемому помещению, о неисправности в установке (без расшифровки), об исчезновении напряжения на основном вводе электропитания, об

отключении автоматического пуска. У входов в защищаемое помещение должны быть размещены приборы световой сигнализации, извещающие о выпуске в эти помещения огнетушащего вещества и об отключении автоматического пуска. Управление всеми дополнительными устройствами сигнализации производится прибором управления.

Системы передачи извещений

Системы передачи извещений предназначены для сбора информации о возникновении пожара на рассредоточенных объектах и передачи ее на централизованный пункт пожарной охраны. Наиболее важными параметрами систем передачи извещений являются:

- количество контролируемых объектов;
- объем сообщений, передаваемых через систему;
- форма сигналов, передаваемых по линии связи;
- контроль исправности тракта прохождения информации;
- точность воспроизведения информации;
- показатель надежности;
- быстродействие.

Особенность охранно-пожарной сигнализации состоит в том, что через канал связи передается небольшой объем информации, но ее значимость велика, поэтому к системам передачи извещений предъявляются высокие требования. Для обычного канала связи допускается погрешность при передаче сигнала до 10%, для системы охранно-пожарной сигнализации - от 0,1 до 1%. Обеспечение указанной точности накладывает дополнительные требования к техническим средствам систем сигнализации. На входе системы, как правило, устанавливается автоматический преобразователь сообщения в электрический сигнал, а на выходе подключаются приборы, преобразующие электрический сигнал в сообщение вида, удобного для восприятия человеком (звук, свет и т.п.).

В простейшем случае систему передачи извещений можно представить в виде структурной схемы. На охраняемом объекте устанавливаются охранные и пожарные автоматические извещатели, которые подсоединяются к приёмно-контрольному прибору (ПКП). Канал связи (КС) соединяет охраняемый объект с ПЦН. Из опыта внедрения и эксплуатации систем телесигнализации для рассредоточенных объектов известно, что линия связи является самой дорогой частью системы. Стоимость линии связи обычно превышает (часто в несколько раз!) стоимость телемеханической аппаратуры. Поэтому в системах охранно-пожарной сигнализации могут использоваться уже существующие линии связи.

Таким образом, основной задачей приборов приёмно-контрольных пожарных является создание взаимодействия между элементами пожарной автоматики, а также информирование оперативного дежурного о чрезвычайных ситуациях происходящих на объекте.

Вопрос 4. Назначение, устройство интегрированных систем охраны

Для обеспечения безопасности небольших объектов, как правило, достаточно использования технических средств охранной сигнализации. Решить проблему безопасности объектов, несанкционированное проникновение на которые может привести к особо крупному или невосполнимому ущербу, угрозе здоровью или жизни большого количества людей, с помощью одних лишь средств сигнализации невозможно. Поэтому у нас в стране и за рубежом для охраны таких объектов широко применяют охранные комплексы, включающие в себя кроме средств охранной сигнализации, средства телевизионного наблюдения и контроля доступа.

Первые комплексы представляли собой, как правило, симбиоз из трёх независимых, не связанных между собой подсистем и не могли решить поставленную проблему, так как утроенный объем продублированной

каждой подсистемой информации не поддавался обработке и не позволял оператору принять правильное решение.

Общепризнан комплексный подход к обеспечению безопасности важных объектов, одним из основных направлений которого является создание интегрированных систем охраны (ИСО). Целями интегрирования являются получение ИСО новых функций при сохранении в полном объеме возможностей ее отдельных составных частей, экономия необходимых для реализации этих функций средств, максимальная автоматизация действий по всем направлениям защиты объекта. Информация оператору выдается после анализа и обработки информации в самой системе, что позволяет повысить ее достоверность и оперативно принять решение в соответствии с возникшей ситуацией.

Управляющим и обязательным звеном любой ИСО является подсистема охранной сигнализации. Остальные подсистемы предназначены для усиления охраны объекта и в зависимости от предъявляемых к степени его безопасности требований могут входить или не входить в состав ИСО.

Итак, интегрированная система охраны - совокупность объединенных общим управлением систем и средств охранной, пожарной сигнализации, контроля и управления доступом и (или) охранного телевидения, обладающих технической, информационной, программной и эксплуатационной совместимостью и предназначенных для решения задач охраны объекта. В состав ИСО при необходимости могут входить другие подсистемы, обеспечивающие, например, нормальное функционирование систем жизнеобеспечения, пожарную и информационную безопасность и т. п.

Структура и функции интегрированной системы охраны

Большинство ИСО строятся по принципу двухуровневого интегрирования.

Первый уровень - *системный*. Центральн ый процессор объединяет все подсистемы ИСО и обеспечивает их взаимодей ствие. Каждая из подсистем автоматически выполняет действия при поступ лении определенного сигнала от другой подсистемы.

Второй уровень - *модульный*. Контроллеры «местного» значения управляют небольшой группой извещателей, телевизионных камер, считывателей, исполнительных устройств и т.п.

Такое построение ИСО имеет ряд преимуществ. Благодаря гибкой архитектуре система легко конструируется из определенного набора модулей и блоков для любых объектов. В процессе эксплуатации достаточно расширять и совершенствовать функции системы подключением различных регистрирующих и исполнительных устройств.

ИСО строятся на базе компьютерных технологий и структурно могут быть разделены на следующие составные части:

- устройства приема, передачи и обработки сигналов, позволяющие получать максимально полную информацию и воссоздавать на центральном пульте охраны всестороннюю и объективную характеристику состояния помещений и территории объекта, работоспособности аппаратуры и оборудования;
- исполнительные устройства, способные при необходимости действовать автоматически или по команде оператора;
- пункт (или пункты) контроля и управления системой отображения информации, посредством которых операторы могут следить за работой всей ИСО;
- центральный процессор, наглядно представляющий и накапливающий информацию для ее последующей обработки;
- коммуникации, с помощью которых осуществляется обмен информацией между элементами ИСО и операторами.

Такая структура ИСО обеспечивает им следующие функциональные возможности: контроль за большим количеством помещений и территорий с организацией нескольких рубежей охраны; многоуровневый доступ сотрудников и посетителей с четким разграничением полномочий по праву доступа в определенные охраняемые зоны по времени суток и дням недели; идентификацию объекта, пересекающего определенный рубеж; распознавание нарушителя, позволяющее персоналу охраны принимать наиболее рациональные меры противодействия; взаимодействие постов охраны и органов правопорядка в процессе работы по охране и в случаях локализации происшествий; накопление документальных материалов для использования их при расследовании и анализе происшествий.

Возможность гибкого программирования ИСО и отдельных подсистем позволяет активно противодействовать таким несанкционированным действиям, как прерывание каналов передачи тревожной информации, частичная нейтрализация системы лицами, имеющими доступ к отдельным ее элементам и подсистемам, уничтожение информации о происшествии, нарушение персоналом охраны установленного порядка несения службы и т.п.

Выбор характеристик ИСО для конкретного объекта

Для реализации ИСО на конкретном объекте разработчики и исполнители обязаны определить основную характеристику ИСО в целом, степень интегрированности и интеллектуальный уровень системы для уменьшения отрицательного влияния человеческого фактора; выбрать технические средства и экономически обосновать выбранный вариант.

Решение указанных задач индивидуально, что обусловлено не только размерами и архитектурно-планировочными особенностями объекта, но и разнородностью охраняемых зон с точки зрения необходимого уровня безопасности. К оборудованию хранилища ценностей предъявляются более высокие требования, чем к оборудованию обычного служебного помещения.

При этом желателен компромисс между концептуальными требованиями безопасности и реальными возможностями существующих технических средств.

Например, часто хороший результат дает использование одной подсистемы для решения функциональных задач другой подсистемы, усиление роли человеческого фактора, если дальнейшая автоматизация и насыщение объекта техническими средствами и системами уже не дают ощутимого эффекта.

Назначение, устройство, выполняемые функции интегрированных систем.

Рассмотрим на примере интегрированной системы охраны «Орион».

Назначение:

1. Для сбора, обработки, передачи, отображения и регистрации извещений о состоянии шлейфов охранной, тревожной и пожарной сигнализации
2. Для контроля и управления доступом (управление преграждающими устройствами типа шлагбаум, турникет, ворота, шлюз, дверь и т.п.)
3. Для видеонаблюдения и видеоконтроля охраняемых объектов
4. Для управления пожарной автоматикой объекта
5. Для управления инженерными системами зданий

ИСО «Орион» обеспечивает:

- модульную структуру, позволяющую оптимально оборудовать как малые, так и очень большие распределенные объекты;
- низкие затраты в расчете на один шлейф или одну точку прохода;
- защищенный протокол обмена по каналу связи между пультом и приборами;
- микропроцессорный анализ сигнала в шлейфах сигнализации, возможность измерения сопротивления шлейфа для предотвращения саботажа;

- возможность использования одной и той же Proximity карты или ключа Touch Memory для взятия под охрану/снятия с охраны и управления доступом несколькими способами: децентрализованно: с помощью клавиатуры, ключа Touch Memory, дистанционных пластиковых карт; комбинированным способом (клавиатура плюс дистанционная карта); централизованно: с помощью пульта «С2000», пульта «С2000-КС», компьютера; контроль и управление доступом через точки входа типа двери, турникеты, шлюзы, шлагбаумы; видеонаблюдение, видеоконтроль и регистрация тревожных ситуаций; управление устройствами автоматического пожаротушения, оповещения, дымоудаления, кондиционирования воздуха.

Основные технические данные системы в варианте использования одной ветви интерфейса RS-485 и программного обеспечения АРМ «Орион».

Техническая реализация ИСО «Орион» основана на использовании головного (ведущего, управляющего) сетевого контроллера системы (в качестве которого может быть пульт контроля и управления «С2000» или компьютер с АРМ «Орион»), опрашивающего по линии интерфейса RS-485 подключенные к нему устройства системы «Орион». Максимальные функции системы могут быть реализованы только при использовании сетевого контроллера.

Вместе с тем, ряд приборов ИСО «Орион» допускает и автономную работу. При автономной работе реализуются функциональные возможности самого прибора, такие как охранно-пожарная сигнализация, функции управления и контроля доступа, управление пожаротушением.

Основой объединения приборов в систему служит линия связи интерфейса RS-485. Особенности технических решений, примененных при разработке приборов, позволяют использовать не только шинную структуру по выделенной линии связи, присущую стандартному интерфейсу RS-485, но и, в достаточной мере, произвольную топологию с применением

повторителей интерфейса с гальванической развязкой С2000-ПИ и различных каналов связи (выделенная линия, «занятая» линия, оптоволоконный канал связи, цифровой канал связи в потоке Е1, локальная сеть по протоколу Ethernet, сотовый канал связи, радио канал связи).

Функция	Особенности
Охранная сигнализация	независимый контроль в одном шлейфе контакта тревоги и контакта блокировки датчика защита шлейфов от саботажа путем отслеживания резких изменений сопротивления шлейфа, не выходящих за рамки порогов срабатывания защита от ложных срабатываний сигнализации за счет высокого напряжения в шлейфах сигнализации (24 В), цифровой фильтрации сигналов сети переменного тока, импульсных наводок, электростатических воздействий и других электромагнитных помех автоматический сброс тревоги извещателей с питанием по шлейфу при взятии под охрану речевое предупреждение дежурного на АРМ «Орион» о возможном саботаже шлейфов сигнализации при изменении сопротивления шлейфа на определенную величину при взятии его под охрану разнообразные способы взятия под охрану/снятия с охраны протоколирование всех событий, происходящих в системе отображение состояний зон, разделов, точек доступа, приемно-контрольных приборов, считывающих устройств, видеокамер на графических планах помещений механизм задания полномочий по взятию/снятию и доступу для персонала и посетителей, путем программирования уровней доступа гибкое разграничение полномочий дежурных и администраторов АРМа за счет многоуровневой системы паролей и возможность подключения биометрических систем ограничения доступа к программам АРМ мощная поддержка макроязыка сценариев управления, позволяющих выдавать одну или комплекс команд приемно-контрольным приборам, исполнительным устройствам, а также программному обеспечению системы как по событию в системе или временному расписанию, так и по команде оператора

Функция	Особенности
	речевое оповещение по тревогам, возможность записи и воспроизведения пользовательских речевых сообщений многоступенчатая обработка тревог вывод информационных карточек по каждому элементу системы, а также по персоналу или посетителям защита системы от запуска несанкционированных программ отсутствие ограничений на количество зон в разделе
Пожарная сигнализация	распознавание двойной сработки извещателей в одном шлейфе защита от ложных срабатываний путем автоматического сброса извещателей, питаемых по шлейфу подключение пороговых, адресных и адресно-аналоговых извещателей измерение значений запыленности, задымленности и температуры, и графическое отображение статистики на экране компьютера набор статистики для выработки мер повышения пожарной безопасности, организации технического обслуживания наглядное отображение на планах помещений расположения извещателей и приборов, самых задымленных извещателей, температуры в контролируемых точках, статистики за день, месяц, год программирование сценариев для управления АСПТ, оповещения
Автоматическая система пожаротушения	автономная или централизованная противопожарная защита объектов промышленного и гражданского назначения по одному направлению газового, аэрозольного или порошкового пожаротушения контроль состояния двух шлейфов пожарной сигнализации, цепей датчиков состояния дверей, цепей датчиков ручного пуска контроль исправности цепей запуска на обрыв и короткое замыкание запуск и контроль срабатывания модулей автоматических средств пожаротушения временная задержка перед пуском средств пожаротушения дистанционный запуск средств пожаротушения по команде с пульта «С2000»

Функция	Особенности
	ручной запуск средств пожаротушения от датчиков ручного запуска автоматический запуск средств пожаротушения при срабатывании двух пожарных извещателей либо в одном, либо в двух шлейфах сигнализации включение звукового и светового пожарного оповещения (сирена, транспаранты) контроль исправности цепей оповещателей на обрыв и короткое замыкание управление технологическим оборудованием (задвижки системы вентиляции в помещении и др.) блокировка автоматического пуска при открытии дверей в защищаемое помещение ручной (с панели прибора «С2000-АСПТ») или дистанционный (с пульта «С2000» или «С2000-ПТ») сброс режима запуска средств пожаротушения управление контрольно-пусковыми блоками «С2000-КПБ» для увеличения числа контролируемых цепей запуска передача служебных и тревожных сообщений на пульт «С2000» и «С2000-ПТ» управление двумя или тремя пожарными насосами управление жокей-насосом или устройством компенсации управление электрозадвижкой или секцией дренчерной завесы управление технологическим оборудованием (задвижки системы вентиляции в помещении и др.) блокировка автоматического пуска при отключении автоматического режима на любом из шкафов управления насосами
Контроль доступа	управление от ключей Touch Memory, Proximity-карт или PIN-кода централизованное и распределенное (локальное) хранение ключей доступа функции контроля повторного прохода временные зоны энергонезависимый календарь

Функция	Особенности
	поиск сотрудников учет рабочего времени отчеты по оставшимся в помещениях на текущее время низкие затраты в расчете на одну дверь
Видеонаблюдение и видеоконтроль	подключение к компьютерам неограниченного количества видеокамер вывод видео на экран детекция движения детекция «забытых» вещей планирование областей при применении детектора цифровое масштабирование изображений запись видео на жесткий диск и его просмотр, поиск по дате, времени, номеру камеры звуковое сопровождение тревог запись пред- и после- тревожных ситуаций с возможностью настройки времени записи возможность создания удаленных рабочих мест возможность телеметрического управления двухкоординатными поворотными устройствами «живое» видео, сравнение видеоизображения с камеры с изображением из базы данных на одном экране при поднесении карты доступа интеграция с системой «Орион» реагирование системы на самые разнообразные события: от тревоги и предоставления доступа до удаленного управления постановкой на охрану
Управление инженерными системами зданий	измерение значений аналоговых параметров (температура, задымленность) управление системами кондиционирования, отопления, вентиляции, оповещения, аварийной сигнализации программирование сценариев для управления инженерными системами зданий как по результатам измерений, событиям в системе или временному расписанию, так и по командам оператора

ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ СИСТЕМЫ

Количество приборов	до 127
Число зон	до 16000
Количество зон, объединяемых в разделы (АРМ «Орион»)	до 16000
Количество зон, объединяемых в разделы (ПКУ С2000)	до 512
Количество разделов (АРМ «Орион»)	до 10000
Количество разделов (ПКУ С2000)	до 255
Количество точек доступа	до 254
Длина линии интерфейса RS-485	до 4000 м

Технические средства пожарной и охранно-пожарной сигнализации компонуется на объекте в установки, которые объединяются в централизованный комплекс и вместе с системами передачи извещений составляют единую централизованную систему, такая система в настоящее время называется интегрированная система безопасности.

Контрольные вопросы:

1. Что такое установка пожарной сигнализации?
2. Что такое система пожарной сигнализации?
3. На какие виды делятся технические средства оповещения по типу используемых приборов и устройств?
4. На какие виды подразделяются технические средства оповещения по функциональному назначению?
5. К чему сводятся функции ППКП?

Лекция 8. «Автоматические установки водяного и пенного пожаротушения»

Вопрос 1. Классификация и область применения АУПТ

Установка пожаротушения – совокупность технических средств для тушения пожара за счет выпуска огнетушащего вещества. Автоматическая установка пожаротушения (АУПТ) – установка пожаротушения, автоматически срабатывающая при превышении факторами пожара (температуры, дымом и т.д.) пороговых значений в защищаемой зоне. Автоматические установки пожаротушения (АУП) предназначены для тушения или локализации пожара. Отличительной особенностью АУПТ является выполнение ими функций автоматической пожарной сигнализации.

Установки пожаротушения, как одни из технических средств системы противопожарной защиты, применяются там, где пожар может получить интенсивное развитие уже на начальной стадии.

Объекты должны быть оснащены АУПТ в случаях, когда ликвидация пожара первичными средствами пожаротушения невозможна, в случаях, когда обслуживающий персонал находится в защищаемых зданиях не круглосуточно.

АУПТ должны обеспечивать достижение одной или нескольких из следующих целей:

- ликвидация пожара на объекте до возникновения критических значений опасных факторов пожара;
- ликвидация пожара на объекте до наступления пределов огнестойкости строительных конструкций;
- ликвидация пожара на объекте до причинения максимально допустимого ущерба защищаемому имуществу;

- ликвидация пожара на объекте до наступления опасности разрушения технологических установок.

Тип автоматической установки пожаротушения, вид огнетушащего вещества и способ его подачи в очаг пожара определяется в зависимости от вида горючего материала, объемно-планировочных решений здания и параметров окружающей среды, согласно СП 486.1311500.2020 по степени опасности развития пожара в зависимости от функционального назначения зданий и пожарной нагрузки сгораемых материалов.

Для противопожарной защиты применяют различные стационарные установки. Эти установки можно классифицировать по различным параметрам: по назначению, виду огнетушащего вещества, режиму работы, степени автоматизации, конструктивному исполнению, принципу действия и инерционности. Классификация АУПТ представлена на рис. 8.1.



Рис. 8.1 Обобщенная классификация автоматических установок пожаротушения

Установки водяного пожаротушения являются наиболее распространенными. По сравнению с другими методами: порошковым, аэрозольным или газовым пожаротушением, - вода является наиболее безопасным, надежным и дешевым огнетушащим средством. Водяные АУПТ отличаются экологичностью и безопасностью для человека и окружающей среды. Водяные АУПТ используются для защиты объектов, на которых применяются такие вещества, как хлопок, ткани, древесина, пластмассы, горючие и сыпучие вещества, ряд огнеопасных жидкостей.

Установки пенного пожаротушения применяются для защиты технологического оборудования химических и нефтехимических

производств, складов и баз нефтепродуктов, а также объектов с применением легковоспламеняющимися и горючими жидкостями.

Модульные установки пожаротушения состоят 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 запуска.

Вопрос 2. Назначение и устройство установок водяного пожаротушения.

Спринклерные и дренчерные установки. Установка пожаротушения тонкораспыленной водой

Водяное пожаротушение применяется в основном для ликвидации поверхностным способом пожаров классов А и В и используется для защиты различных складов, универмагов, помещений производства горючих натуральных и синтетических смол, пластмасс, резиновых технических изделий, кабельных каналов.

Иногда используется раствор воды со смачивателями для повышения ее проникающей (смачивающей) способности при тушении тлеющих материалов. В качестве добавок могут использоваться: водорастворимые полимеры («вязкая вода»); полиоксиэтилен («скользящая вода»); антифризы и соли.

В целом, вода — очень эффективное средство тушения пожаров. Однако, она не может применяться в качестве тушащего средства в ряде случаев: при горении электропроводки, при горении горючих и легко воспламеняющихся жидкостей, металлов и металлоорганических соединений, при тушении пожаров в местах, где сосредоточена дорогостоящая аппаратура.

Если рассматривать классификацию установок водяного и пенного пожаротушения, то автоматические установки водяного пожаротушения

подразделяются, в соответствии с ГОСТ Р 50680-94 по конструктивному исполнению оросителя на спринклерные и дренчерные.

Спринклерные установки пожаротушения предназначены для локального тушения в помещениях распыленной водой или низкократной пеной. Свое название они получили от применяемого в них оросителя – спринклера от английского слова sprinkle (брызгать, моросить).

Спринклер представляет из себя полуавтоматический кран для подачи ОТВ, который открывается при повышении температуры.

Дренчерные установки пожаротушения предназначены для обнаружения и тушения пожара по всей расчетной площади, а также для создания водяных завес. Свое название они получили от применяемого в них оросителя – дренчера от английского слова drench (мочить, орошать).

Необходимо помнить, что для запуска дренчерной установки необходима побудительная система.

Спринклерные установки по типу заполнения подводящего питательного и распределительного трубопроводов водой или воздухом на водозаполненные и воздушные.

Водозаполненные – для помещений с минимальной температурой воздуха 5 С и выше;

Воздушные – для неотапливаемых помещений зданий с минимальной температурой ниже 5 С.

Установки по времени срабатывания подразделяют на:

- быстродействующие – продолжительность срабатывания не более 3 сек;
- среднеинерционные – продолжительное срабатывания не более 30 сек;
- инерционные – продолжительность срабатывания свыше 30 сек, но не более 180 сек.

По продолжительности действия установки подразделяют на:

- средней продолжительности действия – не более 30 мин;
- длительного действия – свыше 30 мин, но не более 60 мин.

Дренчерные установки по виду привода подразделяют на:

- электрические;
- гидравлические;
- пневматические;
- механические;
- комбинированные.

Установки пенного пожаротушения по конструктивному исполнению подразделяют, как и водяного, на спринклерные и дренчерные в зависимости от типа оросителей.

Дренчерные установки по виду привода так же подразделяют на электрические, гидравлические, пневматические, механические и комбинированные.

Установки пенного пожаротушения по времени срабатывания имеют аналогичные с водяными параметры быстродействия.

Установки по способу тушения подразделяют на:

- установки пожаротушения по площади;
- установки объемного пожаротушения.

Отличительными характеристиками классификации установок пенного пожаротушения от водяного являются параметры продолжительности действия и кратности пены.

По продолжительности действия установки подразделяют на:

- кратковременного действия – не более 10 мин;
- средней продолжительности – не более 15 мин;
- длительного действия – свыше 15 мин, но не более 25 мин.

Установки по кратности пены подразделяют на:

- установки пожаротушения пеной низкой кратности (от 5 до 20),
- установки пожаротушения пеной средней кратности (свыше 20, но не более 200);
- установки пожаротушения пеной высокой кратности (свыше 200).

Пенообразователи разделены на две классификационные группы в зависимости от применения:

- общего назначения;
- целевого назначения.

В зависимости от химического состава (поверхностно-активной основы) пенообразователи подразделяют на:

- синтетические углеводородные
- синтетические фторсодержащие.

Кроме синтетических пенообразователей в ряде стран применяются также пенообразователи на протеиновой основе, в том числе содержащие фторированные поверхностно-активные вещества.

К пенообразователям общего назначения относятся: ПО-6К, ПО-ЗАИ, ПО-ЗНП, ТЭАС, ПО-6ТС. Они используются для получения огнетушащей пены и растворов смачивателей.

К пенообразователям целевого назначения относятся: САМПО, ПО-6ПП, ФОРЭТОЛ, «Универсальный», «Морской». Они используются для получения пены при тушении нефтепродуктов и горючих жидкостей различных классов, пожаров взрывоопасных объектов, а также для применения морской водой.

Устройство водяной спринклерной установки пожаротушения представлено на рисунке 2.

Под перекрытием защищаемого помещения прокладывается распределительный трубопровод, заполненный водой под давлением, на котором устанавливаются спринклеры. Под действием высокой температуры спринклеры открываются, и вода орошает очаг пожара. Это не означает, что вскроются все спринклеры в защищаемом помещении. Вскрывается обычно несколько спринклеров непосредственно на очагом пожара.

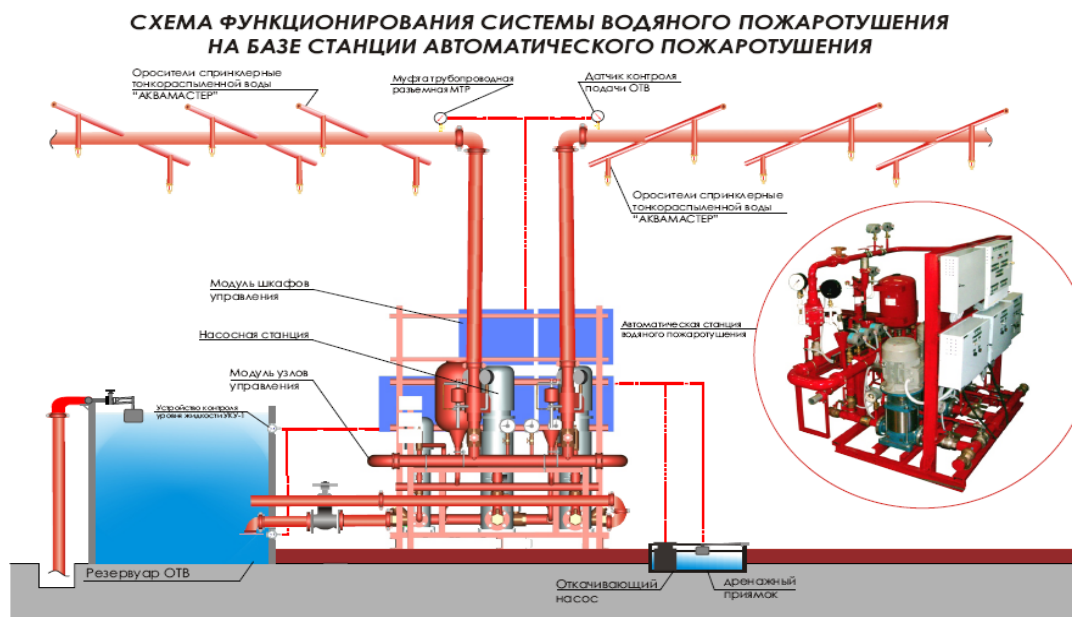


Рис. 8.2 Принципиальная схема спринклерной установки

Давление в питающем трубопроводе падает. Открывается контрольно-пусковой узел. Вода под давлением создаваемым импульсным устройством (в данном случае, это мембранный бак и жокей-насос, так же именуемый подпитывающим насосом) поступает через подводящий трубопровод к спринклерам на тушение пожара.

При открытии контрольно-пускового узла срабатывают сигнализаторы давления, которые сигнализируют о срабатывании установки и начале тушения. Электрический сигнал от сигнализаторов давления поступает на прибор приемно-контрольный пожарный, расположенный в станции пожаротушения и в помещении с персоналом, ведущим круглосуточное дежурство.

Прибор управления пожарный выдает команду на запуск электродвигателя основного насоса. Насос выходит на рабочий режим и подает воду из противопожарного или производственного, или хозяйственно-питьевого водопровода (или резервуара для хранения запаса ОТВ) к спринклерам. При выходе основного насоса на режим электроконтактный

манометр отключает резервный насос. Если основной насос не вышел на рабочий режим, то включается резервный насос.

Обратный клапан не пускает воду обратно к импульсному устройству при выходе насоса на рабочий режим. Жокей-насос с мембранным баком служит для поддержания давления в распределительном трубопроводе.

Для связи с помещением с персоналом, ведущим круглосуточное дежурство, в станции пожаротушения предусмотрен телефон. Для оповещения персонала в защищаемых помещениях о пожаре служит устройство оповещения о пожаре.

Дренажный насос служит для удаления избытков воды из помещения станции пожаротушения.

Работа установки прекращается остановкой электродвигателя с насосом и перекрытием задвижки в КПУ.

Если водопровод обеспечивает спринклерную установку по напору и расходу, то наличие насосов и импульсного устройства не обязательно. Если недостаточно давления в трубопроводе, то предусматриваются основной и резервный насосы и импульсное устройство. Если недостаточно расхода воды, то предусматривается запасной резервуар с запасом воды на все время работы установки.

Питание установки (насосов и ППУ) должно быть обеспечено от двух независимых источников питания. Если установка имеет насос, включаемый вручную, то необходимо иметь автоматический водопитатель, обеспечивающий работу установки с расчетным расходом воды в течение 10 минут.

Основными элементами установок водяного пожаротушения являются:

- оросители;
- узлы управления;
- водопитатели;

- трубопроводы;
- система электроуправления.

Оросители (спринклерные и дренчерные) предназначены для распыления воды и распределения ее по защищаемой площади при тушении пожаров или их локализации, а также для создания водяных завес.

Спринклерные оросители являются автоматически действующими устройствами. Они применяются для разбрызгивания воды над защищаемой поверхностью в спринклерных установках и в качестве побудителя в дренчерных установках пожаротушения (рис. 8.3).

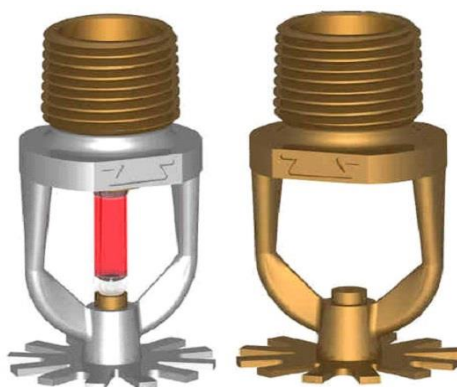


Рис. 8.3 Спринклерный и дренчерный оросители

Классификация, типы и основные параметры оросителей приведены в ГОСТ Р 51043-97 «Установки водяного и пенного пожаротушения автоматические. Оросители спринклерные и дренчерные. Общие технические требования. Методы испытаний».

По наличию теплового замка оросители подразделяют на:

- спринклерные (С);
- дренчерные.

По виду используемого огнетушащего вещества оросители подразделяют на:

- водяные (В);
- пенные (П).

По монтажному расположению оросители подразделяются на устанавливаемые:

- вертикально розеткой вверх (В);
- вертикально розеткой вниз (Н);
- вертикально розеткой вверх или вниз (универсальные) (У);
- горизонтально относительно оси оросителя (Г).

По виду покрытия корпуса оросители подразделяют на:

- без покрытия (о);
- декоративное (д);
- антикоррозийное (а).

По виду теплового замка оросители подразделяют на:

- с плавким элементом (П) – легкоплавкий замок;
- с разрывным элементом (Р) – стеклянная колба, заполненная подкрашенным спиртом;
- с упругим элементом (У).

По условному диаметру выходного отверстия:

- водяные (8, 10, 12, 15, 20 мм);
- пенные (8, 10, 15 мм).

По температуре срабатывания: (57, 68, 72, 79, 93, 121, 141, 163, 182, 204, 227, 240, 260, 343 градуса Цельсия).

Узел управления – исполнительный орган в установках водяного и пенного пожаротушения, состоящий из контрольно-сигнального клапана, запорной арматуры контрольно-измерительных приборов и системы трубопроводов, обеспечивающей пропуск огнетушащего вещества в питающий трубопровод, формирование и выдачу команд на пуск других устройств, а также с сигнала оповещения о пожаре.

Водяные установки пожаротушения имеют основной и автоматический водопитатели.

Основной водопитатель обеспечивает работу установки расчетными расходом и напором в течение нормированного времени работы установки. В качестве основного водопитателя в водяных установках используют водопроводы любого назначения с гарантированным напором и расходом, а также насосы-повысители.

Автоматический водопитатель служит для обеспечения расчетного расхода воды в течение времени, необходимого для выхода на рабочий режим резервного насоса.

В качестве автоматического водопитателя могут быть гидропневматические и водонапорные баки, а также водопроводы любого назначения.

В настоящее время широкое применение получили трубопроводы из термостойких пластиков, предназначенные для установок спринклерного пожаротушения.

Пластиковые трубопроводы обладают рядом преимуществ перед стальными трубопроводами (длительный срок эксплуатации без замены, высокая скорость монтажа, простота выполнения соединений и т.д.). Однако, согласно действующим нормативным документам, применение пластиковых труб в установках пожаротушения требует дополнительного согласования с органами ГПН, что снижает популярность такого решения.

Установки тонкораспыленной воды

Традиционные установки водяного пожаротушения (спринклерные и дренчерные) не лишены ряда существенных недостатков:

- большие расходы воды на тушение (более 0,08 л/с•кв.м),
- возможность нанесения дополнительного ущерба за счет залива водой помещений и материальных ценностей,

- необходимость строительства капитальных инженерных сооружений (насосные и дренажные станции, резервуары для хранения резервного запаса воды, водопитатели, дренажные сооружения),
- необходимостью обеспечения электроснабжения большой мощности по I категории надёжности,
- сложный регламент и большие затраты на техническое обслуживание установок пожаротушения.

Этих недостатков лишена технология пожаротушения тонкораспылённой водой, основанная на ликвидации возгорания каплями воды с эффективным диаметром не более 100 мкм.

В традиционных системах водяного пожаротушения диаметр капель, которые попадают на очаг возгорания, составляет порядка 0,4...2,0 мм. Это приводит к тому, что около 30% воды идёт, собственно, на тушение огня, а остальная часть проливается, не участвуя в процессе тушения.

При уменьшении размеров водяной капли менее 100 мкм механизм тушения огня существенно меняется. Обладая высокой проникающей и охлаждающей способностью тонкораспылённая вода (водяной туман) позволяет надёжно тушить пожары при небольшом расходе огнетушащего вещества (менее 0,03 л/с•кв.м) в течение 10...60 с. Это позволяет без каких-либо негативных последствий, связанных с влиянием огнетушащего вещества, тушить пожары в архивах, библиотеках и музеях. Как показывает практика, тонкораспылённая вода эффективно поглощает твёрдые частицы дыма. Имеются данные по успешному использованию тонкораспылённой воды при тушении электроустановок под напряжением 35 кВ без аварийных последствий.

Они наиболее эффективны для тушения загораний водонерастворимых нефтепродуктов с температурой кипения ниже 100°C. Установки применяются для пожаротушения в помещениях по всей расчетной площади, если их негерметичность не превышает 3%. В ряде случаев

тонкораспыленная вода (с диаметром капель от 50 до 70 мкм) способна осуществлять пожаротушение объемным способом.

В настоящее время начинают использоваться модульные установки с тонкораспыленной водой, так называемый «водяной туман» (размер частиц составляет 80-130 мкм). Эффективность тушения такой установкой выше обычной спринклерной за счет увеличения поверхности охлаждения. Для создания тонкого распыла применяют высокое давление и специальные оросители. Однако создать установку непрерывного действия можно только при применении высоконапорных насосов, что потребует изменить стандарты на трубы и их технологию сборки. Поэтому такие установки делаются модульными, т.е. с ограниченным запасом воды.

Достигнуть в модульных установках длительности работы в 30 и 60 мин практически нецелесообразно из-за высокой стоимости емкости, поэтому данные установки применяют для локального тушения и фиксированной емкости (до 1000 л).

НПБ 80-2001 распространяются на вновь разрабатываемые и модернизируемые модульные автоматические установки пожаротушения тонкораспыленной водой (МУПТВ), и устанавливают их классификацию по: виду огнетушащего вещества; инерционности срабатывания; продолжительности действия; типу действия; виду водо-питателя.

Огнетушащим веществом (ОТВ) МУПТВ является:

- вода;
- вода с добавками;
- газо-водяная смесь.

Тонкораспыленная струя ОТВ представляет собой струю воды с диаметром капель до 100 мкм.

По инерционности срабатывания установки подразделяются на:

- малоинерционные - с инерционностью не более 3 с;
- среднеинерционные - с инерционностью от 3 до 180 с.

По продолжительности действия на:

- кратковременного действия;
- продолжительного действия.

МУПТВ кратковременного действия является установкой со временем подачи огнетушащего вещества от 1 до 600 с.

По типу действия МУПТВ бывают:

- непрерывного действия;
- циклического действия.

В качестве водопитателей МУПТВ выступают:

- сжатый газ;
- газогенератор;
- комбинированный; насосные станции высокого давления.

Модуль установки пожаротушения тонкораспыленной водой МУПТВ-60 «Тайфун» (МУПТВ-60-Г-ГВ) для тушения пожаров классов А и В в помещениях категорий А, Б, В) с защищаемой площадью - до 20 м² представлен на рис. 8.4.



Рис. 8.4 МУПТВ-60 «Тайфун»

МУПТВ «Тайфун» действует по принципу создания водяного тумана. Заполняя помещение, водяное «облако» препятствует поступлению кислорода к очагу возгорания и одновременно резко охлаждает всю горящую конструкцию, а не только ее отдельные участки, как при традиционном тушении струями воды.

При работе модуль «Тайфун» благодаря мелкому распылу воды:

- не наносит ущерба защищаемому помещению и оборудованию. Распыляемая в виде тумана вода ложится на поверхность тонким слоем (диаметр капель не превышает 100 мкм), который затем быстро испаряется;
- снижает задымленность в помещении, улучшая видимость на путях эвакуации;
- улучшает состав воздуха, облегчая дыхание в задымленном помещении.

МУПТВ предназначен для тушения пожаров классов А и В и применяется в автоматических модульных установках пожаротушения тонкораспыленной водой для защиты производственных, складских, административных, архивных помещений, хранилищ музейных ценностей и выставок как для защиты отдельных пожароопасных участков, так и всей площади защищаемого помещения.

Модуль предназначен также для применения во взрывоопасных зонах помещений и наружных установок, согласно нормативных документов, регламентирующих применение электрооборудования во взрывоопасных условиях. Диапазон температур эксплуатации - от +5 до +50⁰С.

Обозначение МУПТВ имеет следующую структуру:

МУПТВ - XXX - X - XX - ТУ

(1) (2) (3) (4) (5),

где:

1 – наименование изделия; 2 – масса огнетушащего вещества (ОТВ). заправляемого в МУПТВ, кг; 3 – тип МУПТВ по водопитателю (сжатый газ – Г, газогенератор – ГЗ, комбинированный – К); 4 – вид огнетушащего

вещества (вода – В, вода с добавками – ВД, газо-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.

Таблица 8.1 Основные технические данные модульной установки
пожаротушения

1. Огнетушащая способность модуля, м ² , не более: - пожар класса А - пожар класса В с горючими жидкостями с <i>t</i> вспышки паров 40 ⁰ С и более	20 ₊₂ 20 ₊₂
2. Продолжительность действия, сек	10 - 35
3. Инерционность срабатывания, сек, не более	3
4. Средний расход огнетушащего вещества, кг/с	1,6 - 6,0
5. Масса огнетушащего вещества (вода питьевая по ГОСТ 2874), кг	60 _{+0,3}
6. Масса газа-вытеснителя (жидкая двуокись углерода по ГОСТ 8050), кг	4,8 ^{+0,2}
7. Масса модуля без огнетушащего вещества полная, кг	54 _{+0,2}
8. Объем баллона для хранения газа-вытеснителя, л	8 или 10
9. Объем корпуса, л	65 ₊₁
10. Габаритные размеры модуля, мм, не более: - длина - ширина	500 400

- <i>высота</i>	1600
11. Параметры сигналов автоматического пуска: - <i>сила постоянного тока, А, не менее</i> - <i>электрическое сопротивление цепи ЭПП, Ом</i> - <i>длительность импульса тока, мс, не менее</i> - <i>напряжение, В</i> - <i>безопасный ток при времени проверки не более 5 мин, А</i> - <i>безопасный ток без ограничения времени проверки, А</i>	0,5 1,5 - 5,5 8 9-27 0,05 0,005
12. Рабочее давление в корпусе, МПа, не более	1,4
13. Давление срабатывания предохранительного клапана, МПа	1,6 - 1,7
14. Усилие приведения МУПТВ в действие вручную, Н, не более	100
15. Ресурс срабатываний, не менее	10
16. Назначенный срок службы, лет	10

Общий вид модуля приведен на рис. 8.5. Модуль состоит из корпуса для хранения огнетушащего вещества поз.1, автономного источника сжатого газа (баллона) поз. 8 с узлом вскрытия поз. 7 и пускового устройства поз. 5 с газогенерирующим элементом.

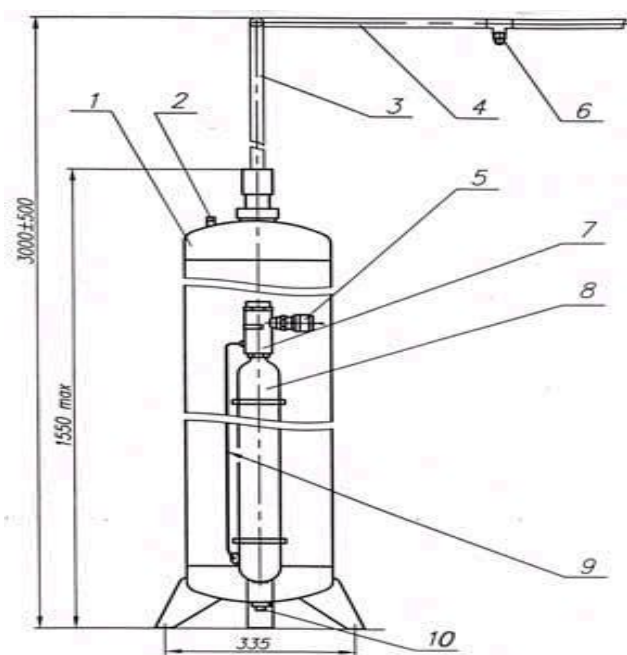
При возникновении пожара поступает электрический импульс на пусковое устройство поз. 5, после чего происходит срабатывание газогенерирующего элемента и разрыв мембраны в узле вскрытия. Рабочий газ из баллона через аэратор поз. 9 поступает в корпус поз. 1 модуля. После повышения давления в корпусе до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

С целью обеспечения безопасности при повышении давления в корпусе сверх рабочего модуль оснащен предохранительным клапаном поз. 2.

Основной режим работы модуля в составе автоматической системы пожаротушения - автоматический, когда электрический сигнал на срабатывание модуля поступает от установки пожарной сигнализации объекта.

Срабатывание установки может осуществляться также от устройства ручного дистанционного пуска УРП-7.

Заправка модуля огнетушащим веществом (ОТВ) производится через горловину корпуса, слив - через штуцер поз. 10 в днище корпуса или через горловину корпуса. Общий вид модуля МУПТВ представлен на рисунке 8.5.



- 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

Рис. 8.5 Общий вид модуля МУПТВ

В настоящее время все большее распространение получают установки тушения тонкораспыленной водой насосного типа. Условно, их можно разделить на два подкласса:

- установки пожаротушения тонкораспыленной водой насосного типа (высокого давления),
- установки пожаротушения тонкораспыленной водой насосного типа (низкого давления).

Основным отличием является использование оросителей, позволяющих получить тонкораспыленную воду при относительно низком (0.5-1 МПа) и высоком (до 20 МПа) давлении воды у оросителя. Следует отметить, что установки ТРВ высокого давления обладают большей эффективностью, достигаемой за счет меньшей дисперсности капель при их большой скорости движения.

При этом нужно учесть, что установки ТРВ высокого давления требуют более сложных и дорогостоящих технических решений, например, изготовления трубопроводов из толстостенных труб из высокопрочной нержавеющей стали, применения специальных муфтовых соединений и высоконапорных насосов.

Технические характеристики клапанов, применяемых в узлах управления установок, должны обеспечивать требуемый расход и иметь возможность обеспечивать все виды сигнализации в соответствии с требованиями Свода правил. На рисунке 8.6 представлен узел управления Inbal.



Рис. 8.6 Узел управления спринклерной установкой с клапаном Inbal

В качестве примеров установок ТРВ низкого давления можно привести отечественные системы «Аквамастер» и «Аквагешт», разработанные отечественными специалистами, прошедшие сертификационные испытания и получившие признание в России. Примером ТРВ высокого давления может служить высокоэффективная система Fogtec, в настоящее время уже применяемая в нашей стране.

Вопрос 3. Назначение и устройство установок пенного пожаротушения

Наибольшее распространение установки пенного пожаротушения получили в таких отраслях промышленности как нефтедобывающая, химическая, нефтехимическая и нефтеперерабатывающая, металлургическая, энергетика.

Установки пенного пожаротушения используются преимущественно для тушения легко воспламеняющихся жидкостей и горючих жидкостей в резервуарах, горючих веществ и нефтепродуктов, расположенных как внутри зданий, так и вне их. Дренчерные установки пенного АПТ применяются для

защиты локальных зон зданий, электроаппаратов, трансформаторов. Спринклерные и дренчерные установки пенного пожаротушения имеют достаточно близкое назначение и устройство с водяными установками пожаротушения.

Установки пенного пожаротушения отличаются от водяных устройствами для получения пены (оросители, пеногенераторы), а также наличием в установке пенообразователя и системы его дозирования. Остальные элементы и узлы по устройству аналогичны установкам водяного пожаротушения. Еще одно отличие пенных установок от водяных заключается в том, что источником водоснабжения должны служить водопроводы непитьевого назначения, при этом количество воды, необходимое для получения пены, должно удовлетворять требованиям технических документов на применяемые пенообразователи.

Выбор дозирующего устройства в установках пенного пожаротушения осуществляется в зависимости от конкретных особенностей защищаемого объекта, системы водоснабжения, типа установки (спринклерная или дренчерная). В настоящее время системы дозирования пенообразователя проектируют по двум основным схемам - с заранее приготовленным раствором пенообразователя и с дозированием пенообразователя в поток воды с помощью насоса-дозатора с дозирующей шайбой или с помощью эжектора-смесителя.

Пенные АУП по сравнению с водяными АУП должны быть обеспечены дополнительными устройствами:

- перекачки пенообразователя из транспортной емкости в баки с пенообразователем;
- баками для пенообразователя;
- автоматического дозирования пенообразователя (при его раздельном хранении);

- слива пенообразователя из бака или раствора пенообразователя из трубопроводов;

- контроля уровня пенообразователя в баке с пенообразователем;

- для перемешивания раствора пенообразователя;

- подачи раствора пенообразователя от передвижной пожарной техники, обеспечивающей максимальный расчетный расход и давление в диктующей секции (с указанием необходимого давления, которое должен обеспечить автонасос).

В качестве устройств автоматического дозирования пенообразователя (при его раздельном хранении) могут использоваться:

- насосы-дозаторы;

- дозаторы диафрагменного типа;

- дозаторы эжекторного типа;

- баки-дозаторы.

В системе дозирования должно быть предусмотрено два насоса-дозатора (рабочий и резервный) либо по одному баку-дозатору, дозатору диафрагменного или эжекторного типа.

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 кратности применяемой пены (от того, насколько увеличивается объем пены по сравнению с исходным), пены бывают:

- низкой кратности (до 20);

- средней кратности (от 20 до 200);

- высокой кратности (более 200).

Соответственно, установки пожаротушения подразделяются на установки тушения пеной низкой, средней и высокой кратности.

По способу воздействия на очаг пожара пенные установки делятся на установки:

- общеперехностного;
- локально-поверхностного;
- общеобъемного;
- локально-объемного;
- комбинированного тушения.

Общеперехностные: дренажные – для защиты всей расчетной площади; установки для защиты резервуаров с горючими жидкостями.

Локально-поверхностные: спринклерные – для защиты отдельных аппаратов, отдельных участков помещений; дренажные – 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.

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

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

По типу пенообразующих устройств пенные АУП делятся на:

- установки с механическими пенообразующими устройствами для получения пены низкой кратности (оросители типа СПУ-0,15-Р68-ВЗ, ДПУ-0,15ВЗ);

- 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,
- циркуляционными.

Сухотрубные установки заполнены пенообразующим раствором до запорно-пусковых устройств, поэтому при включении установки требуется некоторое время для заполнения трубопроводов.

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.

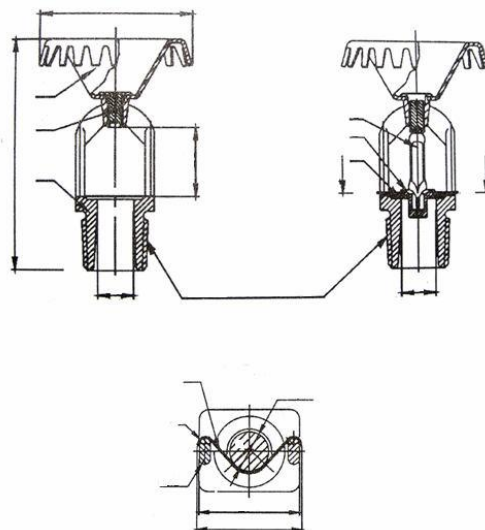


Рис. 8.7 Ороситель пенный дренчерный (а) и ороситель пенный спринклерный (б):

1 – штуцер; 2 – розетка; 3 – крышка; 4 – пружина;
5 – стеклянная термоколба (разрывной термочувствительный элемент);
6 – винт; 7 – пружина сброса крышки

Недостатки установок пенного пожаротушения: зависимость от источников водоснабжения; сложность тушения помещений с электроустановками; сложность технического обслуживания; большой, а часто невозможный, ущерб защищаемому зданию.

Для установок пенного пожаротушения необходимо предусматривать (кроме расчетного) 100 %-ный резерв пенообразователя, который должен автоматически включаться при отсутствии подачи пенообразователя от основного устройства дозирования. Подача резервного пенообразователя должна осуществляться от самостоятельного устройства дозирования.

Согласно СП продолжительность работы пенных АУП с пеной низкой и средней кратности при поверхностном пожаротушении следует принимать: 25 мин для помещений группы 7; 15 мин - для помещений категорий А, Б и В1 по взрывопожарной опасности; 10 мин - для помещений категорий В2 и В3 по пожарной опасности.

Согласно СП установки пожаротушения высокократной пеной применяются для объемного и локально-объемного тушения пожаров классов А2, В.

Установки локально-объемного пожаротушения высокократной пеной применяются для:

- тушения пожаров отдельных агрегатов или оборудования в тех случаях, когда применение установок
- для защиты помещения в целом технически невозможно или экономически нецелесообразно.

По воздействию на защищаемые объекты установки подразделяются на:

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

По конструкции пеногенераторов установки подразделяются на:

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

Установки должны соответствовать общим техническим требованиям, установленным ГОСТ.

В установках следует использовать только специальные пенообразователи, предназначенные для получения пены высокой кратности.

Установки должны обеспечивать заполнение защищаемого объема пеной до высоты, превышающей самую высокую точку оборудования не менее чем на 1 м, в течение не более 10 мин.

Оборудование, длину и диаметр трубопроводов необходимо выбирать из условия, что инерционность установки не превышает 180 с.

Производительность установок и количество раствора пенообразователя определяются исходя из расчетного объема защищаемых помещений в соответствии с СП.

Если установка применяется в нескольких помещениях, в качестве расчетного принимается то помещение, для защиты которого требуется наибольшее количество раствора пенообразователя.

В одном помещении должны применяться генераторы пены только одного типа и конструкции. Количество пеногенераторов определяется расчетом, но принимается не менее двух.

Контрольные вопросы.

1. Что такое АУПТ?
2. На какие виды подразделяются установки пожаротушения по виду огнетушащего вещества?
3. На какие виды подразделяются установки пожаротушения по способу тушения?
4. На какие виды подразделяются установки пожаротушения по способу пуска?
5. На какие виды подразделяются установки пожаротушения по конструктивному исполнению?

Лекция 9. «Автоматические установки газового пожаротушения»

Вопрос 1. Общие сведения о газовом пожаротушении. Классификация и область применения АУГПТ

В настоящее время автоматические установки газового пожаротушения (АУГП) стоят на третьем месте по частоте использования и составляют около 30% всех АУПТ.

Автоматическая установка (система) газового пожаротушения - это установка (система) пожаротушения, в основу которой положено свойство некоторых газов не поддерживать горение (например, углекислый газ, инертные газы). Принцип действия прост: при возникновении признаков пожара, защищаемое помещение заполняется газообразным огнетушащим веществом с вытеснением кислорода.

АУГПТ используются преимущественно как альтернатива водяным и пенным установкам пожаротушения в тех случаях, когда необходимо обеспечить полное отсутствие ущерба при тушении пожаров или при ложных срабатываниях АУПТ.

Применение установок газового пожаротушения является наиболее щадящим и эффективным способом тушения пожара и применяются в архивах, музеях, серверных, банковских хранилищах. Минусом таких установок является высокая стоимость применяемого оборудования.

Основными объектами применения установок газового пожаротушения являются: энергетические объекты (трансформаторы напряжением более 500 кВ; кабельные туннели, шахты); маслоподвалы металлургических предприятий; турбогенераторы ТЭЦ, ГРЭС; 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, в том числе таможенных; контуры теплоносителей АЭС; склады меховых изделий; помещения вычислительных центров; библиотеки, музеи, архивы, банковские хранилища.

На объектах небольших и средних объемов установки газового пожаротушения по сравнению с традиционными водяными установками, особенно модульного типа, обладают рядом преимуществ.

Во-первых, тушение газовыми составами практически не наносит вреда материальным ценностям, что иногда делает АУГПТ просто незаменимыми.

Во-вторых, быстрое действие газовых установок позволяет не только тушить пожары, но и обеспечивать деятельность систем автоматической противоаварийной защиты путем создания активных установок предупреждения и подавления взрывов.

В-третьих, запуск газовых установок может быть осуществлен любым способом, механически, пневматически, гидравлически и в том числе электрическим сигналом. Причем пуск АУГПТ возможен от аккумуляторной батареи, встроенной в корпус прибора управления. Когда количество модулей достигает предельного по суммарному потребляемому значению тока, достаточно лишь обеспечить пуск этих модулей через дополнительные пусковые блоки, как правило, имеющих независимые источники бесперебойного питания, при отсутствии первой категории электроснабжения защищаемого здания или сооружения. Чаще всего последнее не позволяет использовать автоматическую установку водяного пожаротушения. В случае, когда объектом защиты не является здание с массовым пребыванием людей (50 и более) монтаж газовой установки зачастую становится единственной альтернативой.

В-четвертых, наличие довольно широкой номенклатуры сертифицированных газовых огнетушащих составов на отечественном рынке позволяет учитывать специфические особенности конкретного объекта (вид

и количество пожарной нагрузки, наличие людей в помещениях, работа электрооборудования, наличие электроники и вычислительной техники и т.д.), уменьшая тем самым себестоимость конечной установки, не снижая при этом ее эффективности.

Классификация и область применения АУГПТ

Установки автоматические газового пожаротушения применяются для ликвидации пожаров классов А, В, С и электрооборудования.

Газовые средства не должны применяться для тушения:

- веществ, содержащих связанный кислород;
- волокнистых, сыпучих, пористых и склонных к самовозгоранию и тлению внутри объема веществ (древесные опилки, хлопок, травяная мука и др.);
- химических веществ и их смесей, полимерных материалов, склонных к тлению и горению без доступа воздуха;
- гидридов металлов, пирофорных веществ;
- порошков металлов (натрий, калий, магний, титан и др.).

Запрещается применение газовых установок объемного углекислотного пожаротушения в помещениях с массовым пребыванием людей (50 и более человек) и(или) в помещениях, которые не могут быть покинуты людьми до начала работы установки.

Основные понятия.

Модуль газового пожаротушения – баллон (сосуд) с запорно-пусковым устройством для хранения и выпуска ГОС.

Батарея газового пожаротушения – группа модулей, объединенная коллектором и позволяющая осуществлять выпуск ГОС из группы или отдельных модулей.

Централизованная установка газового пожаротушения – АУГПТ, содержащая батареи (модули) с ГОС, размещенные в станции пожаротушения, и предназначенная для защиты двух и более помещений.

Модульная установка – АУГПТ, содержащая один или несколько модулей с ГОС, размещенных непосредственно в защищаемом помещении или рядом с ним.

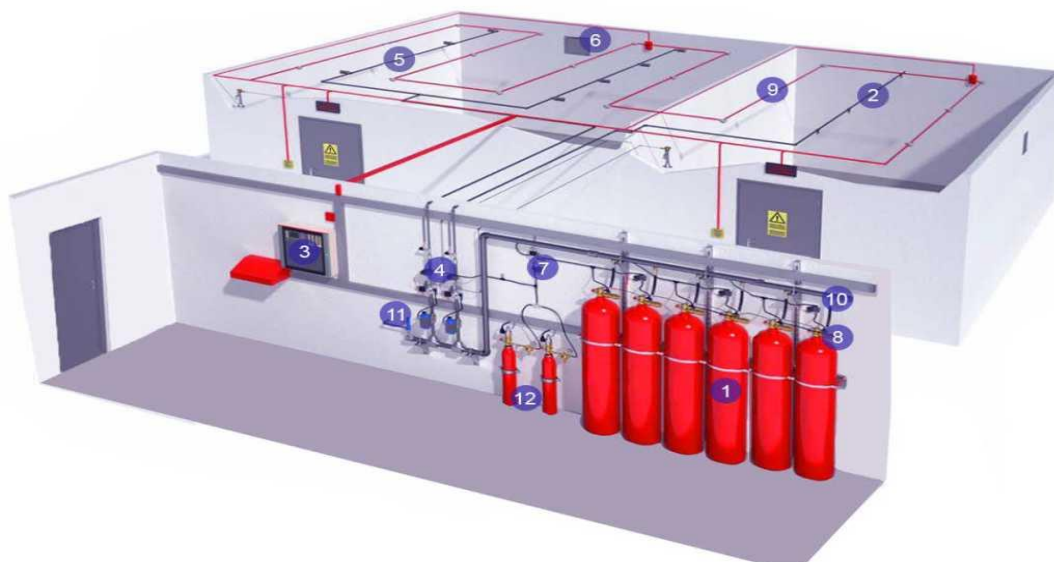
Изотермический резервуар – теплоизолированный сосуд, оборудованный холодильными агрегатами или реконденсатором, приборами их управления и предназначенный для хранения сжиженных ГОС при температуре ниже температуры окружающей среды, а также их подачи.

Реконденсатор – агрегат, предназначенный для поддержания заданного интервала температуры (давления) в резервуаре и компенсации тепловпотерь в период хранения сжиженного газа.

Параметр негерметичности – величина, характеризующая негерметичность защищаемого помещения и представляющая собой отношение суммарной площади постоянно открытых проемов к объему защищаемого помещения.

Степень негерметичности – отношение площади постоянно открытых проемов к площади ограждающих конструкций.

Установка АУГПТ в защищаемом помещении показана на рисунке 9.1.



*1 - модули газового пожаротушения; 2,5 - распределительный трубопровод с насадками;
3 - прибор приемно-контрольный и управления пожарный; 4 - запорная арматура; 6 -
клапан вентиляции; 7 - устройство временной задержки пневматическое; 8 – запорно-
пусковое устройство; 9 - извещатель пожарный дымовой; 10 - регулятор расхода газа;
11 - предохранительный клапан; 12 - пусковые баллоны*

Рис. 9.1 Внешний вид АУГПТ

Система газового пожаротушения состоит из прибора управления (обычно совмещенного с пожарной сигнализацией), устройства запуска, устройства контроля веса, трубопровода с насадками и баллона (одного или нескольких) высокого давления с огнетушащим газом.



Прибор управления газовым пожаротушением - представляет из себя обычный приемно- контрольный прибор с релейными выходами, предназначенными для подачи сигнала на устройства запуска. Имеет входы для подключения устройства контроля веса и выходы системы оповещения.

Устройство запуска (пусковое устройство)

предназначено для разрушения клапана на баллоне при подаче управляющего напряжения с прибора управления пожаротушением при возникновении пожара в защищаемом помещении. Устанавливается на газовом баллоне и подключается к трубопроводу.



Устройство контроля веса (весовое устройство) предназначено для выдачи сигнала неисправности на прибор управления газовым пожаротушением при утечке газа из баллона (соответственно уменьшении массы баллона).



Трубопровод газового пожаротушения выполняет одну функцию - равномерное распределение огнетушащего вещества (газа) по объему защищаемого помещения. Изготавливается из стальных труб и крепится на кронштейнах к строительным конструкциям. Для более эффективной подачи газа служат насадки - специальные распылители, устанавливающиеся на трубопроводе.

Газовый баллон высокого давления необходим для хранения необходимого для тушения количества газа. При необходимости баллоны собираются в батареи. Количество и тип газа определяются в зависимости от типа и размеров помещения на основании нормативной документации. При монтаже баллон устанавливается на площадку весового устройства (или подвешивается на его кронштейне).



Классификация АУГПТ представлена на рисунке 9.2.

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

а) модульную установку:

- модули газового пожаротушения,
- 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.

Автоматические установки газового пожаротушения также подразделяются:

- По способу тушения - на установки объемного тушения и локально-объемного тушения;
- По способу включения (пуска) - на установки с электрическим, пневматическим, механическим пуском или их комбинацией;
- По типу газовых огнетушащих средств, используемых в газовых установках - с сжиженными, сжатыми газами;
- По способу управления - автоматическим, дистанционным и местным.

При объемном тушении ГОТВ требуется:

1. Световая и звуковая сигнализация о пожаре и выпуске ГОТВ «ГАЗ-УХОДИ», «ГАЗ-НЕ ВХОДИТЬ»;

2. Задержка выпуска ГОТВ на время необходимое для эвакуации людей (>10 с);

3. Наличие устройств автоматического управления.

На практике основными критериями выбора типа АУГПТ являются:

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

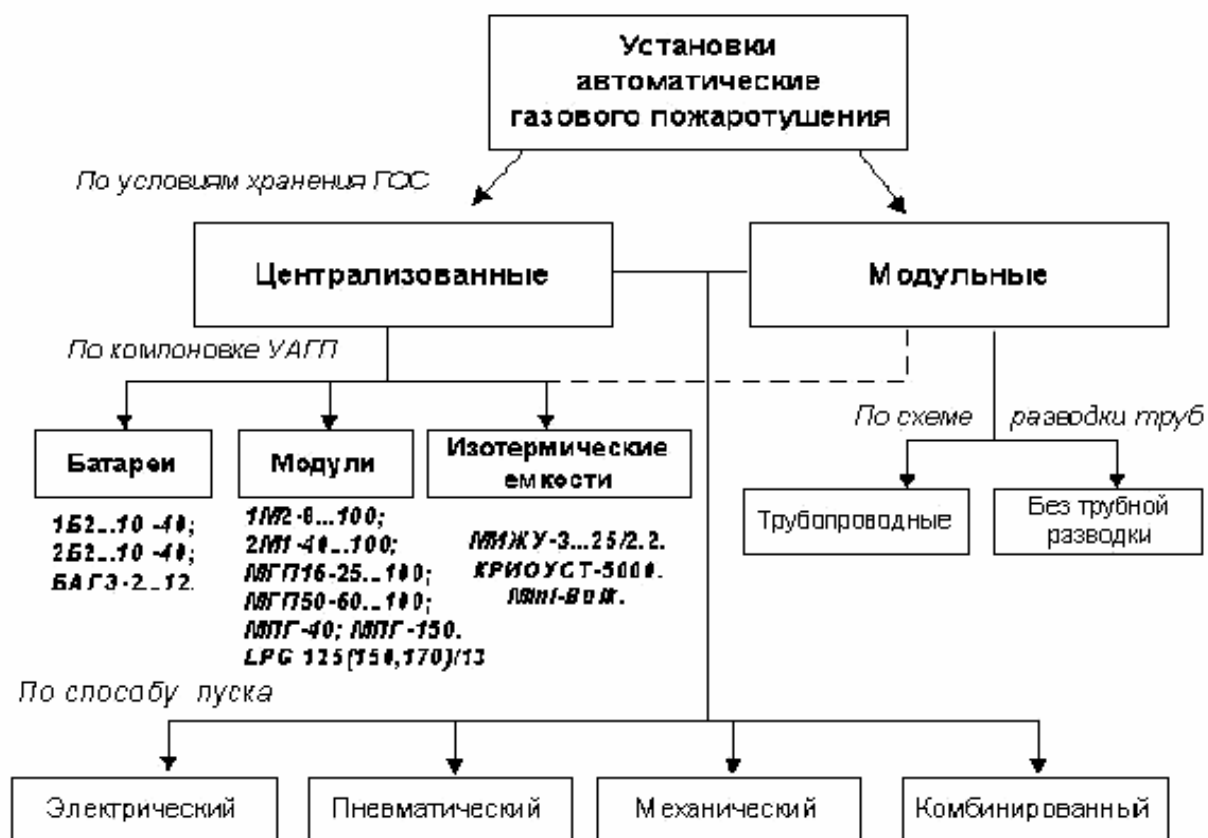
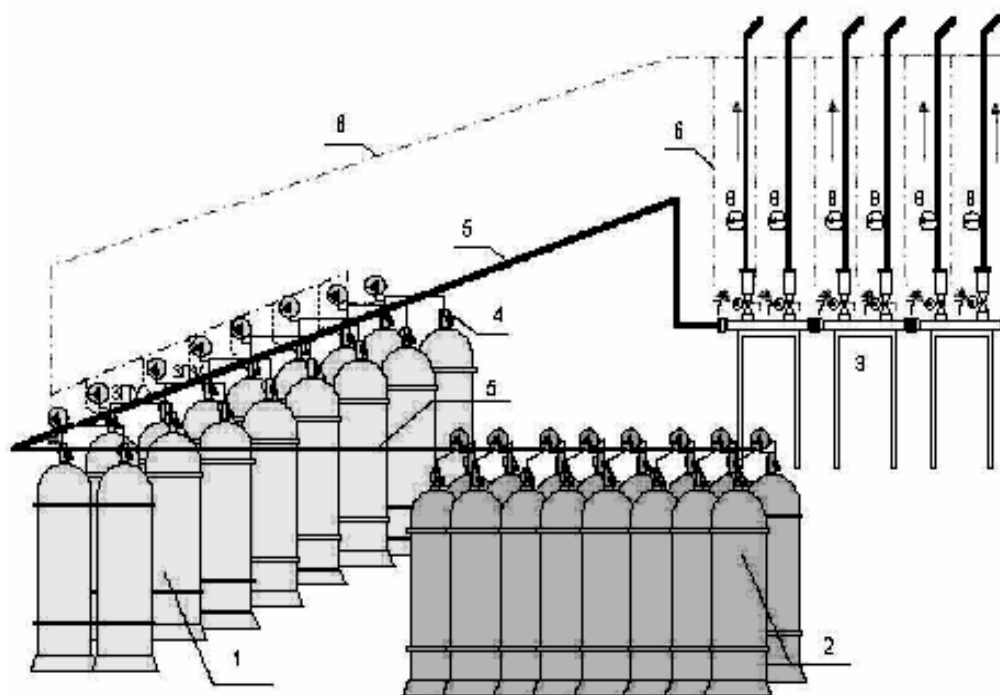


Рис. 9.2 Классификация АУГПТ

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 АУГПТ (рисунок 9.3).



1 – УАГП с рабочими модулями; 2 – УАГП с резервными модулями;
3 – распределительное устройство; 4 – запорно-пусковое устройство;
5 – общий коллектор; 6 – пусковые цепи; 7 – СДУ

Рис. 9.3 Централизованная АУГПТ на шесть направлений тушения

Вопрос 2. Принцип работы АУГПТ. Общие требования, предъявляемые к АУГПТ

Работа АУГПТ происходит по следующей схеме: при пожаре в одном из защищаемых помещений срабатывает автоматическая система пожарной сигнализации (АПС) от двух извещателей по логической схеме.

Пусовой 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 времени, достаточной для эвакуации людей, подается управляющий импульс отускового блока ППКПУ на срабатывание запорно-пусковых устройств (ЗПУ) на требуем расчетном оличестве модулей и ЗПУ на распределительном устройстве (РУ) поаправлению тушения пожара.

Газовый огнетушащий состав по магистральному рубопроводу подается в защищаемое помещение. При этом срабатывает сигнализатордавления (СДУ), который выдает информационный сигнал на ППКПУ.

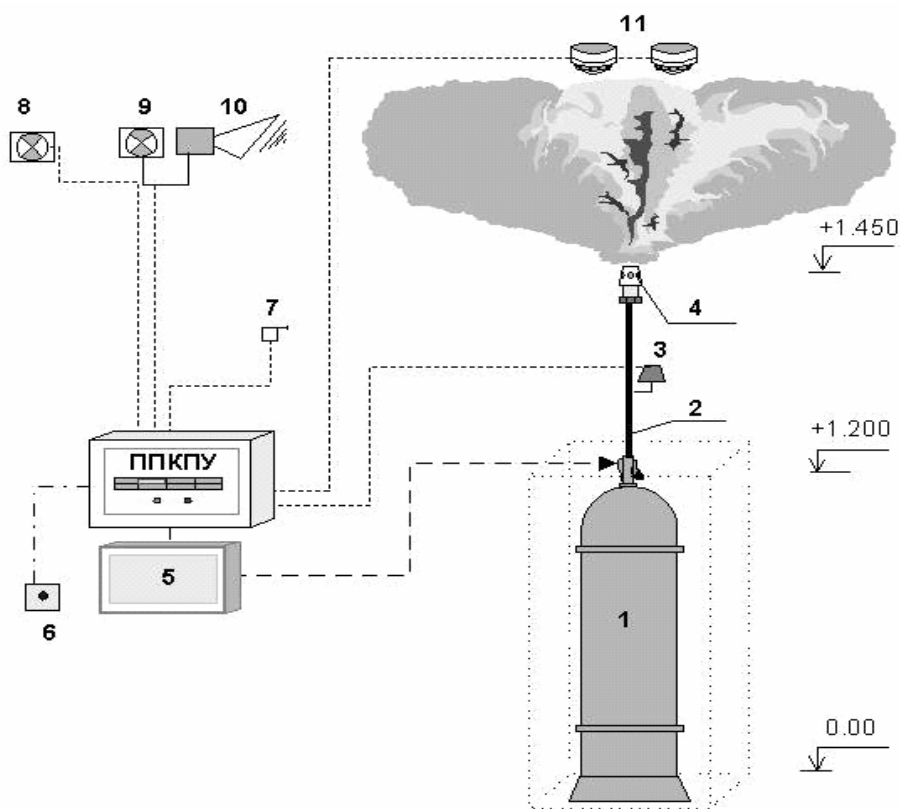
Для того, чтобы исключить ложное срабатывание АУГПТ впомещении, когда в нем находятся люди, находную дверь устанавливаетсяконцевой выключатель, с помощью которого при открывании двери (в начале рабочего дня) ППКПУ переводится иавтоматического режима работы в ручной. Пуск АУГПТ возможен только отнопки дистанционного пуска и при закрытой входной двери помещения.

Рабочее давление ГОТВ в модулях иатареях составляет 5–15 МПа. За счет высокого давления достигается требуемая интенсивность подачи ГОС в защищаемое помещение и его расчетное времяыпуска. Модули являются сборочными унифицированными устройствами, способными вкомплекте с приборами управления самостоятельно выполнять задачу по тушенипожара. Для защиты небольших помещенийкладовых, помещений с ектронной аппаратурой или ЛВЖ допускается применять модульные АУГПТ без использования трубной разводки (рис. 4). При этом на резьбу выходного штуцера модуля крепится короткий отрезок трубы $D = 20$ мм, на котором устанавливается выпускной насадок. Так катом 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»).

При использовании такой схемы УАГП расстояние между выпускным насадком и стенами не должно превышать предельно допустимых значений, по условию распыления ГОТВ и создания равномерной расчётной концентрации в объеме помещения. Размещение выпускных насадков определяется технической документацией и расчетом.

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).



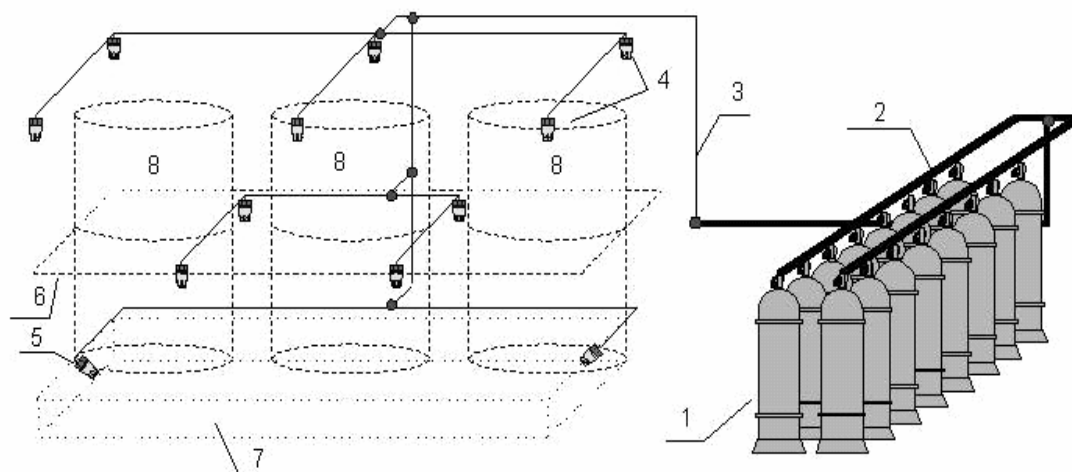
1 – модуль МГП 16-25; 2 – трубопровод; 3 – СДУ; 4 – выпускной насадок; 5 – модуль пуска;
6 – кнопка ручного пуска; 7 – датчик контроля двери; 8 – табло «Газ – не входи!»;
9 – табло «Газ – уходи!»; 10 – звуковая сирена; 11 – пожарные извещатели

Рис. 9.4 Схема модульной УАГП без трубной разводки

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.

Схема установки локального пожаротушения по объему трех ёмкостей с ЛВЖ наглядно показана на рис. 9.5.



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

Рис. 9.5 Технологическая схема локально-объёмной установки пожаротушения

Выпускные насадки располагаются в трех уровнях по высоте: над защищаемым оборудованием, под рабочей площадкой и в поддоне для сбора пролитой горючей жидкости.

Общие требования, предъявляемые к АУГПТ.

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

Централизованные установки, кроме расчетного количества ГОТВ, должны иметь его 100%-ный резерв. Допускается совместное хранение расчетного количества и резерва ГОТВ в изотермическом резервуаре при условии оборудования последнего запорно-пусковым устройством с реверсивным приводом и техническими средствами его управления.

Модульные установки, кроме расчетного количества ГОТВ, должны иметь его 100%-ный его запас. При наличии на объекте нескольких модульных установок запас предусматривается в объеме, достаточном для

восстановлена работоспособности установки, сработавшей в любом из защищаемых помещений объекта. Запас следует хранить в модулях, аналогичных модулям установок. Модули с запасом ГОТВ 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 и помещения людей, отключение вентиляции (кондиционирования и т.п.), закрытие заслонок (противопожарных клапанов и т.д.). Инерционность установки (время срабатывания без учета времени задержки пуска ГОТВ) не должно превышать 15 с.

Подача 95 % массы ГОТВ должна производиться за заданный интервал, не превышающий:

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

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 возможности обслуживания.

При подключении двух и более модулей к коллектору применяют баллоны одного типа и размера с равным наполнением ГОТВ и давлением газа-

вытеснителя (если в качестве ГОТВ применяется сниженный газ) и с равным давлением ГОТВ, если применяется сжатый газ. Подключение модулей к коллектору следует производить через обратный клапан или аналогичное устройство, автоматически исключающее потери ГОТВ из коллектора при отключении одного из модулей.

Модули, содержащие жидкие газы безазота-вытеснителя, должны быть оборудованы устройствами контроля утечки газа. При использовании в качестве ГОТВ сжатого газа, а также газа-вытеснителя, сосуды обслуживаются устройствами контроля давления.

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

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

Помещения станций пожаротушения должны быть отделены от других помещений противопожарными перегородками 1-го типа и перекрытиями 3-

го типа. Помещения станции нельзя располагать под и над помещениями категорий А и Б. Помещения станций должны быть оборудованы приточно-вытяжной вентиляцией не менее чем с двукратным воздухообменом, а также телефонной связью с помещением дежурного персонала, ведущим круглосуточное дежурство.

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

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

Контрольные вопросы.

1. Что такое автоматическая установка (система) газового пожаротушения?
2. Что является основными объектами применения установок газового пожаротушения?
3. Что должна обеспечивать УАГП?
4. Какие требования предъявляются к АУГПТ?
5. Что такое установка локального пожаротушения по объему?

Лекция 10. «Автоматические установки порошкового и аэрозольного пожаротушения»

Вопрос 1. Общие сведения о порошковом и аэрозольном пожаротушении

Порошковые и аэрозольные установки могут быть использованы на объектах, где традиционные виды пожаротушения - жидкостное или пенное - могут привести к порче имущества или не обеспечить требуемого эффекта. Кроме того, аэрозольные и порошковые АУПТ, как и газовое, объединяет высокое значение быстродействия. Их инерционность (или задержка реагирования) составляет всего 5 секунд.

Основными предпосылками широкого их использования являлись универсальность применения (для тушения пожаров почти всех классов), высокая огнетушащая способность, значительный температурный предел использования от -60 до +50°C и относительно невысокая стоимость.

С развитием промышленного производства появилось большое количество веществ, горение которых традиционными средствами (вода, пена, газ) потушить трудно, а в некоторых случаях и невозможно (сжиженные газы, нефтепродукты, спирт, ацетон, щелочные металлы, кремний- и металлоорганические соединения, электроустановки, находящиеся под напряжением до 1000 В).

Таким образом для тушения пожаров классов А, В, С и электрооборудования используются установки порошкового пожаротушения (АУПП), в зависимости от вида порошка.

Порошковые системы пожаротушения находят широкое применение на различных производственных, промышленных и складских объектах, включая:

- хранилища, архивы, библиотеки, музеи, где использование водяного пожаротушения может привести к материальному ущербу, сопоставимому с вредом от самого пожара;
- складские помещения, предназначенные для хранения сырья и готовой продукции и оборудованные стеллажами;
- объекты с большим количеством различного электрического оборудования, которое очень чувствительно к воздействию воды - серверные, телевизионные и радиостанции, вычислительные и коммутационные центры и т.д.;
- производственные объекты, где имеется большое количество дорогостоящего оборудования и сырья;
- автотранспортные предприятия, заправки, частные гаражи, СТО и другие объекты, где есть транспортные средства и различные горючие заправочные и смазочные материалы (рис. 10.1).



Рис. 10.1 Тушение пожара АУПП

Запрещается применение установок порошкового пожаротушения:

а) в помещениях, которые не могут быть покинуты людьми до начала подачи огнетушащих веществ;

б) в жилых и общественных зданиях с большим количеством людей (50 человек и более), в связи с их опасностью для дыхательных путей.

АУПП не обеспечивают полного прекращения горения и не должны применяться для тушения пожаров:

- горючих материалов, склонных к самовозгоранию и тлению внутри объема вещества (древесные опилки, хлопок, травяная мука и др.);
- химических веществ и их смесей, пирофорных и полимерных материалов, склонных к тлению и горению без доступа воздуха.

Порошковое пожаротушение имеет ряд достоинств и недостатков. К достоинствам АУПП относятся:

- Универсальность и высокая тушащая способность. Такие системы подходят для тушения пожаров любых типов - А, В, С, D, Е, F. Соответственно, их можно использовать при возгорании твердых, жидких и газообразных веществ, электроустановок и электрооборудования.
- Доступная стоимость. Стоимость как стационарных, так и мобильных модулей порошкового пожаротушения, как правило, дешевле, чем систем других классов.
- Длительный срок хранения. Даже в случае длительного простоя системы порошок сохраняет свои химические и физические свойства на протяжении нескольких лет. Это делает подобные составы идеальным решением для стационарных систем и огнетушителей.
- Идеально подходят для электрооборудования. Порошковое пожаротушение отлично подходит для работы со специфическими пожарами. Так, например, оно может использоваться на объектах, где установлено электрическое оборудование с напряжением до 5 000 Вольт.

- Не требует герметизации помещения. В отличие от газовых и аэрозольных систем, порошковая не требует герметизации защищаемого помещения, так как порошок недостаточно летуч, чтобы распространиться в прилегающие помещения.
- Исключительные способности тушения специфических видов пожара (горение металлов и их соединений).

Недостатки АУПП:

- Поверхностный способ тушения пожара и, как следствие, низкая проникающая способность.
- Малоэффективность в случае использования их для тушения веществ, способных гореть без притока воздуха или тлеющих в глубине слоя, например, древесных опилок.
- Негативное воздействие на дыхательную систему человека. Порошки нетоксичны, поэтому отсутствует прямая угроза жизни людей в случае ложного срабатывания, однако необходимо учитывать, что мелкодисперсная смесь держится в воздухе несколько минут, что может приводить к сильному затруднению дыхания, для чего требуется их немедленная эвакуация.
- Высокая химическая активность порошков, поэтому для исключения повреждения оборудования или других объектов, находящихся в помещении, необходимо быстро удалить состав с их поверхности.
- Трудности перекачки порошковых составов по трубам от единого распределительного центра, что накладывает некоторые ограничения на их использование в таких системах.

В России в качестве огнетушащих веществ, альтернативных хладам, получила достаточно широкое распространение новая разновидность средств объёмного пожаротушения – твёрдотопливные аэрозоле образующие огнетушащие составы (АОС) и установки аэрозольного пожаротушения на их основе.

Аэрозольные АУП – установки пожаротушения, в которых в качестве огнетушащего вещества используется аэрозоль, получаемый при горении АОС. В состав аэрозоля входят высокодисперсные твёрдые частицы, величина дисперсности которых не превышает 10 мкм и инертные газы.

Подавление с помощью АОС очагов горения в условиях возникшего пожара или предотвращение возникновения пожара, взрыва различных горючих веществ в замкнутых объемах зданий, помещений, сооружений оборудовании по принципу действия относится к объемному способу комбинированного газового и порошкового пожаротушения, условно именуемому газопорошковым способом пожаротушения.

Данному способу аэрозольного тушения свойственны основные закономерности, характерные для подавления горения газовыми и порошковыми составами.

Вместе с тем тушение твердофазными аэрозолями, получаемыми при сжигании зарядов АОС, имеет ряд отличительных свойств, обеспечивающих более высокую огнетушащую эффективность по сравнению с известными газовыми и порошковыми составами:

- АОС образуют большое количество инертных газов, что снижает содержание кислорода и реакционную способность горючей смеси в объеме;
- образовавшиеся 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 температур 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.

Область применения аэрозольного пожаротушения:

- Ликвидация возгорания электроустановок, электроприборов, быстровоспламеняющихся жидкостей, твердых материалов на станциях технического обслуживания, складах, в трансформаторных будках, серверных и т.д.;
- Моторные отсеки транспортных средств (судоходство, железнодорожный транспорт, автомобильные грузоперевозки);
- Гаражи, крытые автостоянки;
- Административные здания, офисы, общественные помещения: допускается установка с системой автономной пожарной сигнализации, при наличии систем оповещения, управления эвакуацией.

Монтаж в домах возможен при ручной активации устройства ликвидации возгорания, подключении механизма перехода из автоматического в ручной режим управления.

Использование «холодной» смеси аэрозоля (не выше 120⁰С на выходе) значительно расширяет спектр использования автоматического устройства ликвидации пожара (рис. 10.2).



Рис. 10.2 Аэрозольные АУПТ

Ограничение применения аэрозольного пожаротушения:

- постоянное нахождение внутри малого по площади рабочего помещения более 50 человек;
- «горячие» установки (температура вещества более 400°C) монтируются избирательно;
- химические вещества, материалы, предрасположенные к длительному горению/тлению без доступа кислорода;
- быстровоспламеняющиеся твердые вещества пористой, волокнистой, сыпучей структуры;
- металлы, порошки металлов, пирофорные вещества, гидриды, самовоспламеняющиеся без повышения температуры.

Вопрос 2. Классификация, назначение и конструктивные особенности применения порошковых АУПТ

В соответствии с ГОСТ Р 51091-97 «Установки порошкового пожаротушения. Типы и основные параметры» основными

классификационными характеристиками автоматических установок порошкового пожаротушения (АУПТ) являются:

- конструктивное исполнение;
- способ хранения вытесняющего газа в корпусе модуля (емкости);
- инерционность;
- быстродействие;
- время действия;
- способ тушения;
- вместимость единичного корпуса модуля (емкости);
- вид пуска;
- способ организации подачи порошка.

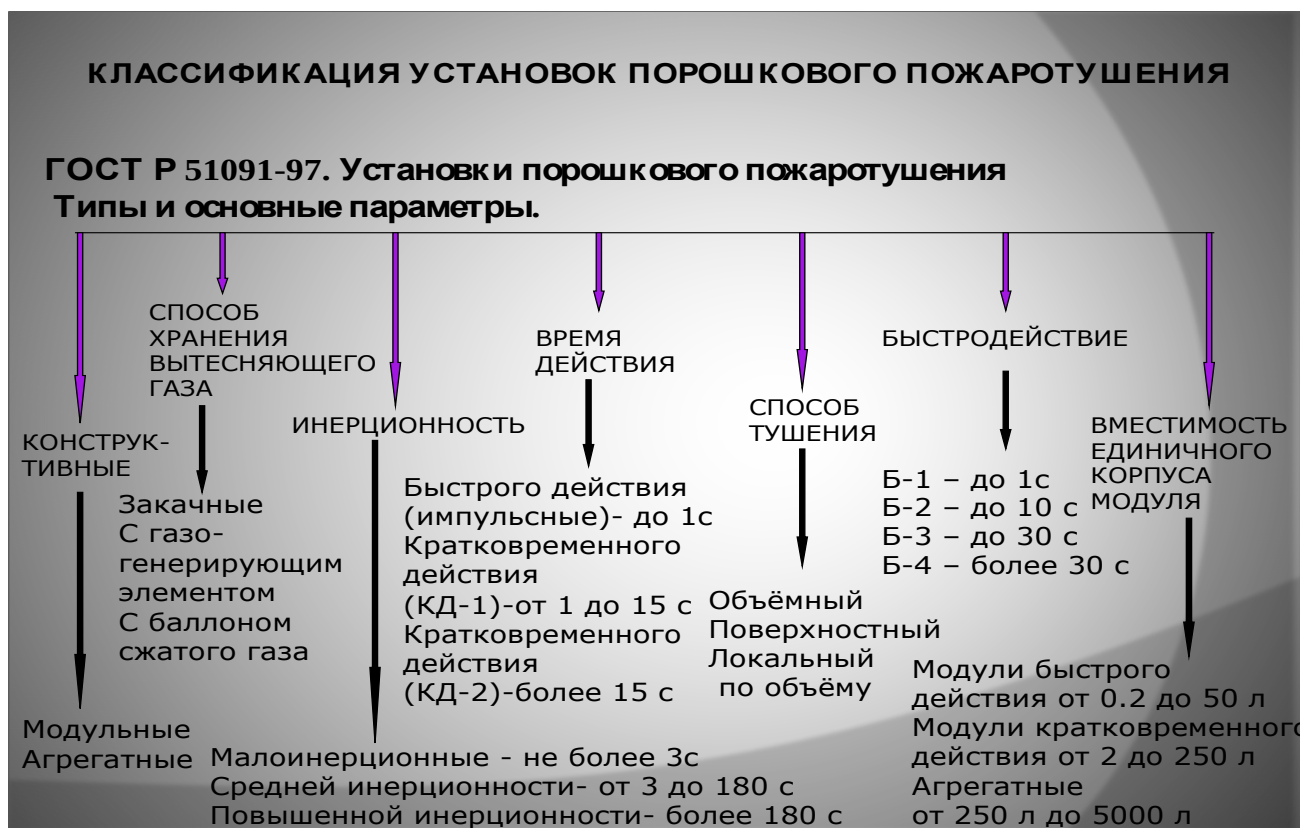


Рис. 10.3 Классификация порошковых АУПТ

Классифицируются АУПТ по следующим признакам. По конструктивному исполнению:

- автономные (модульные), состоящие из модулей, количество которых может колебаться в пределах от одного до нескольких десятков штук;

- агрегатные предполагают наличие единого резервуара, где хранится основное огнетушащее вещество. При срабатывании они подают его через специальные трубопроводы в очаг пожара. Кроме того, подобные системы оснащаются побудительной сетью АПС, в состав которой входят пожарные извещатели и приборы контроля/управления (рис. 10.4).



Рис. 10.4 Агрегатная АУПП

По способу хранения вытесняющего газа в корпусе модуля (емкости):

- закачные;
- с газогенерирующим (пиротехническим) элементом;
- с баллоном сжатого или сжиженного газа (воздух, аргон, азот, углекислый газ, гелий или их смеси).

По инерционности:

- малоинерционные, с инерционностью не более 3 с;

- средней инерционности, с инерционностью от 3 до 180 с;
- повышенной инерционности, с инерционностью более 180 с.

По быстродействию:

- Б-1 с быстродействием до 1 с;
- Б-2 с быстродействием до 10 с;
- Б-3 с быстродействием до 30 с;
- Б-4 с быстродействием более 30 с.

По времени действия (продолжительности подачи огнетушащего порошка):

- быстрого действия – импульсные (И), с временем действия до 1 с;
- кратковременного действия (КД-1), с временем действия от 1 до 15 с;
- кратковременного действия (КД-2), с временем действия более 15 с.

По способу тушения:

- объемного тушения;
- поверхностного тушения;
- локального тушения по объему (предназначенные для защиты отдельной части помещения, где существует высокая вероятность возгорания или располагаются объекты, имеющие высокую ценность и важное значение.

По вместимости единичного корпуса модуля (емкости):

- модули быстрого действия – импульсные (И) – от 0,2 до 50 л;
- модули кратковременного действия – от 2 до 250 л;
- агрегатные установки – от 250 до 5000 л.

В зависимости от функционального назначения, способа подачи и дисперсности огнетушащие порошки делятся на два вида:

- поверхностного тушения;
- объемного тушения.

По виду пуска:

- с пневматическим пуском;
- тросовым пуском;

- электрическим пуском;
- комбинированным пуском.

Вид автоматического пуска выбирают в зависимости от категории пожарной опасности производства, объемно-планировочных особенностей и микроклимата защищаемого объекта.

По способу организации подачи порошка:

- с разрушающимся корпусом;
- неразрушающимся корпусом.

В настоящее время наиболее часто применяется пневматический способ подачи порошков, заключающийся в выдавливании порошка из сосуда сжатым газом. Принцип действия основан на псевдосжижении слоя порошка при истечении рабочего газа в полость корпуса с последующим выбросом огнетушащего порошка через распылители распределительной сети в виде газопорошковых струй на защищаемую площадь или в защищаемый объем.

Огнетушащие порошки, в соответствии с ГОСТ 4.107-83 «Порошки огнетушащие», делятся на две классификационные группировки:

- общего назначения, использующиеся для тушения твердых, жидких, газообразных веществ и материалов, а также установок под напряжением (пожары классов А, В, С, Е);
- специального назначения, использующиеся при тушении металлов, отдельных видов горючих жидкостей и т.п.

НПБ-98 174-98 «Порошки огнетушащие специального назначения. Общие технические требования. Методы испытаний» устанавливают классификацию порошков специального назначения (далее – СН).

Порошки СН применяются в качестве огнетушащего вещества (ОТВ) в автоматических и других средствах для тушения только (исключительно) металлов и их соединений или металлов (их соединений), а также горючих и

легковоспламеняющихся жидкостей, газов, электроустановок под напряжением.

Порошки специального назначения делятся на: целевые и универсальные.

Целевые порошки СН предназначены только для тушения металлов (их соединений).

Универсальные порошки СН предназначены для тушения металлов (их соединений), а также горючих жидкостей, газов, электроустановок под напряжением до 1000 В.

Вопрос 3. Классификация, назначение и конструктивные особенности применения аэрозольных АУПТ

Все устройства аэрозольного пожаротушения можно разделить на несколько групп по разным характеристикам.

По температуре огнетушащего вещества на выходе:

- до 130°C (холодные системы);
- от 130°C до 500°C (самые распространенные);
- свыше 500°C.

По особенностям установки:

1. С генераторами автономного использования.



Рис. 10.5 Модуль аэрозольного пожаротушения с генератором автономного использования

Модуль аэрозольного пожаротушения ставится самостоятельно и активируется температурным запуском при достижении определенного значения. Устройство рассчитано на строго определенную площадь пожара, поэтому может потребоваться монтаж нескольких изделий в пределах одного помещения. В результате не все устройства будут срабатывать одновременно, а те, которые ближе всех расположены к очагу возгорания. Такая особенность может привести к неэффективному тушению огня.

2. С генераторами оперативного использования.



Рис. 10.6 Модуль аэрозольного пожаротушения с генератором оперативного использования

Система активируется при помощи электрического включателя. Сигнал тревоги подается на все модули одновременно, в результате чего они срабатывают в одно время.

По конструкции охлаждения:

С контактным охлаждением. В результате охлаждающего элемента используется материал, который поглощает тепло (рис. 10.7).



Рис. 10.7 Модуль аэрозольного пожаротушения с контактным охлаждением

С инжекторным охлаждением. Используется внешнее устройство, которое понижает температуру аэрозоля (рис. 10.8).



Рис. 10.8 Модуль аэрозольного пожаротушения с инжекторным охлаждением

С лабиринтным охлаждением. Самый эффективный метод, но имеет пониженную дальность выброса и большие размеры (рис. 10.9).



Рис. 10.9 Модуль аэрозольного пожаротушения с лабиринтным охлаждением



Рис. 10.10 Модуль аэрозольного пожаротушения с воздушным охлаждением

Согласно ГОСТ Р 51046-97 генераторы огнетушащего аэрозоля (ГОА) классифицируются следующим образом (рис. 10.11).

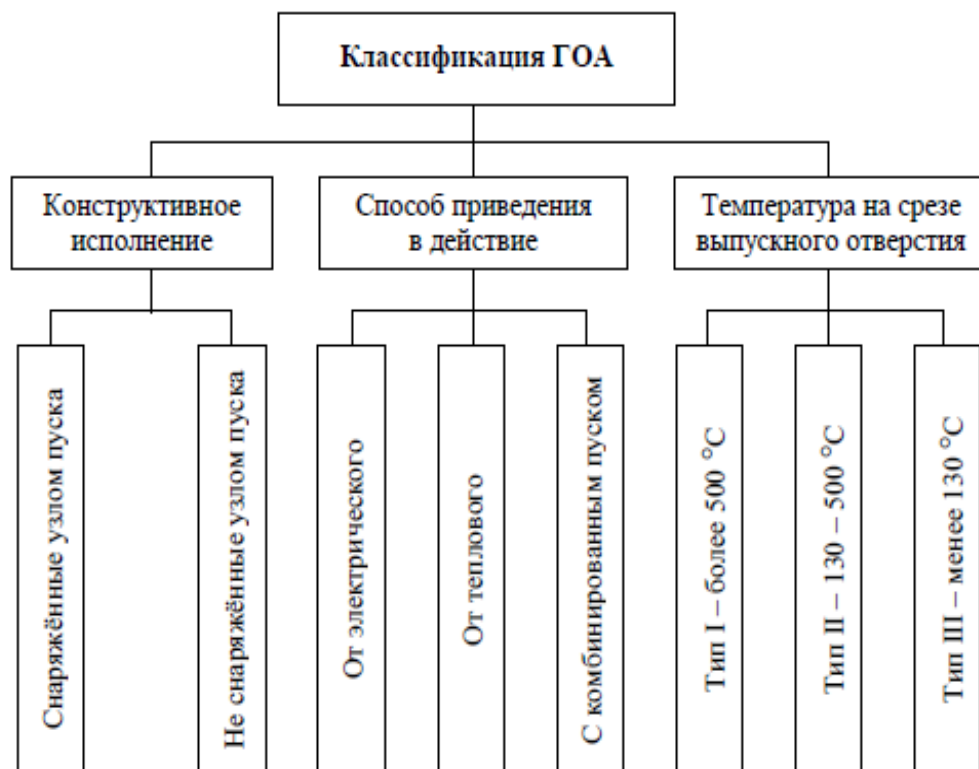


Рис. 10.11 Классификация ГОА

- по конструктивному исполнению: снаряжённые и не снаряженные узлом пуска;
- по способу приведения в действие ГОА: запускаемые от электрического сигнала и теплового сигнала, с комбинированным пуском;
- по температуре продуктов, образующихся на срезе выпускного отверстия, ГОА подразделяются на три типа:
 - I - генераторы, при работе которых температура превышает 500 °C;
 - II - генераторы, при работе которых температура составляет 130 - 500 °C;
 - III - генераторы, при работе которых температура меньше 130 °C.

Основные параметры генераторов огнетушащего аэрозоля ГОА должны характеризоваться следующими основными параметрами:

- температурой продукта на срезе выпускного отверстия, °С;
- массой АОС в снаряжённом генераторе, кг;
- огнетушащей способностью аэрозоля, получаемого при работе ГОА, кг/м³, по отношению к пожарам определённых классов;
- временем подачи огнетушащего аэрозоля, с;
- инерционностью (временем срабатывания), с.

Параметры ГОА, характеризующие типы, должны соответствовать значениям, указанным в таблице 10.1.

Таблица 10.1. Параметры генераторов огнетушащего аэрозоля

Параметры генераторов огнетушащего аэрозоля

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

Генераторы огнетушащего аэрозоля 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:

- металлический корпус, рассчитанный на высокий уровень внутреннего давления (оболочка, камера сгорания);
- твердая спрессованная смесь химических веществ, образующая аэрозоль под воздействием высоких температур;
- теплозащитный материал;
- аэрозоле образующий заряд, включающий процесс горения твердого вещества; теплозащитный материал;
- узел запуска;
- модуль с охладителем;
- сопловые отверстия с решетками;
- кронштейны для крепления;
- клемная колодка для подключения проводов (рис. 10.12).

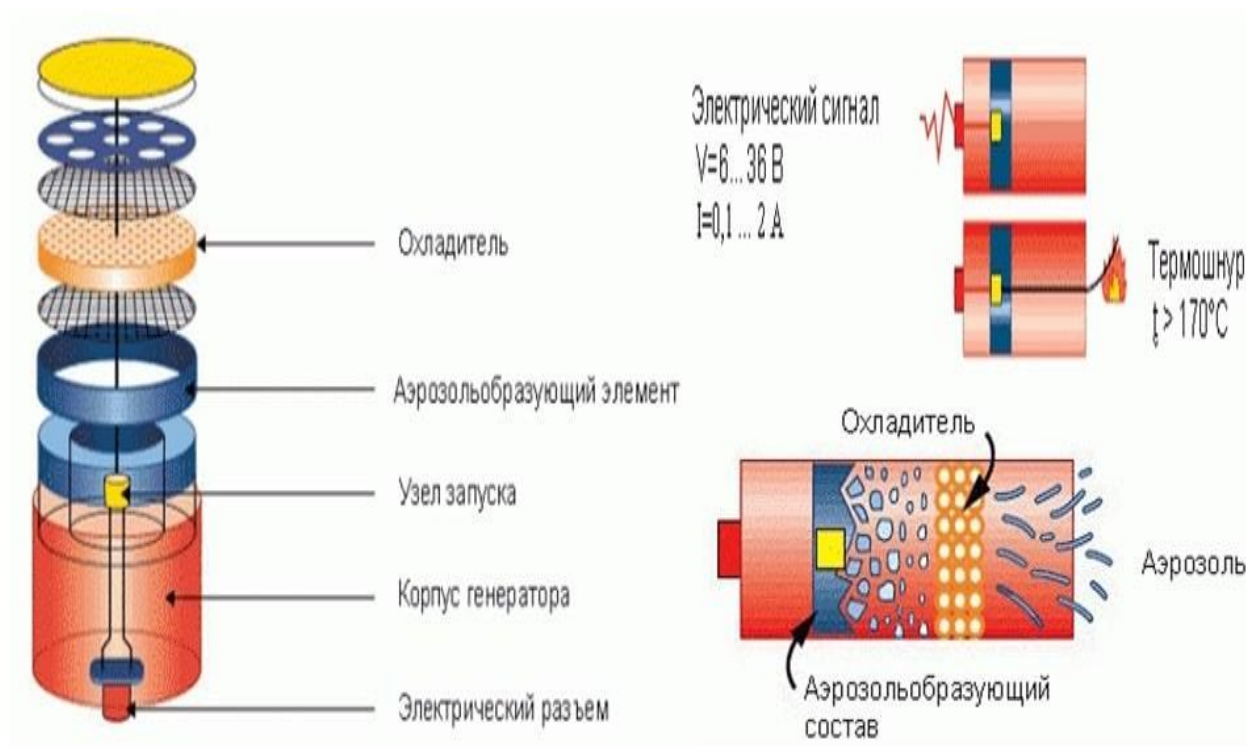


Рис. 10.12 Общая схема устройства ГОА

ГОА могут также включать в себя следующие элементы:

- выходное отверстие (сопло) с удерживающей заряд решеткой;
- герметизирующая легко вскрываемая 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.

Вопрос 4. Сравнительные характеристики порошкового и аэрозольного пожаротушения

Поскольку дисперсность частиц аэрозоля гораздо ниже, чем у порошка, аэрозольное тушение обладает рядом преимуществ по сравнению с порошковым:

- более равномерное интенсивное распределение в пространстве;
- способность дольше находиться во взвешенном состоянии;
- большая реакционная поверхность (сохранение огнетушащего свойства аэрозоля до 15 минут, благодаря чему повторное возгорание невозможно).

По сравнению с другими средствами объемного пожаротушения аэрозольное тушение имеет ряд преимуществ перед другими, что отражено в таблице 10.2.

Таблица 10.2. Сравнение характеристик средств объемного пожаротушения

Характеристики	Аэрозоль	Газ			Порошок
		Хладоны	Углекислый газ	Инертный газ	
Эффективность концентрации при тушении огня, кг/м ³	0,04 - 0,06	0,22 - 0,37	0,6 – 0,7	0,6 - 0,8	0,6 – 0,7
Температура использования, С	-60 + 60	-50 + 50	-35 + 50	- 50 + 50	-50 + 50
Размер защищаемого помещения от огня 1 кг ОТВ, м ³	17 - 25	2,7 – 4,5	1,25 – 1,7	0,25 – 1,7	1,4 – 2,0

Достоинства аэрозольного пожаротушения:

- быстрое распространение аэрозольных частиц на значительные расстояния за счет интенсивной струи газа;
- минимальный материальный ущерб после тушения и легкое приведение помещения к первоначальному виду;
- простой монтаж и требования к эксплуатации;
- не требует дополнительного оборудования и коммуникаций;
- малая токсичность огнетушащего состава, низкий риск отравления.

Недостатки аэрозольного пожаротушения:

- недопустимость пребывания людей и горючих материалов в помещении при тушении из-за образования высокотемпературных зон;
- ограничения по степени огнестойкости материалов и конструкций (при аэрозоле выше 400 °C);
- необходимость обеспечения герметичности помещения при тушении;
- ограничения по некоторым типам веществ, которые нельзя тушить аэрозолем.

В системах порошкового пожаротушения в качестве огнетушащего средства используется порошок, подающийся под давлением из баллонов в зону возгорания. Облако из порошка охлаждает участок возгорания, поскольку часть тепла передается частицам порошка, а энергия расходуется на их плавление. Кроме того, существенно уменьшается поступление кислорода к пламени и замедляется реакция горения.

Подача порошка к месту возгорания осуществляется с помощью газа высокого давления, закачанного в специальный баллон или путем подрыва пиротехнического газогенерирующего элемента (рис. 10.13).

Преимущество порошков заключается в их низкой токсичности, они относительно недороги, мало агрессивны к окружающей среде - оказывают минимальное воздействие на материальные ценности в помещении, а значит

сводят к минимуму ущерб от пожара. Их успешно применяют для борьбы с локальными пожарами, например, при возгорании жидкостей, утечек газа, пожаров на нефтеналивных сооружениях. Однако для тушения материалов, способных тлеть, гореть без доступа кислорода и склонных к самовозгоранию, порошковые АУПТ малоэффективны.

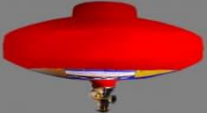
		 Модельный очаг класса А		 Модельный очаг класса В	
		защищаемая площадь 7 м ²	защищаемый объем 18–20 м ³	защищаемая площадь 7 м ²	защищаемый объем 12–14 м ³
МПП-2,5		S=7 м² 3 м	2–4 м V=18–20 м³	S=7 м² 3 м	2–4 м V=12–14 м³
МПП-5		защищаемая площадь 17–20 м ² S=17–20 м² 4,6–5,0 м	защищаемый объем 35–38 м ³ 2–4 м V=35–38 м³	защищаемая площадь 13 м ² S=13 м² 3,6–4,0 м	2–4 м V=15–18 м³
МПП-7		защищаемая площадь 36–40 м ² S=36–40 м² 6,8–7,1 м	защищаемый объем 75–85 м ³ 2–4 м V=75–85 м³	защищаемая площадь 16–20 м ² S=16–20 м² 4,4–5,0 м	2–4 м V=18–20 м³
МПП-12		защищаемая площадь 40–50 м ² S=40–50 м² 7,1–8,0 м	защищаемый объем 95–110 м ³ 2–6 м V=95–110 м³	защищаемая площадь 22–27 м ² S=22–27 м² 5,3–5,8 м	2–6 м V=30–36 м³

Рис. 10.13. Модули порошкового пожаротушения

Запрещается использование порошковых АУПТ в помещениях, которые люди не могут покинуть до начала подачи в них огнетушащего порошка (рис. 10.14) и в которых находится большое количество людей - от 50 человек и более.

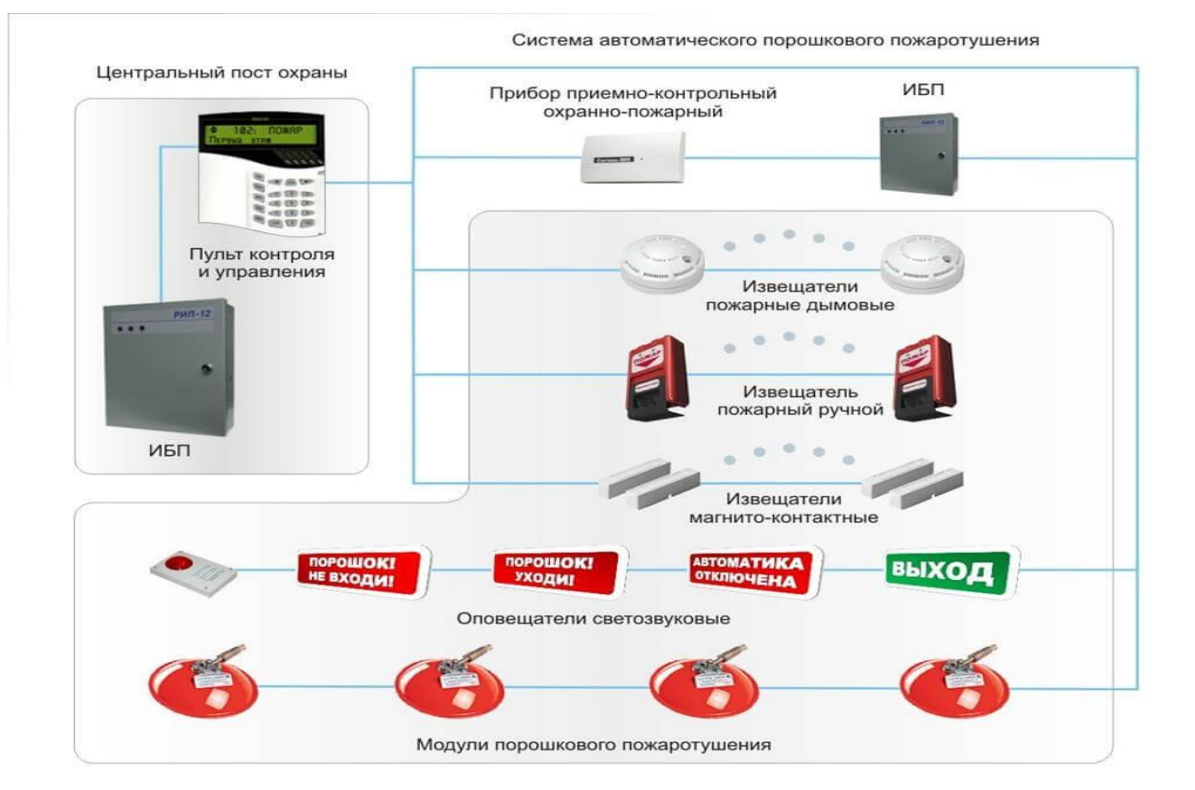


Рисунок 10.14. Система автоматического порошкового огнетушения

Выбор системы автоматического пожаротушения происходит в несколько этапов:

- 1) Сбор и анализ исходных данных об объекте защиты;
- 2) Расчет критического времени развития пожара;
- 3) Определение метода пожаротушения и типа АУПТ;
- 4) Выбор огнетушащего вещества (ОТВ);
- 5) Предварительный расчет стоимости АУПТ;
- 6) Проектирование и обоснование параметров АУПТ;
- 7) Корректировки, окончательный выбор АУПТ, составление рабочего проекта и сметы.

Контрольные вопросы:

1. Чем установлены нормы и правила проектирования автоматических установок пожаротушения?
2. В каком состоянии находится огнетушащее вещество в модулях газового пожаротушения на основе инертных газов?
3. Какой состав огнетушащего вещества нельзя применять в помещении с массовым пребыванием людей (50 и более человек)?
4. В каких АУПТ не предусматривается 100 % запас огнетушащего вещества?
5. В каких случаях установки газового пожаротушения не применяются для тушения?

Лекция 11. «Автоматическая противопожарная защита многофункциональных зданий и зданий повышенной этажности»

Вопрос 1. Обеспечение противопожарной защиты зданий повышенной этажности

Для обеспечения пожарной безопасности многоэтажного дома (свыше 9 этажей), разработана противопожарная защита зданий повышенной этажности. Специфика высотных зданий состоит в том, что, начиная с 30 метров от земли проводить пожаротушение с помощью спасательных средств (механических лестниц, гидрантов), становится крайне затруднительным. Это и стало определяющим критерием понятия «повышенная этажность».

Особенности тушения пожара в зданиях повышенной этажности, связанные с этим процессом сложности привели к созданию отдельных требований для помещений, находящихся выше 28 метров.

В состав эффективного комплекса оборудования, аппаратуры, приборов управления и контроля АППЗ современных зданий входят:

1. Системы автоматической сигнализации, предназначенные для обнаружения очага горения; особенно если для этих целей используются датчики дыма, газовые, комбинированные пожарные извещатели, способные реагировать на малейшее изменение прозрачности/оптической плотности, химический состав воздушной среды в помещениях, которые они защищают.

2. Автоматические стационарные системы пожаротушения – водяные, пенные установки со спринклерными, дренчерными оросителями, аэрозольные, порошковые системы, газовые установки обеспечивают быстрое, эффективное тушение очага возгорания на начальной стадии, пока еще ничто не пострадало от огня, дымовых продуктов процесса горения, не был нанесен значительный ущерб собственникам зданий, многочисленным

арендаторам, что не редкость для высотных зданий; владельцам квартир в многоэтажных жилых домах.

3. Системы противодымной защиты, включающие не только оборудование установок дымоудаления и подпора воздуха, но и организационные мероприятия, позволяющие оперативно и безопасно эвакуировать всех без исключения людей, находящихся в здании на момент возникновения пожара, используя незадымленные токсичными продуктами горения эвакуационные пути и выходы.

4. Системы оповещения, управлением эвакуацией людей, без которых невозможно правильно, без паники посетителей/покупателей, организовать их на быстрый выход на свежий воздух из зданий, сооружений, где был обнаружен очаг пожара. Эвакуационные выходы - ширина противопожарного коридора рассчитывается по количеству проектной вместимости жильцов дома, умноженная на 1,25.

5. Блокировка приемно-контрольных приборов автоматической сигнализации о возникновении пожара, контрольно-управляющей аппаратуры стационарных установок/систем пожаротушения с инженерными системами, коммуникациями здания, т.к. своевременное отключение или пуск могут значительно повлиять на ход беспрепятственной эвакуации людей, ликвидацию очага пожара – от общеобменной вентиляции, лифтов до систем оповещения о пожаре, дымоудаления, пожарных насосов; т.е. обязательное включение противопожарной автоматики в единую систему диспетчеризации.

6. Противопожарные двери, шторы, экраны с автоматическими доводчиками в технических, складских, вспомогательных помещениях, типа мастерских, вентиляционных камер, электрощитовых; люки в технологических нишах, отсеках, технических этажах, галереях, подпольях обслуживания инженерных сетей/коммуникаций, способные выдержать

нормативное время от 0,5 до 1 часа до распространения пожара из пожарных секций на этажах, отсеков здания до прибытия пожарных подразделений.

7. Клапаны противопожарные, работающие в автоматическом режиме, установленные на системах как общеобменной, так и противодымной аварийной вентиляции; огнепреградители, противопожарные муфты на трубопроводах различных инженерных сетей зданий, что обеспечивает эффективную преграду распространению пламени, дымовых продуктов процесса горения по этим коммуникациям.

8. Автоматическое включение насосов подачи воды противопожарного водопровода зданий как от управляющих сигналов приборов сигнализации о возникновении пожара, контрольно-управляющей аппаратуры систем пожаротушения, так и от ручных пожарных извещателей, установленных возле пожарных шкафов с комплектами рукавов, ручных стволов, другим противопожарным инвентарем и ручным инструментом.

9. Системы телевизионного контроля за помещениями, так как информация с камер видеонаблюдения, поступающая в диспетчерскую предприятия, пожарный пост или пульт службы охраны/безопасности, зачастую бывает не менее информативна, чем тревожные сигналы, поступающие от пожарных.

Внутреннее пожаротушение высотных зданий выполняется автоматической системой. На всех этажах устанавливаются спринклеры. Спринклеры реагируют на возгорание и тушат огонь, подавая воду. Сухотрубные системы соединены с пожарным трубопроводом. Эффективность достигается благодаря тому, что все здание поделено на зоны по этажам. Автоматика подает сигнал на заполнение пожарного трубопровода. Воду для каждой зоны качает отдельный насос.

Современная многоуровневая автоматика системы противопожарной защиты с сухотрубной разводкой может эффективно использоваться даже в неотапливаемых помещениях, в том числе технических этажах.

Технические средства противопожарной защиты зданий повышенной этажности считаются эффективными, если с их помощью удастся выдержать воздействие открытого огня в течение 180 минут.

Система мониторинга показывает, что особенностью развития пожаров в зданиях повышенной этажности является постепенное поднимание огня и дыма вверх. Поэтому основной задачей при эвакуации является достижение безопасного уровня, ниже возгорания, как минимум, посредством двух эвакуационных выходов.

Вопрос 2. Конструктивные особенности многофункциональных зданий повышенной этажности для их противопожарной защиты

Многофункциональное здание (МФЗ) - здание, включающее два и более самостоятельных (с возможностью независимого использования) пожарных отсека или части здания различных классов функциональной пожарной опасности, взаимосвязанные друг с другом с помощью планировочных приемов (горизонтальными и/или вертикальными коммуникациями - проходами, переходами, лестницами, галереями и т.п.).

Многофункциональные здания высотой не более 50 м содержат следующие помещения, части здания или пожарные отсеки в любой комбинации:

- кинотеатры, концертные залы, выставки;
- организации торговли и общественного питания, аптеки, помещения для посетителей организаций бытового и коммунального обслуживания с нерасчетным числом посадочных мест для посетителей, физкультурно-оздоровительные комплексы и спортивно-тренировочные учреждения с помещениями без трибун для зрителей;
- банки, конторы, офисы;
- стоянки автомобилей;

- гостиницы, апартаменты.

Системы противопожарной защиты для пожарных отсеков, частей здания, помещений следует предусматривать исходя из их классов функциональной пожарной опасности в соответствии с требованиями действующих нормативных документов по пожарной безопасности, кроме специально оговоренных случаев.

Число пожарных стволов, расход воды на внутреннее и наружное пожаротушение МФЗ (за исключением стоянок автомобилей) следует принимать, исходя из наибольшего значения, предусмотренного для части здания или пожарного отсека соответствующего класса функциональной пожарной опасности.

МФЗ (за исключением стоянок автомобилей) должно оборудоваться системой оповещения и управления эвакуацией при пожаре не ниже 4-го типа.

МФЗ должно быть оснащено адресно-аналоговой системой пожарной сигнализации.

МФЗ подлежит обязательному оборудованию автоматическими установками пожаротушения.

МФЗ должно быть оборудовано помещением пожарного поста.

В стилобатной части высотных зданий широкое распространение получили атриумы - многосветные пространства, развитые на несколько этажей. Проблемой при проектировании таких помещений является распространение дыма по всему объему атриума при возгорании на одном из нижних этажей. При расчетах систем противодымной защиты для недопущения проникновения дыма на вышележащие этажи по периметру атриума на каждом уровне предусматриваются конструктивные противодымные экраны, устанавливаемые в нижней плоскости вышележащего перекрытия.

В другом варианте проем с уровня в объем атриума оставляется полностью открытым, но для предупреждения распространения дыма используются противодымные экраны в виде штор. При пожаре они автоматически опускаются по специальным направляющим, полностью отсекая очаг пожара и не давая дыму распространиться по остальной части здания. Для удаления дыма из очага возгорания в обоих вариантах на каждом этаже устанавливаются клапаны системы дымоудаления.

В качестве систем пожаротушения атриумов необходимо предусматривать автоматические установки водяного пожаротушения.

В пространстве атриума спринклерные оросители допускается устанавливать не в покрытии атриума, а под выступающими конструкциями (балконами, перекрытиями и др.), с обеспечением требуемой карты орошения.

В МФЗ высотой три и более этажей следует предусматривать на каждый пожарный отсек не менее одного лифта для транспортирования пожарных подразделений.

Инженерные системы и коммуникации зданий (за исключением стальных водонаполненных труб), в том числе системы противодымной защиты, должны проектироваться автономными для каждого пожарного отсека.

В связи с повышенной этажностью и особенностями объемно-планировочных решений здания повышенной этажности, в том числе жилые, как правило, подлежат оборудованию системами спринклерного пожаротушения по всей площади.

Для повышения комфорта и удобства жильцов в составе высотных комплексов, как правило, предусматриваются подземные автостоянки с возможностью доступа в них через лифты жилой части. Такие объемно-планировочные решения при возникновении задымления (пожара) в

автостоянке представляют значительную опасность при распространении продуктов горения по лифтовым шахтам в жилую часть здания.

Для компенсации таких отступлений от требований норм на этажах автостоянки перед лифтами обязательно предусматривается устройство двойного тамбур-шлюза 1-го типа (с установкой противопожарных дверей 1-го типа с пределом огнестойкости не менее EI 60 в дымогазонепроницаемом исполнении) и подпором воздуха при пожаре, а также устройством со стороны автостоянки дренчерной завесы с автоматическим пуском. Подключается такая дренчерная завеса непосредственно от трубопроводов спринклерной системы вблизи от месторасположения защищаемого проема.

При пожаре в первый (со стороны автостоянки) тамбур-шлюз организуется избыточный подпор воздуха автономной системой приточной противодымной вентиляции. Кроме этого, подпор воздуха предусматривается непосредственно в шахту лифта посредством вентиляторов (общего сантехназначения), установленных в верхней и (или) в средней части здания в зависимости от его этажности (высоты). При этом в стене шахты лифта на каждом этаже автостоянки проектируются нормально закрытые огнезадерживающие клапаны (с огнестойкостью не менее EI 60) с электромагнитным либо электромеханическим приводом. При пожаре в автостоянке включается вентилятор (группа вентиляторов) подпора воздуха в шахты лифтов, соответствующий клапан на этаже пожара открывается и обеспечивает подачу воздуха во второй тамбур-шлюз.

В многофункциональных и торговых зданиях также распространена схема, когда из-за особенностей объемно-планировочных решений невозможно, в полном мере, выполнить деление этажа (здания) на пожарные отсеки противопожарной стеной с установкой в проемах соответствующих ворот (дверей). В этом случае допускается для защиты открытых проемов применение дренчерных завес «в две нитки» на расстоянии 0,5 м друг от друга и суммарным расходом воды 1 л/с на погонный метр проема.

Схема противопожарной защиты приточной механической вентиляции в высотных зданиях реализуется следующим образом. Для каждого пожарного отсека в выгороженной шахте в строительных конструкциях предусматривается отдельный приточный вертикальный воздуховод, обслуживающий все квартиры данного пожарного отсека. На выходе из шахты на этаж в обязательном порядке устанавливаются огнезадерживающие клапаны с электромеханическим или электромагнитным приводом.

В настоящее прослеживается тенденция к использованию единой интегрированной системы автоматического управления инженерным оборудованием (концепция интеллектуального здания). В России противопожарная автоматика, как правило, обособливается от остальных систем автоматизации и диспетчеризации. Это связано с тем, что создание интеллектуального здания, «умного дома» изначально предусматривает использование базового оборудования очень высокого уровня, и, следовательно, дорогостоящего. Кроме того, чем сложнее аппаратура, чем больше систем она должна обслуживать, тем выше вероятность выхода ее (или ее части) из строя.

Автоматика систем противопожарной защиты высотного здания должна обеспечивать полную работоспособность достаточно многих внутренних инженерных систем объекта, поэтому дополнительно усложнять ее, объединяя с автоматизацией общеобменных систем вентиляции, ЦТП, лифтами и пр. нецелесообразно. В связи с совокупностью этих факторов, надежности и стоимости, в сложившихся условиях оправдано выделение противопожарной автоматики в отдельную систему, которая обособлена от других систем автоматизации и диспетчеризации здания и имеет связь с той же системой общеобменной вентиляции не более чем на уровне «сухих» контактов.

Система противоподымной защиты здания, сооружения должна обеспечивать защиту людей на путях эвакуации и в безопасных зонах от

воздействия опасных факторов пожара в течение времени, необходимого для эвакуации людей в безопасную зону, или всего времени развития и тушения пожара посредством удаления продуктов горения и термического разложения и (или) предотвращения их распространения (рис. 11.1).

Таким образом, технические решения по противодымной защите зданий должны гарантировать защиту от задымления путей эвакуации в течение времени, достаточного для эвакуации людей, создавать условия для успешной локализации и ликвидации пожара.

Система противодымной защиты должна предусматривать один или несколько из следующих способов защиты:

1) использование объемно-планировочных решений зданий и сооружений, предусматривающих деление объёмов здания на противопожарные отсеки и секции, изоляцию путей эвакуации от смежных помещений, изоляцию помещений с пожароопасными технологическими процессами и размещение их в плане и по этажам здания;

2) использование конструктивных решений зданий и сооружений, предусматривающих применение дымо непроницаемых ограждающих конструкций с достаточным пределом огнестойкости и соответствующей защитой в них дверных и технологических проёмов, отверстий для прокладки коммуникаций, а также применение специальных конструктивных элементов для удаления дыма в желаемом направлении: дымовых и вентиляционных шахт, люков, проёмов.

Зачем нужна противодымная защита



Рис. 11.1 Обоснование необходимости противодымной защиты

3) использование специальных технических решений, предусматривающих создание систем дымоудаления с механическим или естественным побуждением, а также систем, обеспечивающих избыточное давление воздуха в защищаемых помещениях: шахт лифтов, тамбур-шлюзах и на лестничных клетках;

4) использование устройств и средств механической и естественной вытяжной противодымной вентиляции для удаления продуктов горения и термического разложения.

В классическом понимании процесса система противодымной защиты создает пониженное давление на участке (этаже) возгорания и избыточное давление на участках (этажах) выше и ниже (система «сэндвич») (рис. 11.2).

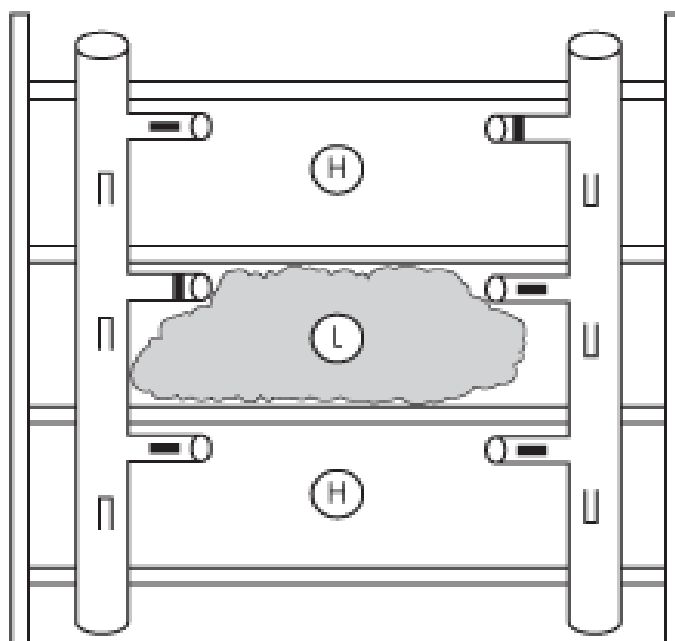


Рис. 11.2 Схема принципа действия противодымной системы:
*понижение давления в помещении L с очагом возгорания при повышении
 давления в соседних помещениях H*

Каждый этаж, таким образом, должен быть оборудован отдельной системой противодымной защиты. В случаях, когда предусмотрено удаление дыма через лифтовую шахту, на каждом этаже устанавливаются огнезадерживающие клапаны, которые в случае возникновения пожара на данном этаже открываются и направляют дым на крышу через лифтовую шахту. Для создания подпора в лестничных клетках, требующегося для обеспечения безопасности эвакуации, используется система терминалов подачи воздуха, распределенных по всей высоте лестничной клетки.

Система активной противодымной защиты строится на основе системы вытяжных вентиляторов и станции воздухообработки, обеспечивающей приток в помещение свежего воздуха в объемах, необходимых для создания избыточного давления.

Техническое устройство противодымной системы состоит из следующих элементов (рис. 11.3):

- вентиляторов систем дымоудаления / принудительной подачи, подпора воздуха;
- противодымных противопожарных лючков, дверей, окон, экранов, штор;
- окон, фонарей, фрамуг инсоляции помещений, а также дымовых люков, имеющих побудительный привод с автоматическим пуском на случай возникновения пожара;
- клапанов дымоудаления, устройств приема дыма, устанавливаемых на путях эвакуации, в защищаемых помещениях;
- клапанов противопожарных дымовых, огнезадерживающих, обратных, универсальных, двойного действия, монтируемых на различных участках систем дымоудаления, принудительной подачи чистого воздуха, общеобменной вентиляции зданий (сооружений) разного функционального назначения;

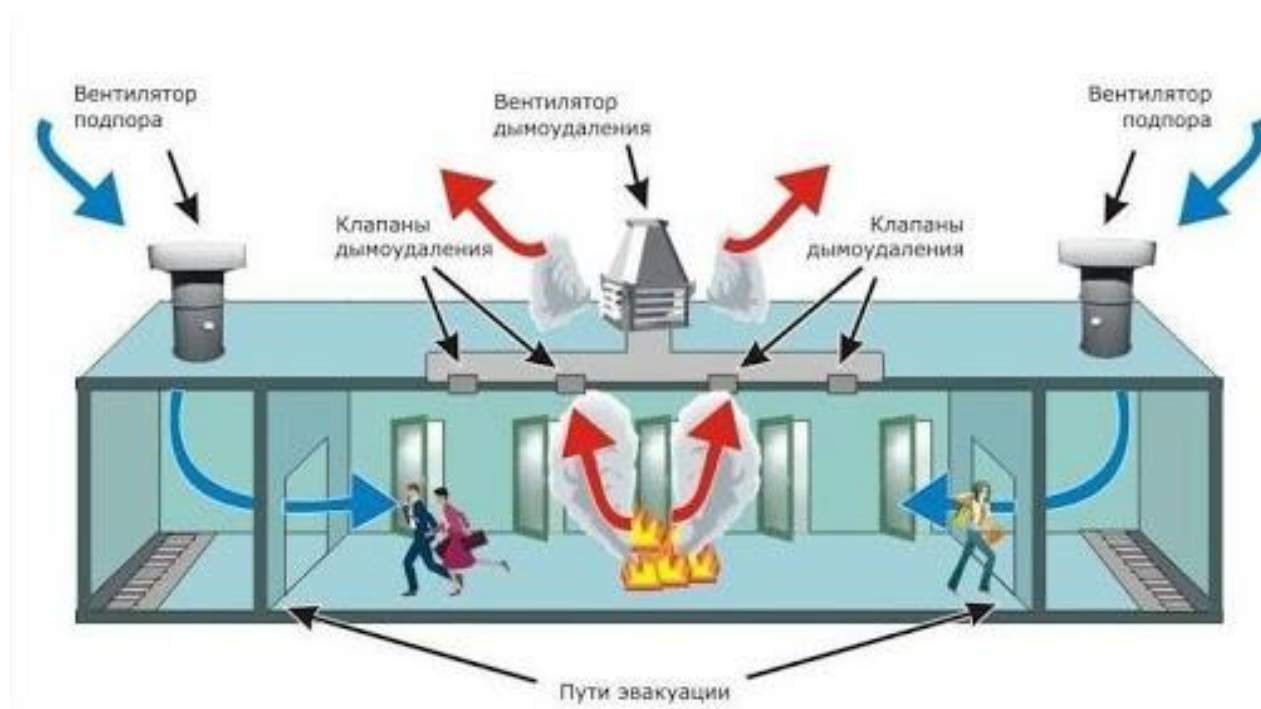


Рис. 11.3 Элементы противодымной системы

- огнестойких воздуховодов, шахт, магистральных каналов систем дымоудаления;

- исполнительных механизмов, контрольно-управляющей аппаратуры, приборов, в том числе заблокированных с системами АПС, установками тушения пожаров водой, порошком, пеной, газами или огнетушащими аэрозолями.

В соответствии с пунктом 7.2 СП 7.13130.2013 «Отопление, вентиляция и кондиционирование. Требования пожарной безопасности», системы противодымной защиты для удаления продуктов горения при пожаре следует предусматривать:

- а) из коридоров и холлов жилых, общественных, административно-бытовых и многофункциональных зданий высотой более 28 метров;
- б) из коридоров и пешеходных тоннелей подвальных и цокольных этажей жилых, общественных, административно-бытовых, производственных и многофункциональных зданий при выходах в эти коридоры (тоннели) из помещений с постоянным пребыванием людей;
- в) из коридоров без естественного проветривания при пожаре длиной более 15 метров в зданиях с числом этажей два и более:
 - производственных и складских категорий А, Б, В,
 - общественных и административно-бытовых,
 - многофункциональных;
- г) из общих коридоров и холлов зданий различного назначения с незадымляемыми лестничными клетками;
- д) из атриумов и пассажей;
- е) из каждого производственного или складского помещения с постоянными рабочими местами, в том числе книгохранилищ, библиотек, фондохранилищ и реставрационных мастерских музеев, архивов (а для помещений высотного стеллажного хранения – вне зависимости от наличия постоянных рабочих мест), если эти помещения отнесены к категориям А, Б, В1, В2, В3 в зданиях I и II степени огнестойкости, а также В 4, Г или Д в зданиях IV степени огнестойкости;

ж) из каждого помещения на этажах, сообщающихся с незадымляемыми лестничными клетками, или из каждого помещения без естественного проветривания при пожаре:

- с высокой плотностью пребывания людей,
- торговых залов,
- офисов,
- площадью 50 м² и более с постоянными рабочими местами, предназначенного для хранения или использования горючих веществ и материалов,
- гардеробных площадью 200 м² и более,
- автодорожных, кабельных, коммутационных с маслопроводами и технологических тоннелей, встроенно-пристроенных и сообщающихся с подземными этажами зданий различного назначения;

з) помещений хранения автомобилей, закрытых надземных и подземных автостоянок, отдельно расположенных, встроенных или пристроенных к зданиям другого назначения (с парковкой как при участии, так и без участия водителей – с применением автоматизированных устройств), а также из изолированных рамп этих автостоянок.

Допускается проектировать удаление продуктов горения через примыкающей коридор из помещений площадью до 200 м², а именно производственных категорий В1, В2, В3, а также предназначенных для хранения и использования горючих веществ и материалов.

Для торговых залов и офисных помещений площадью не более 800 м² при расстоянии от наиболее удаленной части помещения до ближайшего эвакуационного выхода не более 25 метров удаление продуктов горения допускается предусматривать через примыкающие коридоры, холлы, рекреации, атриумы и пассажи.

Требования пункта 7.2 не распространяются:

- а) на помещения площадью до 200 м², оборудованные установками автоматического водяного или пенного пожаротушения (кроме помещений категорий А и Б, помещений, сообщающихся с незадымляемыми лестничными клетками типа Н2 или Н3, и закрытых автостоянок с парковкой при участии водителей);
- б) на помещения, оборудованные установками автоматического газового, аэрозольного или порошкового пожаротушения (кроме закрытых автостоянок с парковкой при участии водителей);
- в) на коридоры и холлы, если из всех сообщающихся с ними через дверные проемы помещений предусмотрено непосредственное удаление продуктов горения;
- г) на помещения площадью до 50 м² каждое, находящиеся на площади основного помещения, из которого предусмотрено удаление продуктов горения;
- д) на коридоры (за исключением указанных в подпунктах «а» и «б» пункта 7.2) без естественного проветривания при пожаре, если во всех помещениях, имеющих выходы в этот коридор, отсутствуют постоянные рабочие места и на выходах из этих помещений в указанный коридор установлены противопожарные двери в дымогазонепроницаемом исполнении с минимальным удельным сопротивлением дымогазопроницанию не менее 1,96 10 м/кг; фактическое сопротивление дымогазопроницанию противопожарных дверей должно определяться в соответствии с ГОСТ Р 53303;
- е) на помещения общественного назначения, встроенные или встроенно-пристроенные на нижнем надземном этаже жилых зданий, конструктивно изолированные от жилой части и имеющие эвакуационные выходы непосредственно наружу при наибольшем удалении этих выходов от любой части помещения не более 25 метров и площади каждого помещения не более 800 метров.

Система подпора воздуха при пожаре направляет чистый воздух в коридор, холлы, лестничные клетки, являющиеся основными путями эвакуации из зданий и сооружений; а также в шахты лифтов, включая устройства для транспортирования пожарных расчетов, прибывающих для разведки и ликвидации пожара.

Система дымоудаления и подпора воздуха - это специальная техническая система, которая может работать в автоматическом или ручном режиме. Ее основная задача состоит в создании необходимого промежутка времени при пожаре, в течение которого люди смогут безопасно эвакуироваться из здания.

Эта система призвана решать целый ряд задач:

- предотвращение распространения токсичного дыма по всему помещению;
- обеспечение чистого воздуха на маршрутах эвакуации людей;
- обеспечение оптимальных условий для работы спасательных служб;
- быстрое переключение из общеобменного режима в режим дымоудаления.

Для выполнения названных задач, при проектировании современных систем пожарной безопасности рекомендуется выполнять ряд дополнительных требований:

- размещение надежно защищенных зон безопасности от пожара на каждом этаже;
- система подпора воздуха должна обеспечивать чистым воздухом лестничную клетку и шахту лифта;
- приточный воздух должен в полном объеме поступать в здание только снаружи, при этом точки воздухозабора должны располагаться на достаточном удалении от точек выброса дымовых газов;
- приточный воздух должен подаваться на малой скорости (примерно 1 м/с) и равномерно распределяться по всей площади помещений;
- приточный воздух должен поступать в помещение не сверху, а на уровне ниже вероятной границы слоя дыма;

- система должна быть полностью регулируемой в отношении объемов и параметров подаваемого воздуха, при этом в любом случае объем приточного сменного воздуха должен быть меньше, чем объем отводимого дыма.

В современных высотных зданиях лестницы и лифты обеспечивают не только доступ в здания, но и эвакуацию людей из него, в случае возникновения чрезвычайной ситуации.

Чтобы обеспечить безопасный путь эвакуации во время пожара, необходим контроль распространения дыма по помещению. Такой контроль гарантирует система подпора воздуха (рис. 11.4), создавая зону высокого давления в лифтовых шахтах и на лестничных клетках и, тем самым, не допуская попадания дыма в эти зоны.

Однако создание зоны высокого давления на лестничных клетках может иметь и негативные последствия. В частности, могут возникнуть проблемы при открытии дверей. Кроме этого, высокое давление негативно сказывается на человеческом организме.



Рис. 11.4 Схема действия системы подпора воздуха

Современные системы подпора воздуха способны регулировать избыточное давление в защищаемых зонах таким образом, чтобы не создавать дополнительных трудностей эвакуирующимся из здания.

Эффективность противопожарной защиты здания напрямую зависит от синхронной и эффективной совместной работы системы дымоудаления и подпора воздуха. Поэтому они проектируются таким образом, чтобы дополнять друг друга.

Правильное функционирование системы подпора воздуха обеспечивается за счет вентилятора подпора воздуха. С его помощью создается избыточное давление на лестничных клетках, в шахтах лифтов или специальных тамбурах-шлюзах. За счет дополнительного притока воздуха снаружи в защищаемое помещение, минимизируется уровень задымления в помещении. Это устройство комплектуется электроприводом.

Одно из основных требований к приточному воздуху, подаваемому на пути эвакуации людей, он должен быть чистым, незадымлённым. Но при пожаре для удаления дыма начинают работать вентиляторы дымоудаления, которые по дымовым шахтам выбрасывают едкий газ наружу из здания. Поэтому при проектировании необходимо как можно дальше расположить точку воздухозабора от точки выброса веществ.

Вместе с тем, необходимо учитывать возможные последствия прихода чистого воздуха. Например, если он попадет в горящее помещение, то вместо остановки распространения пожара можно получить обратный эффект.

Безопасность людей от отравления продуктами горения обеспечивает станция обработки приточного воздуха.

Приток чистого воздуха при пожаре должен быть не меньше $20 \text{ м}^3/\text{ч}$ на 1 м^2 площади помещения. Поэтому следует предусмотреть вентилятор с регулируемой скоростью.

Все варианты разработки системы можно свести к двум:

- работа станции осуществляется только при пожаре;
- станция устанавливается реверсивного типа и работает непрерывно.

В первом случае станция воздухообработки включается только в случае возникновения пожара, и приточный воздух подается и распределяется в помещении исключительно с целью обеспечения безопасности. Естественно, такая система наиболее полно отвечает требованиям пожаробезопасности.

В нормальной ситуации система отключена и только в случае возгорания запускается в автоматическом режиме посредством системы аварийного включения вместе с системой дымоудаления.

Данный метод применения отдельной системы воздухообработки в целях отвода продуктов горения имеет следующие преимущества:

- размещение и скорость приточного воздуха легко регулируются;

- простота для понимания обслуживающими сотрудниками любых категорий;
- ручной привод можно легко вывести на пульт пожарной сигнализации;
- весь приточный воздух можно обрабатывать согласно расчетным условиям (нагревать, охлаждать, фильтровать) и регулировать в достаточно широком диапазоне;
- все устройства регулировки и управления в меньшей степени подвержены случайным поломкам со стороны того же персонала, поскольку применяются только в экстренных ситуациях.

Вместе с тем, недостатками такой системы являются:

- рост непроизводительной затратной части, поскольку оборудование предназначено для работы только в экстренных ситуациях;
- повышенный риск неожиданных сбоев из-за крайне редкого использования оборудования.

В качестве альтернативного решения могут применяться системы реверсивного типа. Но в этом случае оборудование работает непрерывно, прежде всего, в штатном стандартном режиме в качестве системы кондиционирования воздуха, а в экстренных ситуациях как система подпора воздуха путем подачи приточного воздуха. В рамках аварийных ситуаций регулировочные клапаны устанавливаются в положение, когда через станцию начинает идти только наружный воздух, и полностью исключается его подмешивание к возвратному воздуху. Если система относится к регулируемому типу, при возникновении пожара регулирующие клапаны полностью открываются, независимо от показания температурных датчиков. Кроме того, требуется обеспечить дополнительный приток воздуха, в том числе через возвратные воздушные каналы.

Преимущества метода:

- в отличие от специальных систем, размещение и скорость приточного воздуха здесь также регулируются, но сама система существенно усложняется за счет двойного назначения;
- надежность системы существенно выше, поскольку любой дефект выявляется и своевременно устраняется в рамках штатной работы;
- ручной привод также можно легко вывести на пульт пожарной сигнализации;
- весь приточный воздух можно обрабатывать согласно расчетным условиям (нагревать, охлаждать, фильтровать) и регулировать в желаемом диапазоне;
- система в целом не более громоздкая, чем обычная система кондиционирования;
- стоимость ненамного превышает стоимость приобретения и монтажа стандартной системы.

Среди недостатков необходимо отметить:

- система в конструктивном исполнении более сложная, отсюда необходимость специальной подготовки обслуживающего персонала;
- системы помимо работы в штатном режиме должна обеспечивать бесперебойное функционирование, в том числе в аварийной ситуации ликвидации пожара на объекте;
- составные части системы и узлы проектируются с большим запасом на прочность и имеют чаще всего более высокую стоимость, что неизбежно удорожает всю систему.

На рисунке 11.5 приведена схема системы противодымной защиты, в составе которой имеется блок-вентилятор с огнезадерживающим клапаном и отдельной системой вытяжки, обеспечивающей эффективное удаление дыма.

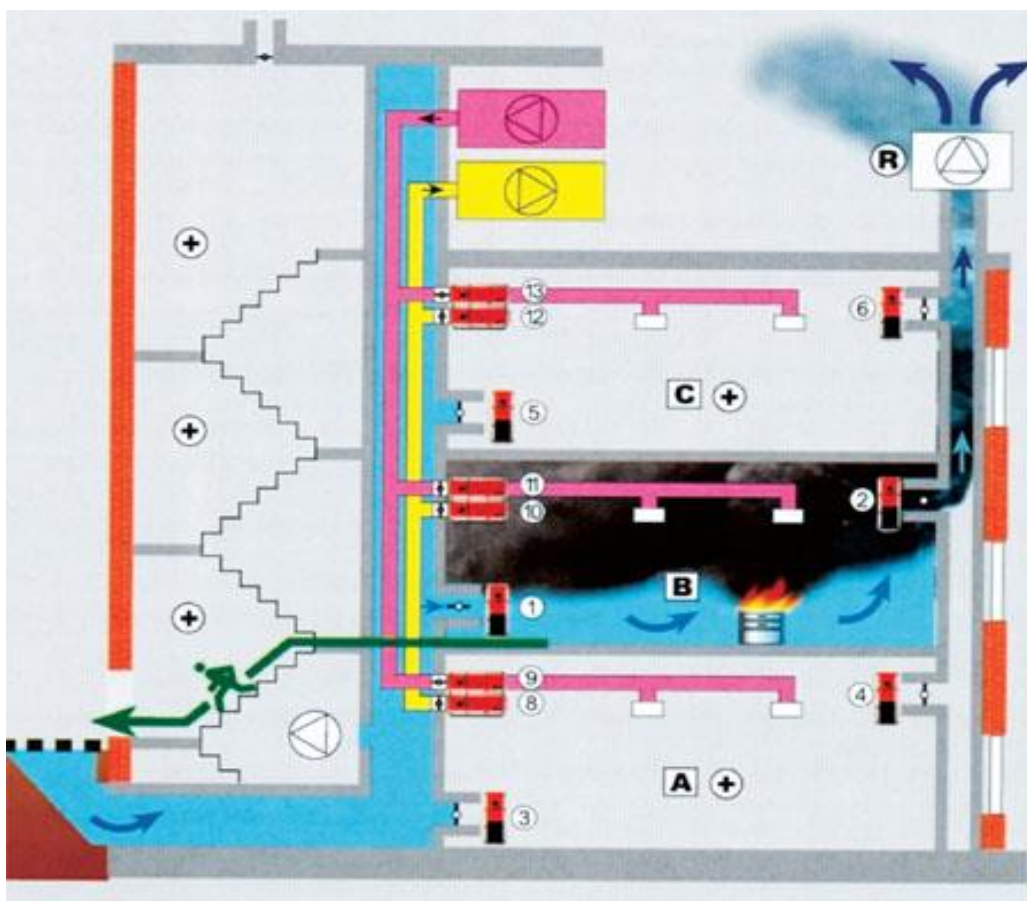


Рис. 11.5 Схема противодымной защиты с отдельной системой воздухообработки

В случае возникновения возгорания, например, на этаже В, происходит следующее. В системе дымоудаления:

- 1) Клапан 2 открывается, и дым вытягивается вентилятором R. Одновременно клапан 1 открывается для притока свежего наружного воздуха.
- 2) Вытяжные клапаны 3, 4, 5 и 6 остаются закрытыми.
- 3) Люди спокойно покидают загоревшийся этаж.

В системе вентиляции:

- 1) Огнезадерживающие клапаны 10 и 11 закрыты в целях изоляции этажа В от остального здания.
- 2) Огнезадерживающие заслонки 9 и 13 открыты.

3) Приточный вентилятор создает на этажах А и С избыточное давление, предотвращающее проникновение на них дыма (+). Огнезадерживающие заслонки 8 и 12 остаются закрытыми.

Принудительная вентиляция систем противопожарной защиты, используемая, согласно действующим нормативным требованиям, для жилых, промышленных и административных объектов, состоит из многих узлов и агрегатов. Их качество изготовления обеспечивает стабильную и надежную работу всей системы вентиляции.

Одним из таких обязательных элементов является противопожарный клапан (рис. 11.6). Его непосредственное назначение – предотвратить проникновение продуктов сгорания в другие внутренние помещения, а также удалить дым и газ с места возникновения пожара.



Рис. 11.6 Противопожарный клапан

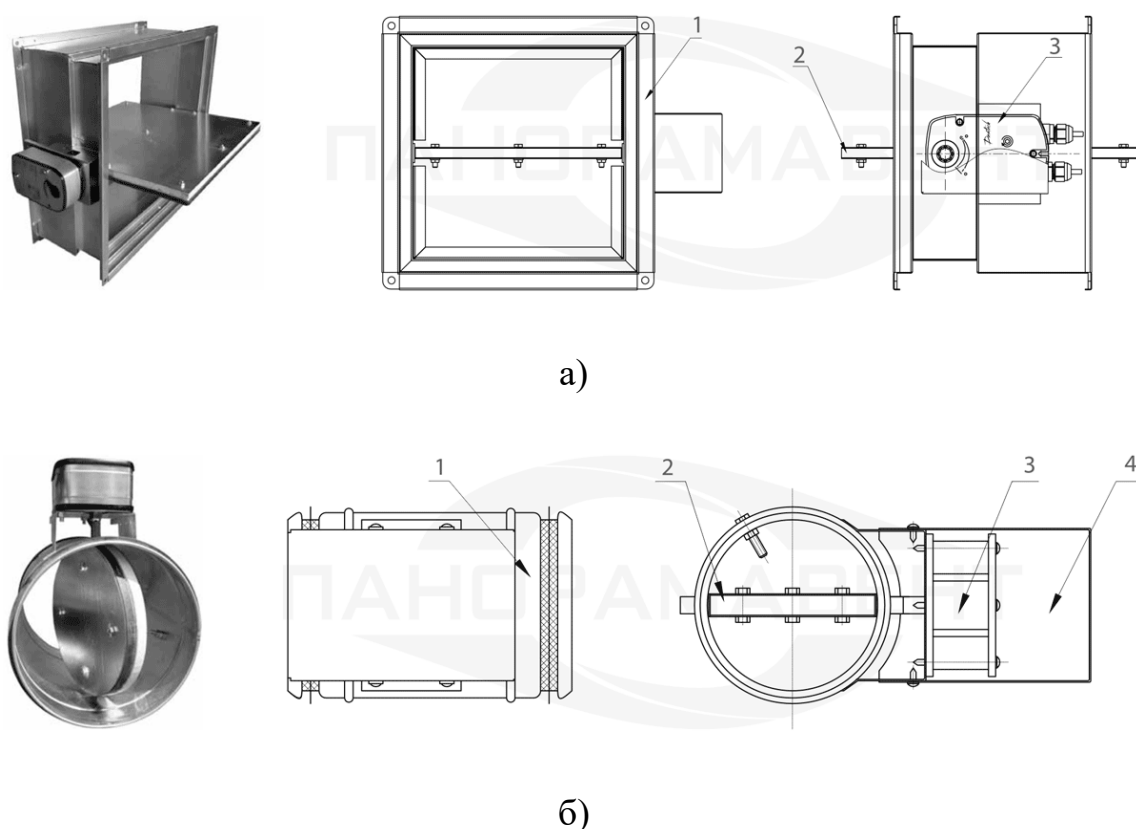
Поскольку во многих случаях непоправимый вред здоровью людей, находящихся внутри здания людей при пожаре, наносит не столько пламя очага, сколько выделяемые при возгорании продукты (задымленность, загазованность, в том числе с высоким содержанием токсичных элементов), огнезадерживающий клапан играет значительную роль в повышении общего уровня противопожарной безопасности. Именно четкое срабатывание его механизма и герметичность перекрывания внутренней части вентиляционных каналов заслонкой обеспечивает надежность работы всей вентиляционной системы.

Конфигурация, как и размеры клапанов, различаются по модификации и выбранному варианту монтажа вентиляционной сети - бывают клапаны квадратного или прямоугольного сечения. Также производят модели с круглым сечением для воздуховодов аналогичной формы. Если способ крепления производится в шахте вентиляции, то применяется канальный клапан, при этом присоединение к основным каналам происходит с помощью фланцев с обеих сторон детали. Если необходимо выполнить монтаж в проеме или на поверхности стены, то в этом случае используется стеновой клапан, который крепится к вентиляционной системе только с одной, внутренней стороны.



Рис. 11.7 Виды огнезадерживающих клапанов (слева стеновые, справа канальные)

Конструкция данных элементов достаточно проста и состоит из корпуса и поворотной заслонки, которая располагается внутри канала и приводится в действие дистанционно или автоматически при помощи электромеханического привода (рис. 11.8). Однако, простота устройства совсем не означает низкое качество их изготовления. К материалам составных элементов вентиляционной системы предъявляются высокие требования, определяемые жесткими нормативными рамками. Важными параметрами являются предел огнестойкости, обеспечивающий сохранение целостности конструкции при высоких температурах, и аэродинамические характеристики, гарантирующие оптимальное распределение скорости и давления потока.



1 - корпус, 2 – заслонка, 3 - электромеханический привод, 4 - крышка привода

Рис. 11.8 Конструкции противопожарных клапанов: а) прямоугольного сечения; б) круглого сечения

Противопожарные (огнезадерживающие) клапаны классифицируются на нормально закрытые, нормально открытые, двойного действия и дымовой (рис. 11.9). В случае, когда из помещений, при возникновении пожара, необходимо удалить задымленность или загазованность, устанавливают нормально закрытый клапан (рис. 11.9.1). При поступлении на привод агрегата сигнала о возгорании, заслонка открывается, и вентилирующим потоком скопление дыма или газа удаляется.

В случае, когда необходимо, чтобы в нормальном режиме работы воздушный поток постоянно циркулировал в вентиляционной сети, монтируют нормально открытый клапан (рис. 11.9.2). Его действия направлены на предотвращение попадания продуктов горения внутрь помещения, так как при срабатывании пожарной сигнализации заслонка закрывается.

Модели клапана двойного действия имеют совмещенную конструкцию заслонок (рис. 11.9.3). Принцип их действия обеспечивает закрытие заслонки при появлении огня и ее открытие после устранения возгорания для свободного доступа свежего воздуха.

Дымовые клапаны устанавливают в вытяжной противодымной вентиляционной системе при условии проведения монтажа непосредственно в проемах дымовых вытяжных шахт защищаемых коридоров или холлов (рис. 11.9.4).

Все клапаны дымоудаления подлежат обязательной сертификации и подвергаются испытаниям, согласно требованиям ГОСТа.



Рис. 11.9 Классификация огнезадерживающих клапанов

Наряду с общепромышленными клапанами широкого спектра использования, существуют также модели специального назначения для специфических условий.

Так, например, все перечисленные выше категории противопожарных клапанов могут быть выполнены во взрывозащищённом исполнении. Монтаж подобного рода устройств производится в помещениях с присвоенными категориями А или Б по взрывопожарной опасности, в зонах с наличием или возможным образованием взрывчатых смесей (рис. 11.10.1).

Другой вид клапанов специального исполнения – морозостойкий – предназначен для установки в помещениях или под навесом, где температура и влажность воздуха соответствует тем же параметрам на открытом воздухе и не снижается ниже максимально допустимого значения – 30°C (рис. 11.10.2).

Еще одна разновидность противопожарного спецоборудования – клапан высокого давления (рис. 11.10.3). Его корпус изготавливается из специальных материалов, соответствующих высокому классу герметичности, выдерживающих значительные перепады давления и способных функционировать в агрессивных средах и при наличии абразивных частиц.



Рис. 11.10 Противопожарные клапаны специального назначения

Управление клапанами при работе вентиляционной системы происходит с помощью привода – электромеханического, оборудованного пружиной или без нее (реверсивного) и электромагнитного (рис. 11.11). Электромеханический привод с возвратной пружиной переводит заслонку в рабочее положение автоматически, дистанционно и от кнопки на ТРУ (рис. 11.11.1). Вернуть заслонку в исходное положение можно дистанционно, а также, нажав кнопку на ТРУ. На данном виде управления работает противопожарный нормально открытый клапан. На противопожарный нормально закрытый клапан устанавливается привод без возвратной пружины или, как его еще называют, реверсивный привод (рис. 11.11.2). Привести его в рабочее положение и открыть заслонку можно автоматически или дистанционно. В исходную позицию вернуть агрегат можно только дистанционным способом. Этот же вид электродвигателя воздействует и на заслонку клапана дымоудаления.



Рис. 11.11 Типы электроприводов для управления пожарными клапанами

Внешне, противопожарный электропривод для нормально-открытого клапана очень похож на электропривод для клапанов дымоудаления, однако, между двумя типами сервоприводов есть разница в управлении (таблица 11.1).

Таблица 11.1. Разница управления пожарных клапанов

Способы управления заслонкой	Тип привода		
	Электромеханический (с возвратной пружиной)	Ревёрсивный (без возвратной пружины)	Электромагнитный
	Типы противопожарных клапанов		
	Нормально-Открытые клапаны (НО) и клапаны Двойного Действия (ДД)	Нормально-Закрытые клапаны (НЗ), клапаны Двойного Действия (ДД) и клапаны Дымоудаления (ДУ)	Нормально-Закрытые клапаны (НЗ), Нормально-Открытые клапаны (НО), клапаны Дымоудаления (ДУ)

из исходного положения в рабочее*	автоматический, по сигналам пожарной автоматики; автоматический, при срабатывании ТРУ; дистанционный с пульта управления; от кнопки на ТРУ	автоматический, по сигналам пожарной автоматики; дистанционный с пульта управления; дистанционный от переключателя на этаже установки клапана	автоматический, по сигналам пожарной автоматики (для НО и НЗ клапанов); автоматический, при срабатывании теплового замка (для НО клапанов); дистанционный с пульта управления (для НО и НЗ клапанов); дистанционный от кнопки/тумблера на этаже установки клапана (для НЗ клапанов); от рычага/кнопки на приводе клапана (для НО и НЗ клапанов)
из рабочего положения в исходное	дистанционный с пульта управления; от кнопки на ТРУ	дистанционный с пульта управления; дистанционный от переключателя на этаже установки клапана	вручную с помощью ключа/рукоятки
Механизм перевода заслонки:			
в рабочее положение	возвратная пружина	электродвигатель	возвратная пружина
в исходное положение	электродвигатель	электродвигатель	—
Принцип срабатывания привода	отключение питающего напряжения или срабатывание ТРУ	подача напряжения на соответствующие клеммы питания привода	подача напряжения на электромагнит или разрыв теплового замка (для НО клапанов)

**исходное положение заслонки:*

для нормально открытого (НО) клапана – открыта;

для нормально закрытого (НЗ) и дымового – закрыта;

рабочее положение заслонки:

для НО клапана – закрыта, для НЗ и дымового – открыта.

Важными элементами систем дымоудаления и общей вентиляции помещений зданий с естественной тягой за счет перепада давления,

движения поднимающегося и удаляющегося через них теплого загрязненного воздуха, являются дымовые люки (рис. 11.12).

Люками дымоудаления называют устройства, управляемые в автоматическом, дистанционном режимах, закрывающие проемы в ограждениях зданий, оснащенных вытяжной вентиляцией с естественной тягой.

Из названия этих технических устройств можно понять, что устройства относятся к виду активной огнезащиты зданий – это удаление дыма, а также неизменно сопутствующих ему газов, продуктов термического распада различных природных, искусственных материалов, химических соединений, образующихся в процессе реакции горения, а также воздуха, разогретого до высокой температуры, способного причинить ожоги людям из-за близкого расположения очага возгорания к путям эвакуации.

Преимуществами таких технически несложных изделий по сравнению с установками аварийной противодымной вентиляции является отсутствие необходимости проектирования, приобретения, размещения и монтажа дорогостоящего оборудования; минимум управляющей аппаратуры, приводных механизмов, электрической энергии для их постоянной эксплуатации, аварийного запуска в случае обнаружения очага возгорания в защищаемых помещениях датчиками дыма, проточными, аспирационными, газовыми пожарными извещателями. Кроме того, люки дымоудаления со светопрозрачными крышками, а также зенитные фонари для удаления дымовых продуктов горения с люками, выполненные из пропускающих свет материалов, эффективно освещают в дневное время защищаемые ими помещения зданий.

В целом назначение люков дымоудаления разнообразное:

- быстрое значительное снижение температуры газо-, пылевоздушной среды в помещениях, где расположен очаг возгорания, это увеличивает

период конструкционной стойкости к огню, целостности противопожарных окон, дверей, ворот, защищающих строительные проемы;

- резкое снижение плотности задымления на эвакуационных путях, выходах из зданий;

- уменьшение распространения дымовых газов, разогретых тепловых потоков воздуха в смежные помещения;

- обеспечение приемлемых условий для дыхания в защищаемых помещениях;

- естественное равномерное освещение защищаемых помещений.

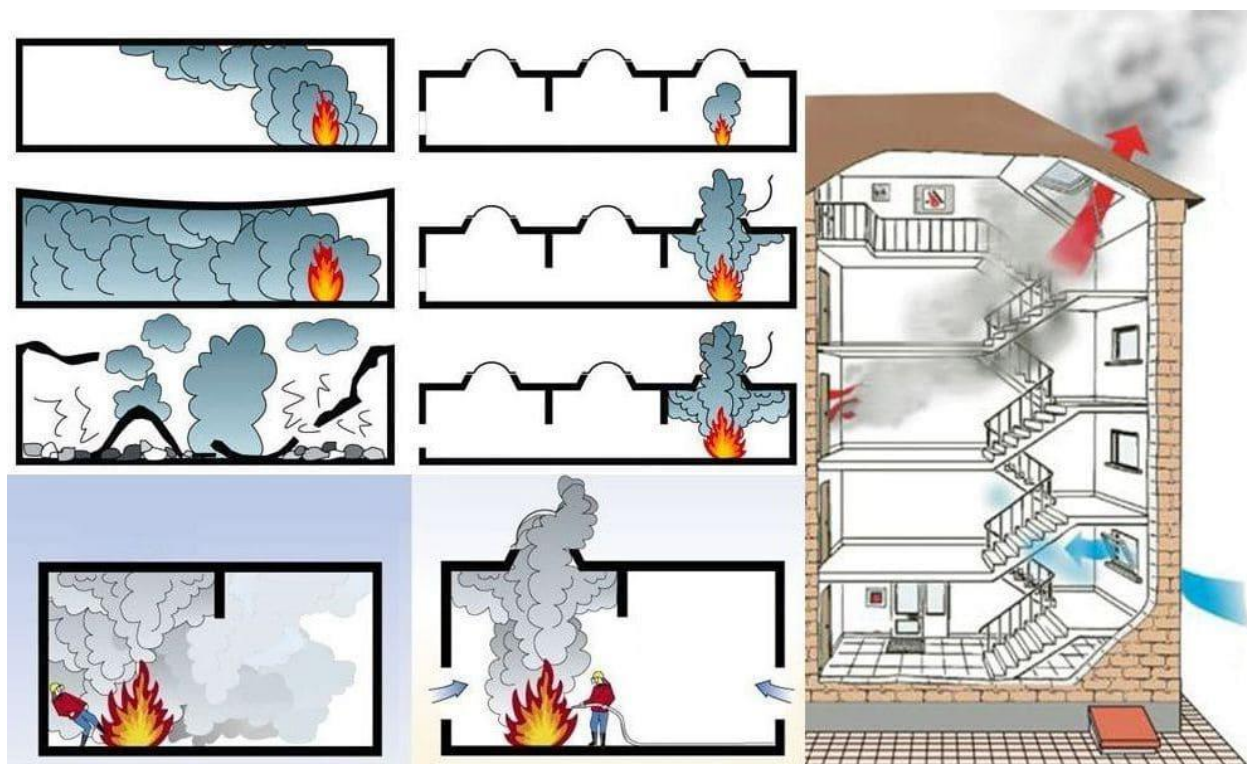


Рис. 11.12 Система дымоудаления через дымовые люки

Но основным их назначением является удаление дымовых продуктов, позволяющее снизить опасность для людей в ходе эвакуации из зданий, тушения огня; увеличить период целостности строительных конструкций

противопожарных преград, их огнестойких заполнений в границах пожарного отсека.

Существует два вида люков дымоудаления, различающихся по месту установки: люки дымоудаления крышные, встроенные в наружные стены (фрамуги) (рис. 11.13). Наиболее распространенные крышные люки монтируются в конструкции плоских, наклонных покрытий, крыш зданий или сооружений.

Дымовые люки, устанавливаемые в строительные проемы наружных стен строений любого назначения так же, как и крышные люки, могут иметь крышки, выполненные из пропускающих дневной свет материалов, и являться частью светопрозрачного заполнения ограждающих конструкций зданий. Оба вида таких противопожарных люков являются составными элементами вытяжной вентиляции строений любого функционального назначения, предназначенной как для естественного проветривания различных помещений, в том числе с категориями по взрывопожарной опасности, так и для оперативного отвода дымовых продуктов, большого количества тепловой энергии, образующихся при возникновении очагов возгораний в производственных, общественных зданиях.



Рис. 11.13 Виды дымовых люков

Также для проветривания различных помещений, в том числе с категориями по взрывопожарной опасности, так и для оперативного отвода дымовых продуктов, большого количества тепловой энергии, образующихся при возникновении очагов возгораний в производственных, общественных зданиях.

Люки дымоудаления, независимо от мест установки, могут быть следующих видов: горизонтальные или вертикальные; одностворчатые или двухстворчатые; с глухими или пропускающими свет крышками; с круглым, квадратным или прямоугольным сечением рамы конструкции; встраиваемые в глухие строительные конструкции или в светопрозрачное заполнение проемов в них; со сплошными конструкциями крышек или в виде жалюзи; с прямым или наклонным основанием; с теплоизолирующей крышкой или без нее.

По материалам изготовления дымовые люки производятся из оцинкованной, нержавеющей стали, сплавов алюминия; огнестойкого стекла, многослойного поликарбоната, огнезащитного базальтового материала для их утепления, если предстоит эксплуатация в районах с низкими температурами в зимний период. Типовые размеры люков дымоудаления варьируются в диапазоне от 800 х 800 до 1800 х 1800 мм, а разнообразие конструктивных решений изделий позволяет устанавливать их на любых видах покрытий и крыш зданий.

Принцип работы дымовых люков сходен с принципом работы клапанов дымоудаления (рис. 11.14). При возникновении очага возгорания пожарные извещатели, установленные в защищаемых помещениях, передают тревожный сигнал на приборы автоматической сигнализации, которые, в свою очередь, дадут команду на приведение в действие приводов люков дымоудаления, находящихся на тот момент в закрытом положении.

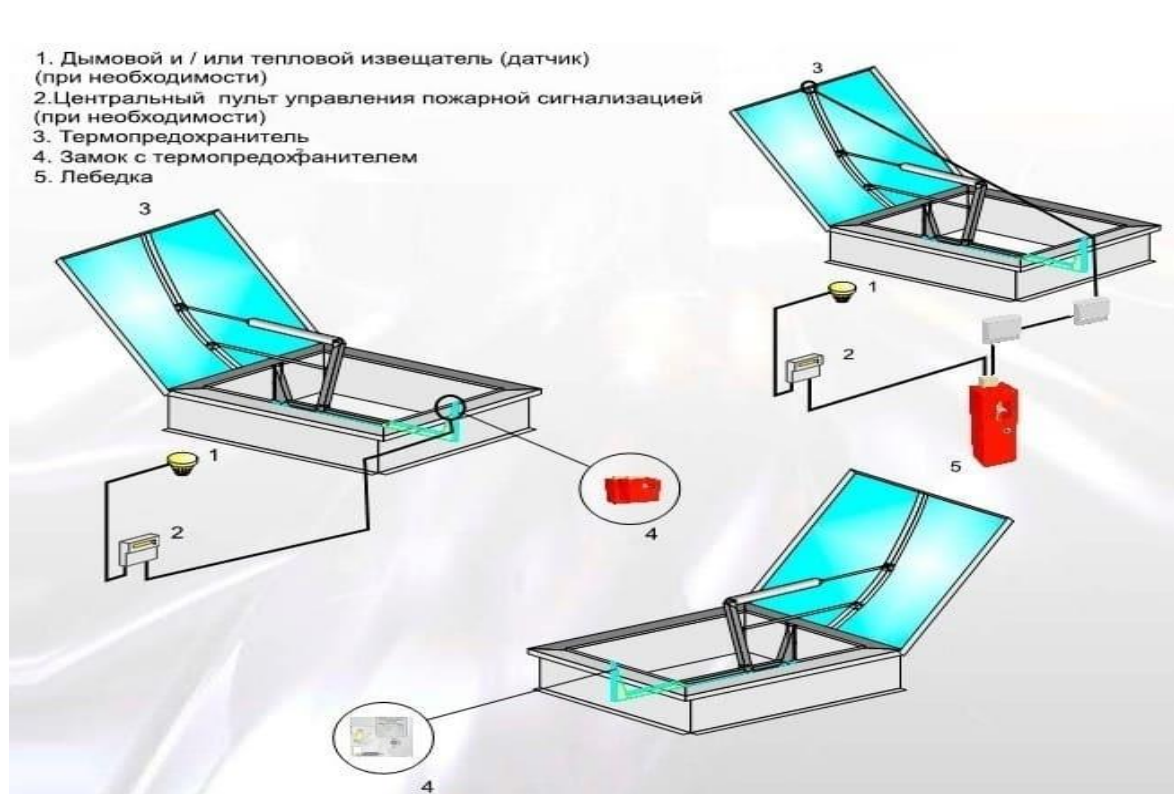


Рис. 11.14 Принцип работы дымового люка

Блоки управления приводов открытых дымовых люков, этот сигнал проигнорируют. Через открытые люки конвективные высокотемпературные потоки дымовых газов, поднимающиеся естественной тягой вверх, активно удаляются в атмосферу, очищая защищаемые помещения.

Все виды люков дымоудаления изготавливают с углом открывания полотна крышки не меньше 90° с фиксатором открытого положения (до 140°). Инновационные модели дымовых люков оснащают метеостанцией с датчиками, дающей команду на закрытие при усилении ветра или выпадении атмосферных осадков.

В зданиях, имеющих большие открытые пространства, такие как атриумы офисных центров и гостиниц, торговых центров, банков в силу очень высоких потолков и невозможности сегментации воздушной массы, а также уязвимости путей эвакуации единственной действенной альтернативой неизбежному накоплению дыма становится удаление дыма через специальные проемы в перекрытии как естественной тягой, так и посредством специальных вытяжных вентиляторов. При пожаре образуется большая масса горячего газа, который распространяется в виде восходящего вертикального прямолинейного столба (рис. 11.15).

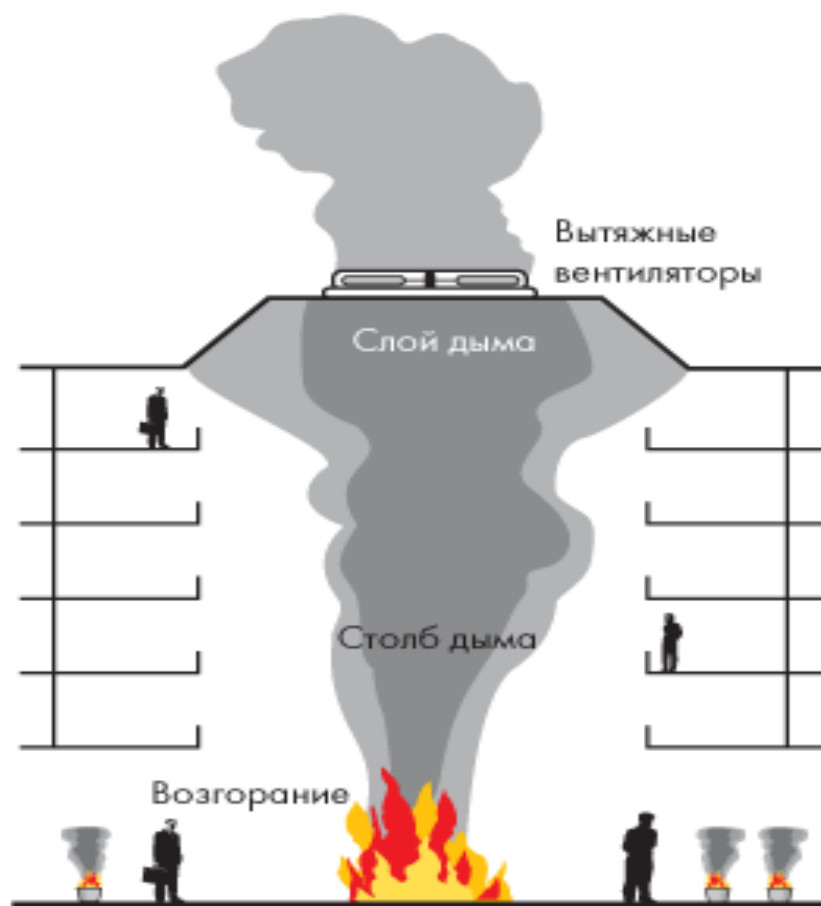


Рис. 11.15 Эффект дымоудаления в крупных помещениях

Взвешенная пропускная масса такого столба в силу эффекта захвата окружающего воздуха растет по мере восхождения. Поднявшись под потолок, горячий газ образует стратифицированную зону дыма, который, накапливаясь, начинает охлаждаться, слой дыма увеличивается, и по мере роста плотности начинает опускаться, насыщая все нижестоящее пространство.

Кроме удаления основного объема дыма система активной защиты должна обеспечить приток необходимого объема свежего воздуха, достаточного для того, чтобы на незадымленных участках атриума в течение достаточного времени сохранялись условия для безопасной эвакуации людей.

Для обеспечения эффективной работы систем противодымной защиты необходимо на стадии проектирования правильно выбирать параметры оборудования.

Система дымоудаления из помещений может обеспечивать незадымленную зону заданной высоты от пола в нижней части помещения или предотвращать выход продуктов горения за пределы горящего помещения.

Выбор способа дымоудаления зависит от высоты, этажности здания и других факторов. Для одноэтажных зданий нормативные документы допускают организацию как естественной, так и механической (с помощью вентиляторов) системы дымоудаления. Для помещений, расположенных в нижних этажах многоэтажных зданий, устройство дымоудаления с естественным побуждением тяги нормативные документы не рекомендуют.

В случае применения вентиляторов для устройства дымоудаления из помещений в одноэтажном здании целесообразно использование осевых или крышных вентиляторов.

Вентиляторы, используемые для дымоудаления из помещений, должны иметь сертификат пожарной безопасности (1 ч при температуре 600°С или 2 ч при температуре 400°С, в зависимости от расчетной температуры удаляемых продуктов горения).

Для эффективной работы системы дымоудаления размеры дымоприемных отверстий должны быть меньше толщины слоя продуктов горения под потолком помещения. В противном случае через одну часть проема дымоудаления из помещения выходят продукты горения, а через другую - воздух. Дымоприемные отверстия следует располагать рассредоточено по площади помещения. Площадь, обслуживаемая одним дымоприемным отверстием, не должна превышать 1000 м².

Для возмещения удаляемых продуктов горения необходимо предусматривать приток наружного воздуха в нижнюю часть помещения.

При устройстве систем дымоудаления с естественным побуждением тяги площадь приточных проемов может быть определена из условия, что потери давления на приточных проемах не будут превышать 10 % от располагаемого давления.

Контрольные вопросы:

1. С какой целью проектируют противодымную вентиляцию зданий?
2. Что такое дымоудаление с естественной тягой воздуха?
3. Что такое дымоудаление с механическим побуждением?
4. В чем разница противодымного и огнезадерживающего клапана?
5. Какими достоинствами обладает система естественной противодымной вентиляции?

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Учебники, справочники и учебные пособия:

1. Автоматические установки водяного пожаротушения: учебное пособие / Комельков В.А. и др. – Иваново: ООНИ ЭКО Ивановского ИГПС МЧС России, 2014.
2. Автоматические установки порошкового пожаротушения: учебное пособие / Иванов и др. – СПб.: СПб УГПС МЧС России, 2020. – 148 с.
3. Анашечкин А.Д., Терехин С.Н., Левчук М.С., Лебедев А.В. Производственная и пожарная автоматика. Технические средства автоматической пожарной сигнализации: Учебное пособие. Под общей ред. В.С. Артамонова - СПб.: Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России. 2011. – 155 с.
4. Арутюнян Д.М. Новые технологии гарантированного предотвращения пожаров: монография / под общ. ред. Ф.И. Шаровара. – М.: Специнформатика-СИ, 2014. – 232 с.
5. Бабуров В. П., Бабулин В. В., Фомин В. И., Смирнов В. И. Производственная и пожарная автоматика. Ч. 2. Автоматические установки пожаротушения: Учебник. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2007. – 298 с.
6. Карелин, Е. Н. Монтаж и программирование пороговой и адресно-аналоговой установки пожарной сигнализации: учебное пособие / Е.Н. Карелин, П.В. Ширинкин, А.Ю. Трояк. - Железногорск: ФГБОУ ВО СПСА ГПС МЧС России, 2017. - 47 с. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/912679>
7. Методическое пособие по проектированию и применению по новым технологиям современных систем пожаропредупредительной автоматики. - М.: Специнформатика-СИ, 2014.– 79 с.
8. Основы автоматики и системы автоматического управления:

- учебник /С.И. Малафеев, А.А. Малафеева. – М.: Издательский центр «Академия», 2010.
9. Производственная автоматика для предупреждения пожаров и взрывов: учебное пособие / Бородин А.А. и др. – Екатеринбург: Уральский ИГПС МЧС России, 2019.
 10. Производственная и пожарная автоматика. Практикум: учебное пособие / Картавцев Д.В. и др. – Воронеж: ИГПС МЧС России, 2013.
 11. Производственная и пожарная автоматика: сборник задач / Шнайдер А.В. и др. – Екатеринбург: ИГПС МЧС России, 2012.
 12. Производственная и пожарная автоматика. Технические средства автоматической пожарной сигнализации / А.Д. Анашечкин, С.Н. Терехин, М.С. Левчук и др.; ред. В.С. Артамонов. - СПб.: СПбУ ГПС МЧС России, 2011.
 13. Серков Б.Б. Пожарная профилактика: учебник - М.: КУРС, 2020. - 304 с.
 14. Теория автоматического управления: учебник / В.Ю. Шишмарев. – М.: Издательский центр «Академия», 2012.
 15. Физические основы получения информации: учебник / В.Ю. Шишмарев. – 2-е изд., перераб. – М.: Издательский центр «Академия», 2014.
 16. Шаровар Ф.И. Предупредительная автоматика (теория и практика предотвращения пожаров от маломощных загораний): – М.: Специнформатика-СИ, 2013.
 17. Шнайдер А.В. Технические средства пожарной сигнализации и оповещения: учебное пособие. – Екатеринбург: Уральский ИГПС МЧС России, 2017.

Официальные и директивные материалы (Федеральные законы, приказы, рекомендации Министерства и ведомств РФ):

18. Федеральный закон Российской Федерации от 21.12.1994 г. № 68-ФЗ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера».
19. Федеральный закон Российской Федерации от 21.12.1994.г. № 69-ФЗ «О пожарной безопасности».
20. Федеральный закон Российской Федерации от 22.07.2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (с изменениями и дополнениями).

Нормативно-технические акты:

21. ГОСТ Р 59636-2021 «Установки пожаротушения автоматические. Руководство по проектированию, монтажу, техническому обслуживанию и ремонту. Методы испытаний на работоспособность».
22. ГОСТ Р 59637-2021 «Средства противопожарной защиты зданий и сооружений. Средства огнезащиты. Методы контроля качества огнезащитных работ при монтаже, техническом обслуживании и ремонте».
23. ГОСТ Р 59638-2021 «Системы пожарной сигнализации. Руководство по проектированию, монтажу, техническому обслуживанию и ремонту. Методы испытаний на работоспособность».
24. ГОСТ Р 59639-2021 «Системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Руководство по проектированию, монтажу, техническому обслуживанию и ремонту. Методы испытаний на работоспособность».
25. ГОСТ Р 59640-2021 «Средства противопожарной защиты зданий и сооружений. Противопожарные занавесы. Руководство по проектированию, монтажу, техническому обслуживанию и ремонту».

26. ГОСТ Р 59641-2021 «Средства противопожарной защиты зданий и сооружений. Средства первичные пожаротушения. Руководство по проектированию, монтажу, техническому обслуживанию и ремонту».
27. ГОСТ Р 59642-2021 «Средства противопожарной защиты зданий и сооружений. Заполнение проемов в противопожарных преградах. Общие требования к монтажу, техническому обслуживанию и ремонту».
28. ГОСТ Р 59643-2021 «Внутреннее противопожарное водоснабжение. Руководство по проектированию, монтажу, техническому обслуживанию и ремонту».
29. СП 484.1311500.2020 «Системы противопожарной защиты. Системы пожарной сигнализации и автоматизированных систем противопожарной защиты. Нормы и правила проектирования».
30. СП 485.1311500.2020 «Системы противопожарной защиты. Установки пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования».
31. СП 486.1311500.2020 «Системы противопожарной защиты. Перечень зданий, сооружений, помещений и оборудования, подлежащих защите автоматическими установками пожаротушения и системами пожарной сигнализации».

Электронные ресурсы:

32. Информационно-правовая система «Гарант» (URL: <https://www.garant.ru/>).
33. Информационная система «Единое окно» (URL: window.edu.ru).
34. Информационно-правовая система «Консультант плюс» (URL: <http://www.consultant.ru/>).
35. Международный научно-образовательный сайт EqWorld (URL:

- eqworld.ipmnet.ru/indexr.htm).
36. Научная электронная библиотека - eLIBRARY.RU.
 37. Национальная электронная библиотека «НЭБ» (URL: <https://нэб.рф>).
 38. Сайт Академик <http://dic.academic.ru>.
 39. Сайт ВНИИПО <http://www.mtu-net.ru/pojstat16/index.htm>.
 40. Сайт МЧС России раздел Статистика <http://www.mchs.gov.ru/stats>.
 41. Центральная ведомственная электронная библиотека МЧС России - ELIB.MCHS.RU (ip-адрес: 10.46.0.45).
 42. Электронные научные журналы и базы данных Сибирского федерального университета (URL: libproxy.bik.sfu-kras.ru).
 43. Электронная библиотечная система «Знаниум» (URL: www.znanium.com).
 44. Электронно-библиотечная система «ЮРАЙТ». Раздел «Легендарные Книги» (URL: www.biblio-online.ru).
 45. Электронная информационно-образовательная среда ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия (URL: <https://sibpsa.ru/personal/personal.php>).

**КРАТКИЙ КУРС ЛЕКЦИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ
«ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ И ПОЖАРНАЯ АВТОМАТИКА»**

учебное пособие

Авторы:

Антонов Александр Викторович, канд. тех. наук,

Голякова Елена Ивановна, канд. тех. наук,

Сацук Иван Владимирович

Филкова Анастасия Петровна