

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

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

О. Ю. Воронков

ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ И ПОЖАРНАЯ АВТОМАТИКА

В двух частях

Часть I

*Учебное текстовое электронное издание
локального распространения*

Омск
Издательство ОмГТУ
2016

УДК 681.5:614.8(075)

ББК 38.96я73

В75

Рецензенты:

С. А. Ковалев, канд. техн. наук, доцент, зав. кафедрой «Безопасность жизнедеятельности и гражданская оборона» ОмГУ им. Ф. М. Достоевского;

А. В. Максимов, главный инженер ООО «Ласёна»

Воронков, О. Ю.

В75 Производственная и пожарная автоматика : учеб. пособие : в 2 ч. /
О. Ю. Воронков ; Минобрнауки России, ОмГТУ. – Омск : Изд-во ОмГТУ. –
2016– . – Электрон. текст. дан.

ISBN 978-5-8149-2214-4

Ч. I. – 2016. – 4,68 Мб

ISBN 978-5-8149-2215-1

Пособие состоит из двух частей.

В первой части рассмотрена роль производственной автоматике в обеспечении взрывопожарозащиты промышленных объектов, изложены основы автоматизации, принцип действия и область применения приборов контроля технологических параметров потенциально взрывопожароопасных технологических процессов. Описаны элементы теории и техники автоматического регулирования и управления производственными объектами, принцип действия, область применения систем противоаварийной и взрывозащиты. Во второй части пособия будут рассмотрены назначение, классификация, конструктивные особенности и принцип действия автоматических пожарных установок.

Предназначено для студентов вузов и слушателей профессиональной переподготовки, изучающих дисциплину «Производственная и пожарная автоматика».

УДК 681.5:614.8(075)

ББК 38.96я73

*Рекомендовано редакционно-издательским советом
Омского государственного технического университета*

ISBN 978-5-8149-2215-1 (ч. I)

ISBN 978-5-8149-2214-4

© ОмГТУ, 2016

1 электронный оптический диск

Оригинал-макет издания выполнен в Microsoft Office Word 2007 с использованием возможностей Adobe Acrobat X.

Минимальные системные требования:

- процессор Intel Pentium 1,3 ГГц и выше;
- оперативная память 256 Мб;
- свободное место на жестком диске 260 Мб;
- операционная система Microsoft Windows XP/Vista/7;
- разрешение экрана 1024×576 и выше;
- акустическая система не требуется;
- дополнительные программные средства Adobe Acrobat Reader 5.0 и выше.

Редактор *О. В. Маер*
Компьютерная верстка *О. Н. Савостеевой*

Сводный темплан 2016 г.
Подписано к использованию 22.04.16.
Объем 4,68 Мб.

Издательство ОмГТУ.
644050, г. Омск, пр. Мира, 11; т. 23-02-12
Эл. почта: info@omgtu.ru

ВВЕДЕНИЕ

История пожарной автоматики начинается ещё с древних времен. Автоматические устройства появились около 20 тыс. лет назад. Первыми автоматами, принесшими пользу человеку, считают ловушки типа «капкан». Автоматические мельницы, водяные часы, механические устройства автоматики, пневмо- и гидроустройства и другие технические новинки постепенно все шире применялись в практической деятельности человека.

Немалый вклад в развитие пожарной автоматики внесли российские ученые.

Современное производство характеризуется концентрацией производственных и энергетических мощностей; автоматизацией производственных комплексов, в которых применяются пожаро- и взрывоопасные вещества; использованием в строительстве облегченных конструкций из металла и полимерных материалов, которые имеют низкую огнестойкость.

Все это требует принципиально нового подхода к проблеме пожарной безопасности и широкого внедрения надежных и экономичных автоматических систем противопожарной защиты.

Противопожарная защита является неотъемлемой составляющей оснастки предприятий современными средствами безопасности труда. Поскольку технические средства противопожарной защиты непрерывно совершенствуются, увеличивается их эффективность, расширяются функциональные возможности, то это требует от будущих специалистов более детального, глубокого изучения свойств и специфических особенностей элементов и приспособлений, а также условий их работы.

Активное внедрение средств автоматической противопожарной защиты на объектах разных отраслей народного хозяйства, в том числе на объектах агропромышленного комплекса, дало возможность сохранить жизнь сотням людей и уберечь от уничтожения огнем материальные ценности.

Доказано, что убытки от пожаров на предприятиях и в складских помещениях, которые оборудованы пожарной автоматикой, гораздо меньше, чем на незащищенном предприятии. Поэтому государство выделяет значительные средства на развитие и совершенствование существующих технических средств автоматической противопожарной защиты.

В современной технике автоматические устройства получили очень широкое распространение, поскольку эффективное использование производственных агрегатов, а также разработка новых высокоэффективных установок становятся возможными лишь при передаче функций управления приборам и средствам автоматизации. Кроме того, некоторые процессы в промышленности со-

проводятся опасными для человека влияниями химического, теплового, радиационного характера, а также могут быть опасными при использовании в производстве пожаро- и взрывоопасных веществ.

Идея создания машин, которые бы работали без участия человека, возникла давно. Изобретение первого в мире промышленного регулятора относится к 1765 г. и принадлежит знаменитому русскому механику И. И. Ползунову.

Электромагнитный регулятор скорости вращения бумажной машины разработан в 1854 г. выдающимся русским механиком и электротехником К. И. Константиновым.

Основателем научного подхода к проектированию автоматических регуляторов, то есть фактически теории автоматической регуляции и управления, считается профессор Петербургского технологического института Иван Алексеевич Вишнеградский (1831–1895), фундаментальный труд которого «О регуляторах прямого действия» (1876) имел большое влияние на все последующее развитие теории регуляции. Он впервые показал, что процессы в регуляторе и объекте регуляции неразрывно связаны между собой и потому их исследовать нужно совместно.

Фирма «Сименс и Гальске» в 1851 г. впервые использовала телеграфный аппарат Морзе в роли электрической сигнализации о пожаре. Первые автоматические пожарные системы появились в Германии, Англии, Франции в начале XIX в. Под потолком помещения, которое защищалось, натягивали шнуры из горючих нитей, к ним подвешивался груз, при падении которого включался звонок тревоги.

В 1858 г. в России телеграфом передавали сообщение о пожаре. В этом же году в Петербурге был установлен первый ручной извещатель, который был соединен с пожарной командой. Позже такие извещатели начали устанавливать на площадях Петербурга, перекрестках, во дворах больших домов, и в 1896 г. их количество достигло 364. Все они были соединены с пожарными командами.

После революции извещатели начали использовать в Москве, Ростове на Дону, Архангельске, Иркутске и других городах. Широкое развитие автоматическая пожарная сигнализация приобрела после войны. В 50-х годах были разработаны основные типы автоматических пожарных извещателей, а также различные приемные станции.

С 60-х годов и до наших дней осуществляется активное внедрение средств автоматической сигнализации на объектах народного хозяйства.

В нашей стране и за рубежом на промышленных предприятиях широко использовались автоматические устройства противопожарной защиты для предупреждения пожарной опасности, обнаружения и ликвидации пожаров, а также для защиты людей от действия опасных факторов. Пожарная автоматика дала возможность значительно уменьшить экономические убытки от возникающих пожаров.

ГЛАВА 1. АВТОМАТИЗАЦИЯ И ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

1.1. РОЛЬ АВТОМАТИЗАЦИИ В ОБЕСПЕЧЕНИИ ВЗРЫВОПОЖАРОЗАЩИТЫ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

Управление крупнотоннажными высокопроизводительными и энергонасыщенными технологическими процессами и их взрывопожарозащита возможны лишь с привлечением приборов и компьютерной техники. Автоматизация технологических процессов производств позволяет оптимизировать управление, способствует повышению производительности труда и определенным образом меняет его характер. Многие технологические процессы сопровождаются опасными для человека воздействиями, могут быть взрывопожароопасны и склонны к переходам из устойчивого состояния в неустойчивое. Неустойчивое состояние может привести к работе устройства, агрегатов, аппаратов, технологической установки на предельных и вне регламентных режимах с непредсказуемыми последствиями (рис. 1).

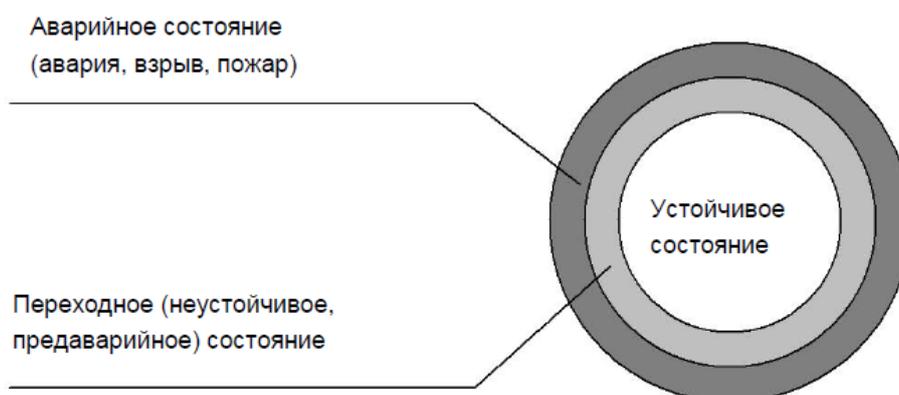


Рис. 1. Графическая модель состояний технологического процесса

Каждое из трех состояний технологического процесса – устойчивое (норма), переходное (неустойчивое, предаварийное), аварийное – характеризуется определенным уровнем взрывопожароопасности и требует соответствующего уровня автоматизации. Устойчивое состояние характеризуется определенными значениями параметров при нормальном режиме работы технологического

оборудования, возможностью получения информации о протекании процессов в области регламента и поддержания его в заданных пределах. Неустойчивое (предаварийное) состояние характеризуется критически высокими или низкими значениями параметров, спонтанным развитием реакций, автоколебательными процессами с угрозой перехода в неуправляемое состояние. Необходимо быстрое и своевременное его обнаружение, предупреждение выхода процесса в критическую область и возврат к его нормальному устойчивому состоянию. В противном случае возникает аварийное состояние, которое является угрозой жизни людей, уничтожения материальных ценностей, разрушения оборудования и т. п. Для борьбы с ним используются специальные средства автоматики (противоаварийные системы, установки обнаружения очага пожара, подавления взрыва и тушения пожара). Отсутствие таких устройств и систем приводит чаще всего к тяжелым последствиям.

Современные приборы и системы производственной автоматики, осуществляя контроль и управление технологическими процессами, решают одновременно и ряд задач автоматической взрывопожарной защиты:

- предупреждение аварий, взрывов и пожаров за счет поддержания объекта управления в устойчивом состоянии;
- диагностирование состояний технологического оборудования и коммуникаций;
- прогнозирование взрывопожароопасных состояний технологического процесса;
- обнаружение неустойчивых состояний управляемого объекта;
- противоаварийная защита технологических процессов;
- обеспечение оператора информацией о состоянии технологического процесса;
- обеспечение съема и хранения информации о состоянии технологического процесса.

Решением комплекса названных задач производственная автоматика обеспечивает поддержание взрывопожаробезопасных режимов технологических процессов, при необходимости устранение опасных, внерегламентных отклонений параметров с их регистрацией и оповещением обслуживающего персонала. Информация приборной техники и ЭВМ при этом используется для анализа опасных отклонений технологического процесса или выявления причин аварий, взрывов и пожаров.

Внедрение производственной автоматики как средства управления технологическими процессами и обеспечения его безаварийной работы регламентировано рядом документов.

Наиболее опасные последствия имеет переход защищаемого объекта в аварийное состояние. Борьба с пожарами и взрывами на объекте защиты осуществляется специальными средствами и системами автоматической противопожарной защиты. В целом же система пожарной безопасности промышленных объектов включает две функциональные подсистемы: предотвращения пожара и противопожарной защиты людей и материальных ценностей.

1.2. КЛАССИФИКАЦИЯ СРЕДСТВ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ И ПОЖАРНОЙ АВТОМАТИКИ

В технике автоматизации используется большое число разнообразных автоматических устройств и систем, отличающихся принципом действия, схемными и конструктивными решениями и т. д. Эти автоматические устройства, приборы и системы классифицируют по различным признакам. Чаще всего производственную автоматику классифицируют по функциональному признаку на следующие группы:

- контрольно-измерительные приборы (КИП), предназначенные для контроля параметров технологических процессов. КИП производят и выдают информацию оператору (запись, отсчет, сигнализация);

- приборы, устройства и системы автоматического регулирования (САР), предназначенные для поддержания параметров в режиме заданных безопасных пределов;

- устройства и системы противоаварийной автоматической защиты (СПАЗ), предназначенные для обнаружения предаварийных ситуаций, оповещения оператора, осуществления защитных мероприятий, частичной или полной остановки технологического процесса;

- автоматические блокировки, предназначенные для защиты от неправильных действий оператора при пуске и остановке технологического процесса, включения элементов защиты и резервных устройств;

- автоматические и автоматизированные системы управления (АСУ, АСУТП) – это системы, осуществляющие совокупность воздействий, возможных на основании определенной информации и направленных на поддержание или улучшение функционирования управляемого объекта в соответствии с программой или целью управления (алгоритмом функционирования).

1.3. ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ АВТОМАТИКИ

Устройства, приборы и системы производственной и пожарной автоматики состоят из отдельных элементов.

Элемент – это конструктивно обособленная часть схемы, устройства или системы, выполняющая определенную функцию. Элементом может быть резистор, конденсатор, трансформатор, клапан и др. Несмотря на значительное разнообразие основных функций, выполняемых в разных автоматических системах, общим для элементов автоматики является передача поступающих на них воздействий (сигналов) в определенном направлении, а также то или иное преобразование сигнала по значению, характеру или даже по физической природе. *По виду выполняемых функций* элементы автоматики можно разделить на следующие основные типы:

1) датчики, преобразующие различные неэлектрические величины в электрические сигналы;

2) усилители, увеличивающие поступающие на них сигналы, но не изменяющие физической природы этих сигналов;

3) реле, позволяющие с помощью сравнительно слабых электрических сигналов управлять более мощными электрическими цепями (включать или отключать эти цепи);

4) стабилизаторы, поддерживающие постоянство выходного напряжения или тока при изменениях входного сигнала или сопротивления нагрузки;

5) двигатели, преобразующие ту или иную энергию в перемещения (угловые или линейные) и приводящие в действие тот или иной механизм или объект;

6) распределители, обеспечивающие поочередное подключение различных элементов или электрических цепей к какому-либо одному элементу или к одной точке электрической цепи;

7) вычислительные элементы, выполняющие математические и логические операции над различными величинами;

8) корректирующие элементы, улучшающие свойства системы или отдельных ее частей;

9) исполнительные механизмы, предназначенные для изменения управляемых величин;

10) командоаппараты, предназначенные для подачи в систему различных воздействий и команд.

Элементы, выполняющие те или иные функции, могут отличаться друг от друга по *физическим принципам*, лежащим в основе их действия. С этой точки зрения можно выделить следующие основные элементы автоматики:

- 1) электромеханические, в которых электрическая энергия преобразуется в механическую или, наоборот, механическая – в электрическую;
- 2) электротепловые или электротермические, в которых происходит переход электрической энергии в тепловую или тепловой в электрическую;
- 3) электромагнитные или ферромагнитные, в основе действия которых лежит электромагнитное явление и используются свойства ферромагнитных материалов;
- 4) электронные, к которым относятся электронные лампы, полупроводниковые элементы, фотоэлементы и т. п.;
- 5) ионные, в которых используются процессы в ионизированных газах (газотроны, тиратроны и др.);
- 6) радиоактивные, т. е. используются вещества, обладающие радиоактивным излучением;
- 7) пневматические, использующие энергию сжатого воздуха или каких-либо иных газов под давлением;
- 8) гидравлические, действие которых основано на использовании энергии жидкости под давлением.

В общем виде элемент (рис. 2) представляет собой преобразователь, на вход которого подается сигнал $X_{вх}$, а на выходе получается сигнал $X_{вых}$. Элементы могут быть *пассивными* и *активными*. В пассивных элементах (рис. 2, а) отсутствует вспомогательный источник энергии (ВИЭ), в них сигнал $X_{вых}$ получается за счет сигнала $X_{вх}$, а в активных элементах имеется вспомогательный источник энергии (рис. 2, б). В этих элементах входная величина только управляет передачей энергии от ВИЭ выходной величине. Если в пассивных элементах в результате потерь выходной сигнал меньше входного, то в активных элементах выходной сигнал может быть и больше входного сигнала, так как в данном элементе возможно усиление сигнала за счет ВИЭ. Величины $X_{вх}$ и $X_{вых}$ могут быть как электрическими (ток, напряжение, сопротивление), так и неэлектрическими (давление, скорость, температура, перемещение и др.).

Чтобы оценить свойства элементов автоматического устройства, необходимо знать их показатели. В автоматике свойства функциональных элементов оцениваются различными показателями, связанными с входной и выходной величинами. Если входная величина элемента с течением времени не изменяется,

режим элемента называется *статическим*. Если же входная величина элемента изменяется с течением времени, то это сопровождается соответствующим изменением выходной величины. Подобный режим называется *динамическим*.

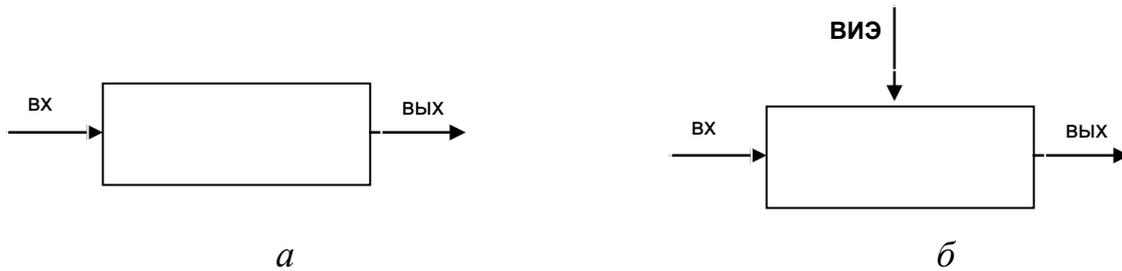


Рис. 2. Элементы автоматики:
a – пассивный; *б* – активный

Передача сигналов от одного элемента к другому осуществляется посредством связей между ними. Связи могут быть *механическими, электрическими, пневматическими, гидравлическими* и др.

Различают также *прямые и обратные* связи. Посредством прямых связей сигнал с выхода предыдущего элемента передается на вход последующего.

Под обратными связями понимают связи, посредством которых сигнал с выхода элемента передается на его вход или с выхода одного из последующих элементов передается на вход одного из предыдущих элементов (рис. 3).

Сигнал, передаваемый по цепи обратной связи, называется сигналом обратной связи $X_{o.c}$. Обратные связи могут охватывать и всю систему в целом, т. е. передавать сигналы с выхода системы обратно на ее вход. Такие обратные связи называют главными, в отличие от местных, охватывающих отдельные элементы или часть системы.

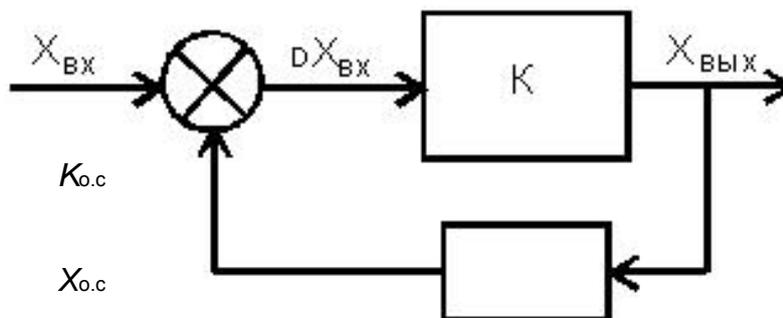


Рис. 3. Обратные связи

Величина $K_{o.c}$ показывает, какая часть выходного сигнала V поступает обратно на вход в виде сигнала обратной связи $X_{o.c}$.

Если сигнал обратной связи и выходной сигнал к входу элемента подключены параллельно, обратная связь называется *параллельной*. При последовательном подключении входного сигнала и сигнала обратной связи последняя называется *последовательной*. Обратные связи действуют, т. е. передают сигналы, как в установившихся, так и в переходных процессах и называются соответственно *жесткими* и *гибкими* обратными связями.

Для автоматических систем характерно наличие сигналов, изменяющихся с течением времени. При этом как входные величины, так и выходные для элементов и системы в целом не остаются постоянными.

Такое состояние системы называем *динамическим*, а показатели, характеризующие поведение элементов в динамическом режиме – *показателями динамики элемента* или его *динамическими показателями*. Процесс, протекающий в элементе при изменении его входной величины, называется *переходным процессом*.

Контрольные вопросы

1. Дать характеристику состояниям технологического процесса.
2. Перечислить задачи автоматической взрывопожарной защиты, решаемые с помощью приборов и систем производственной автоматики.
3. Классификация производственной автоматики по функциональному признаку.
4. Дать определение элементу производственной автоматики.
5. На какие типы, в зависимости от вида выполняемых функций, делят элементы автоматики?
6. Пояснить разделение элементов, выполняющих те или иные функции, по физическим принципам.
7. Пояснить, что значит пассивный и активный элементы производственной автоматики.
8. Пояснить, почему режим элемента (системы производственной автоматики) называется статическим или динамическим.
9. В каком случае обратная связь называется параллельной, последовательной, жесткой, гибкой?

ГЛАВА 2. ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

2.1. АВТОМАТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

Автоматическая система состоит из объекта автоматизации и автоматических устройств, взаимодействующих друг с другом во время совместной работы. По назначению автоматические системы классифицируются на системы автоматического контроля и сигнализации; автоматической защиты и блокировки; автоматического управления; автоматического регулирования.

Системы автоматического контроля и сигнализации обеспечивают наблюдение за состоянием параметров технологического процесса производства: температуры, давления, уровня, расхода, концентрации и т. д. Приборы контроля извещают обслуживающий персонал о состоянии контролируемых объектов и дают возможность своевременно принять необходимые меры, исключая их отклонение от опасных пределов. Основными элементами систем автоматического контроля (рис. 4) являются: измерительный преобразователь (датчик) 1, канал связи 2 (медные, стальные, алюминиевые или полиэтиленовые трубки, электропроводы), вторичный прибор 3, сигнальные лампы-звонки 4.

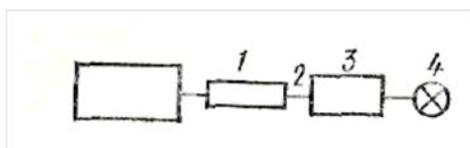


Рис. 4. Основные элементы системы автоматической защиты

На основе приборов автоматического контроля в условиях производства применяют три вида технологической сигнализации: контрольную (извещает о состоянии контролируемых объектов: открыты или закрыты регулирующие органы, включены или отключены насосы, воздуходувки и т. п.); предупредительную (извещает о возникновении опасных изменений технологического режима, т. е. о достижении крайних, предельных значений технологических параметров, дальнейшее отклонение от которых может привести к аварии, пожарам и взрывам) и аварийную (извещает о недопустимых отклонениях технологических параметров или о внезапном, аварийном отключении оборудования).

Системы автоматической защиты и блокировки подают сигналы об опасных, аварийных отклонениях технологических параметров в процессах, где авария может привести к тяжелым последствиям, частично или полностью останавливают процесс, прекращают подачу сырья или теплоносителя, стравливают избыток паров и газов в атмосферу. Автоматическая защита широко применяется для предотвращения переполнения горючими жидкостями технологических аппаратов и газгольдеров газом; защиты компрессорных установок от перегрева и избыточных давлений; локализации перехода самоускоряющихся реакций во взрыв и т. п.

Основными элементами системы автоматической защиты (рис. 5) являются измерительный преобразователь (датчик) 1, канал связи 2, вторичный прибор 3, сигнальные лампы-звонки 4, исполнительный механизм 5 и регулирующий орган 6.

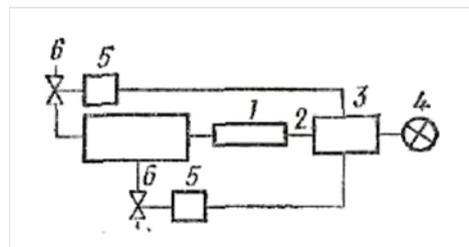


Рис. 5. Основные элементы системы автоматического контроля

Автоматическая блокировка относится к особому виду автоматической защиты и предупреждает о возможности неправильных или несвоевременных включений и отключений машин и аппаратов, могущих привести к авариям, пожарам и взрывам.

Автоматическая блокировка применяется для предупреждения образования взрывоопасных концентраций в технологических установках, где имеются клапаны переключения коммуникаций; в производственных помещениях, где выделяются ядовитые и взрывоопасные пары и газы (блокировка газоанализаторов с вентиляционными установками) и т. п.

Системы автоматического управления предназначены для автоматической смены предусмотренных операций в технологическом процессе производства. Они действуют по заранее разработанной программе и не только обеспечивают повторение циклов с определенным комплексом мероприятий, но и могут управлять более сложным ходом производства, состоящим из нескольких последующих циклов.

Повсеместное решение объективно необходимых задач управления становится возможным на основе разработки и применения АСУ с широким использованием электронно-вычислительных машин.

В процессе управления производством выполняются следующие операции:

- получение информации о состоянии объекта управления с помощью средств и систем автоматического контроля;
- обработка и анализ полученной информации, благодаря которым формируется решение о характере воздействия на управляемый объект;
- реализация принятого решения с помощью устройств, непосредственно воздействующих на объект.

Системы автоматического регулирования используются при управлении непрерывными технологическими процессами для поддержания заданных физических величин, характеризующих протекание технологического процесса, или изменения их по определенному закону (программе).

Автоматическое регулирование является наиболее совершенным видом автоматизации и выполняет одновременно функции контроля и управления. Всякая автоматическая система регулирования состоит из двух взаимодействующих между собой частей: объекта регулирования и регулятора. Существует большое число разнообразных типов регуляторов. Однако все они представляют собой совокупность некоторых элементов, выполняющих определенные функции (рис. 6): измерительного преобразователя 1, устройства сравнения 2, задающего устройства 3, управляющего устройства 4, исполнительного механизма 5 и регулирующего органа 6.

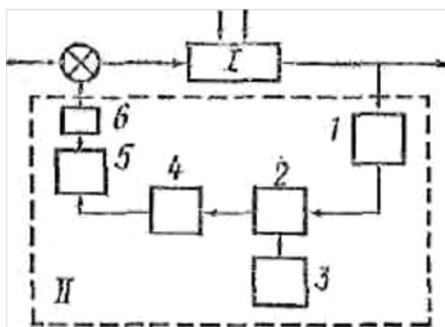


Рис. 6. Основные элементы системы автоматического регулирования:

I – объект регулирования; II – регулятор

Измерительный преобразователь (датчик) производит непрерывное измерение текущего значения регулируемой величины в объекте управления, который испытывает возмущающие воздействия и преобразует эту величину в соответствующий сигнал (например, электрический или пневматический).

Задающее устройство выдает сигнал, соответствующий заданному значению регулируемой величины. Устройство 2 сравнивает сигналы от датчика и задающего устройства 3 и в случае их различия выдает сигнал рассогласования (разбаланса) на управляющее устройство. Управляющее устройство 4 пре-

образует, а в случае необходимости усиливает этот сигнал, и с помощью исполнительного механизма 5 и регулирующего органа 6 осуществляет управляющее воздействие на объект управления.

Автоматическое регулирование технологических процессов нашло применение на всех пожаровзрывоопасных объектах.

2.2. КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

Контрольно-измерительные приборы – устройства для получения информации о состоянии технологических процессов путем измерения их параметров (температуры, давления, расхода, уровня). К контрольно-измерительным приборам относятся первичные приборы и измерительные преобразователи. *Первичные приборы* могут быть показывающими, сигнализирующими, самопишущими и с дистанционной передачей показания на расстоянии (к вторичному прибору). К *измерительным преобразователям* относятся датчики и преобразователи, работающие в комплекте со вторичными или регулирующими приборами.

Первичные измерительные преобразователи (датчики) систем автоматики предназначены для восприятия, измерения и преобразования определенных величин параметров в технологическом процессе производства. Они качественно изменяют входную величину и преобразуют ее в другой вид сигнала. Наибольшее распространение получили датчики, преобразующие неэлектрические величины в электрические. В некоторых системах автоматики используются датчики, которые преобразуют один вид неэлектрических сигналов в другой, например, в пневматический, гидравлический, линейное расширение твердого тела.

Если необходимо иметь информацию о контролируемой величине непосредственно по месту установки датчика, то он оборудуется отсчетными и записывающими устройствами. Датчики, служащие только для передачи показаний на вторичные приборы, называются «слепыми».

По роду измеряемой величины различают первичные измерительные преобразователи температуры, давления, уровня, расхода, состава, концентрации и т. п.

Контрольно-измерительные приборы температуры

Первичные измерительные приборы и преобразователи температуры: термометры расширения, манометрические термометры, термометры сопротивления и термопары, пирометры излучения.

Термометры расширения. Принцип действия основан на свойстве твердых и жидких тел изменять свою длину или объем под влиянием температуры окружающей среды. Эти приборы можно разделить на биметаллические, дилатометрические, жидкостные стеклянные.

Принципиальная схема биметаллического термометра приведена на рис. 7. Две тонкие металлические пластинки (рис. 7, а) из материалов с различными температурными коэффициентами линейного расширения жестко соединены между собой (сварены, спаяны и т. п.). При изменении температуры произойдет деформация (изгиб) биметаллического элемента. Например, если температура повысится, то изгиб элемента произойдет в сторону пластины с малым температурным коэффициентом. Чтобы повысить чувствительность элемента, ему придают форму спирали (рис. 7, б).

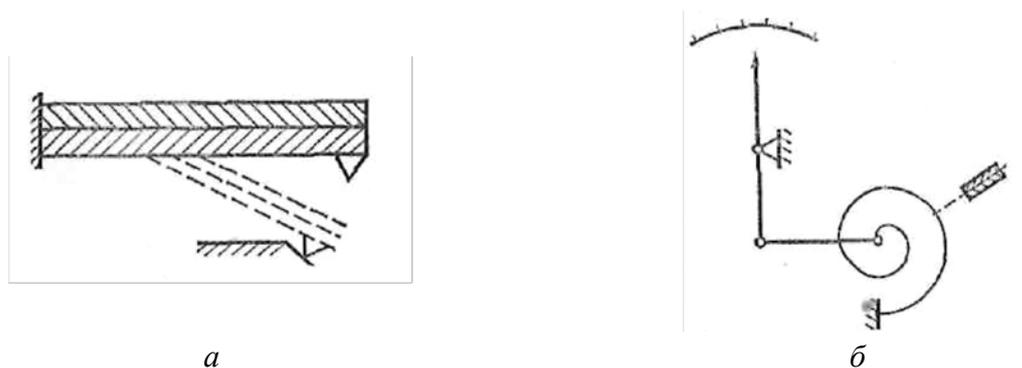


Рис. 7. Схемы биметаллических термометров:
а – с плоским элементом; б – со спиральным элементом

В качестве материала с большим температурным коэффициентом линейного расширения применяют никель, латунь, сталь, а для пластин с малым коэффициентом линейного расширения – инвар. Биметаллические термометры используются для измерения температуры в пределах от 150 до 700 °С.

Дилатометрический термометр (рис. 8) состоит из трубки 1, выполненной из металла с большим температурным коэффициентом, и стержня 2 – из металла с малым температурным коэффициентом. Стержень прикреплен к дну трубки жестко, а сама трубка помещена в контролируемую среду, причем правый конец ее закреплен неподвижно. При повышении температуры разность в удлинениях между трубкой и стержнем передается с помощью рычага на стрелку 3, указывающую на шкале температуру измеряемой среды.

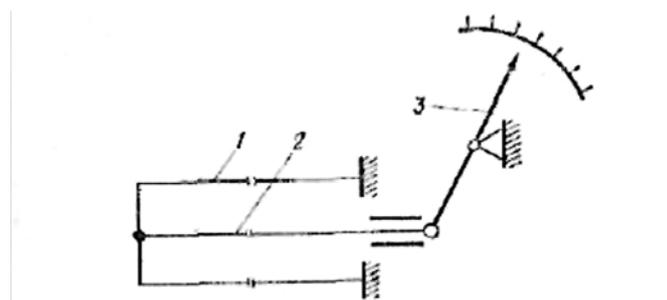


Рис. 8. Схема дилатометрического термометра:
1 – трубка; 2 – стержень; 3 – устройство для отсчета

Манометрические термометры. Принцип действия основан на зависимости между температурой и давлением рабочего вещества, заключенного в замкнутую систему, которую составляют (рис. 9): термобаллон 1, трубчатая пружина 2 и капиллярная трубка 3.

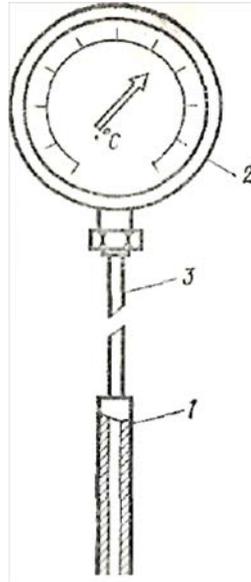


Рис. 9. Схема манометрического термометра:
1 – термобаллон; 2 – трубчатая пружина; 3 – капилляр

В зависимости от вида заключенного в замкнутой системе вещества они разделяются на жидкостные, газовые и паровые.

Для заполнения жидкостных манометрических термометров используют кремнийорганическую жидкость ПМС-5; для газовых – нейтральные газы (азот, аргон); для паровых – низкокипящие жидкости (фреон, хлористый метил, ацетон и др.).

При повышении температуры рабочее тело расширяется и приводит в действие трубчатую пружину, которая перемещает стрелку относительно шкалы, градуированной в единицах температуры.

Недостатком таких приборов является сравнительно большая тепловая инерция, обусловленная низким коэффициентом теплообмена между стенками термобаллона и наполняющим его газом, а также малой теплопроводностью газа.

Электрические термометры сопротивления. Принцип действия основан на свойстве проводниковых и полупроводниковых материалов изменять свое электрическое сопротивление при изменении температуры окружающей среды.

В качестве проводников используется медная или платиновая проволока, намотанная на каркас из диэлектрика и заключенная в защитный кожух (рис. 10). Концы проводника включены в электрическую цепь вторичного прибора.

С повышением температуры электрическое сопротивление металлов возрастает. Возрастание сопротивления платины происходит нелинейно. Изменение сопротивления меди отличается большой плавностью и выражается линейной функцией

$$R_t = R_0(1 + \alpha t),$$

где R_t – электрическое сопротивление медного проводника при t °С; R_0 – электрическое сопротивление проводника при 0 °С; α – температурный коэффициент электрического сопротивления.

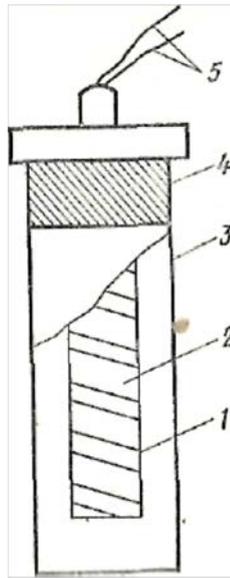


Рис. 10. Схема термометра сопротивления:
1 – медная или платиновая проволока; 2 – каркас;
3 – защитная оболочка; 4 – резьба; 5 – провода

Для измерения температуры термометр сопротивления погружают в контролируемую среду. При изменении сопротивления проводника изменяется величина проходящего по нему электрического тока, что регистрируется вторичным прибором.

Медные термометры сопротивления используются для измерения температуры от –50 до 180 °С, платиновые – для измерения температуры от –200 до 620 °С.

Полупроводниковые терморезисторы (ПТР) представляют собой термометры сопротивления, выполненные из полупроводников с большим, обычно отрицательным, температурным коэффициентом. При повышении температуры увеличивается количество «свободных» электронов и электропроводимость полупроводника.

Чувствительность полупроводниковых термосопротивлений в 5–10 раз больше металлических. Они изготавливаются из окислов различных металлов: титана, меди, кобальта, железа, никеля, урана и других или из смеси этих окислов, используются для измерения температуры до 400 °С.

Полупроводниковые терморезисторы позволяют измерять температуру с высокой точностью и имеют малые размеры. Недостатками ПТР являются малая температурная стойкость и различные градуировочные характеристики, что затрудняет их взаимозаменяемость.

Термоэлектрические пирометры (термопар). Принцип действия основан на явлении термоэлектрического эффекта. Возникновение термоэлектродвижущей силы (термоЭДС) происходит вследствие того, что концентрация свободных электронов в металлах термоэлектродов термопар при одной и той же температуре различна для разных металлов.

Термопара представляет собой разнородные металлические проводники (рис. 11), спаянные между собой с одного конца, который называется горячим спаем. Проводники на другом конце, который называется свободным концом или холодным спаем, остаются свободными и предназначены для присоединения к измерительному прибору.

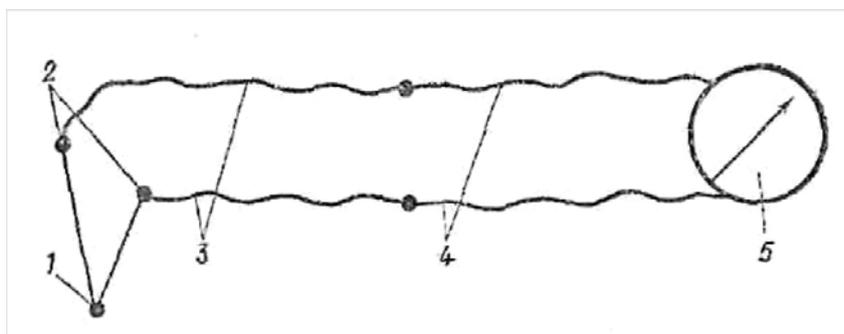


Рис. 11. Схема соединения термопары с измерительным прибором:
1 – горячий спай; 2 – холодный спай; 3 – компенсационные провода;
4 – соединительные провода; 5 – измерительный прибор

При нагревании горячего спая, вследствие разности температур горячего и холодного спаев, возникает термоЭДС, изменение которой передается в схему измерительного прибора. При измерении температуры горячего спая температуру холодного спая стабилизируют, т. е. относят в зону с постоянной температурой. Для этого применяют так называемые компенсационные провода, соединяющие холодные концы термопары с измерительным прибором.

В промышленности применяют различные термопары с термоэлектродами, изготовленными как из чистого металла, так и из их сплавов. Материалы термоэлектродов имеют индивидуальные градуировочные характеристики – зави-

симось термоЭДС от температуры спая и предельную измеряемую температуру. Наиболее употребляемые термоэлектродные пары образуют стандартные термопары: хромель-копель (градуировка ХК) с предельной температурой 600 °С, хромель-алюмель (ХА) с предельной температурой 1100 °С, платинородий-платина (ПП) с предельной температурой 1600 °С. Для длительного измерения температур до 2000 °С применяют вольфрам-молибденовые и вольфрам-иридиевые термопары.

Электроды термопар размещаются в защитных металлических чехлах, изолированы друг от друга и от чехла фарфоровыми изоляторами. На головке чехла указывается марка термопары, например, ПП, ХА, ХК.

Пирометры излучения. Принцип действия основан на изменении интенсивности излучения нагретых тел в зависимости от изменения температуры. Применяются для измерения температур от 600 до 6000 °С (рис. 12).

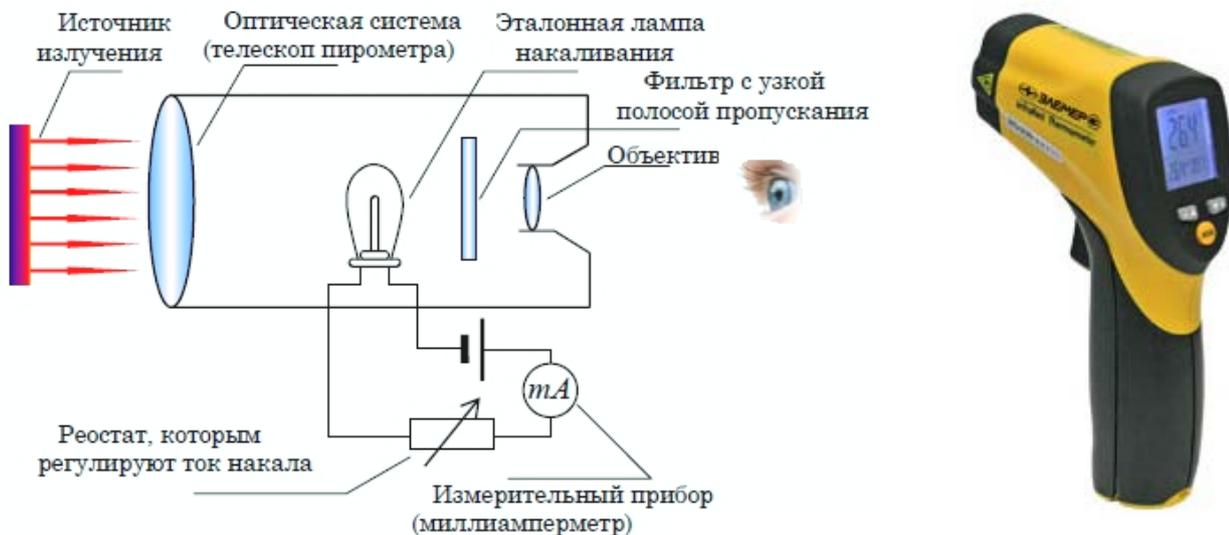


Рис. 12. Визуальный яркостный пирометр с исчезающей нитью

В простейшем визуальном яркостном пирометре с исчезающей нитью объектив фокусирует изображение исследуемого тела на плоскость, в которой расположена нить (ленточка) специальной лампы накаливания. Через окуляр и красный фильтр, позволяющий выделять узкую спектральную область около длины волны $\lambda = 0,65$ мкм, нить рассматривают на фоне изображения тела и, изменяя ток накала нити, добиваются, чтобы яркости нити и тела были одинаковыми (нить становится неразличимой на фоне тела). Шкалу прибора, регистрирующего ток накала, градуируют обычно в градусах Цельсия (°С) или кельвинах (К), и в момент выравнивания яркостей нити и тела прибор показывает так называемую яркостную температуру (Т) тела. Истинная температура тела определяется на основе законов теплового излучения Кирхгофа и Планка.

Контрольно-измерительные приборы уровня

Первичные измерительные преобразователи уровня – это устройства, которые служат для контроля уровня жидкостей и твердых сыпучих материалов или положения границы раздела двух несмешивающихся жидкостей в различных резервуарах, емкостях и т. д., и называются уровнемерами. Для измерения уровня жидкостей чаще применяются поплавковые, гидростатические, электрические, радиационные уровнемеры.

Поплавковые уровнемеры. Принцип действия основан на перемещении поплавка, плавающего на поверхности жидкости, вверх или вниз в зависимости от повышения или понижения уровня (рис. 13).

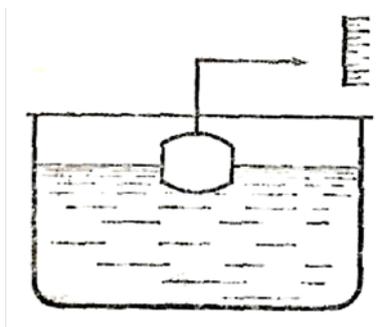


Рис. 13. Схема поплавкового уровнемера

Поплавок выполняется в виде пустотелого шара, или тела другой формы из металла либо стекла, или цельным из пористого стекла и других легких материалов. Показывающее устройство прибора соединено с поплавком с помощью системы передач.

Гидростатические уровнемеры. Принцип действия основан на измерении давления столба жидкости в контролируемом объеме. Для измерения уровня жидкостей в открытых и закрытых сосудах применяют гидростатические уровнемеры с дифманометром (рис. 14).

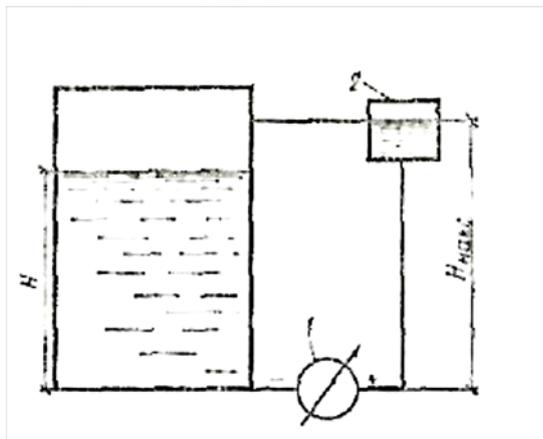


Рис. 14. Схема гидростатического уровнемера:
1 – дифманометр; 2 – уравнительный сосуд

Пространство над жидкостью через уравнильный сосуд соединяется с одной из камер дифманометра. Этот сосуд заполняют жидкостью, столб которой создаст постоянное гидростатическое давление в одной из камер дифманометра. Высота столба жидкости H создаст давление во второй камере дифманометра. Таким образом дифманометр измеряет перепад давлений H_0-H , пропорциональный только уровню в объекте, а значит, шкалу дифманометра можно градуировать в единицах уровня.

Электрические уровнемеры. Простейший первичный преобразователь электрического уровнемера представляет собой электрод (металлический стержень или провод), расположенный в вертикальной металлической трубе (рис. 15).

Стержень вместе с трубой образует конденсатор. Емкость такого конденсатора зависит от уровня жидкости, так как при его изменении от нуля до максимума диэлектрическая проницаемость будет изменяться от диэлектрической проницаемости воздуха до диэлектрической проницаемости жидкости. Измерение электрической емкости первичного преобразователя осуществляют измерительным прибором.

Для повышения чувствительности приборов их электроды устанавливают в горизонтальном положении. При измерении агрессивных и электропроводящих жидкостей применяют емкостные датчики, трубки которых покрыты винили или фторопластом.

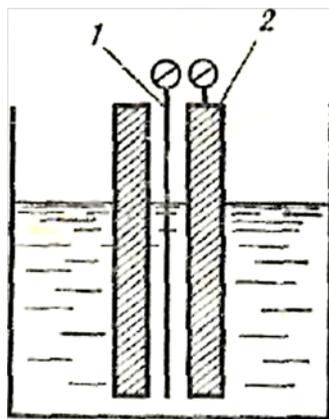


Рис. 15. Схема измерения емкостным уровнемером:
1 – электрод; 2 – металлическая труба

Радиационные уровнемеры. Принцип действия этого прибора основан на радиоактивном просвечивании контролируемого объекта γ -лучами и поглощении γ -лучей при их прохождении через слой вещества. Сосуд, в котором измеряется уровень жидкости (рис. 16), располагается между источником и счетчиком радиоактивного излучения.

При понижении уровня поглощающая способность среды уменьшается и счетчик выдает сигнал более высокого уровня, а при повышении – поглощающая способность возрастает и в счетчик приходит ослабленный поток радиации, в результате чего выходной сигнал счетчика будет иметь более низкий уровень.

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

По принципу действия расходомеры можно разделить на расходомеры переменного и постоянного перепадов давлений, переменного уровня.

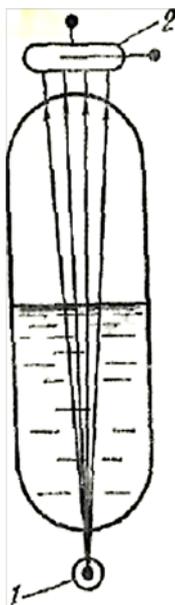


Рис. 16. Схема радиоактивного уровнемера:
1 – радиоактивный источник; 2 – счетчик излучения

Расходомеры переменного перепада давлений. Действие этих приборов основано на возникновении перепада давлений на установленном внутри трубопровода сужающемся устройстве постоянного сечения. Разность статических давлений до и после сужающегося устройства (перепад давлений), измеряемая дифференциальным манометром, зависит от расхода протекающего вещества и может служить мерой расхода.

Расходомеры постоянного перепада давлений (ротаметры). Действие этих приборов основано на перемещении чувствительного элемента (поплавка), установленного в вертикальной конической трубке; через нее снизу подается вещество, расход которого измеряется. При изменении расхода жидкости, газа или пара поплавки перемещаются вверх и изменяется проходное отверстие трубки. Высота подъема поплавка функционально связана с расходом. При

этом перепад давления на поплавке при перемещении его вдоль оси трубки остается практически постоянным.

Расходомеры переменного уровня. Действие этих приборов основано на изменении высоты уровня жидкости в сосуде при непрерывном поступлении и свободном истечении ее из сосуда.

Существуют и другие виды расходомеров, действие которых основано на некоторых физических закономерностях (изменении электрических параметров и теплоотдачи к потоку, уменьшении интенсивности ультразвука или радиоактивного излучения в зависимости от расхода).

Для контроля уровня сыпучих материалов могут применяться электрические и радиоактивные уровнемеры.

Первичные измерительные преобразователи расхода. Измерение расхода на основе переменного перепада давлений – наиболее распространенный в производственной практике метод. Он обладает рядом достоинств, к которым следует отнести: сравнительно высокую точность измерения; удобство и универсальность; возможность измерения расхода веществ, находящихся при различных температурах и давлениях.

Суть метода заключается в следующем. Если в трубопроводе установить местное сужающее устройство (рис. 17), то вследствие перехода потенциальной энергии потока в кинетическую его средняя скорость в суженном сечении повышается, в результате статическое давление в данном сечении становится меньше статического давления перед сужающим устройством.

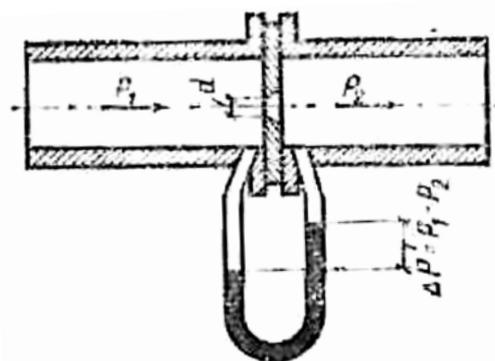


Рис. 17. Схема стандартной диафрагмы

Разность (перепад) давлений до и после сужающего устройства тем больше, чем больше расход вещества, и, следовательно, может служить мерой расхода.

$$\Delta P = P_1 - P_2,$$

где P_1 – давление до сужения; P_2 – давление после сужения.

Для измерения расхода методом переменного перепада давления используются стандартные диафрагмы, сопла (рис. 18), сопла Вентури (рис. 19).

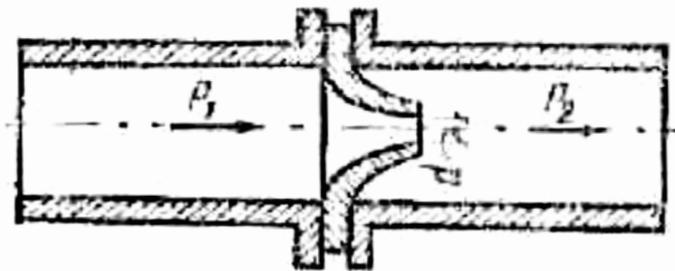


Рис. 18. Схема стандартного сопла

Из них более сложными и совершенными сужающими устройствами являются расходомерные сопла Вентури, имеющие плавно сужающуюся входную часть в виде сопла, небольшую цилиндрическую горловину и постепенно расширяющуюся выходную часть — диффузор.

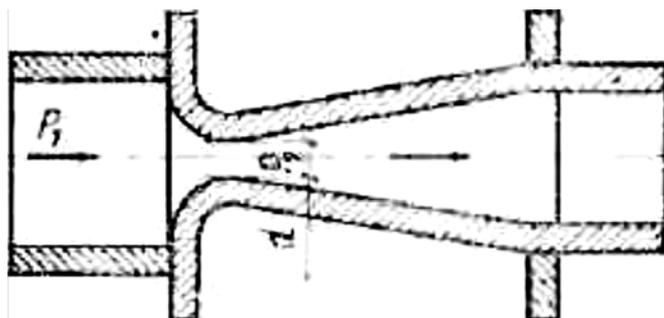


Рис. 19. Схема сопла Вентури

Отбор большего давления (+) производится через отверстие перед сужением трубы, а меньшего (–) – через отверстия в ее горловине. Отверстия сообщаются с двумя кольцевыми камерами, которые присоединяются к дифманометру. В отличие от диафрагм сопла в силу своей конфигурации меньше загрязняются и подвергаются коррозии.

Расходомерные сопла Вентури применяются в тех промышленных установках, где недопустимы большие потери давления.

К группе первичных измерителей расхода постоянного перепада относятся ротаметры (рис. 20), которые состоят из корпуса в виде конической трубки или цилиндрического корпуса с диафрагмой и поплавка. Масса поплавка уравнивается силой, создаваемой перепадом давлений на кольцевом зазоре между поплавком и стенками трубки.

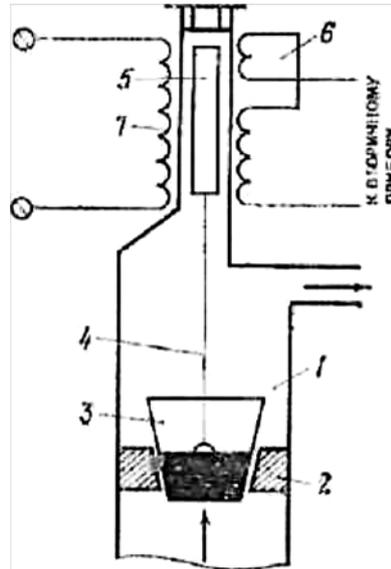


Рис. 20. Схема ротаметра с электрической дистанционной передачей:

1 – корпус; 2 – диафрагма; 3 – поплавок; 4 – шток; 5 – сердечник;
6 – вторичная обмотка; 7 – первичная обмотка

Для дистанционной передачи показаний на вторичные приборы используют промежуточные преобразователи линейного перемещения в унифицированный электрический или пневматический сигнал.

Контрольно-измерительные приборы давления

Давление определяется отношением силы, равномерно распределенной по площади и нормальной к ней, к размеру этой площади. В зависимости от измеряемой величины приборы для измерения давления делятся :

на манометры – для измерения средних и больших избыточных давлений;

вакуумметры – для измерения средних и больших разрежений;

мановакуумметры – для измерения средних и больших давлений и разрежений;

напоромеры – для измерения малых избыточных давлений;

тягомеры – для измерения малых разрежений;

тягонапоромеры – для измерения малых избыточных давлений и разрежений;

дифманометры – для измерения разности перепада давлений;

барометры – для измерения атмосферного давления;

По принципу действия различают следующие приборы для измерения давления: жидкостные, пружинные, поршневые, электрические, радиоактивные.

Жидкостные приборы. В этих приборах измеряемое давление или разрежение уравнивается гидростатическим давлением столба рабочей жидкости, в качестве которой применяются ртуть, вода, спирт и др.

Пружинные приборы. Измеряемое давление или разрежение уравновешивается силами упругого противодействия различных чувствительных элементов (трубчатой пружины, мембраны, сиффона и т. п.), деформация которых, пропорциональная измеряемому параметру, передается посредством системы рычагов на стрелку или перо прибора.

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

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

Пьезоэлектрические приборы. В этих приборах используется пьезоэлектрический эффект, заключающийся в возникновении электрических зарядов на поверхности некоторых кристаллов (кварца, сегнетовой соли, турмалина) при приложении к ним силы в определенном направлении.

Радиоактивные приборы. Давление определяется изменением степени ионизации или степени поглощения γ -лучей при изменении плотности вещества.

Рассмотрим основные первичные измерительные преобразователи давления и разрежения, применяемые в контрольно-измерительных приборах давления. Для измерения давления широкое распространение получили мембраны, сиффоны, трубчатые пружины и т. д. Принцип их действия основан на уравновешивании измеряемой величины силами деформации различных упругих элементов.

Мембрана – это плоский или гофрированный диск, зажатый между фланцами (рис. 21). К центральной части мембраны для увеличения ее жёсткости прикрепляют жесткий диск. Изготавливаются мембраны чаще всего из фосфористой или бериллиевой бронзы, хромоникелевой стали толщиной 0,05–1,5 мм. Мембраны из неметаллических материалов (резина, прорезиненная ткань, пластмассы и др.) имеют толщину 0,2–7 мм.

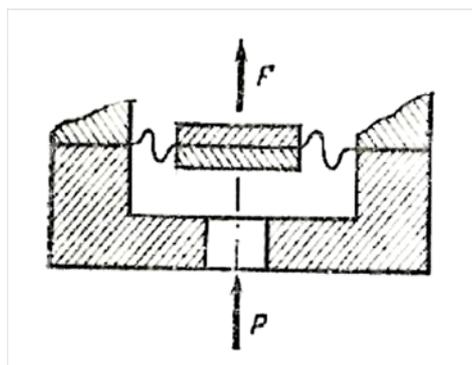


Рис. 21. Мембрана

Измеряемая среда поступает в мембранную полость, изменение давления в мембранной полости вызывает ее деформацию и приводит в движение связанный с мембраной сердечник индуктивной катушки.

Сильфоны представляют собой гофрированные тонкостенные цилиндрические сосуды (рис. 22). Принцип их действия аналогичен принципу действия приборов с плоской мембраной. Достоинством сильфонов является их высокая чувствительность и компактность. Изготавливают их чаще всего из латуни, фосфористой и бериллиевой бронзы.

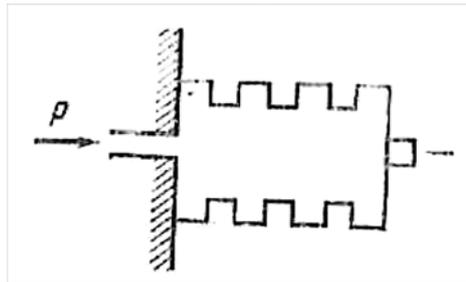


Рис. 22. Сильфон

Одновитковая трубчатая пружина (рис. 23) имеет эллиптическое сечение. Свободный конец ее запаян, а неподвижный закреплен в штуцере. Через штуцер, который служит для установки прибора на объекте измерения, во внутреннюю полость подводится измеряемое давление P . При увеличении давления свободный конец пружины перемещается и приводит в движение передаточный механизм со стрелкой.

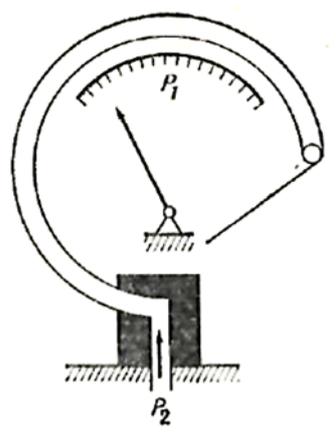


Рис. 23. Одновитковая трубчатая пружина

Многовитковые трубчатые пружины (рис. 24) обычно состоят из 0–9 витков плоской трубки и по существу представляют ряд последовательно соединенных одновитковых пружин. Чувствительность многовитковых пружин выше, что позволяет осуществлять электрическую или иную передачу показаний.

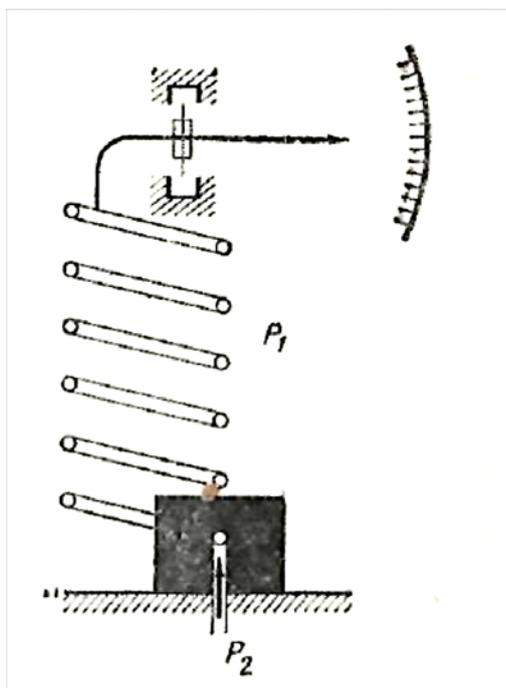


Рис. 24. Многовитковая трубчатая пружина

В большинстве случаев первичные преобразователи давления имеют неэлектрический выходной сигнал в виде силы или перемещения. Если же результаты измерений необходимо передать на расстояние, то применяют промежуточное преобразование этого неэлектрического сигнала в унифицированный электрический или пневматический. При этом первичный и промежуточный преобразователи объединяют в один измерительный преобразователь. В настоящее время разработана унифицированная система взаимозаменяемых пневматических датчиков блочного типа.

2.3. ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА

В автоматических системах исполнительным устройством называется элемент, который непосредственно воздействует на технологический процесс в соответствии с командной информацией, поступающей от регулятора или устройства дистанционного управления. Командная информация поступает на исполнительное устройство в виде давления сжатого воздуха в диапазоне $2 \cdot 10^4 - 10^5$ Па, тока силой 0–5 мА или в какой-либо иной форме.

Исполнительные устройства состоят из двух основных функциональных блоков: исполнительного механизма (ИМ) и регулирующего органа (РО). Исполнительный механизм – это звено исполнительного устройства, предназначенное для перемещения регулирующего органа в соответствии с управляющими сигналами (командной информацией). Как правило, мощности управ-

ляющего сигнала недостаточно для непосредственного перемещения регулирующего органа, поэтому исполнительный механизм можно рассматривать как усилитель мощности, с помощью которого слабый входной сигнал, усиливаясь во много раз за счет энергии источника питания, передается на регулирующий орган.

По виду используемой энергии исполнительные механизмы делятся на пневматические, гидравлические и электрические. Пневматические исполнительные механизмы – на мембранные и поршневые.

Мембранный исполнительный механизм (рис. 25) состоит из корпуса головки 1, мембраны из прорезиненной ткани 2, металлического диска 3, штока 4, жестко соединенного с диском, и пружины 5.

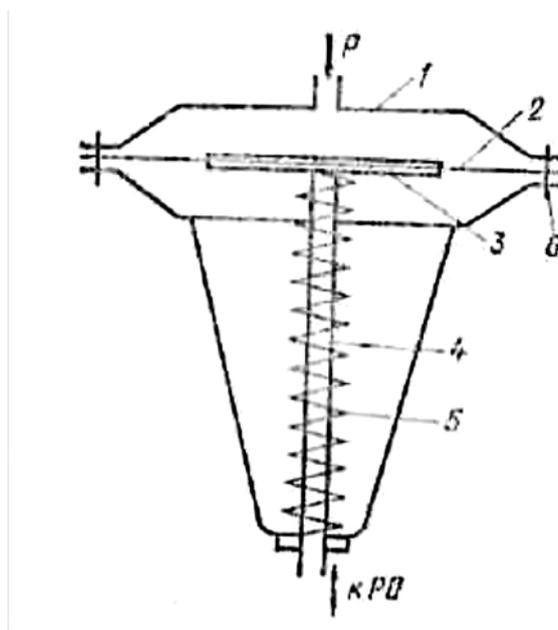


Рис. 25. Схема мембранного исполнительного механизма:
1 – корпус головки; 2 – мембрана; 3 – диск; 4 – шток; 5 – пружина

При отключении регулируемой величины от заданного значения давление воздуха P , поступающего от пневматического регулятора в полость над мембраной и диском, изменяется, шток перемещается либо вниз (при увеличении давления), либо вверх (при уменьшении давления). Шток, связанный с РО непосредственно или через рычаг, перемещает его в новое положение.

В тех случаях, когда мембранный исполнительный механизм предназначен для управления регулирующим клапаном, их конструктивно объединяют.

Поршневой исполнительный механизм (рис. 26) состоит из цилиндра 1 с поршнем 2, шток 3 которого соединяется с РО. В зависимости от того, в какую полость цилиндра (А или Б) будет поступать управляющий сигнал $P_{упр}$ от регулятора, поршень со штоком будет перемещаться либо вправо, либо влево.

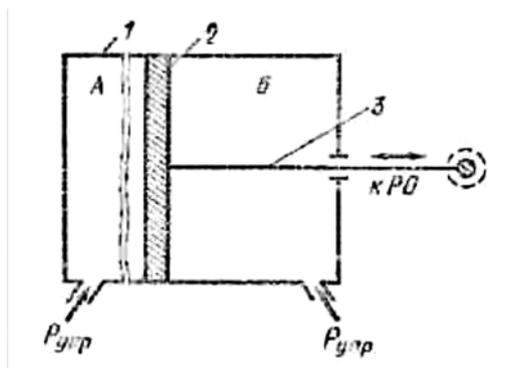


Рис. 26. Упрощенная схема поршневого исполнительного механизма:

1 – цилиндр; 2 – поршень; 3 – шток

Гидравлические исполнительные механизмы предназначены для преобразования сигнала, поступающего от гидравлического регулятора в перемещающийся регулирующий орган. Выпускается два типа гидравлических ИМ: прямого хода и кривошипные. По принципу действия они аналогичны пневматическому поршневому ИМ.

Электрические исполнительные механизмы можно разделить на две основные группы: соленоидные и с электродвигателем.

2.4. ВТОРИЧНЫЕ ПРИБОРЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ И СИГНАЛИЗАЦИИ

Эти приборы служат для восприятия сигналов от преобразователя с места измерения и преобразования их в целях перемещения указателя относительно шкалы, а также для записи значений контролируемой величины на специальной диаграммной бумаге и сигнализации при достижении установленных минимальных или максимальных значений.

Вторичные приборы представляют собой металлический или пластмассовый корпус, в котором заключены отдельные узлы прибора, связанные между собой электрическими и механическими связями. В корпусы вторичных приборов могут встраиваться регулирующие устройства. В этом случае вторичный прибор позволяет не только производить отсчет, запись или сигнализацию, но и выдавать управляющий сигнал для воздействия на объект управления.

Вторичные приборы классифицируются по виду сигнала (электрические и пневматические), поступающего на их вход, и по функциональным признакам – показывающие, самопишущие, суммирующие, сигнализирующие. Классифицировать их по виду контролируемой величины нет смысла, так как для целого ряда параметров может быть использован один и тот же вторичный прибор (разница будет лишь в градуировке шкалы).

Пневматические приборы для измерения давления сжатого воздуха.

Для измерения унифицированного пневматического сигнала нулевым методом служат приборы ПВ – вторичные приборы пневматической системы «Старт», которые применяются как универсальные для измерения любых технологических параметров, предварительно преобразованных в давление сжатого воздуха. Рассмотрим принцип действия прибора (рис. 27). Приемный элемент (сильфон) воспринимает от датчика (первичного измерительного преобразователя) импульсы давления $P_{вх}$. Сжатый воздух от источника питания поступает в линию, сообщающую сопло с мембраной.

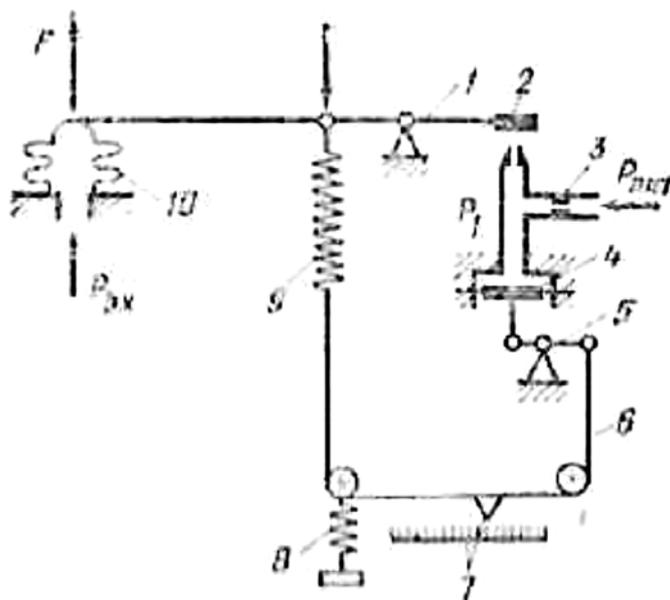


Рис. 27. Прибор для измерения давления сжатого воздуха ПВ:

1, 5 – рычаги; 2 – сопло с заслонкой; 3 – постоянный дроссель; 4 – мембрана; 6 – леска; 7 – показывающее устройство; 8 – регулировочный винт; 9 – пружина; 10 – сильфон

При изменении $P_{вх}$ меняется зазор между заслонкой и соплом, что приводит к изменению давления в корпусе мембраны. При этом мембрана прогибается и поворачивает рычаг 5, который связан с рычагом 1 с помощью пружины обратной связи. Таким образом, усилие, развивающееся на сильфоне от действия $P_{вх}$, уравновешивается усилием, которое передается с мембраны на рычаг 5. Перемещение рычага 5 передается перу или стрелке измерительного устройства, которое фиксирует показания измеряемого параметра.

Приборы для измерения постоянного напряжения – потенциометры (рис. 28). Потенциометрический метод измерения основан на уравновешивании (компенсации) измеряемой ЭДС известным падением напряжения. Схема имеет два контура. Источником питания контура I служит источник постоянного тока E , имеющий постоянную ЭДС. Источником питания контура II служит измеряемая ЭДС первичного измерительного преобразователя E_x . Реохорд имеет

сопротивление, пропорциональное его длине. Чувствительный гальванометр предназначен для измерения тока в контуре II.

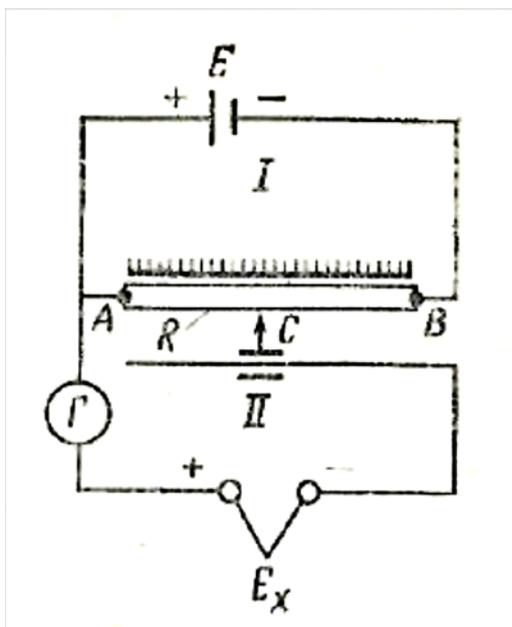


Рис. 28. Принципиальная измерительная схема потенциометра

Источник измеряемого напряжения E_x подсоединен к реохорду так, чтобы оно было направлено навстречу падению напряжения, создаваемому током I_1 на реохорде.

Перемещая движок реохорда, можно добиться того, чтобы ток в цепи, измеряемой ЭДС, отсутствовал ($I_x = 0$), при этом стрелка гальванометра остановится на нулевом делении шкалы. В этом случае

$$E_x - I_1 R_{AC} = 0$$

или

$$E_x = I_1 R_{AC} = U_{AC}$$

Следовательно, измеряемая ЭДС будет компенсироваться падением напряжения на участке цепи AC. Реохорд может быть снабжен шкалой, проградуированной в единицах напряжения или в градусах.

В промышленных потенциометрах измерения производятся автоматически, а в качестве источника питания используют стабилизированный источник питания. В автоматических потенциометрах (рис. 29) напряжение разбаланса постоянного тока преобразуется в напряжение переменного тока с помощью

вибропреобразователя и входного трансформатора, которое затем увеличивается в электронном усилителе (ЭУ) по напряжению и мощности и подается на реверсивный двигатель. Ротор двигателя в зависимости от знака разбаланса, вращаясь в ту или другую сторону, передвигает движок реохорда и восстанавливает равновесие измерительной схемы. Одновременно ротор двигателя перемещает стрелку и записывающее перо.

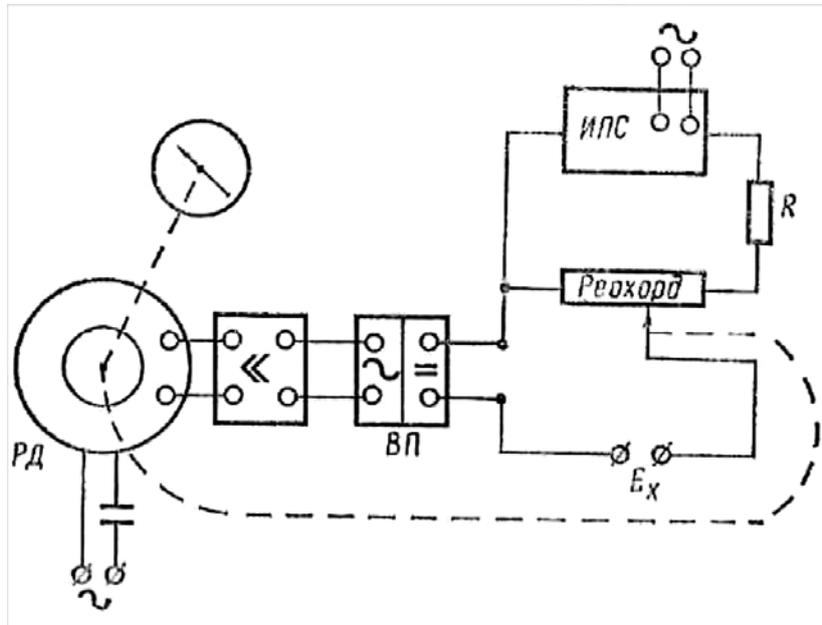


Рис. 29. Принципиальная схема автоматического потенциометра

Приборы для измерения сопротивления. При автоматическом контроле технологических параметров для измерения электрического сопротивления применяются уравновешенные и неуравновешенные мосты и логометры.

Уравновешенный мост работает по методу компенсации.

Схема уравновешенного моста (рис. 30) состоит из двух постоянных сопротивлений R_1 и R_2 , регулируемого сопротивления R_3 (реохорда) и измеряемого сопротивления R_x , включенного в одно из плеч моста с помощью соединительных проводов, сопротивление которых равно $2R$. В диагональ ab включен нуль-гальванометр НГ (высокочувствительный прибор), а в диагональ cd – источник питания. Условием равновесия моста является отсутствие тока в измерительной диагонали ab ($I_0 = 0$). В этом случае потенциалы в вершинах моста a и b равны, а значит, равны и падения напряжения на сопротивлениях R_1 и R_2 , т. е.

$$I_1 R_1 = I_2 R_2.$$

Падения напряжения на плечах ab и bd также равны, т. е.

$$I_3 R_3 = I_4 (R_x + 2R_l).$$

Разделив первое равенство на второе и приняв во внимание, что при $I_0 = 0$, $I_1 = I_3$ и $I_2 = I_4$, получим

$$R_x = \frac{R_2 R_3}{R_1 - 2R_{\text{л}}}$$

Если считать величину сопротивления соединительных проводов $R_{\text{л}}$ постоянной и известной и учесть, что R_1 / R_2 постоянно, можно сделать вывод о том, что каждому значению R_x соответствует определенное значение R_3 , величина которого определяется положением его подвижного контакта. Шкала реохорда градуируется либо в Омах, либо в единицах неэлектрической величины, например, в градусах Цельсия.

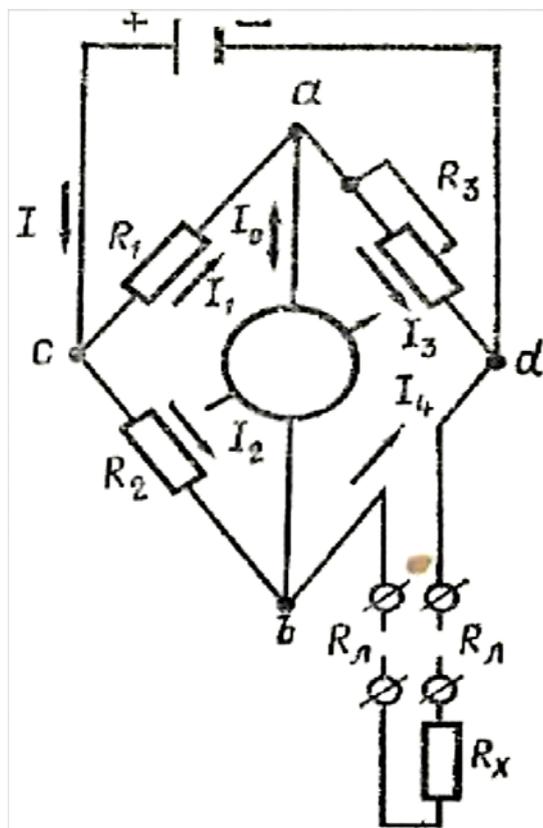


Рис. 30. Принципиальная схема уравновешенного моста

Сопротивление соединительных линий (медных проводов) заметно изменяется при значительном колебании температуры окружающей среды, что вносит ошибку в результаты измерения. Чтобы уменьшить эту погрешность, термометр сопротивления подключают к мосту по трехпроводной схеме.

В ручном уравновешенном мосте при нарушении равновесия в диагонали появляется ток, стрелка нуль-гальванометра отклоняется от нулевой отметки.

В автоматических мостах при равновесии моста положение движка реохорда и стрелки прибора соответствует измеряемому значению R_x .

Если R_x изменяется вследствие изменения температуры контролируемой величины, то в диагонали ab появится ток небаланса, который через вибропреобразователь поступает в ЭУ, где усиливается до значения, достаточного для приведения в действие реверсивного двигателя РД, ротор которого перемещает движок реохорда и показывающую стрелку до равновесия.

В настоящее время преимущественно выпускаются входящие в систему ГСП автоматические потенциометры и мосты серии КС. Промышленностью освоены и выпускаются следующие типы приборов: КС1, КС2, КС3, КС4. Типы приборов отличаются друг от друга в основном конструктивным оформлением, габаритными размерами и формой. Каждый тип приборов подразделяется на модели: потенциометры КСП1, КСП2, КСП3, КСП4; уравновешенные мосты КСМ1, КСМ2, КСМ3, КСМ4.

Контрольные вопросы

1. Перечислите три состояния технологического процесса и их назначение.
2. Классификация автоматических систем технологических процессов.
3. Перечислите основные элементы системы автоматического контроля.
4. Назначение контрольно-измерительных приборов.
5. Общая классификация и принцип действия первичных контрольно-измерительных приборов.
6. Классификация и принцип действия первичных контрольно-измерительных приборов температуры.
7. Классификация и принцип действия первичных контрольно-измерительных приборов давления.
8. Классификация и принцип действия первичных контрольно-измерительных приборов расхода.
9. Принцип действия вторичных пневматических приборов для измерения давления сжатого воздуха.
10. Принцип действия вторичных приборов для измерения постоянного напряжения.
11. Принцип действия вторичных приборов для измерения сопротивления.

ГЛАВА 3. АВТОМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ВЗРЫВООПАСНОСТИ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

3.1. АВТОМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ

Оснащение производства контрольно-измерительными и регулируемыми приборами должно быть осуществлено таким образом, чтобы оно представляло 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 производства, где обращаются горючие газы и жидкости.

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

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, результат измерения прибор показывает или записывает, а в отдельных случаях 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.

Полуавтоматический анализатор (индикатор) – устройство, предполагающее 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.

Автоматический анализатор действует полностью автоматически и может служить в качестве элементов автоматических регулирующих систем, а также использоваться в схемах автоматической защиты. Он представляет собой стационарное устройство непрерывного действия.

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

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

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

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

3.2. ТЕРМОХИМИЧЕСКИЕ ГАЗОАНАЛИЗАТОРЫ

Для определения взрывоопасности газопаровоздушных сред пользуются газоанализаторами, определяющими концентрацию в воздухе того или иного 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 удается 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.

К *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. 31).

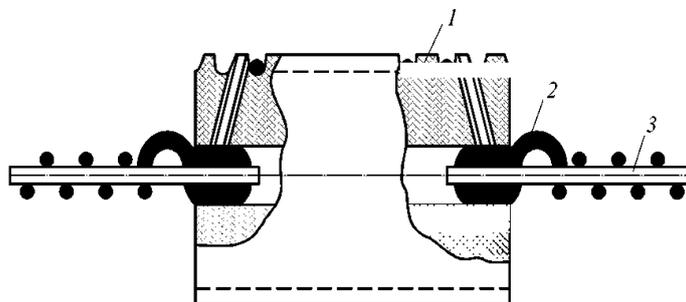


Рис. 31. Чувствительный элемент:

1 – цилиндр из γ -окси алюминия; 2 – платиновая спираль;
3 – контактные выводы

Чувствительный элемент – это цилиндр из окиси алюминия, на который уложена платиновая нить. Для получения каталитической активности окись алюминия пропитана раствором хлористого палладия. Сравнительный элемент выполнен так же, как и чувствительный, но химически не обработан палладием. Чувствительный элемент закрыт металлической сеткой, а сравнительный элемент защищен от контакта с анализируемым газом. Мост питается от стабилизированного источника постоянного тока. При установке крана-переключателя в положение «Анализ» в датчик поступает воздух, содержащий горючие компоненты, которые окисляются на каталитически активном измерительном эле-

менте, вследствие чего сопротивление платиновой спирали увеличивается и на вершинах измерительной диагонали моста возникает разность потенциалов, величина которой пропорциональна концентрации горючего компонента. Напряжение постоянного тока, пропорциональное контролируемой концентрации горючих газов и паров, преобразуется в переменное напряжение и усиливается. Усиленный сигнал поступает на стрелочный индикатор И.

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.

Схема принудительного забора контролируемой среды на анализ показана на рис. 32.

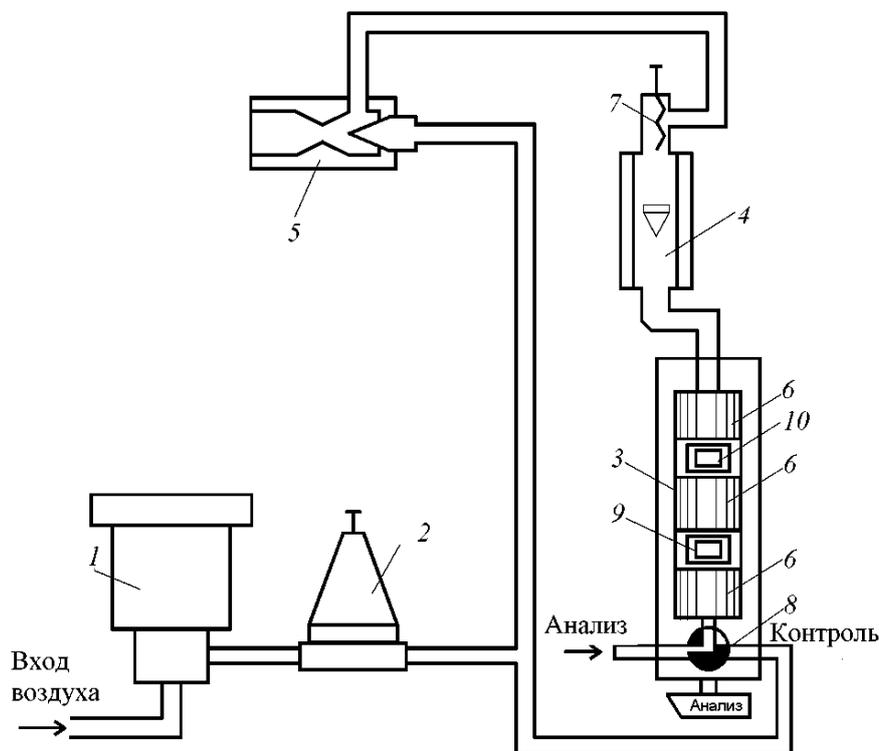


Рис. 32. Схема принудительного забора анализируемой смеси на анализ:

- 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

На основе ПГФ1 для измерения концентраций этилированных бензинов был разработан прибор ГБЗ, для измерения концентраций бензина и метана – 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.

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. Таких как СВК, СТХ, «ЩИТ», СТМ (табл. 1).

Таблица 1

Виды анализа, используемые в термохимических газоанализаторах

Тип газоанализатора	Вид	
	забора смеси на анализ	анализируемой смеси
СТХ-18	Диффузионный	Сумма горючих паров и газов в воздухе
«ЩИТ-2»	Принудительный и диффузионный	То же
СГГ-4М-4	Диффузионный	«
СТМ-10	Принудительный и диффузионный	«
СТМ-30	Принудительный и диффузионный	«
ГАЗОТЕСТ-3001/3003	Диффузионный	«

Впервые примененные в шахтных условиях в качестве индикаторов взрывоопасных концентраций метана, эти приборы широко используются в различных отраслях промышленности: химической, нефтяной, горнодобывающей, легкой и других, но в основном для определения концентраций индивидуальных горючих веществ в воздухе.

3.3. ГАЗОАНАЛИЗАТОРЫ, ОСНОВАННЫЕ НА ФИЗИЧЕСКИХ ПРИНЦИПАХ ИЗМЕРЕНИЯ

Рассмотренные в п. 3.2 термохимические газоанализаторы, наряду с очевидными достоинствами, имеют и существенные недостатки: сравнительно большую величину запаздывания, потерю платиной, входящей в чувствительный элемент, своих свойств при наличии в анализируемой смеси примесей хлора, фтора и сернистых соединений и др. Эти обстоятельства привели к необходимости разработки газоанализаторов типа СВИ и СДК, обладающих более широкими возможностями в измерении концентраций горючих паров и газов.

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

В работе сигнализатора используется принцип искусственного воспламенения горючей смеси во взрывной камере датчика. Метод искусственного воспламенения обеспечивает высокую универсальность сигнализатора за счет аддитивности горючих свойств компонентов сложной газовой смеси и полноты прохождения реакции сгорания при взрыве. Схема газоанализатора приведена на рис. 33.

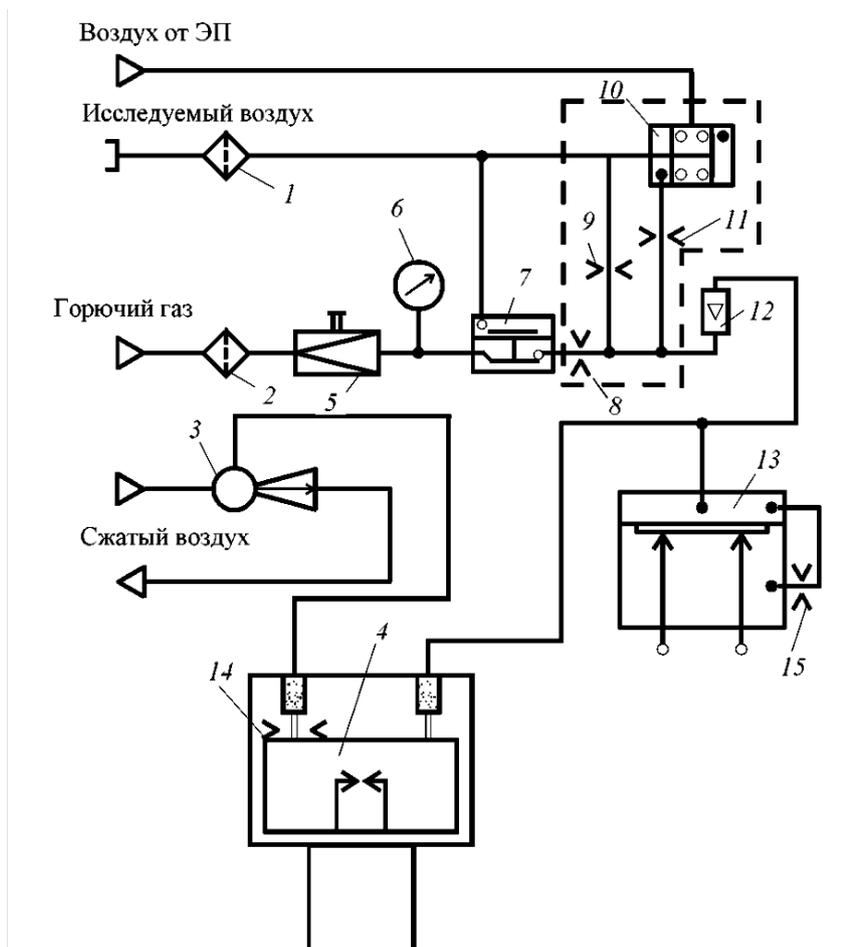


Рис. 33. Принципиальная схема СВИ:

- 1, 2 – фильтры; 3 – эжектор; 4 – камера сгорания (взрыва); 5 – редуктор газовый;
 6 – манометр; 7 – пневматический стабилизатор; 8, 9, 11, 14, 15 – диафрагмы;
 10 – клапан; 12 – ротаметр; 13 – детектор взрыва

В функции устройств газовой смеси входят:

- обеспечение и индикация прохождения исследуемого воздуха через датчик взрыва;
- обогащение исследуемого воздуха горючим газом в строго определенном соотношении и поддержание этого соотношения постоянным;

- обогащение исследуемого воздуха горючим газом до взрывной концентрации при автоматической и ручной проверках работоспособности прибора;
- выдача пневмоимпульса при взрыве в датчике.

Сжатый воздух под давлением подается к эжектору. Исследуемый воздух, очищенный от пыли и механических примесей в фильтре 1, с расходом 90 л/ч \pm 10 % просачивается через диафрагму 9, нормально открытый клапан 10 и диафрагму 11 под действием разряжения, создаваемого эжектором (режим-анализ). Давление потока исследуемого воздуха воспринимается мембраной пневматического стабилизатора 7.

Обогащенный горючий газ из баллона или трубопровода, очищенный от пыли и механических примесей фильтром 2, поступает на редуктор (РГ-2А) 5, которым устанавливается необходимое рабочее давление, проходит через управляющий орган сопло-заслонку пневматического стабилизатора и диафрагму 8.

Пневматический стабилизатор поддерживает давление обогащающего горючего газа, равным давлению исследуемого воздуха, вследствие чего на диафрагмах 8, 9, 11 обеспечивается одинаковый перепад давлений, а следовательно, и постоянное соотношение расходов. Значение соотношения определяется размерами отверстий диафрагм.

Контролируемая смесь, обогащенная горючим продуктом, поступает через ротаметр 12 в камеру взрыва 4, а оттуда через эжектор на сброс в атмосферу. Количество добавляемого горючего газа выбирается такое, чтобы обеспечить заданную сигнальную точку прибора.

Таким образом, если горючие продукты содержатся в воздухе в количестве, соответствующем сигнальной точке прибора, то газоанализатор обеспечивает сигнализацию при взрыве в камере.

Давление, возникающее в камере взрыва, воспринимается мембраной детектора 13, жесткий центр которой замыкает выходные контакты. При этом срабатывает сигнализация «опасность».

При проверке работоспособности основных узлов сигнализатора (автоматическая и ручная проверка) подается пневмосигнал от электропневматического клапана «воздух от ЭП» на клапан 10, который закрывается и поток контролируемого воздуха через диафрагму 11 не проходит.

В связи с уменьшением количества исследуемого воздуха (поток идет только через диафрагму 9) концентрация обогащающего горючего газа в смеси повышается до взрывной и при поджигании его в камере происходит взрыв.

При наличии неисправности в каком-либо узле прибора контрольного взрыва не происходит, и в этом случае срабатывает сигнализация «НЕИСПРАВНО».

Электрическая схема газоанализатора выполнена на полупроводниках. В функции устройств электрической схемы входит:

- периодическая подача искры во взрывную камеру датчика;
- фиксация взрыва в датчике и выдача сигнала «ОПАСНОСТЬ»;
- автоматическая и ручная проверки работоспособности основных узлов изделий;
- отключение питания датчика при неисправности системы искрообразования.

Периодическая подача искры во взрывную камеру датчика производится по сигналам от командного устройства, которое один раз в 30 с включает на 0,2–0,5 с управляемый диод, и выпрямленный ток напряжением 350 В поступает в систему искрообразования. Фиксация взрыва в датчике осуществляется детектором взрыва нормального исполнения, который выдает сигнал в виде замкнутого контакта. При этом в цепи, соединяющей детектор взрыва с блоком управления, протекает ток искробезопасного значения, поступающий на вход усилителя мощности.

Усилитель мощности выполнен на транзисторе и магнитоуправляемом контакте, который замыкается при срабатывании детектора взрыва.

При включении магнитоуправляемого контакта срабатывает реле, которое блокируется, и одновременно включается лампа индикатора «ОПАСНОСТЬ».

Ручная и автоматическая проверки работоспособности газоанализатора осуществляются следующим образом. Если при подаче в камеру датчика взрыва взрывоопасной смеси происходит контрольный взрыв, то это свидетельствует о работоспособности прибора, если взрыва нет, то выдается сигнал «НЕИСПРАВНОСТЬ».

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

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

При отсутствии органических веществ водородное пламя обладает очень низкой электропроводностью, а возникающий при этом фоновый ионизационный ток составляет 10^{-12} А. Появление в водородном пламени органических веществ и последующая их ионизация приводят к резкому увеличению ионизационного тока по сравнению с его фоновым значением до 10^{-7} А.

Пламенно-ионизационная камера (рис. 34) содержит коллекторный электрод Э1, электрод Э2, зажигающий элемент (ЗЭ) и термоэлемент (ТЭ). На электрод Э2 с блока электроники подается стабилизированное напряжение постоянного тока, равное 300 В. На зажигающий элемент в момент включения подается переменное напряжение, равное 6,3 В. Термоэлемент связан с миллиамперметром, который служит индикатором горения пламени. К ионизационной камере подводятся два газовых потока: поток смеси водорода с анализируемым воздухом и поток воздуха для поддержания горения.

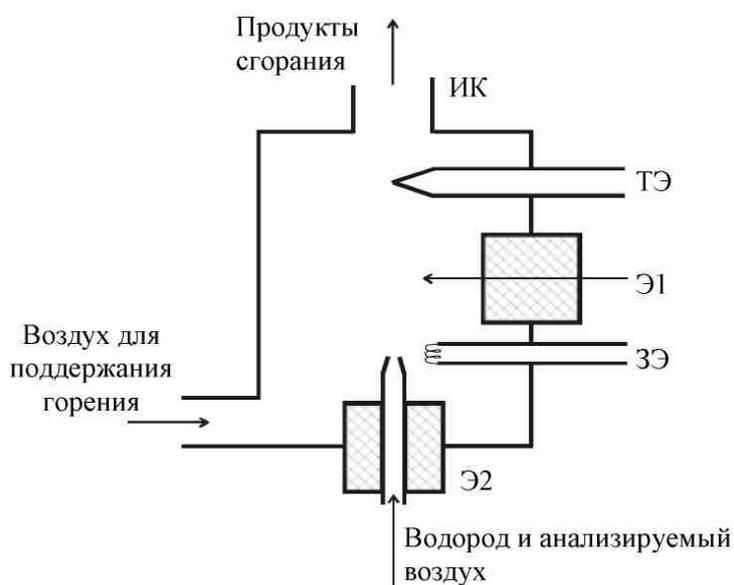


Рис. 34. Пламенно-ионизационная камера

Электропневматическая схема газоанализатора приведена на рис. 35.

Газовые потоки между элементами блока ПД имеют следующее назначение:

- подача водорода из регулятора перепада давлений в дроссель;
- подача водорода и контролируемого воздуха из дросселя в датчик;
- увеличение скорости отбора воздуха из помещения и уменьшение времени запаздывания газоанализатора (безопасный поток);
- подача сжатого воздуха из редуктора давления воздуха в насос-осушитель;
- подача воздуха для поддержания горения из насоса-осушителя в датчик;
- выброс продуктов сгорания из датчика в насос-осушитель.

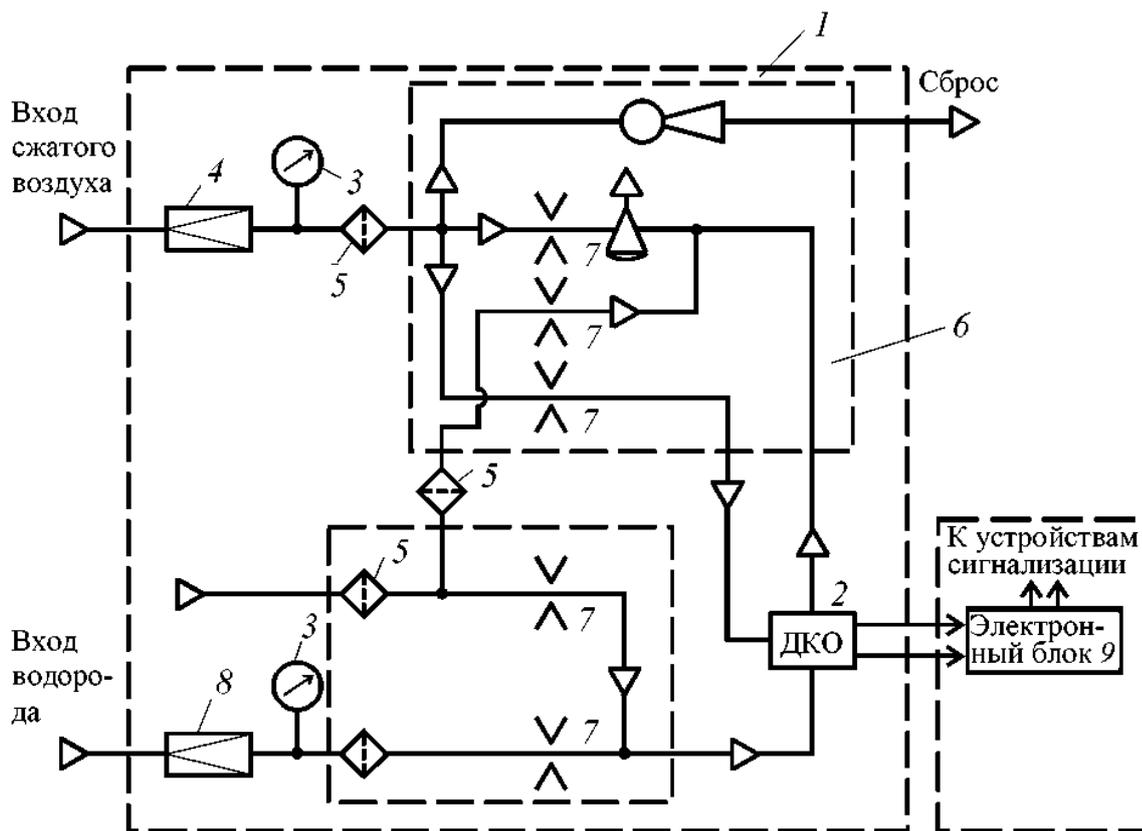


Рис. 35. Электропневматическая схема СДК:

1 – блок преобразователя-датчика; 2 – датчик типа ДКО (датчик контроля органики);
 3 – манометры; 4 – редуктор давления; 5 – фильтры; 6 – насос-осушитель; 7 – дроссель;
 8 – регулятор перепада давлений; 9 – электронный блок

Ионизационный ток измеряется полупроводниковым усилителем постоянного тока с пороговой регистрацией сигнала, выполненным по схеме с преобразованием сигнала постоянного тока в сигнал переменного тока с последующим детектированием.

Усилитель состоит из измерительного резистора автогенераторного преобразователя, представляющего собой генератор с модулятором в цепи обратной связи, усилителя напряжения переменного тока, детектора, нагруженного на электромагнитное реле, и источника компенсационного опорного напряжения.

В электронном блоке, смонтированном в корпусе, расположены: усилитель постоянного тока, выпрямители питания ионизационной камеры и усилителя, источник питания зажигающего элемента и индикатор пламени. На панели блока расположены: тумблер «ВКЛЮЧЕНА СЕТЬ» с сигнальной лампой, кнопка зажигания и индикатор пламени.

Датчик газоанализатора СДК выполнен во взрывобезопасном исполнении. Электронный блок имеет нормальное исполнение и должен устанавливаться в невзрывоопасных помещениях на расстоянии от датчика до 100 м.

3.4. УСЛОВИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ И ПРАВИЛА УСТАНОВКИ ГАЗОАНАЛИЗАТОРОВ

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 обычном исполнении с маркировкой IP00 или IP20 по ГОСТ 12997-84 и должны быть установлены за пределами взрывоопасных зон. Датчики и блоки датчиков выполнены взрывозащищенными по ГОСТ 12.2.020-76 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:

а) 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;

б) 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 с 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 дозврывоопасных 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 случае необходимости, определяемой проектной организацией, от импульса датчиков дозврывных 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 дозврывных 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 ВСН-332-74/ММС-СССР», гл. 4.3 ПУЭ-2000, гл. Э3-13 «Электроустановки взрывоопасных производств ПТЭ ПТБ» и с техническим описанием на приборы. 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 с точки зрения возможности образования взрывоопасных смесей (компрессорные горючих газов, насосные сжиженных газов, насосные и складские помещения легковоспламеняющихся 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 гл. 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 газов монтируется один датчик сигнализатора дозрывных 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 легковоспламеняющихся жидкостей, а также в других взрывоопасных помещениях предусматривается одно пробоотборное устройство сигнализатора дозрывных 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 рис. 36.

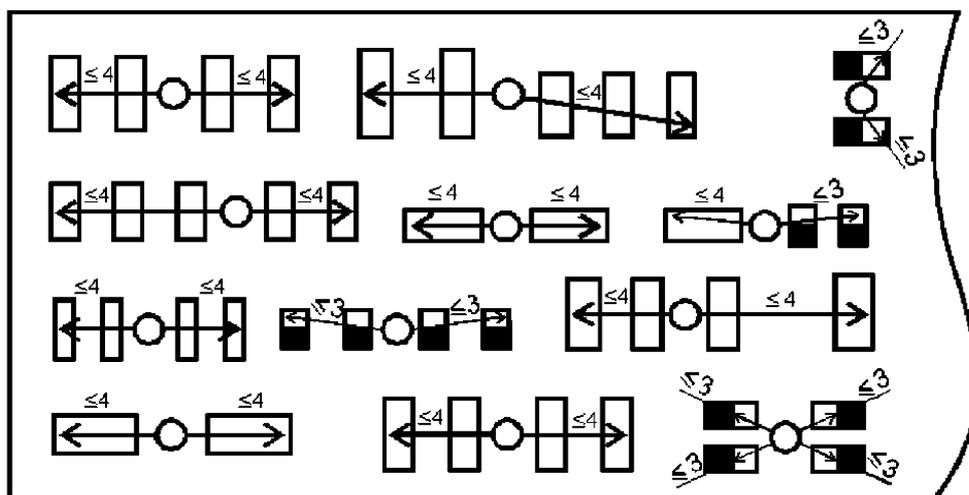


Рис. 36. Пример расположения датчиков-сигнализаторов дозрывоопасных концентраций в насосных сжиженных газом и ЛВЖ (М:100):

- – места установки датчиков; □ – насосы, перекачивающие ЛВЖ;
- – насосы, перекачивающие сжиженные газы

В заглубленных помещениях насосных сточных вод, оборотного водоснабжения и других, куда возможно затекание взрывоопасных газов и паров извне, а также в складских помещениях при хранении в них ЛВЖ и горючих га-

зов устанавливается по одному пробоотборному устройству на каждые 100 м² площади помещения, но не менее одного датчика на помещение.

Пробоотборные устройства сигнализаторов дозрывных 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 с 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 с 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 пробоотборные устройства сигнализаторов размещаются по высоте, исходя из плотности того компонента смеси, для которого величина соотношения $C/НКПР$ 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 топливовоздушной 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.

Согласно ТУ-газ-86, при размещении датчика на промышленной территории ОТУ необходимо соблюдать следующие **требования**:

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

2. 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 сдвинуты на величину их радиуса обслуживания, т. е. расположены в шахматном порядке (рис. 37).

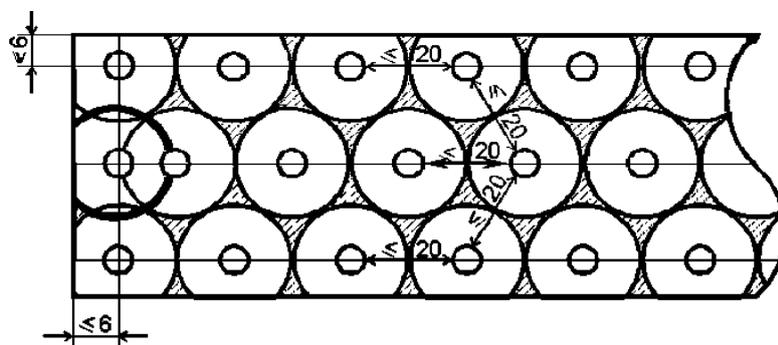


Рис. 37. Примерный порядок расположения датчиков-сигнализаторов до взрывоопасных концентраций на открытой установке (М:500):

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

3. Датчики сигнализаторов до взрывных 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 графическом определении требуемого количества датчиков образующиеся между кругами зон защиты пространства («мертвые зоны»), не обслуживаемые датчиками, учитывать не следует.

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

5. На многоярусных открытых этажерках датчики устанавливаются только на нулевой отметке.

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

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

8. В открытых компрессорных горючих газов, насосных сжиженных газов и легковоспламеняющихся жидкостей, насосов, рассредоточенных 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) не отапливаемые компрессорные со съемным или раздвигающимся ограждением боковых сторон.

9. 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 датчики располагать в шахматном порядке.

3.5. АВТОМАТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ЗАПЫЛЕННОСТИ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТАХ

Одним из источников загрязнения воздушного бассейна промышленных объектов и воздуха производственных помещений (цехов, складов и т. п.) является пыль. Пылью называют дисперсную систему, состоящую из мельчайших твердых частиц, находящихся в газовой среде во взвешенном состоянии. Можно выделить атмосферную и промышленную пыль. *Промышленная пыль* образуется в результате производственных процессов.

Атмосферная пыль включает промышленную (образующуюся вследствие загрязнения атмосферного воздуха выбросами промышленных предприятий) и естественную, возникающую при выветривании горных пород, вулканических извержений, ветровой эрозии земель и т. п. К промышленным предприятиям, выбрасывающим пыль в атмосферу и в объем производственных поме-

щений, относятся предприятия чёрной металлургии, теплоэнергетики, химической, нефтеперерабатывающей, керамической, горнорудной, текстильной, пищевой и ряда других отраслей промышленности.

Большое количество взвешенной пыли образуется в результате работы механизмов ударного действия (дробилок, мельниц, разрыхлителей), а также машин и установок, действие которых сопряжено с наличием воздушных потоков (пневмотранспорта, сепараторов и т. п.), узлов загрузки и выгрузки измельченной продукции, транспортёров и др.

Пыль в воздухе может быть причиной ряда заболеваний человека и приносит значительный социальный ущерб. Многие пыли во взвешенном состоянии способны образовывать взрывоопасные концентрации. Величины концентрационных пределов воспламенения пылевоздушных смесей зависят не только от химического состава вещества, но и в значительной мере от степени измельченности пыли, её влажности, зольности и т. д. Наиболее важное значение имеет нижний концентрационный предел распространения пламени пылевоздушных смесей, так как величина верхнего предела очень высока и практически редко достижима.

Значительную опасность представляет и осевшая пыль, при взвихрении создающая взрывоопасные смеси. Самовозгорающая пыль может вызвать очаги самовозгорания.

Измерение концентрации пыли является трудной задачей. Это обусловлено тем, что пыль представляет собой сложную систему, которую в противоположность газовой среде нельзя описать в достаточной степени одним или двумя параметрами. Прежде всего, пыль почти всегда является полидисперсной, т. е. характеризуется более или менее широким спектром размеров частиц (от 1^{-2} до 10^2 мкм). Интервал концентраций является ещё более широким – от 1^{-8} до 10^5 мг/м³. Кроме того, форма и физико-химические свойства частиц пыли могут быть самыми разнообразными. Возможно и временное изменение свойства пыли. Всё это исключает возможность создания универсального метода измерения концентрации пыли. Более того, пылегазовая среда является неустойчивой аэродисперсной системой, а это создаёт существенные трудности при определении пылевых эталонов. В отличие от газоанализаторов, которые основаны как на химических, так и на физических методах измерения, для пылемеров предпочтительными являются физические методы как наиболее полно соответствующие условиям измерения и метрологическим требованиям.

Для измерения концентрации пыли в потенциально взрывопожароопасных помещениях и технологических аппаратах пылемеры должны отвечать и ряду специфических требований: взрывозащищённости, представительности пробы, точности количественной оценки пробы и концентрации, минимальному транс-

портному запаздыванию, наличию предупредительной аварийной сигнализации и обратной связи для воздействия на источник запыления.

При изменении концентрации пыли важной стадией анализа является отбор проб, так как необходимо обеспечить представительность пробы и её идентичность по дисперсности, химическому составу и концентрации той пыли, из которой проба взята.

Методы измерения концентраций пыли разделяют на две группы: методы, основанные на предварительном её осаждении, и методы без предварительного осаждения пыли.

Преимуществом методов и приборов измерения концентрации пыли, основанных на предварительном её осаждении, является возможность измерения массовой концентрации пыли. К недостаткам следует отнести циклический характер измерения, высокую трудоёмкость, низкую чувствительность анализа. К основным методам измерения концентрации пыли, основанным на предварительном её осаждении, относятся: весовой, радиоизотопный, оптический, пьезометрический и ряд других.

Весовой метод измерения концентрации пыли заключается в выделении из полевоздушного потока частиц пыли и определении их массы путем взвешивания.

Концентрацию пыли рассчитывают по формуле

$$C = \frac{m}{V_B t},$$

где m – масса пыли на фильтре; V_B – объемная скорость просасывания воздуха через фильтр; t – время отбора пробы.

Измерение концентрации пыли весовым методом включает отбор пробы запыленного воздуха, измерение ее объема, полное улавливание содержащейся в пробе пыли и взвешивание осажденной пыли.

Весовой метод широко используется для измерения запыленности как атмосферного воздуха и воздуха производственных помещений, так и отходящих газов промышленных выбросов.

Радиоизотопный метод измерения концентрации пыли основан на использовании свойства радиоактивного излучения поглощаться частицами пыли. Запыленный воздух предварительно фильтруют и затем определяют массу осевшей пыли по ослаблению радиоактивного излучения при прохождении его через пылевой осадок. Концентрацию пыли рассчитывают.

При определении концентрации пыли радиоизотопным методом наиболее широко используют β -излучение, так как оно обладает наиболее широко проникающей способностью. При расчете массы осадка пыли на фильтре необхо-

димо учитывать толщину фильтра, неоднородность его структуры, вследствие чего поглощение β -излучения вдоль фильтра происходит неравномерно.

Следует отметить некоторое преимущество радиоизотопного метода измерения концентрации пыли в атмосферном воздухе по сравнению с весовым. Так как радиоизотопным методом определяют массу пыли, отнесенную к единице поверхности фильтра, то уменьшение площади последнего не снижает точности измерения, тогда как в весовом методе точность измерения снижается с уменьшением площади фильтра.

В радиоизотопном методе площадь фильтра определяется размерами источника излучения и не превышает 1 см^2 .

Схема радиоизотопного пылемера приведена на рис. 38.

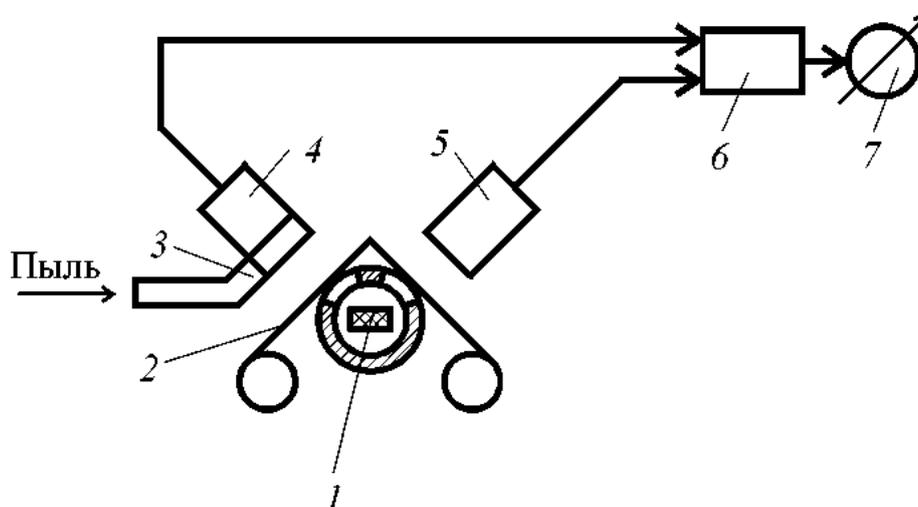


Рис. 38. Функциональная схема радиоизотопного пылемера:

1 – источник β -излучения; 2 – фильтрующая лента;

3 – газовый канал; 4 – измерительная ионизационная камера;

5 – компенсационная камера; 6 – усилитель;

7 – измерительный прибор

Оптический метод измерения концентрации пыли основан на предварительном ее освещении в фильтре и определении оптической плотности пылевого осадка. Метод включает операции, аналогичные операциям весового метода, но вместо взвешивания пылевого осадка проводят его фотометрирование. Оптическую плотность пылевого осадка можно определить путем измерения поглощения или рассеяния им света. Измерение оптической плотности пылевого слоя основано на определении снижения интенсивности света I , прошедшего через слой пыли.

Схема фотометрического пылемера приведена на рис. 39.

Пьезометрический метод измерения концентрации пыли имеет два варианта.

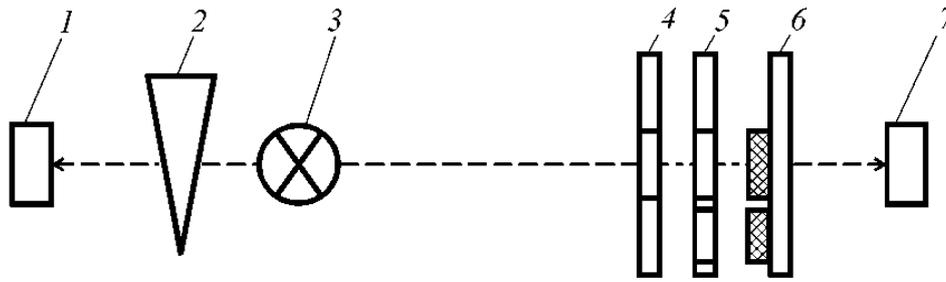


Рис. 39. Оптическая схема пылемера:

1 – фотоприемник сравнения; 2 – регулирующий винт; 3 – источник света;
4 – заслонка; 5 – классификатор; 6 – фильтр; 7 – измерительный фотоприемник

Пьезокристаллический метод. Измерение изменений частоты колебаний пьезокристалла при осаждении на его поверхности частиц пыли и подсчет электрических импульсов, возникающих при соударении частиц пыли с пьезокристаллом. Пьезокристалл включают в контур резистора, настроенного на определенную частоту f . За измеренным кристаллом устанавливают компенсационный пьезокристалл, изолированный от пылевоздушного потока. Этот кристалл включен в контур резонатора, частота которого f_k отлична от f . Выходные колебания обоих резисторов подают на блок сравнения, выходной сигнал которого пропорционален разности $\Delta f = f - f_k$.

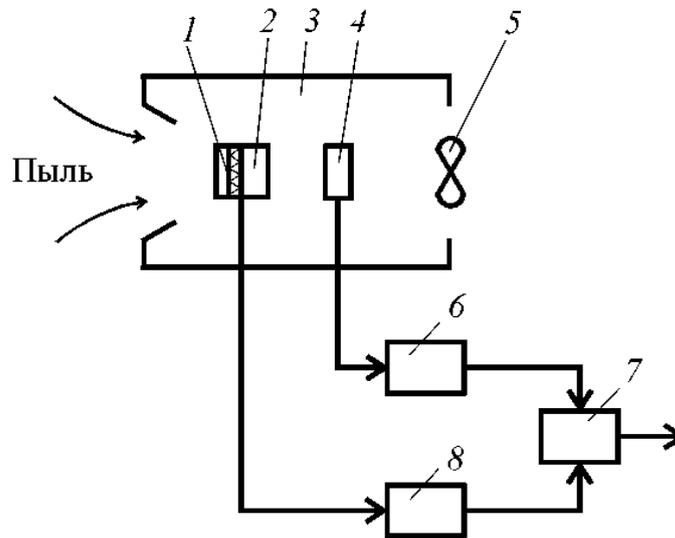


Рис. 40. Схема пьезокристаллического пылемера:

1 – липкое покрытие; 2 – измерительный пьезокристалл;
3 – корпус; 4 – компенсирующий кристалл; 5 – вентилятор;
6, 8 – резонаторы; 7 – блок сравнения

При осаждении пыли на измерительный кристалл частота колебаний последнего уменьшается на Δf , при этом изменяется разность

$$\Delta f_2 = f - f_k = \Delta f - \Delta f_1.$$

Установлено, что при малых амплитудах колебаний

$$\Delta f_1 = Am,$$

где A – коэффициент пропорциональности, т. е. изменение частоты измерительного кристалла прямо пропорционально массе m осевшей на нем пыли. Схема пьезокристаллического пылемера приведена на рис. 40.

Существенным преимуществом пьезокристаллического метода является то, что он позволяет измерить массовую концентрацию пыли.

Методы и приборы измерения концентрации пыли без предварительного ее осаждения также основаны на целом ряде методов.

Оптический метод основан на явлении поглощения света при прохождении его через пылевоздушную среду. Согласно закону Бугера – Ламберта – Бера, оптическая плотность D слоя пылевоздушной среды заданной толщины l прямо пропорциональна коэффициенту поглощения E и концентрации пыли C в этой среде. Данное утверждение справедливо, если предположить, что пыль состоит из абсолютно черных сферических частиц одинакового диаметра и коэффициент поглощения не зависит от концентрации.

Чувствительность оптического метода равна:

$$\frac{\Delta T}{\Delta C} = -ElI_0 \exp(-ElC) = -ElI.$$

Таким образом, чувствительность метода тем выше, чем больше коэффициент поглощения E , толщина поглощаемого слоя l и интенсивность изменения светового потока t , прошедшего через пылевоздушную среду. При измерении малых концентраций пыли для повышения чувствительности используют зеркальные системы, чтобы световой поток дважды проходил через измеряемую пылевоздушную среду. Для каждого вида пыли следует определить оптимальное значение l , при котором чувствительность измерения будет максимальной.

Интенсивность прошедшего светового потока при заданных E и l можно увеличить, используя мощный источник света, например лазер.

Оптический метод измерения концентрации пыли, использующий ослабление света, также имеет преимущества: малую трудоемкость, практически безынерционность измерения и возможность измерения непосредственно в пылевоздушной среде при полной автоматизации процесса. Метод позволяет определять мгновенные значения концентрации пыли без внесения возмущений в исследуемую среду (рис. 41).

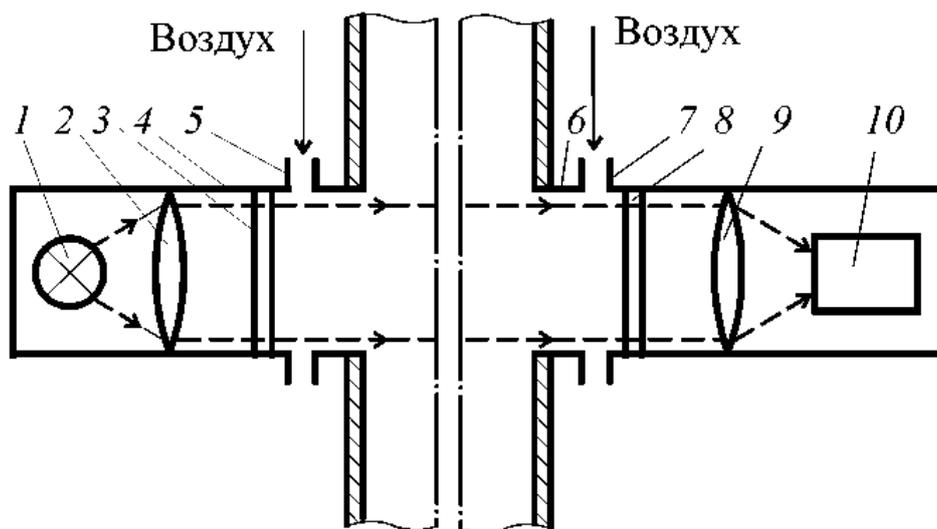


Рис. 41. Схема пылемера непрерывного действия:

1 – источник света; 2 – линза; 3, 8 – защитные окна; 4, 6 – патрубки;
5, 7 – отверстия для подачи чистого воздуха; 9 – объектив; 10 – фотоприемник

Голографический метод. Анализ аэрозольных частиц был одной из первых областей применения голографии (1964). Голографический метод основан на получении голограммы, которая представляет собой наложение дифракционной картины поля частиц и поля источника света. Метод позволяет получить информацию о счётной концентрации частиц, их размере и положении в пространстве. На рис. 42 дана схема установки для получения голограммы.

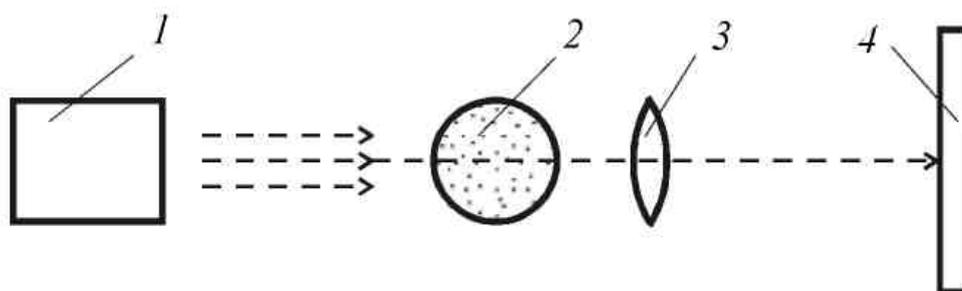


Рис. 42. Установка для получения голограмм частиц пыли:

1 – лазер; 2 – измерительная камера; 3 – линза; 4 – голограмма

Для восстановления изображения по голограмме используют тест – неоновый кадр с непрерывным излучением, который освещает голограмму (рис. 43). Восстанавливаемое изображение помещают в фокус линзы, которая проецирует с увеличением одну из изображённых плоскостей на трубку телевизионной камеры. Изображение этой плоскости наблюдается на телевизионном экране. Общее увеличение достигает 300.

Смещая голограмму по направлению к линзе и телевизионной камере, можно исследовать любую плоскость голографического изображения, анализируя при этом распределение частиц пыли в контролируемом пространстве. С помощью метода голографии можно измерить частицы в интервале 0,1–1000 мкм, при котором загрязнение атмосферного воздуха измеряется на больших расстояниях.

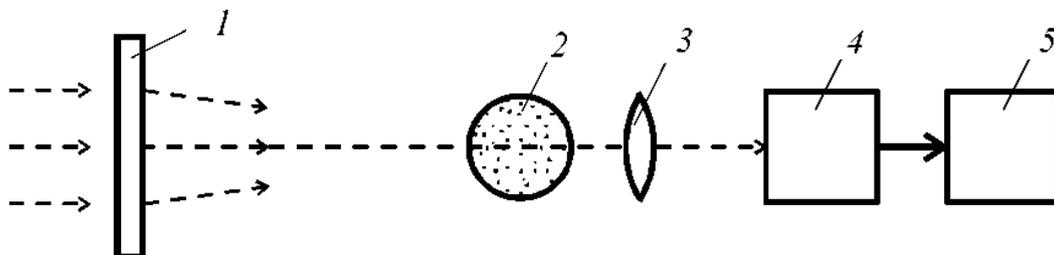


Рис. 43. Установка для восстановления изображения по голограмме частиц пыли:
 1 – голограмма; 2 – восстанавливаемое изображение; 3 – линзы;
 4 – телевизионная камера; 5 – телевизионный экран

Съёмка частиц в любом объёме с помощью голографической установки осуществляется за время освещения 10^{-8} с.

Метод лазерного зондирования. Для измерения концентрации атмосферной пыли на больших пространствах и пыли, выбрасываемой в атмосферу промышленными предприятиями, удалёнными от места измерения на расстояние до 10 км, используют оптические дистанционные методы. Наиболее пригодны для этой цели оптические методы анализа в видимой и ближней инфракрасной области спектра с применением лазерных роботов-лидаров.

Схема прибора приведена на рис. 44.

Лазерное зондирование атмосферы впервые было осуществлено в 1963 г. Пылевые слои были обнаружены на высоте 60–120 км. Метод лазерного зондирования основан на свойствах частиц поглощать или рассеивать лазерное излучение. При изменении света, рассеянного частицами, лазер и фотоприёмник располагают рядом и последний регистрирует интенсивность обратнорассеянного излучения (метод обратного рассеяния). Измерение поглощения лазерного излучения частицами можно проводить двумя способами. Когда лазер и фотоприёмник удалены на значительное расстояние или когда лазер и фотоприёмник расположены рядом, а лучи лазера отражаются от зеркального отражателя, удалённого на значительное расстояние. Принцип действия лазера аналогичен принципу действия радиолокатора. Основным элементом его является лазер, используемый в качестве источника импульсного излучения. Обычно применяются рубиновые или неодимовые лазеры. Мощность в импульсе этих лазеров

достигает десятков мегаватт. Длительность зондирующих импульсов лежит в пределах $(1-2) \cdot 10^{-8}$ с. Импульсы направляются на исследуемый объект с помощью соответствующей оптической системы. Обратное излучение, рассеиваемое объектом, собирается с помощью линзовой и зеркальной системы и направляется на фотоумножитель, а после усиления подаётся на осциллограф или для записи на магнитные диски. Метод лазерного зондирования имеет существенные преимущества перед другими методами измерения концентрации пыли, так как он позволяет исследовать пространственно-временную структуру запылённости воздуха и выявить источники пылевыделения.

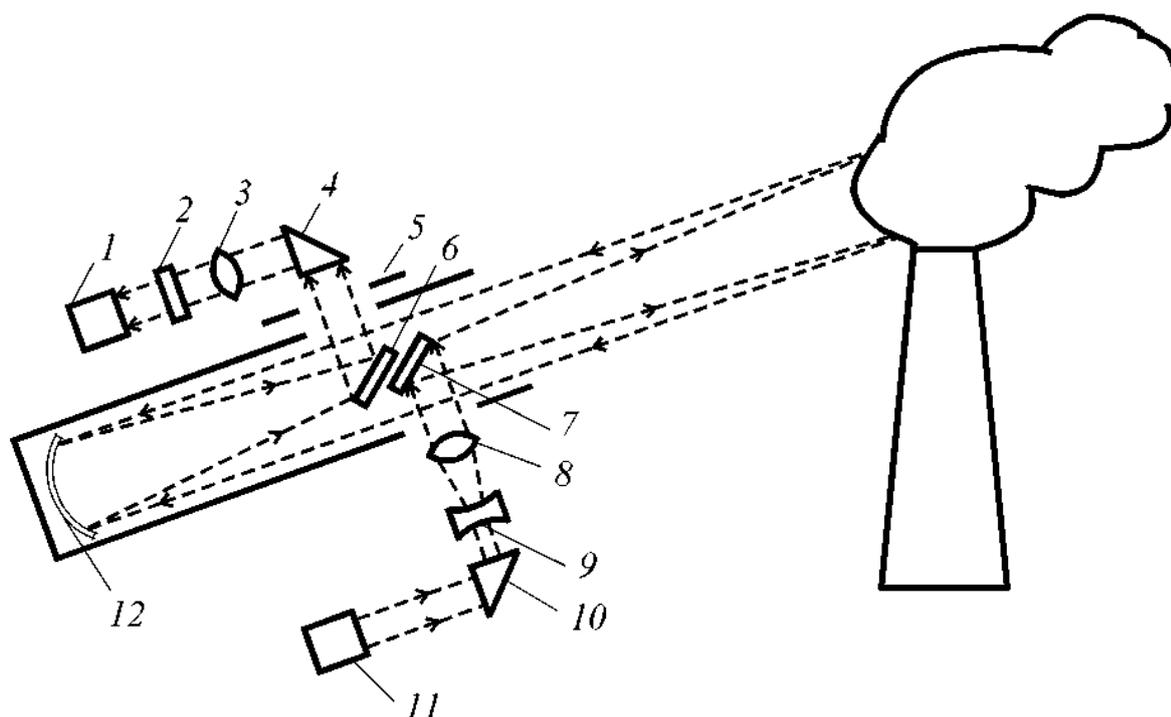


Рис. 44. Оптическая схема лазера:

1 – фотоумножитель; 2 – светофильтр; 3, 8, 9 – линзы; 4, 10 – призмы;
5 – диафрагма; 6, 7, 12 – зеркала; 11 – лазер

Для измерения концентрации пыли в воздухе в непрерывном режиме используются и электрические методы.

Индукционный метод. В основу индукционного метода положено определение индуцированного на электроде измерительной камеры заряда, возникающего при движении через камеру заряженных пылевых частиц, что является мерой массовой концентрации пыли.

Контактно-электрический метод основан на способности пылевых частиц электризоваться при соприкосновении с твёрдым материалом. Основным

элементом пылемера, основанного на контактно-электрическом методе, является электризатор, в котором частицы пыли передают свой заряд электроду.

Сила тока в цепи токосъёмного электрода является мерой концентрации частиц пыли.

Ёмкостный метод основан на измерении ёмкости конденсатора при введении частиц пыли между его пластинами. Если конденсатор включить в цепь колебательного контура, частота собственных колебаний которого сравнивается с эталонной, то по разности частот можно судить о концентрации пыли. При использовании ёмкостного метода следует учитывать электрические свойства пыли, так как проводящая пыль может изменить ёмкость конденсатора.

Акустический метод определения концентрации пыли основан на измерении изменений параметров акустического поля при наличии частиц пыли в пространстве между источником и приёмником звука. Потери ультразвуковой энергии, обусловленные влиянием взвешенных твёрдых частиц, зависят от ряда физических параметров: радиуса частиц, их плотности, концентрации и т. п.

Контрольные вопросы

1. Назначение автоматического аналитического контроля.
2. Назначение и классификация анализаторов.
3. Назначение, классификация и принцип действия термохимических газоанализаторов.
4. Назначение и принцип действия газоанализатора-сигнализатора типа СВИ.
5. Назначение и принцип действия газоанализатора-сигнализатора типа СДК.
6. Условия эксплуатации и правила установки газоанализаторов.
7. Определение и классификация пыли.
8. Объяснить суть каждого из методов автоматического контроля загрязнённости воздушной среды на промышленных объектах.

ГЛАВА 4. ОСНОВЫ ТЕОРИИ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

4.1. АВТОМАТИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

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

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

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

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

4.2. ПРИНЦИПЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ

Разнообразные, используемые в современной технике, регуляторы строятся на базе одного из двух основных принципов регулирования: по возмущению (по внешнему воздействию) или по отклонению (по ошибке).

Принцип регулирования по возмущению. Принцип регулирования по возмущающему воздействию называют также *принципом компенсации возмущений*.

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

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

Общая схема АСР, реализующая принцип регулирования по возмущению, приведена на рис. 45.

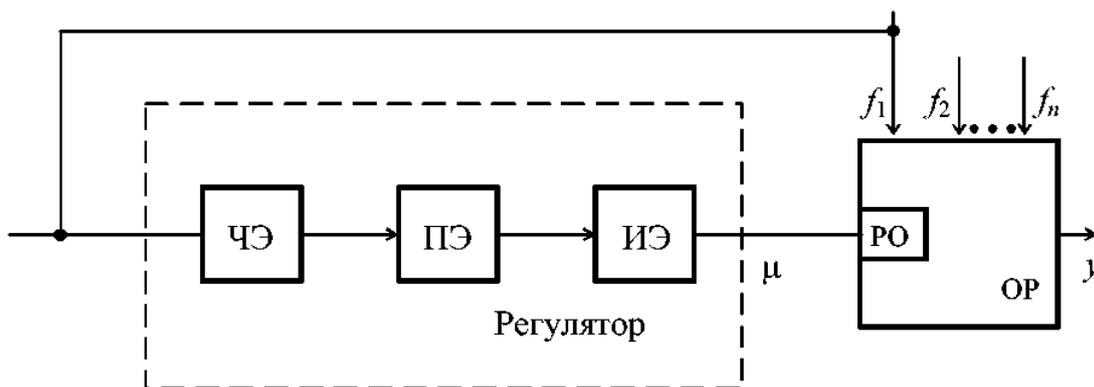


Рис. 45. АСР по возмущению

Из рис. 45 видно, что регулятор такого типа обеспечивает независимость (инвариантность) регулируемой величины от возмущающего воздействия АСР, работающих по возмущению, и имеет ряд недостатков:

1. В АСР, работающих по возмущению, инвариантность регулируемой величины обеспечивается лишь по отношению к тому возмущающему воздей-

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

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

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

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

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

Основная задача АСР состоит в выполнении равенства $y(t) = g(t)$, причем чем точнее соблюдается равенство, тем лучше АСР. Разность между требуемым законом изменения регулируемой величины $g(t)$ и действительным законом ее изменения $y(t)$ характеризует качество работы АСР: при идеальной работе $x(t) = 0$.

Для оценки качества работы АСР используют так называемое отклонение.

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

Чувствительный элемент измеряет действительное значение.

Сравнивающий элемент представляет собой простейшее вычислительное устройство.

Функциональная схема АСР, работающая по отклонению, приведена на рис. 46.

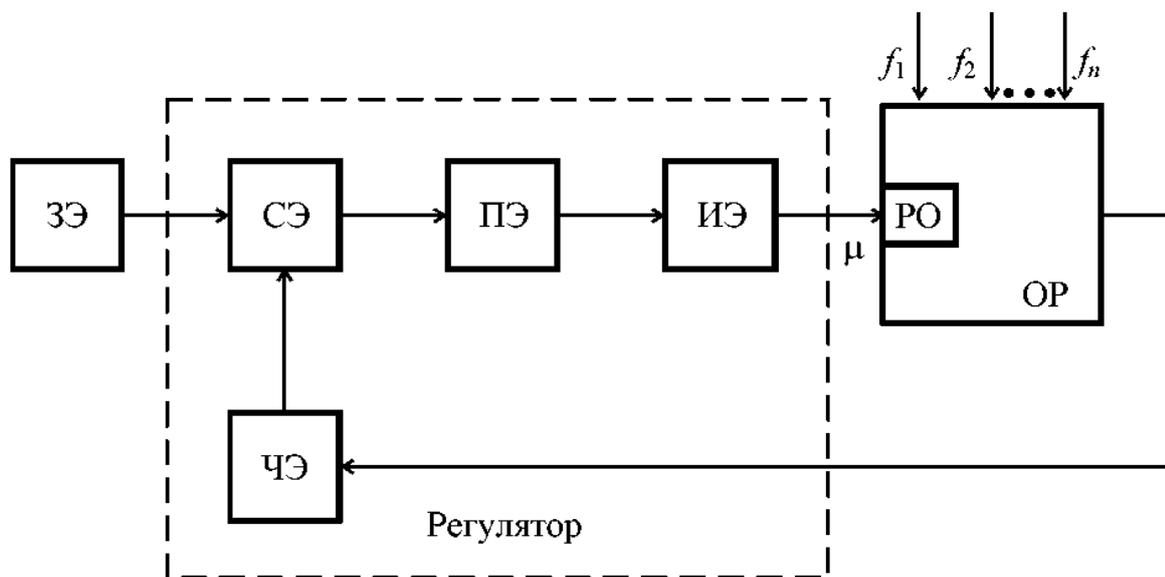


Рис. 46. АСР по отклонению

В этой схеме регулируемая величина y измеряется чувствительным элементом и подается на вход сравнивающего элемента (СЭ). На другой вход сравнивающего элемента поступает задающее воздействие g , выработанное в задающем элементе (ЗЭ). На выходе сравнивающего элемента образуется сигнал отклонения. После преобразования в промежуточных элементах (ПЭ) сигнал ошибки поступает на исполнительный механизм, перемещающий регулирующий орган таким образом, чтобы свести сигнал ошибки к нулю. Чувствительный, промежуточный и исполнительный органы в совокупности образуют автоматический регулятор. На рис. 46 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 изме-

ряется 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 $y = 0$, 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 (рис. 47), наиболее сильно влияющему на регулируемую величину.

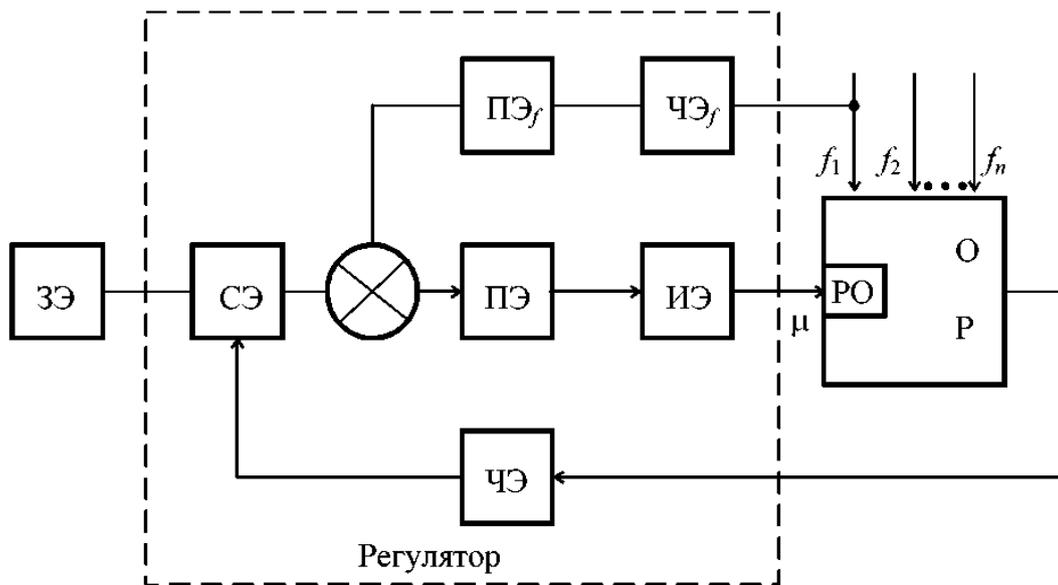


Рис. 47. Комбинированная АСР

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

4.3. ОСНОВНЫЕ ВИДЫ АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ РЕГУЛИРОВАНИЯ

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

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

Системы программного регулирования предназначены для изменения регулируемой величины $g(t)$ по известному закону в функции времени или какой-либо другой величины. В таких системах задающее воздействие представляет собой заранее известную функцию времени

$$g(t) = g_0(t) \text{ или } g = g_0(z)$$

и ее часто называют *программой регулирования*. Программы вида $g(t) = g_0(t)$ называются *временными*, а программы вида $g = g_0(z)$ – *параметрическими*.

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

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

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

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

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

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

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

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

Контрольные вопросы

1. Назначение автоматического регулирования. Виды воздействий. Определение автоматического регулятора.
2. Объяснить суть, преимущества и недостатки принципа регулирования по возмущающему воздействию.
3. Объяснить суть, преимущества и недостатки принципа регулирования по отклонению.
4. Объяснить суть принципа системы комбинированного регулирования.
5. Описать основные виды автоматических систем регулирования.

ГЛАВА 5. ПРОМЫШЛЕННЫЕ ОБЪЕКТЫ И РЕГУЛЯТОРЫ

5.1. ОБЪЕКТ РЕГУЛИРОВАНИЯ

Технический агрегат (аппарат), в котором осуществляется автоматическое регулирование, называется объектом регулирования.

Объекты автоматизации можно классифицировать в зависимости от регулируемой величины (температуры, давления, расхода и т. п.) и по характеру материальных и энергетических внутренних связей в них (механические, гидравлические, тепловые, диффузионные, химические и др.). Различают также объекты с одной и несколькими регулирующими величинами. Однако такая классификация не отражает статистических и динамических свойств объектов. В зависимости от динамических свойств различают объекты с сосредоточенными и распределенными параметрами.

Объектами с сосредоточенными параметрами называют такие, в которых в состоянии равновесия регулируемые величины практически имеют одинаковые значения по всему объему объекта. Примерами могут служить тепловые объекты, в которых температура жидкости определенного объема одинакова во всех точках, и объекты типа емкостей, в которых регулируемой величиной является давление газа и т. д.

Объектами с распределенными параметрами называют такие, в которых значение регулируемых величин в различных точках объекта неодинаково (например, давление вещества в трубопроводе, температура продукта в трубчатом нагревателе).

Большинство реальных промышленных объектов – сложные нелинейные системы с распределенными параметрами и несколькими взаимосвязанными регулируемыми величинами. При исследовании этих объектов или объектов регулирования не представляется возможным учесть все свойства, явления и процессы, происходящие в них. Учитываются только факторы, которые решающим образом влияют на протекание технологического процесса.

Основными параметрами объектов регулирования являются емкость и коэффициент емкости, самовыравнивание, запаздывание, время и скорость разгона.

Емкостью регулирующего объекта называется запас накопленной энергии объектов или накопленного в объекте вещества. Одинаковые возмущения по-разному сказываются на изменении регулируемой величины. Чем больше емкость объекта регулирования, тем медленнее при прочих равных условиях будет изменяться регулируемая величина при возмущениях, и наоборот, чем меньше емкость объекта регулирования, тем он чувствительнее к этим возмущениям, т. е. объекты с большей емкостью более устойчивы.

Коэффициент емкости – то количество энергии или вещества (пара, газа, жидкости), которое необходимо подвести к объекту или отвести от объекта для того, чтобы изменить регулируемую величину на единицу измерения. Например, при регулировании уровня коэффициент емкости есть то количество жидкости в кубических метрах, которое необходимо добавить, чтобы уровень изменился на 1 м (размерность $\text{м}^3/\text{м}$ или м^2).

Чем больше коэффициент емкости, тем больше емкость объекта, тем медленнее изменяется регулируемая величина, т. е. меньше его чувствительность к возмущениям, и наоборот.

Самовыравнивание объекта регулируемого процесса – это свойство регулируемого объекта, когда после возникновения возмущения объект стремится вновь прийти в состояние равновесия без внешнего вмешательства.

Объекты без самовыравнивания характеризуются тем, что при нарушении равновесия за счет отклонений регулируемой величины равновесие не восстанавливается.

Способность объекта к самовыравниванию характеризуется степенью или коэффициентом самовыравнивания. Степень самовыравнивания численно равна отношению величины возмущающего воздействия к отклонению регулируемой величины, вызванному этим воздействием. Самовыравнивание способствует устойчивости регулируемого объекта и облегчает работу регулятора.

Запаздывание процесса в объекте – изменение регулируемой величины с момента возмущающего действия происходит не сразу, а через некоторое время. Это время называется запаздыванием процесса в объекте. Запаздывание может быть передаточное и переходное.

Передаточное (транспортное) запаздывание – это то время, в течение которого регулируемая величина, несмотря на происшедшие возмущения, все же не изменяется.

Переходным (емкостным) запаздыванием процесса регулирования называется запаздывание, зависящее от тепловых, гидравлических и других сопротивлений между емкостями объекта, и определяется как промежуток времени от момента возникновения до начала изменения регулируемой величины в результате преодоления указанных межъемкостных сопротивлений.

Временем разгона объекта T_0 является время, в течение которого регулируемая величина изменяется от нуля до заданного значения при мгновенном 100%-ном возмущении со стороны регулирующего агента (от нуля до максимума) при условии, что скорость изменения величины в течение этого времени остается постоянной, а нагрузка отсутствует.

Чем больше в данный момент возмущающее воздействие, тем быстрее изменяется регулируемая величина, т. е. тем больше будет скорость этого изменения.

5.2. ПРОМЫШЛЕННЫЕ РЕГУЛЯТОРЫ

Сложным вопросом синтеза и анализа АСР является обеспечение такой совокупности объекта и регулятора, при которой АСР в целом обеспечивала бы необходимую устойчивость и качество регулирования. При этом внимательно изучению подлежит само устройство регулирования – регулятор, его виды, свойства, законы регулирования, которые он отрабатывает, область применения в различных АСР и т. п. Этим обосновывается актуальность рассматриваемых вопросов. Важность и значимость изучаемого материала для работника пожарной охраны подтверждает то обстоятельство, что грамотно спроектированная АСР, правильно, с учетом свойств объекта подобранный регулятор повышает пожарную безопасность технологического процесса.

Подобно системам автоматического регулирования в целом *автоматические регуляторы могут классифицироваться* по различным признакам:

1. В зависимости от характера регулируемой величины различают регуляторы температуры, давления, расхода, скорости вращения, уровня и т. д.
2. По роду используемой энергии: пневматические, электрические, гидравлические.
3. В зависимости от используемого принципа регуляторы делятся на регуляторы, работающие по отклонению (ошибке), работающие по возмущению и комбинированные.

4. В зависимости от способа воздействия чувствительного элемента на регулирующий орган регуляторы могут быть прямого и непрямого действия.

Регуляторами прямого действия называются регуляторы, в которых регулирующий орган перемещается непосредственно чувствительным элементом системы. Дополнительные источники энергии в таких системах отсутствуют.

Регулятором непрямого действия называют регулятор, в состав которого входят устройства, позволяющие усилить управляющий сигнал по мощности.

5. В зависимости от вида задания регуляторы подразделяют на стабилизирующие, программные, следящие (рис. 48).

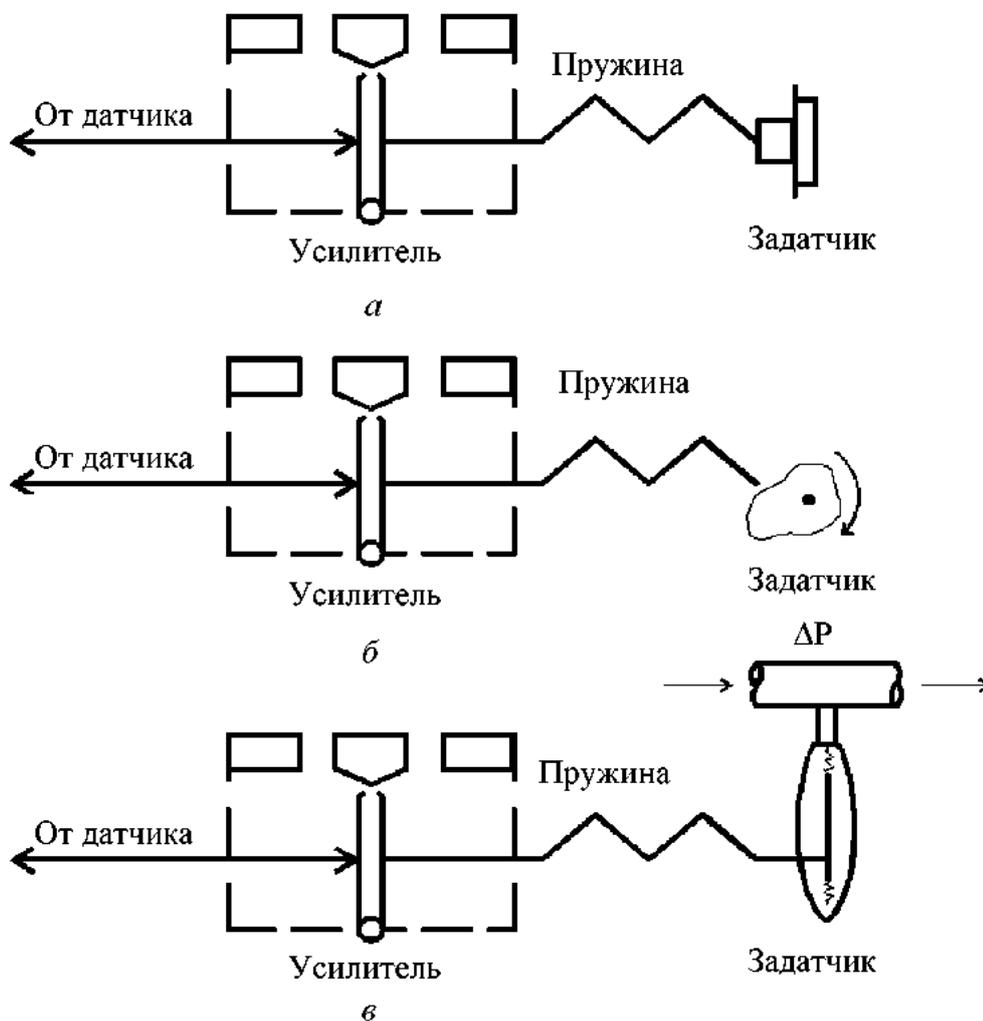


Рис. 48. Типы регуляторов по виду задания:
а – стабилизирующий; б – программный; в – следящий

6. По закону регулирования (т. е. в зависимости от изменения выходной величины регулятора от изменения его входной величины) автоматические регуляторы непрерывного действия делятся на следующие:

- пропорциональные или статические регуляторы (П-регуляторы);

- интегральные или астатические регуляторы (И-регуляторы);
- пропорционально-интегральные или изодромные регуляторы (ПИ-регуляторы);
- пропорционально-дифференциальные регуляторы или пропорциональные регуляторы с предварением (ПД-регуляторы);
- пропорционально-интегрально-дифференциальные регуляторы или изодромные регуляторы с предварением (ПИД-регуляторы).

П-регуляторы. Регулирующее воздействие этих регуляторов пропорционально отклонению регулируемого параметра от его заданного значения.

И-регуляторы. Регулирующее воздействие этих регуляторов пропорционально интегралу отклонения регулируемого параметра от заданного значения по времени. Регулирующее воздействие И-регулятора тем больше, чем больше величина отклонения регулируемого параметра и чем длительнее это отклонение. У таких регуляторов регулирующее воздействие будет продолжаться до тех пор, пока регулируемый параметр не возвратится к заданному значению.

При изменении нагрузки И-регулятор поддерживает параметр на заданном уровне в пределах зоны нечувствительности. При этом регулирующий орган может занимать различные положения. Однако вследствие замедленного возникновения регулирующего воздействия эти регуляторы обычно применяют только для регулирования параметров в объектах с большим самовыравниванием.

ПИ-регуляторы. Работу этих регуляторов можно рассматривать как совместное действие пропорциональных и интегральных регуляторов. Регулирующее воздействие ПИ-регуляторов пропорционально отклонению параметра от заданного значения к интегралу этого отклонения во времени. ПИ-регуляторы обладают лучшими динамическими свойствами по сравнению с И-регуляторами и не имеют статической неравномерности регулирования при изменении нагрузки объекта.

При отклонении параметра от заданного значения ПИ-регулятор в первый момент времени вырабатывает регулирующее воздействие, пропорциональное отклонению. Если регулирующий параметр не возвратится к заданному значению, ПИ-регулятор будет продолжать воздействовать на объект в том же направлении до тех пор, пока параметр не вернется к заданному значению.

ПД-регуляторы. Регулирующее воздействие этих регуляторов пропорционально отклонению параметра от заданного значения и скорости этого отклонения. При отклонении параметра регулирующий орган перемещается с не-

которым опережением, пропорциональным скорости изменения регулируемого параметра. С уменьшением скорости изменения параметра опережающее воздействие уменьшается и полностью прекращается в равновесном состоянии.

Эти регуляторы позволяют существенно уменьшить амплитуду колебаний регулируемого параметра в переходном процессе и время регулирования. Поэтому они обычно устанавливаются на инерционных объектах со значительным запаздыванием.

ПИД-регуляторами называются такие регуляторы, для которых величина регулирующего воздействия пропорциональна отклонению регулируемого параметра от заданного значения, интегралу и скорости этого отклонения. Закон регулирования ПИД-регулятора.

Контрольные вопросы

1. Определение и виды объектов автоматического регулирования.
2. Дать определение ёмкости регулирующего объекта.
3. Дать определение коэффициента емкости регулирующего объекта.
4. Объяснить суть процесса самовыравнивания объекта регулируемого процесса.
5. Объяснить суть процесса запаздывания в объекте.
6. Что называется временем разгона объекта?
7. Дать определения основных параметров объектов автоматического регулирования.
8. Классификация автоматических регуляторов.
9. Объяснить принципы действия П, И-регуляторов.
10. Объяснить принципы действия ПИ-регуляторов.
11. Объяснить принципы действия ПД, ПИД-регуляторов.

ГЛАВА 6. АВТОМАТИЧЕСКАЯ ЗАЩИТА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

6.1. ОСОБЕННОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ПОЖАРО- И ВЗРЫВООПАСНЫМИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ

Среди большого числа технологических процессов можно выделить группу пожаро- и взрывоопасных, которые при определённых условиях, возникающих вследствие 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. 49):

– нормальное протекание процесса, когда все определяющие параметры соответствуют заданным (рис. 49; Iб);

– отклонение определяющих параметров в сторону уменьшения опасности (рис. 49; Ia);

– отклонение определяющих параметров в сторону увеличения опасности (рис. 49; Ib).

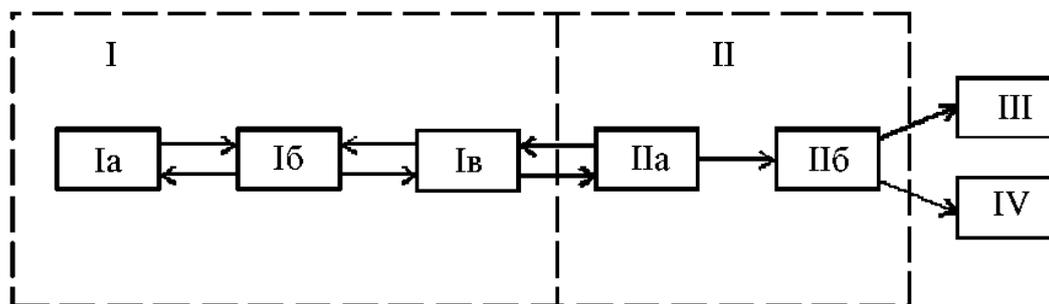


Рис. 49. Состояния пожаро- и взрывоопасного технологических процессов:
I – нормальный режим; II – предаварийное состояние; III – остановка процесса;
IV – аварийное состояние

При этом все отклонения в режиме I находятся в заданных пределах, обусловленных необходимой точностью поддержания определяющих параметров.

При нарушении технологического режима процесс переходит в предаварийное состояние (II), характеризующееся значительными отклонениями параметров от заданных пределов в сторону увеличения опасности. В предаварийном состоянии, характерном для процессов, можно выделить две фазы: в первой фазе (рис. 48, IIa) возможен возврат процесса к нормальному режиму, во второй (рис. 48, 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, 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 предаварийном режиме АСУТП должны включать, кроме систем автоматического контроля (АСК), регулирования (АСР), систем сигнализации (АСС), системы автоматической защиты (АСЗ) (рис. 50).

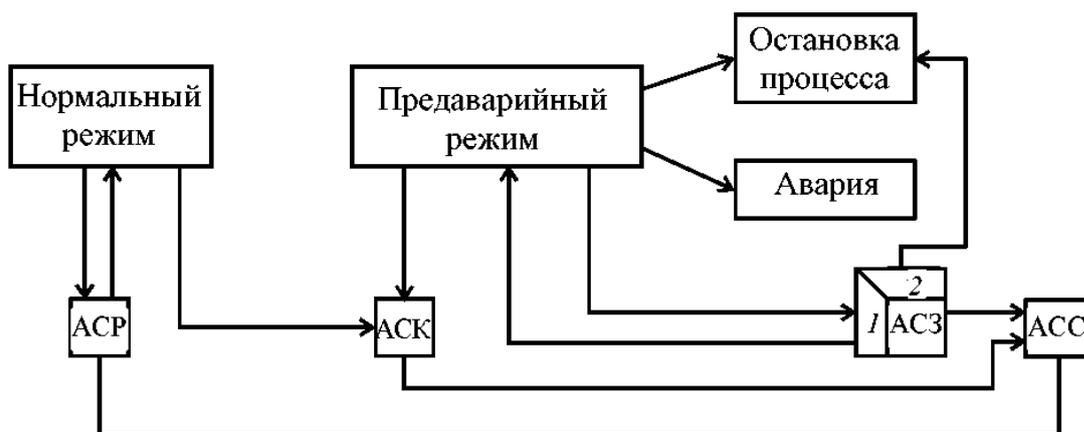


Рис. 50. Схема управления потенциально пожаро- и взрывоопасным технологическим процессом: АСР – автоматическая система регулирования; АСК – автоматическая система контроля; АСЗ – автоматическая система защиты; АСС – автоматическая система сигнализации; 1 – режим работы АСЗ на предотвращение аварии; 2 – режим работы АСЗ по ликвидации аварии

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

Таким образом, АСУ пожаро- и взрывоопасными технологическими процессами может быть реализована путём создания автономных АСР, АСК, АСС и АСЗ (рис. 50) или применением автономных АСР, АСЗ и управляющей вычислительной машины (УВМ).

6.2. ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ

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

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

В зависимости от конкретных условий применения АСЗ должны обеспечить:

- возможность обнаружения любых опасных ситуаций в объекте защиты по контролируемой совокупности параметров;
- прекращение хода контролируемого процесса в опасном направлении для любой возможной аварийной ситуации в объекте защиты;
- высокое быстродействие, создающее возможность своевременного выполнения противоаварийных действий;
- высокую чувствительность к контролируемому параметру;
- стабильность характеристик во времени, т. е. сведение к минимуму влияния таких явлений, как старение и утомляемость отдельных элементов;
- минимальное влияние внешних факторов (температуры, влажности, атмосферного давления, ударов, операций, электрических помех и т. п.);
- минимальное обратное влияние на объект защиты при нормальных значениях контролируемого параметра;
- безотказность в условиях длительной непрерывной работы (устройства защиты должны обладать более высокой надёжностью, чем объект защиты);
- высокую перегрузочную способность;
- взаимозаменяемость (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. 51 приведена блочная схема устройства защиты. В индикаторе аварийных ситуаций текущее значение контролируемого параметра, воспринимаемого ИП, сравнивается в УС с заданием, которое задаётся задатчиком и определяет допустимые граничные значения.

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.

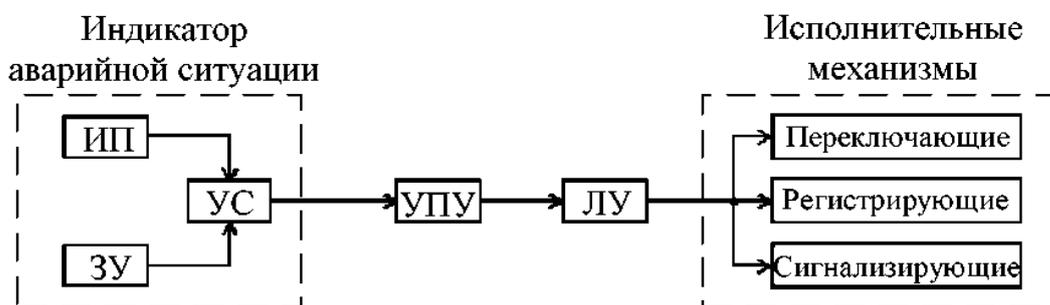


Рис. 51. Блочная схема устройства защиты

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 обна-

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

Для исключения возможности многократного включения и отключения защиты вблизи заданного предельного значения параметра исполнительные органы после срабатывания обычно блокируются, например, путём самоблоки-

ровки реле, включающего исполнительные органы, с помощью механических защёлк или введением обратной связи, которая приводит к скачкообразному приближению значения задания к норме. 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. 51), причём общими у них могут быть только выключающие, переключающие и другие 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. Подключение датчиков к входу, а исполнительных органов – к выходу общих узлов производится поочередно с помощью синхронно работающих входного и выходного переключателей. Конструктивно эти переключатели нередко объединяются в один переключатель, который одновременно коммутирует ряд цепей в схемах, программных устройствах и т. д.

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

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

Простые АСЗ построены так, что повышение или понижение параметра, по которому ведётся защита, до предельного значения вызывает управляющее исполнительное воздействие (рис. 51).

Структурная схема АСЗ с развитой логической частью, реализующая сложный алгоритм защиты, приведена на рис. 52.

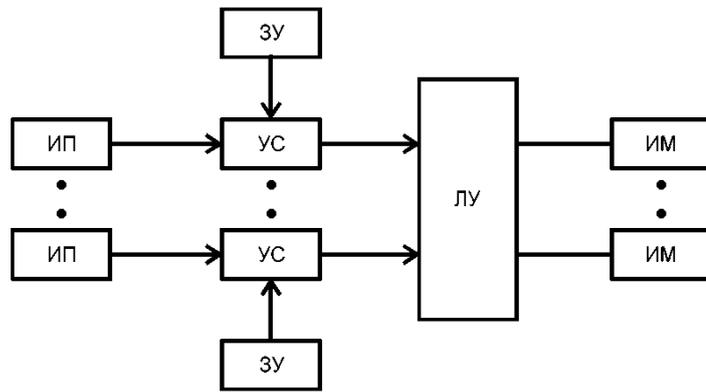


Рис. 52. Блочная схема АСЗ с развитой логической частью

В функции логического устройства (ЛУ) входит приведение в действие исполнительных устройств по определенному алгоритму.

Следует иметь в виду, что составлению каждой логической функции предшествует исследование технологического процесса, а характерное отличие АСЗ, реализующих такие функции, – наличие двух ступеней защитных воздействий (рис. 52). Как видно из схемы, АСЗ на первой ступени принимает меры к возврату процесса в режим нормального функционирования, а в случае усложнения обстановки, невзирая на принятые меры, когда возврат уже неосуществим, АСЗ второй ступени останавливает процесс.

Наиболее сложным типом системы автоматической защиты являются адаптивные АСЗ, созданные для решения сложных, развитых алгоритмов, основывающихся на строгом математическом описании технологического процесса.

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

Схема АСЗ, реализующая такой алгоритм, показана на рис. 53.

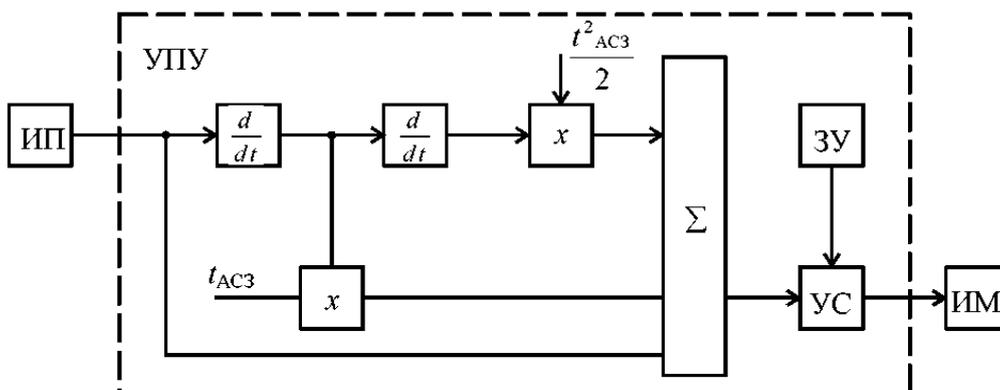


Рис. 53. Блочная схема, реализующая адаптивный алгоритм защиты

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.

6.3. СИСТЕМЫ АВАРИЙНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ И ЗАЩИТЫ

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, как температура, давление, уровень 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 световом табло. Устройство работает в комплекте с контактными датчиками взрывозащищенного исполнения, а также с датчиками обычного исполнения при условии, что эти датчики не имеют собственного источника питания. Входными параметрами устройства являются:

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

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

Устройство аварийной и предупредительной сигнализации представляет собой автоматическое стационарное логическое устройство постоянного циклического действия нормального исполнения, предназначенное для приема

сигналов от датчиков аварийного отклонения параметров и представления их оператору на средствах цифровой и преобразовательной индикации.

Устройство выполняет следующие функции:

- циклический опрос датчиков аварийного отклонения параметров;
- дифференцирование поступивших сигналов по степени аварийности на три группы;
- контроль положения исполнительных механизмов систем защиты;
- представление поступившей информации об аварийных отклонениях параметров на цифровом трехразрядном индикаторе с одновременным сопровождением ее акустическим сигналом определенной тональности, зависящей от группы аварийности поступившего сигнала, и высвечиванием 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.

На вход в устройство срабатывает датчик, происходит 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 и 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 применить ее для разработки АСЗ любой сложности.

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

Контрольные вопросы

1. Определение и виды объектов автоматического регулирования.
2. Рассказать о I режиме (нормальное функционирование пожаро- и взрывоопасных технологических процессов).
3. Рассказать о II режиме (предаварийное состояние пожаро- и взрывоопасных технологических процессов).
4. Что должны обеспечивать системы автоматической защиты в зависимости от конкретных условий применения?
5. Перечислить основные элементы системы автоматической защиты.
6. Объяснить работу блочной схемы устройства защиты.
7. Функции исполнительных механизмов после приведения их в действие сигналами индикатора аварийных ситуаций.
8. Что представляют собой системы аварийной сигнализации и защиты?

ГЛАВА 7. АВТОМАТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ ЛОКАЛИЗАЦИИ И ПОДАВЛЕНИЯ ВЗРЫВОВ

7.1. МЕТОДЫ ВЗРЫВОЗАЩИТЫ

Взрыв горючей среды внутри оборудования и производственных помещений является одной из наиболее опасных для предприятия аварийных ситуаций. Взрывы в производственных помещениях часто являются следствием предшествующих им взрывов в оборудовании. Поэтому взрывозащита технологического оборудования – это одна из главных задач при обеспечении взрывобезопасности производств. Под взрывозащитой технологического оборудования понимается предупреждение его разрушения вследствие воспламенения находящихся в нем пара или пылегазовых смесей.

Для предотвращения возникновения взрыва разработан комплекс конструктивных и профилактических мероприятий, предполагающих главным образом: 1) исключение возможности образования взрывоопасных смесей, воспламенения горючих газов, пылей и паров горючих жидкостей и 2) снижение уровня опасных концентраций с помощью систем вентиляции, продува и разбавления газовых сред в целях вывода состава смеси за пределы возможного воспламенения. Предусматриваются также меры, не допускающие взрывоопасное исполнение агрегатов, двигателей, электросистем и других технических устройств. В тех случаях, когда указанных мер недостаточно, применяют способы нейтрализации пожаро- и взрывоопасной среды путем введения нейтральных газов и другие профилактические приемы и методы.

Существуют, однако, такие специфические устройства и такие виды производства, где применение конструктивных и профилактических мер не позволяет полностью исключить опасность возникновения взрыва. Особые условия ведения технологических процессов при вынужденном форсировании их параметров, возможность возникновения взрыва требуют применения активных способов взрывозащиты. К таким способам относятся автоматические системы локализации и подавления взрывов, основанные на быстрой регистрации очага воспламенения и последующем воздействии на него огнетушащим веществом. Возможность широкого внедрения таких систем обусловлена достижениями отечественной науки в области точной механики, полупроводниковой техники и современной химии, позволяющими создавать высокочувствительные датчи-

ки температуры, давления, излучения, а также высокоэффективные ингибиторы и флегматизаторы горения.

Основные принципы, на которых базируются системы автоматической локализации и подавления взрывов, сводятся к отдельному или совместному выполнению комплекса технических мероприятий:

- аварийной разгерметизации технологического оборудования в целях ограничения давления в аппаратах в пределах допустимых значений;
- блокированию аварийного оборудования от смежных технологических аппаратов, обеспечивающему исключение пожара и взрыва в смежных аппаратах;
- активному подавлению взрыва в аппарате путем воздействия огнетушащего вещества на пламя в зоне взрыва.

Системы локализации взрывов предназначены для защиты от разрушения технологического оборудования путем аварийной его разгерметизации, сброса избыточного давления в атмосферу или перепуска технологического продукта в аварийные емкости, отсечения пламени в транспортных коммуникациях, а также блокирования аварийного производственного участка. Структурная схема такой системы приведена на рис. 54.

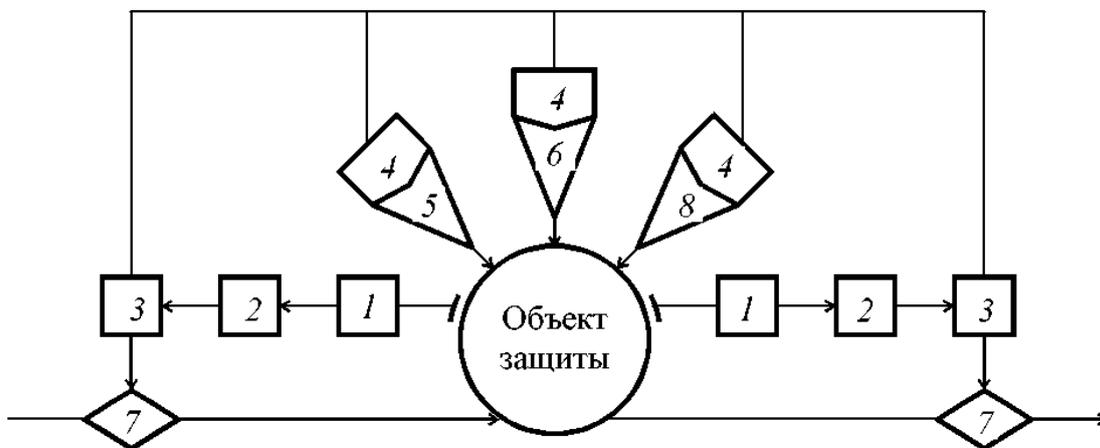


Рис. 54. Структурная схема автоматической системы взрывозащиты

Принцип действия системы локализации взрыва заключается в обнаружении аварийного состояния датчиком 1, усилении сигнала усилителем 2 и подачи исполнительным органом 3 управляющего импульса 4 в устройства разгерметизации 5, инертзации 6 и блокирования 7. При наличии совмещенной установки пожаротушения 8 запуск последней осуществляется либо от управляющего импульса, либо дистанционно оператором.

Устройства разгерметизации в системе обеспечивают создание в аппарате проходного сечения для сброса избыточного давления, образующегося при взрыве внутри технологического аппарата.

Устройства разгерметизации по принципу действия подразделяются на пассивные (неуправляемые) и активные (управляемые). К устройствам пассивной разгерметизации относятся: *предохранительные клапаны, мембраны и разрывные втулки*.

Предохранительные клапаны являются устройствами многократного действия и при срабатывании не разрушаются.

Предохранительные мембраны при срабатывании разрушаются при повышении давления в аппарате на заданную по условиям безопасности величину.

В случаях, когда взрывной процесс протекает с высокой скоростью, необходимо разгерметизировать оборудование в начальный момент взрыва. Для этой цели используют устройства активной разгерметизации: *клапаны с электро- или пироприводом и управляемые мембраны*. В разгерметизирующей предохранительной мембране, показанной на рис. 55, разрушение мембраны 4 обеспечивается ножом 3, закрепленным на плунжере 2, который приводится в действие под давлением газов, образующихся при срабатывании пиротехнического заряда 1.

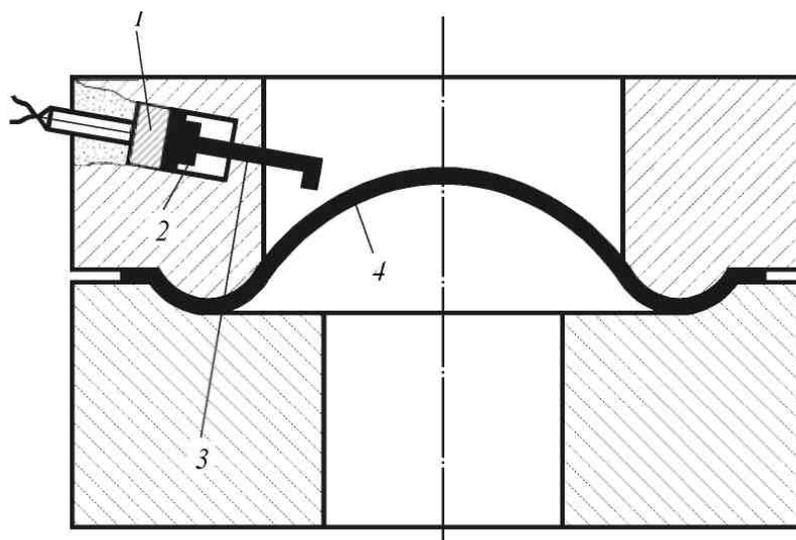


Рис. 55. Разгерметизирующая предохранительная мембрана

Блокирование аварийного технологического аппарата или производственного участка производится в целях исключения распространения пожара или взрыва по коммуникациям и вентиляционным каналам. Предотвратить распространение пламени по технологическим коммуникациям можно с использованием быстродействующих отсекающих устройств пламеотсекателей. Общепромышленная запорная трубопроводная арматура с пневмо- и электроприводом для этих целей непригодна из-за присущей ей инерционности. Для взрывозащиты технологического оборудования используются пламеотсекатели с электрическим, пневматическим, гидравлическим и пиротехническим приводами.

Разработанные устройства решают задачу механического преграждения пространства пламени, а в ряде случаев обеспечивают одновременную подачу огнетушащего вещества.

В нашей стране применяются быстродействующие поворотные клапаны с приводом от энергии падающего груза.

Клапаны являются полуавтоматическими запорными устройствами, предназначенными для герметичного перекрытия газопроводов диаметром 200, 300, 400 и 500 мм. Запорный орган состоит из тарелки 3 и рычага 4 (рис. 56).

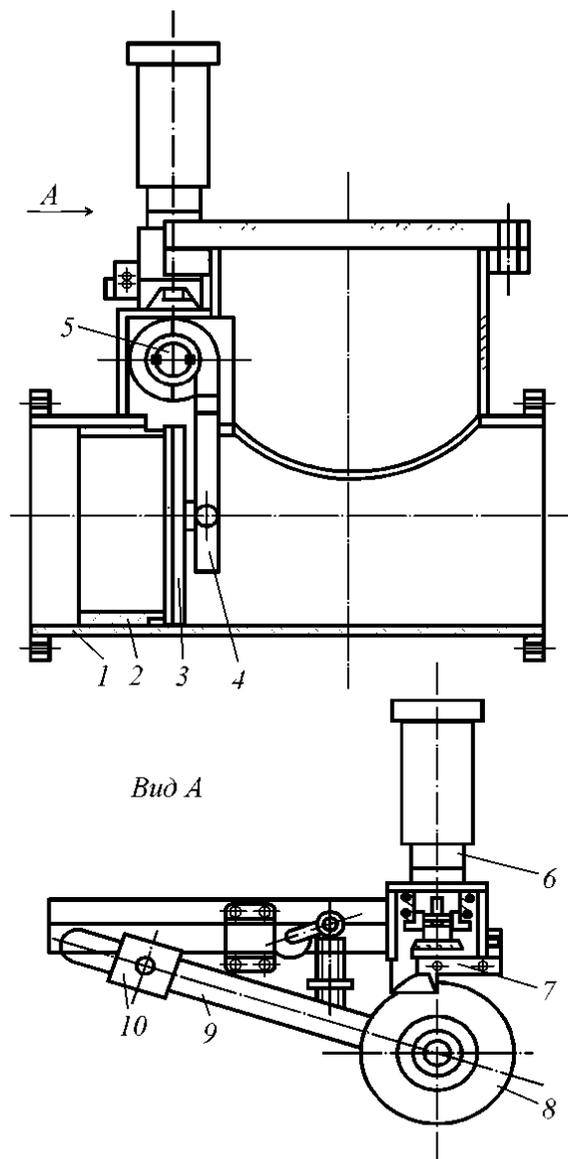


Рис. 56. Поворотный отсечной грузовой клапан

Подвижное соединение тарелки с рычагом обеспечивает правильную посадку тарелки на седло 2. Запорный орган установлен внутри корпуса 1. На конце вала 5 установлен рычаг 9 настройки клапана. Приводом клапана служит электромагнит 6, установленный на кронштейне. На концевой части электромагнита есть защелка 7. К рычагу приварен диск 8 с пазом. При подаче напря-

жения на обмотку электромагнита сердечник перемещается вверх и защелка 7 выходит из зацепления с диском 8, в результате чего тарелка 3 под действием силы собственной тяжести и груза 10 перемещается, перекрывая проходное сечение клапана. Для открытия клапана рычаг 9 вручную поворачивают на 90°, защелка входит в паз диска и клапан фиксируется в открытом положении. Время срабатывания клапанов такой конструкции 2–3 с.

Для увеличения быстродействия общепромышленных отсекателей разработана конструкция, показанная на рис. 57, которая обеспечивает работу отсекателя как в нормальном режиме управления технологическим процессом, так и для аварийного перекрытия трубопровода. Пневмопривод отсекателя снабжен двумя дополнительными полостями А и В, отделенными мембранами 2 и 3. Полость А заполнена сжатым газом, и в ней расположен пирозаряд 1. При подаче управляющих пневматических импульсов через штуцер 4 отсекаТЕЛЬ работает в режиме управления технологическим процессом. В аварийной ситуации подается электрический сигнал на срабатывание пирозаряда, который разрушает мембрану 2, и сжатый газ, деформируя мембрану 3, перемещает запорный орган в закрытое положение. Установка привода такой конструкции позволяет повысить быстродействие серийно выпускаемых пневмоотсекателей в 20–30 раз.

Наиболее высоким быстродействием обладают отсекатели с пироприводом. Одна из конструкций такого клапана показана на рис. 58.

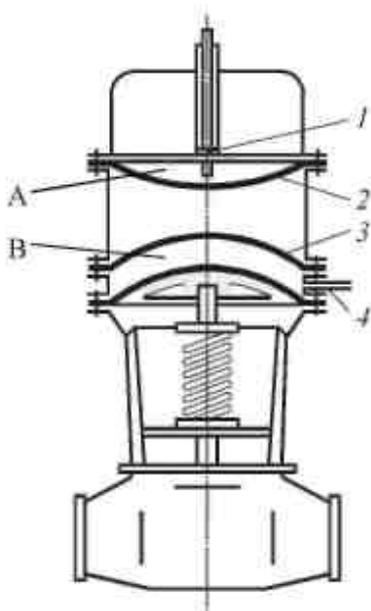


Рис. 57. Модернизированный пневмоотсекатель

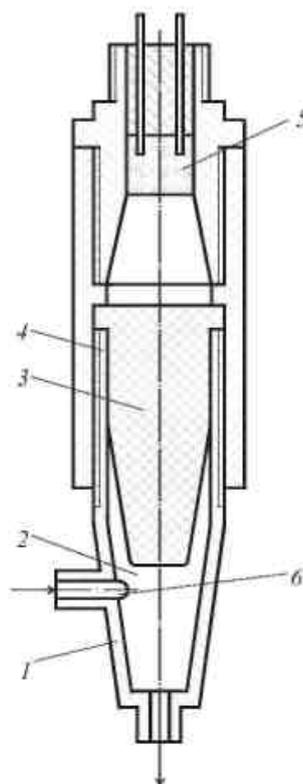


Рис. 58. Пробковый отсекаТЕЛЬ с пироприводом

Он состоит из корпуса *1* с поперечной полостью *2* в виде конического седла, в котором заклинивается запорный орган *3* в виде усеченного конуса с уплотнительным пояском *4*. При подаче сигнала на закрытие срабатывает пирозаряд *5* и под действием давления образующихся газов, срезая уплотнительный пояс *4*, запорный орган *3* перемещается в коническом седле и перекрывает канал *б*.

На рис. 59 показана схема пламеотсекателя-оросителя с поворотной заслонкой. Отсекатель состоит из корпуса *4* и заслонки *3*, при повороте которой на 90° происходит перекрытие потока технологической среды. Поворот заслонки обеспечивается реактивной силой струи огнетушащей жидкости, вытекающей через распылитель *2*. В открытом положении заслонка удерживается гидравлическим замком *1*, который при подаче жидкости освобождает заслонку от сцепления с ним.

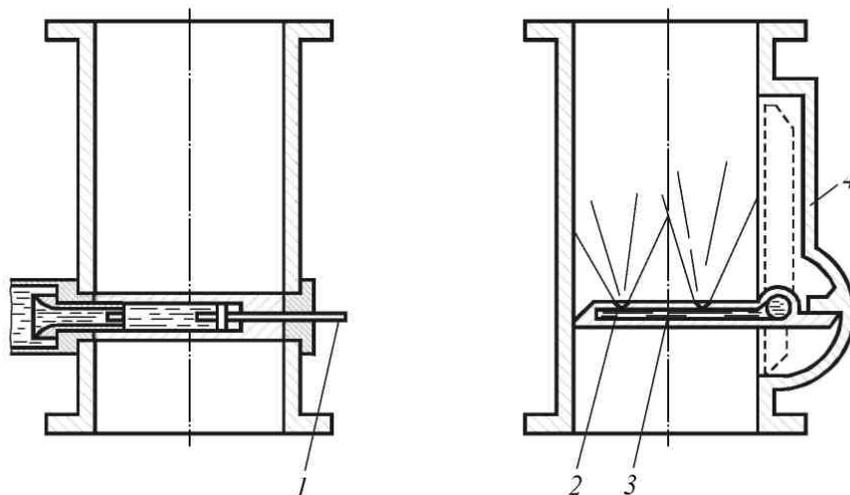


Рис. 59. Пламеотсекатель-ороситель с поворотной заслонкой

В ряде случаев локализовать пламя в трубопроводах можно форсуночными заградительными устройствами, схема которых приведена на рис. 60. Внутри трубопровода *1* (рис. 60, *а*) размещено несколько сопел *2* с радиально направленными отверстиями. Через трубу *3* к соплам подводится огнетушащее вещество. В другом варианте (рис. 60, *б*) в центре трубопровода *1* расположено сопло *2*, направленное вдоль оси трубопровода. Для спуска воды служит патрубок *4*.

Для блокирования распространения пламени по трубопроводам и пневмотранспорту используются различные модификации пламеотсекателей-гидрозатворов.

Эффективность работы отсекающих устройств определяется их быстродействием и местом расположения датчиков пламени. При этом должно выполняться условие

$$t < Lv,$$

где t – полное время срабатывания отсекающего устройства от момента обнаружения пламе-

ни датчиком до полного перекрытия трубопровода; L – расстояние от датчика пламени до отсекающего; v – скорость распространения пламени.

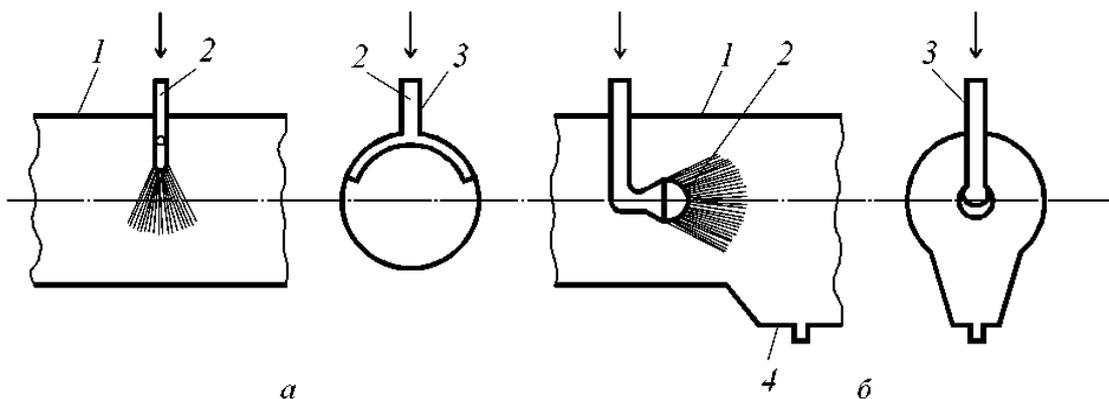


Рис. 60. Форсуночные заградительные устройства:
a – с радиально направленным соплом; *б* – с осевым соплом

В качестве устройств блокирования могут использоваться также в зависимости от условий технологического режима различные типы огнепреградителей, воздушно-водяные и водопенные завесы.

7.2. АВТОМАТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ ПОДАВЛЕНИЯ ВЗРЫВА

Автоматические системы подавления взрыва (АСПВ) предназначены для обнаружения, локализации и полного подавления взрыва в технологических аппаратах и производственных помещениях в начальной стадии процесса, не представляющей опасности для оборудования и людей, находящихся внутри помещения, где произошло воспламенение горючих газопаровоздушных или пылевоздушных смесей.

Отличием метода защиты с помощью автоматических систем подавления взрыва от систем профилактического типа является то, что указанная система допускает воспламенение взрывоопасной смеси и включается в начальный момент развития процесса для ликвидации аварийной ситуации. Выбор параметров срабатывания автоматической системы подавления взрыва существенно зависит от времени безопасного развития взрыва конкретных взрывоопасных смесей.

Основными параметрами взрыва, которые учитываются при выборе методов и способов взрывозащиты, являются: давление и температура взрыва, скорость нарастания давления и распространения пламени, «инкубационный» безопасный период развития взрыва, концентрационные пределы различных добавок и разбавителей. Конечное давление при взрывах в замкнутых объемах

зависит от физико-химических свойств горючих смесей и концентрации горючего вещества.

Окислительные реакции, приводящие к взрыву, протекают не мгновенно, а за некоторый промежуток времени. Скорость нарастания давления зависит прежде всего от физико-химических свойств горючих материалов, объема, конструкции и плотности заполнения аппарата.

Схема развития и подавления взрыва и блок-схема АСПВ приведены на рис. 61.

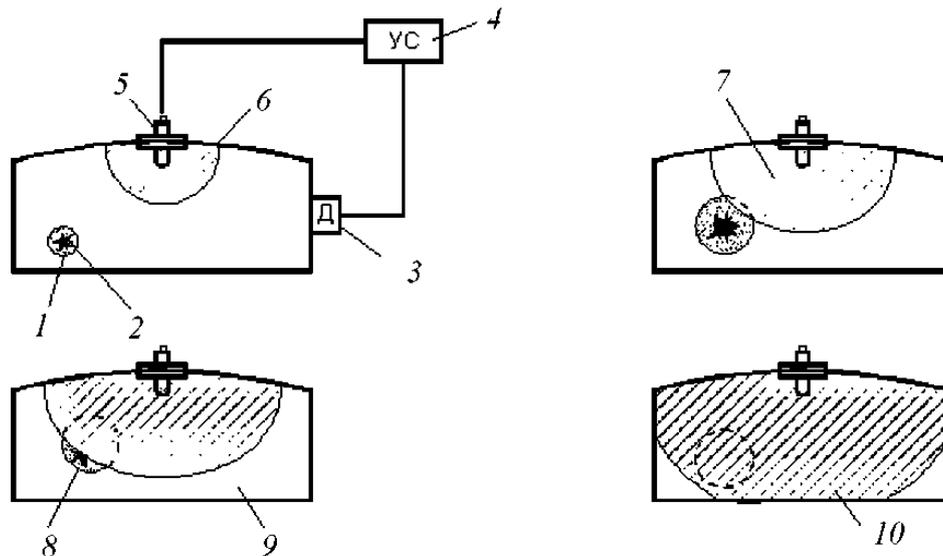


Рис. 61. Схема развития и подавления взрыва автоматической системой:

1 – фронт пламени; 2 – источник зажигания; 3 – датчик; 4 – усилитель; 5 – пороховой заряд; 6 – фронт потока ингибитора; 7 – объем, заполненный ингибитором; 8 – продукты горения; 9 – непрореагировавшая смесь; 10 – взрыв подавлен

Начальный момент взрыва обнаруживается датчиком АСПВ по одному из характерных для взрыва параметров (излучение, давление, ионизация). Выходной сигнал датчика, усиленный в каскаде усиления, передается к исполнительному органу взрывоподавляющего устройства – пороховому аккумулятору давления. Под действием давления пороховых газов огнетушащая жидкость вытесняется из агрегата впрыска ингибитора взрывоподавляющего устройства. Распространяясь по всему объему защищаемого пространства, струи ингибитора распыляются на отдельные капли, испаряются и, смешиваясь с газовой средой, нейтрализуют взрывоопасную горящую смесь, локализуя тем самым очаг взрыва в зоне его возникновения. Затем, распространяясь дальше, поток массы ингибитора достигает зоны первоначального зарождения взрыва и подавляет горение во фронте пламени. Развитие и распространение взрыва прекращается, при этом максимальное давление взрыва не превышает допустимого значения давления в защищаемом объеме.

Таким образом, АСПВ обеспечивает обнаружение взрыва, ввод ингибитора и его равномерное распределение в объеме защищаемого объекта и, следовательно, подавление взрыва. В процессе развития взрыва и его активного подавления можно выделить три характерных участка (рис. 62): развитие взрыва до момента обнаружения загорания датчиком, срабатывание системы и активное подавление пламени огнетушащим веществом, постепенное снижение температуры газопаровоздушной смеси и выравнивание давления в технологическом аппарате до первоначального.

Основное требование, которому должны соответствовать АСПВ, для обеспечения их максимальной эффективности, – быстроедействие, т. е. если полное действие системы – $\tau_{\text{сист}}$, а время инкубационного (безопасного) развития взрыва – $\tau_{\text{инк}}$, то условие эффективности записывается следующим образом:

$$\tau_{\text{сист}} = \tau_{\text{инк}}.$$

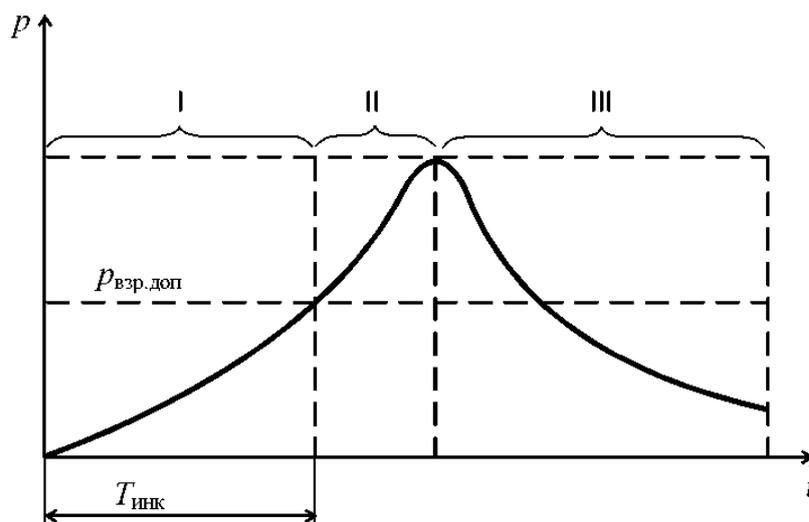


Рис. 62. Процесс развития и подавления взрыва:

- I – развитие взрыва до момента обнаружения;
- II – активное подавление взрыва; III – взрыв подавлен

Полное время срабатывания системы складывается из времени срабатывания датчика, времени преобразования первичных импульсов в усиленный командный сигнал, времени срабатывания пиротехнического устройства, порохового аккумулятора, времени истечения ингибитора, времени полета, испарения и перемещения ингибитора с взрывоопасной средой и собственно времени, идущего на подавление и гашение пламени взрыва. Для малых объемов баков ($R_{\text{max}} < 1$ м), $n < 50$ мс (R_{max} – максимальный радиус полета струи ингибитора или наибольший размер защищаемого сосуда).

Для уменьшения времени срабатывания АСПВ датчики обнаружения взрыва создаются на чувствительных элементах, реагирующих на световое излучение. Время срабатывания чувствительных элементов излучения, как правило, находится во временном интервале 10^{-4} – 10^{-5} с при большой их чувствительности. Выявлено, что пламя имеет полосатый спектр излучения и что энергия излучения в спектре распределена по длинам волн от УФ до ИК области, и это обстоятельство должно учитываться при проектировании датчиков АСПВ.

При выборе чувствительных элементов датчиков необходимо также учитывать условия применения АСПВ, особенности защищаемых объектов и вид горючей смеси. Для пылегазовых смесей важно учесть возможное снижение интенсивности светового потока. В темных или слабоосвещенных помещениях датчики могут быть изготовлены на фоторезисторах или фотодиодах. Для помещений с ограниченными источниками освещения могут быть использованы фотоумножители с набором светофильтров, а в помещениях с интенсивным освещением, дневным или искусственным светом целесообразно использовать фотоумножители с высокочувствительными элементами.

7.3. Взрывоподавляющие устройства

Для надежного подавления взрывов требуется высокое быстродействие автоматических противовзрывных систем, незначительное время доставки огнетушащего средства в зону горения, а также достаточно эффективная протяженность распыленного факела. Взрывоподавляющие устройства должны быть пригодны для эксплуатации в широком интервале температур и давлений, отличаться простотой конструкции и надежностью действия.

Конструкции взрывоподавителей можно подразделить на четыре группы:

- 1) устройства с разрушаемой оболочкой, приводимые в действие ударной волной, образующейся при срабатывании детонатора;
- 2) пневматические устройства, в которых для распыления огнетушащего средства используется энергия заключенного в баллоне сжатого газа;
- 3) пирогидроимпульсные устройства типа «гидропушки», в которых для диспергирования огнетушащего средства используется давление газа, образующегося при сгорании пиротехнического заряда;
- 4) комбинированные устройства, в которых совмещается принцип действия перечисленных конструкций с последующей подачей огнетушащей жидкости из магистральных трубопроводов.

7.4. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ЛОКАЛИЗАЦИИ И ПОДАВЛЕНИЯ ВЗРЫВОВ

Наиболее широко и эффективно системы локализации и подавления взрывов используются на предприятиях нефтеперерабатывающей, химической, нефтехимической и других отраслей промышленности, связанных с обращением легковоспламеняющихся жидкостей, горючих газов и взрывоопасных пылей. Из ряда типовых систем взрывозащиты технологических аппаратов наибольший интерес для использования в различных отраслях промышленности представляет система, основанная на методе вакуумирования и взрывоподавления.

Система подавления взрывов в закрытых аппаратах методом вакуумирования предназначена для пожаро- и взрывозащиты технологических процессов, защиты от разрушений технологических аппаратов, предотвращения развития крупных вторичных пожаров в производственных зданиях. Подавление взрывов в закрытых аппаратах методом вакуумирования возможно двумя способами: активным и пассивным.

Активный способ основан на регистрации загорания в технологическом аппарате датчиком и принудительной (под действием электрической энергии) разгерметизации сбросного трубопровода, соединяющего рабочий технологический аппарат и буферную емкость, находящуюся под разрежением.

Пассивный способ заключается в разрушении предохранительной мембраны разгерметизирующего устройства под действием механического привода, побудителем которого является собственно энергия взрыва технологической среды.

Для снижения температуры продуктов горения и предупреждения загораний горючей смеси внутри сбросного трубопровода и буферной емкости в газовый поток вводится хладоагент (вода, хладон, порошок и т. п.).

Структурные схемы автоматической системы подавления взрывов в закрытых технологических аппаратах методом вакуумирования приведены на рис. 63.

Система, основанная на активном способе взрывозащиты (рис. 63, а), состоит из аппаратуры обнаружения загораний 2 и 3 (взрыворегистрирующая сигнально-пусковая установка 3 в комплекте с двумя реле давления 2, включенными по логической схеме конъюнкции), устройств разгерметизации 5 и орошения 7, буферной емкости 4 и сбросного трубопровода 6.

Защищаемый технологический аппарат 1 соединен с буферной емкостью 4 сбросным трубопроводом 6, на котором монтируется клапан-разгерметизатор 5 со встроенным или независимо подсоединенным оросителем 7. Реле давления 2 устанавливаются сверху технологического аппарата 1; вторичный прибор аппа-

ратуры обнаружения загораний размещается в операторной или другом обособленном помещении.

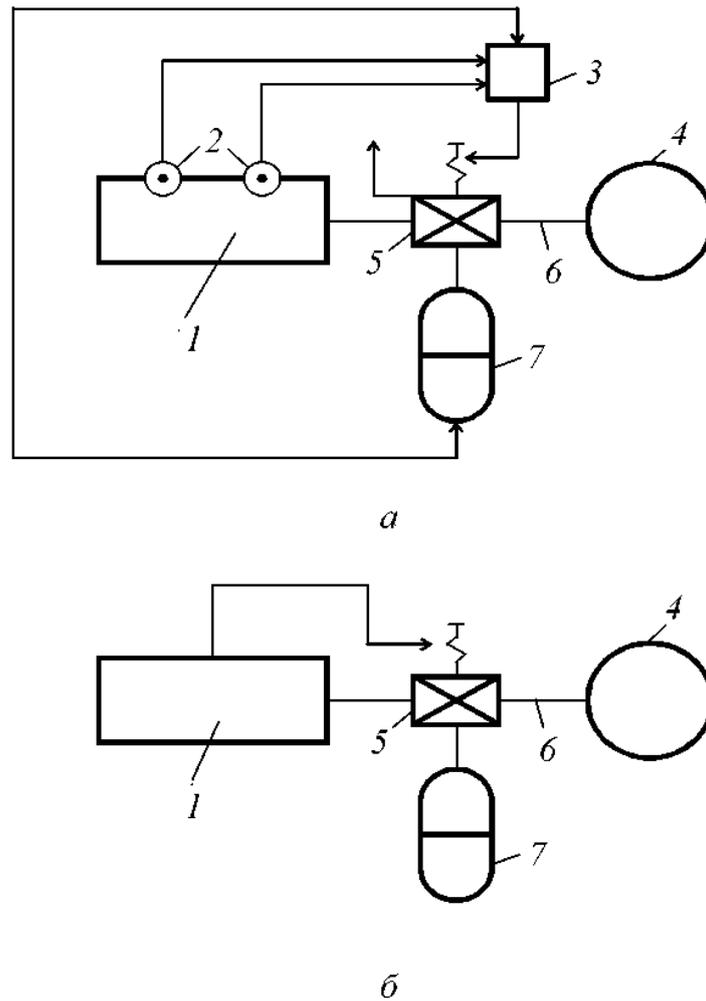


Рис. 63. Структурная схема взрывозащиты технологических аппаратов методом вакуумирования:
a – активный способ; *б* – пассивный способ

При возникновении загорания в рабочем технологическом аппарате реле давления регистрируют избыточное давление в начальный период развития взрыва, когда давление еще значительно меньше предельно допустимого значения для технологического аппарата, и передают управляющий импульс через вторичный прибор на клапан-разгерметизатор и устройство орошения, заполненное хладагентом. При срабатывании клапана происходит разгерметизация рабочего аппарата, и под действием сверхкритического перепада давлений, определяемого в основном давлением в рабочем аппарате и начальным давлением в буферной емкости, находящейся под вакуумом, начинается перетекание горючей смеси или высокотемпературных продуктов горения в буферную емкость. Одновременно в газовый поток из устройства орошения диспергируется хладагент.

Система, построенная по пассивному способу взрывозащиты (рис. 63, б), состоит из устройства разгерметизации 5, устройства орошения 7, буферной емкости 4 и сбросного трубопровода 6.

Устройства разгерметизации и орошения в этой системе срабатывают непосредственно под действием избыточного давления, образующегося в технологическом аппарате при взрыве газопаровоздушной смеси. В остальном принцип действия системы аналогичен описанному выше.

Одна буферная емкость может быть использована для взрывозащиты нескольких технологических аппаратов.

Автоматическая система взрывоподавления, разработанная во ВНИИПО, предназначена для подавления быстроразвивающихся пожаров и взрывов углеводородовоздушных и сероуглеродовоздушных смесей внутри технологических аппаратов в целях предотвращения развития крупных пожаров в производственных зданиях.

Система взрывоподавления (рис. 64), состоит из взрыворегистрирующей и взрывоподавляющей частей, элементов контроля и сигнализации.

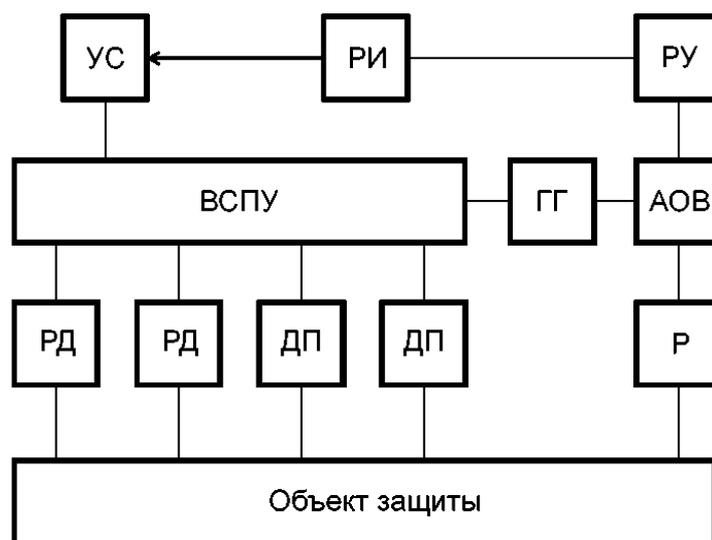


Рис. 64. Структурная схема системы взрывозащиты:

ДП – датчик пламени; РД – реле давления; ВСПУ – взрыворегистрирующая сигнально-пусковая установка; УС – устройства сигнализации; РИ – реле с искробезопасными входами; РУ – реле уровня; ГГ – газогенератор; АОВ – аккумулятор огнетушащего вещества; Р – распылитель

Взрыворегистрирующая часть представляет собой взрыворегистрирующую сигнально-пусковую установку (ВСПУ), в состав которой входят вторичный прибор, укомплектованный взрыворегистрирующим блоком, сигнально-пусковым блоком и блоком питания, два датчика и комплект реле давления, включаемые по двухлучевой схеме совпадения.

Взрывоподавляющая часть включает группу гидроимпульсных устройств, каждое из которых состоит из аккумулятора огнетушащего вещества (АОВ), распылителя (Р), газогенератора (ГГ) и реле уровня (РУ).

Реле уровня (РУ) предназначено для контроля уровня вещества в АОВ. При утечке огнетушащего средства РУ своими контактами коммутирует цепь реле с искробезопасными входами РИ-1, которое управляет звуковой и световой сигнализациями УС.

Принцип действия системы заключается в следующем. При воспламенении горючей смеси сигналы от датчиков пламени (ДП) или реле давления (РД), которые используются в качестве дублирующего привода, поступают по логическим каналам обработки информации на сигнально-пусковой блок. Давление срабатывания реле 2СГС-0,15 составляет 0,015–0,005 МПа.

Блок датчиков формирует мощный импульс тока, от которого срабатывает газогенератор, состоящий из побудителя и порохового заряда, только в случае одновременной регистрации загораний по двум лучам и в любой комбинации. Давлением газов, образующихся при сгорании порохового заряда в газогенераторе, огнетушащее средство через распылитель вытесняется из гидроимпульсных устройств и распределяется по защищаемому объему.

Контрольные вопросы

1. Что представляет собой комплекс конструктивных и профилактических мероприятий?
2. Назначение и принцип действия системы локализации взрыва.
3. Устройство и принцип действия предохранительных клапанов.
4. Устройство и принцип действия мембран.
5. Устройство и принцип действия разрывных втулок.
6. Назначение и принцип действия автоматических систем подавления взрыва.
7. Назначение и классификация взрывоподавляющих устройств.
8. Описать систему подавления взрывов в закрытых аппаратах методом вакуумирования активным способом.
9. Описать систему подавления взрывов в закрытых аппаратах методом вакуумирования пассивным способом.
10. Описать автоматическую систему взрывоподавления.

ГЛАВА 8. АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

8.1. АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯМИ

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. К первым относятся поломки оборудования, изменения его характеристик, аварии, взрывы и пожары, производственные травмы работников и т. д. Внешними возмущениями являются 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 путем решения задач управления ПП. Под задачей управления понимают алгоритм или совокупность алгоритмов формирования выходных документов (сообщений), имеющих определенное функциональное назначение для управления ПП или его подразделением. Задачи управления ПП можно разделить на два вида. Одни являются экономическими или организационными, например составление планов, учет сдачи и отгрузки товарной продукции, анализ показателей качества продукции, расчет заработной платы рабочим и служащим. Другие представляют собой задачи непосредственного управления работой отдельных технологических установок.

Основная цель автоматизации управления – улучшение технико-экономических показателей производственно-хозяйственной деятельности ПП, что достигается совершенствованием разработки, производства и сбыта продукции, обеспечения производства, управления перечисленным и процессами, органи-

зационной и производственной структур ПП, а также улучшением качества проектируемой и выпускаемой продукции и снижением затрат на создание и использование (эксплуатацию) продукции.

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.

8.2. 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. 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» названы 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 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 зада-

чи 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, необходимой для оптимизации управления технологическими процессами. Процесс оптимизации предполагает выбор такого варианта управления, в котором достигается минимальное или максимальное значение некоторого критерия, характеризующего качество управления.

Объективная необходимость широкого внедрения во всех отраслях народного хозяйства АСУТП обусловлена тем, что применение современных средств автоматического сбора и обработки информации позволяет решать определенные задачи и достигать поставленные цели.

Цель и задачи комплексной системы управления технологическим объектом иллюстрируются обобщённой схемой управления, приведённой на рис. 65.

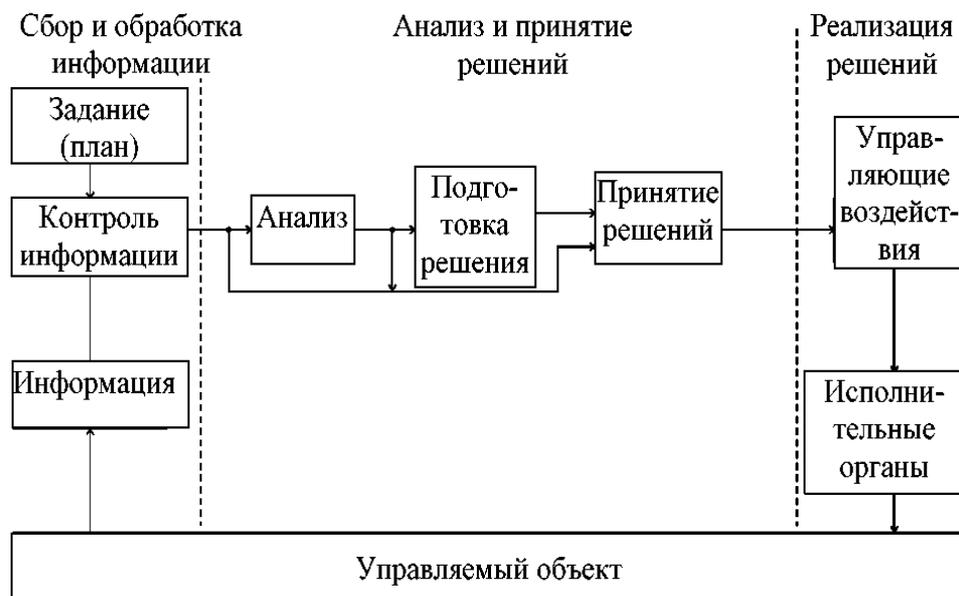


Рис. 65. Структурная схема АСУТП

АСУТП классифицируются 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.

8.3. АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВЗРЫВОПОЖАРОЗАЩИТОЙ (АСУВПЗ) ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

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, в целях 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 показатель. Одновременно УВМ, 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 взрывоопасные 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. 66, а структурная схема управления с наличием подсистемы пожарной защиты и взрывоподавления – на рис. 67.



Рис. 66. Блок-схема программы анализа аварийного сигнала

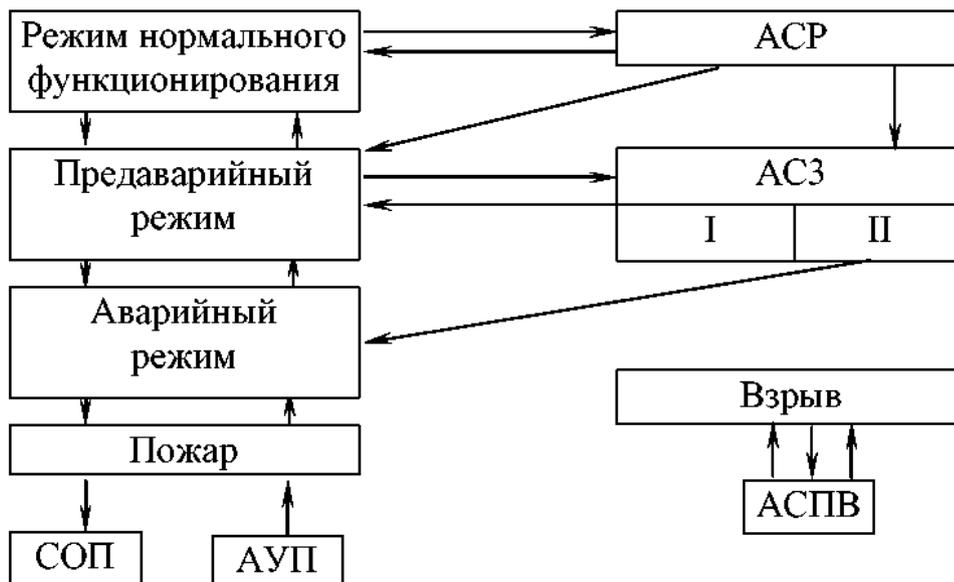


Рис. 67. Структурная схема управления с наличием подсистемы пожарной защиты и взрывоподавления

Таким образом, для обеспечения автоматической пожарной защиты АСУТП может выполнять ряд функций:

1. Предупреждение пожаров и взрывов на объекте защиты путем анализа обстановки по пожаро- и взрывоопасности в ходе технологического процесса и осуществление защитных воздействий, исключающих пожар или взрыв. Это может быть проведено 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 обнаружить неисправности.

3. Управление ликвидацией пожара и спасанием людей. Пожары на современных предприятиях, связанные с обращением в большом количестве легко воспламеняющихся 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 этим функция управления ликвидацией пожара и спасания 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. Информирование оператора о текущем взрывопожароопасном состоянии защищаемого объекта, возникновении аварийной ситуации (пожар, взрыв, авария).

9. Информирование оператора-диспетчера 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:

1. Приведение в действие систем предупреждения, локализации и ликвидации аварийных ситуаций, пожаров и взрывов.

2. Частичное или полное отключение технологического оборудования и остановка технологического процесса.

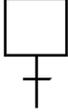
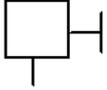
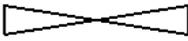
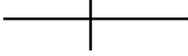
3. Управление средствами и системами эвакуации людей из аварийных помещений и зон.

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 преобразования информации, вычислительный комплекс, управляющие устройства и исполнительные органы, систему отображения, представления и регистрации информации.

8.4. УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ В СХЕМАХ АВТОМАТИКИ

Основные условные обозначения приборов и средств автоматизации по ГОСТ 404-25-85 (табл. 2).

Условные обозначения приборов и средств автоматизации

Наименование	Обозначение
Первичный измерительный преобразователь (датчик); прибор, устанавливаемый по месту	
Прибор, устанавливаемый на щите	
Отборное устройство без постоянно подключенного прибора (служит для эпизодического подключения приборов во время наладки, снятия характеристики и т.п.)	
Исполнительный механизм. Общее обозначение. Положение регулирующего органа при прекращении подачи энергии или управляющего сигнала не регламентируется	
Исполнительный механизм, открывающий регулирующий орган при прекращении подачи энергии или управляющего сигнала	
Исполнительный механизм, закрывающий регулирующий орган при прекращении подачи энергии или управляющего сигнала	
Исполнительный механизм, который при прекращении подачи энергии или управляющего сигнала оставляет регулирующий орган в неизменном положении	
Исполнительный механизм с дополнительным ручным приводом	
Регулирующий орган	
Линии связи	
Пересечение линий связи без соединения друг с другом	
Пересечение линий связи с соединением между собой	

Буквенные обозначения измеряемых величин прописаны в табл. 3.

Обозначения измеряемых прибором величин

Обозначение	Измеряемая величина		Функции, выполняемые прибором		
	Основное обозначение первой буквы	Дополнительное значение, уточняющее значение первой буквы	Отображение информации	Формирование выходного сигнала	Дополнительное значение
<i>A</i>	–	–	Сигнализация	–	–
<i>B</i>	–	–	–	–	–
<i>C</i>	–	–	–	Регулирование, управление	–
<i>D</i>	Плотность	Разность, перепад	–	–	–
<i>E</i>	Любая электрическая величина	–	–	–	–
<i>F</i>	Расход	Соотношение, доля, дробь	–	–	–
<i>G</i>	Размер, положение, перемещение	–	–	–	–
<i>H</i>	Ручное воздействие	–	–	–	Верхний предел измеряемой величины
<i>I</i>	–	–	Показание	–	–
<i>J</i>	–	Автоматическое переключение, обегание	–	–	–
<i>K</i>	Время, временная программа	–	–	–	–
<i>L</i>	Уровень	–	–	–	Нижний предел измеряемой величины
<i>M</i>	Влажность	–	–	–	–
<i>N</i>	Резервная буква	–	–	–	–

Обозначение	Измеряемая величина		Функции, выполняемые прибором		
	Основное обозначение первой буквы	Дополнительное значение, уточняющее значение первой буквы	Отображение информации	Формирование выходного сигнала	Дополнительное значение
<i>O</i>	Резервная буква	–	–	–	–
<i>P</i>	Давление, вакуум	–	–	–	–
<i>Q</i>	Величина, характеризующая качество: состав, концентрация и т.п.	Интегрирование, суммирование по времени	–	–	–
<i>R</i>	Радиоактивность	–	Регистрация	–	–
<i>S</i>	Скорость, частота	–	Включение, отключение, переключение, сигнализация	–	–
<i>T</i>	Температура	–	–	–	–
<i>U</i>	Несколько однородных измеряемых величин	–	–	–	–
<i>V</i>	Вязкость	–	–	–	–
<i>W</i>	Масса	–	–	–	–
<i>X</i>	Не рекомендуется резервная буква	–	–	–	–

Дополнительные буквенные обозначения, отражающие функциональные признаки приборов, даны в табл. 4.

Таблица 4

Обозначения элементов и функций приборов

Наименование	Обозначение
Чувствительный элемент (первичное преобразование)	<i>E</i>
Дистанционная передача (промежуточное преобразование)	<i>T</i>
Станция управления	<i>K</i>
Преобразование, вычислительные функции	<i>Y</i>

Дополнительные обозначения, применяемые для построения преобразователей сигналов и вычислительных устройств по ГОСТ 404-25-85 (табл. 5)

Таблица 5

Обозначения сигналов и операций, выполняемых прибором

Наименование	Обозначение
Род сигнала:	
электрический	<i>E</i>
пневматический	<i>P</i>
гидравлический	<i>G</i>
Виды сигналов:	
аналоговый	<i>A</i>
дискретный	<i>D</i>
Операции, выполняемые вычислительным устройством:	
суммирование	Σ
умножение сигнала на постоянный коэффициент	<i>K</i>
перемножение двух и более сигналов друг на друга	<i>X</i>
деление сигналов друг на друга	:
возведение величины сигнала в степень	f^n
извлечение из величины сигнала корня степени	$\sqrt{\quad}$
логарифмирование	lg
дифференцирование	dx/dt
интегрирование	<i>S</i>
изменение знака сигнала	$x(-1)$
ограничение верхнего значения сигнала	max
ограничение нижнего значения сигнала	min

Пример построения условных обозначений прибора показан на рис. 68.

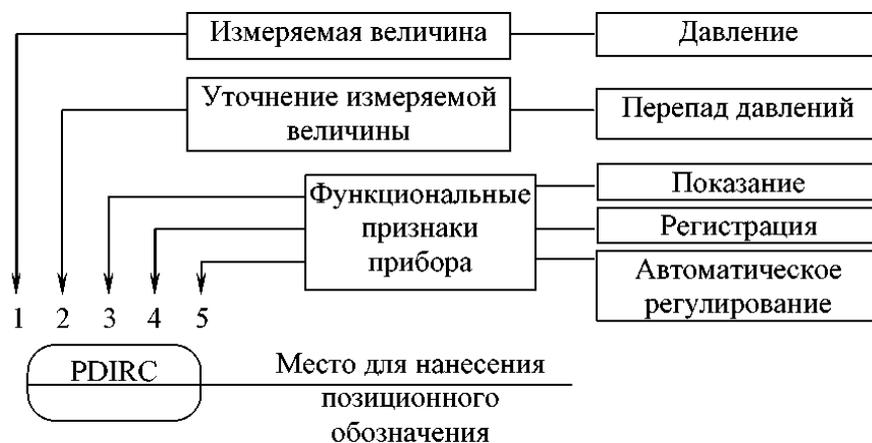


Рис. 68. Пример построения условных обозначений прибора для измерения, регистрации и автоматического регулирования перепада давлений

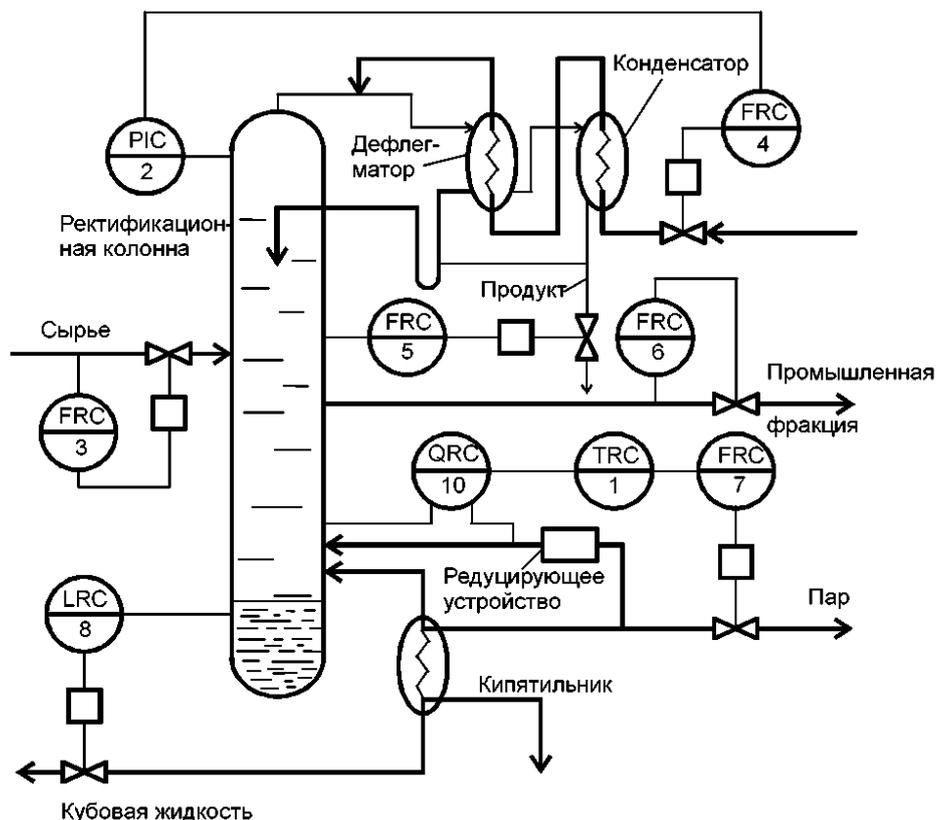


Рис. 69. Функциональная схема автоматизации типового технологического процесса

Пример функциональной схемы автоматизации типового технологического процесса показан на рис. 69.

Контрольные вопросы

1. Что представляет собой предприятие (производственное объединение, как объект управления?)
2. Основная цель автоматизации управления.
3. Цель создания вычислительных центров коллективного пользования.
4. Что представляет собой автоматизированная система управления предприятием?
5. Что представляют собой автоматизированные системы управления технологическими процессами?
6. Что представляют собой автоматизированные системы управления взрывопожарозащитой промышленных объектов?
7. Функции автоматизированной системы управления взрывопожарозащитой промышленных объектов.
8. Какие функции автоматизированной системы управления взрывопожарозащитой промышленных объектов относятся к информационным?
9. Какие функции автоматизированной системы управления взрывопожарозащитой промышленных объектов относятся к управляющим?

ГЛАВА 9. ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ПОЖАРНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ

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

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

Приведем основные положения, необходимые для понимания взаимодействия извещателей с конвективной струей очага горения. Графическая модель процесса представлена на рис. 70. Изменения избыточной температуры в месте установки пожарного извещателя над источником тепла можно определить из выражения

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

где $Q_{\text{п}}$ – теплопроизводительность пожара, кДж/кг; H – высота размещения теплового извещателя, м; R – расстояние от оси очага пожара до места установки извещателя, м.

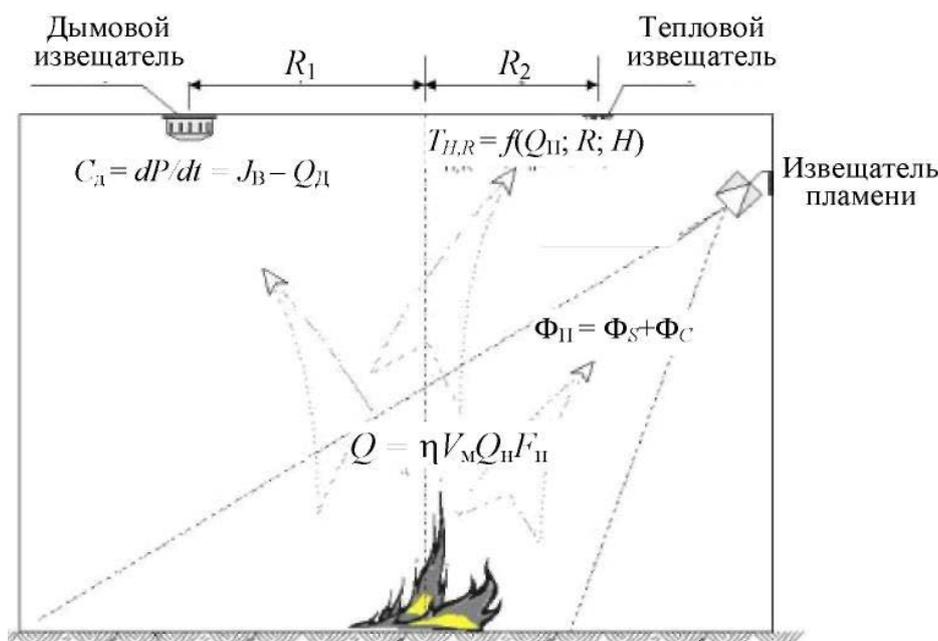


Рис. 70. Информационные характеристики пожара:

C_d – концентрация дыма; $T_{H,R}$ – температура; Q_{II} – теплопроизводительность очага пожара; Φ_{II} – поток излучения очага пожара

Теплопроизводительность очага горения – величина, зависящая от ряда параметров:

$$Q_{II} = \eta F_{II} Q_H V_M,$$

где η – коэффициент химического недожога; F_{II} – площадь пожара ко времени τ_r , м; Q_H – теплопроизводительность выгорания, кг/(с·м). Конвективный тепловой поток, кВт; V_M – массовая скорость.

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

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

Дымовой пожарный извещатель срабатывает при достижении концентрации дыма в месте его установки, равной пороговому значению для данного извещателя. Дым – это совокупность твердых и жидких частиц, взвешенных в воздухе или другой газообразной среде. Частички дыма в большинстве случаев очень малы (0,1–1,0 мкм). Под влиянием движения частицы в облаке дыма сталкиваются друг с другом и слипаются (коагулируют), а средний размер частиц при этом увеличивается. Видимый человеческим глазом дым – это частицы

размером от 0,4 до 10 мкм и более. Концентрация дыма определяется массой частиц аэрозоля в измеряемом объеме и выражается в килограммах на кубический метр ($\text{кг}/\text{м}^3$); числом частиц, содержащихся в 1 см дыма, $n/\text{м}^3$; а также оптическими характеристиками: оптической плотностью D и показателем ослабления светового потока a , проходящего в задымленной среде путь длиной L :

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

$$a = 1/L \lg(I_0/I),$$

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

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

Очевидно, что процесс увеличения концентрации дыма будет зависеть от линейной и массовой скорости выгорания материалов, их свойств, характеризующих способность к дымообразованию, и расстояния до очага горения. При этом нарастание общей массы дыма P_d при пожаре в помещении описывается дифференциальным уравнением первого порядка:

$$\frac{dP_d}{dt} = V_m K_d F_{\text{п}} - Q_y C_d,$$

где K_d – коэффициент дымообразования, $\text{кг}/\text{кг}$; C_d – концентрация дыма, $\text{кг}/\text{м}^3$; Q_y – количество удаляемого дыма, $\text{м}^3/\text{с}$.

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

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

где t – текущее время, с; H – высота расположения извещателя, м; R – расстояние от оси очага пожара до места установки извещателя, м; V_m – массовая ско-

рость выгорания, кг/(м с); K_d – коэффициент дымообразования, кг/кг; V_d – линейная скорость горения, м/с; f – коэффициент неравномерности заполнения дымом объема помещения.

Часто в технической литературе при указании характеристики дымовых извещателей, в особенности оптико-электронных, используется понятие оптической плотности дыма, на которую реагирует дымовой извещатель. Эта величина в разных литературных источниках называется *удельной оптической плотностью* или *показателем ослабления светового потока a* и имеет размерность 1/м. Взаимосвязь данного параметра и концентрации дыма, выраженной в миллиграммах на метр (мг/м), была определена экспериментально (рис. 71) и представлена в виде аналитического выражения:

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

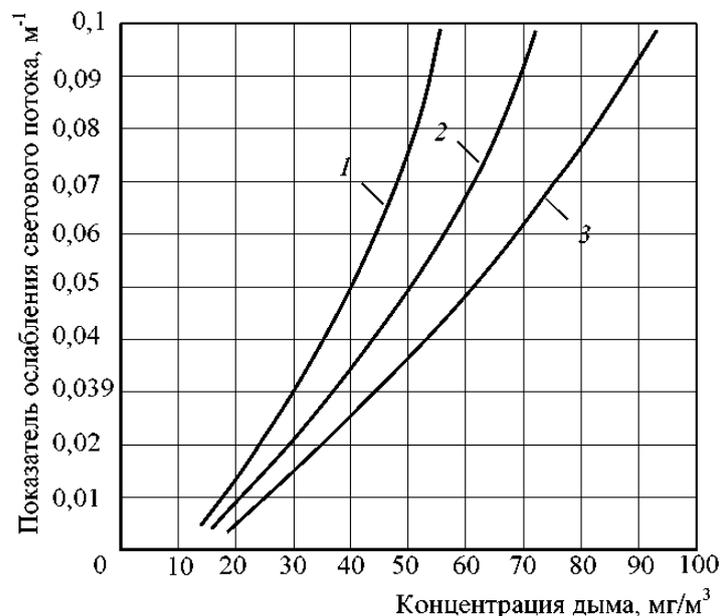


Рис. 71. Зависимость показателя ослабления светового потока от концентрации дыма:

1 – дым резины; 2 – дым ПВХ; 3 – дым древесины

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

$$L_{\text{вид}} = 1,698 / a.$$

Как показали эксперименты, конечная измеряемая величина a и связанная с ней величина $L_{\text{вид}}$ существенно зависят от длины волны источника светового

излучения. Например, при одной и той же концентрации дыма $C_d = 35$ мг/м, но для различного диапазона источника излучения (красный $X = 0,61$; зеленый $X = 0,55$; голубой $X = 0,45$) показатель ослабления светового потока оказался равен 0,02; 0,038 и 0,123. Что соответствует видимости в задымленной среде 77,3; 44 и 13,8 м.

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

Спектр излучения пламени содержит разный по интенсивности и диапазону состав, на который влияет большое количество факторов. На практике пламя обнаруживается на излучающем фоне, создаваемом естественным и искусственным освещением (рис. 72). Фоновое излучение имеет свой спектральный состав и интенсивность.

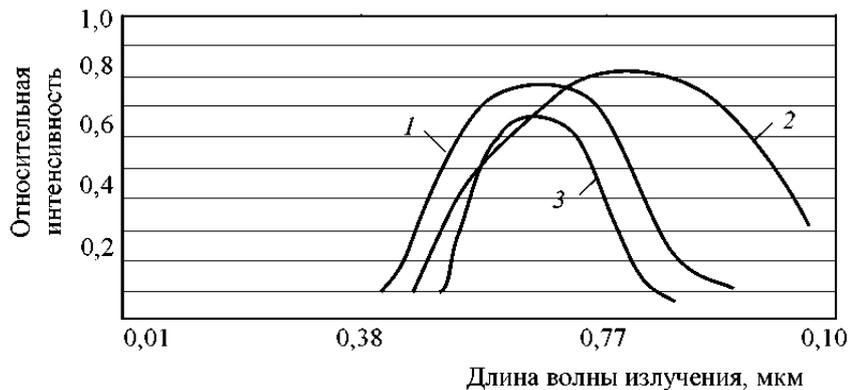


Рис. 72. Спектральные характеристики источников излучения:
1 – естественное излучение; 2 – излучение ламп накаливания;
3 – излучение ламп дневного света

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

$$\Phi_r = \Phi_s + \Phi_c = \Phi_\tau \left[\frac{j^2 G_\tau G_z}{4\pi L^2} \right] \exp(-pdL),$$

где L – расстояние между источником и приемником излучения; p – концентрация частиц; d – сечение поглощения частиц.

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

9.2. ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ И СТРУКТУРА ПОЖАРНЫХ ИЗВЕЩАТЕЛЕЙ

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

Показатели назначения:

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

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

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

К этой группе показателей может быть отнесен и такой параметр, как время обнаружения пожара. Соотношение показателей назначения и времени обнаружения пожара в графической интерпретации показано на рис. 73.

Показатели надежности:

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

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

Пожарный извещатель предназначен для преобразования изменения параметров окружающей среды при возникновении пожара в сигнал, удобный для

передачи по каналу связи на приемную станцию, где он может быть воспринят и расшифрован человеком.

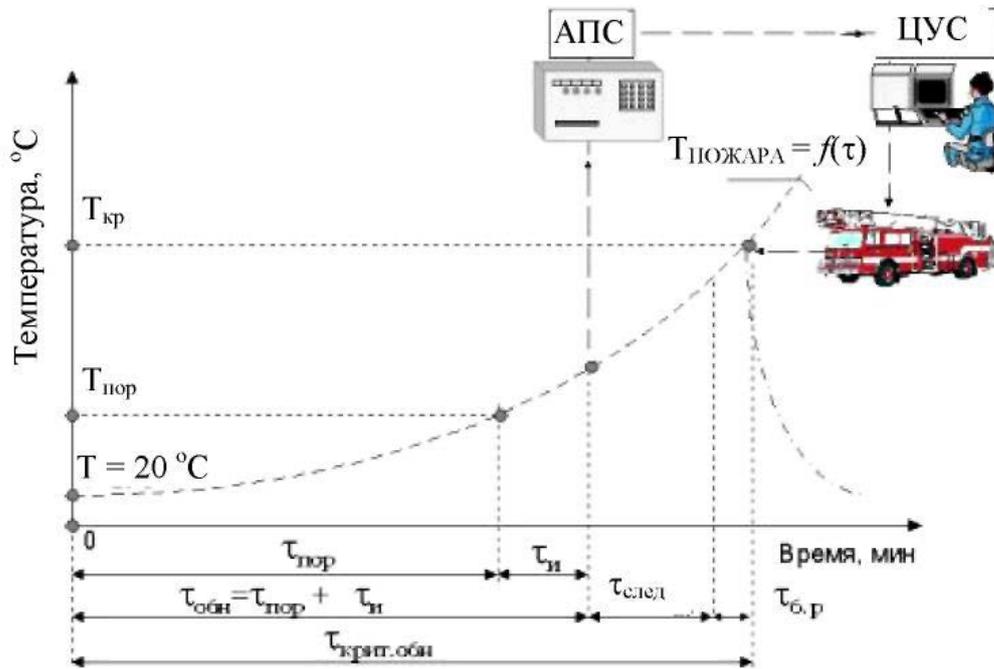


Рис. 73. Графическая модель функционирования системы АПС:

$T_{кр}$, $T_{пор}$ – критическая и пороговая температура; $t_{пор}$ – время достижения порога срабатывания АПИ; $t_{обн}$ – время обнаружения пожара, $t_{крит}$ – время достижения критической температуры; $t_{и}$ – инерционность пожарного извещателя; $t_{б,р}$ – время боевого развертывания; $t_{след}$ – время следования на пожар

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

Если пожарный извещатель преобразует входную величину без дополнительного источника энергии, то он называется *генераторным* (например, преобразование температуры окружающей среды в электродвижущую силу). Если для такого преобразования требуется дополнительный источник питания, то такой извещатель называется *параметрическим*. Очевидно, что параметрические извещатели выгодно отличаются от генераторных тем, что электрическая выходная величина может передаваться на значительные расстояния.

Весьма важной характеристикой извещателя является его чувствительность. Она характеризует способность извещателя реагировать на информационные параметры пожара и равна отношению приращения выходной величины к приращению входной величины извещателя. В АПИ рабочая точка выбирается таким образом, чтобы обеспечить нечувствительность к определенному значению параметра окружающей среды. Это делается в целях повышения уровня

помехозащищенности и обеспечения надежности извещателя. Например, для тепловых пожарных извещателей, работающих на обрыв цепи, при достижении порога срабатывания рабочая точка выбирается равной 70 °С. Если ее выбрать равной температуре помещения или ниже ее, то извещатель будет выдавать ложные срабатывания.

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

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

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

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

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

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

Автономный пожарный извещатель – пожарный извещатель, реагирующий на определенный уровень концентрации аэрозольных продуктов горения

(пиролиза) веществ и материалов и, возможно, других факторов пожара, в корпусе которого конструктивно объединены автономный источник питания и все компоненты, необходимые для обнаружения пожара и непосредственного оповещения о нем (по НПБ 66).

В соответствии с действующими стандартами технические средства обнаружения пожарной сигнализации делятся на группы (рис. 74).

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

ИОП2. Линейные (оптико-электронные);

ИОП4. Объемные (оптико-электронные, ультразвуковые).

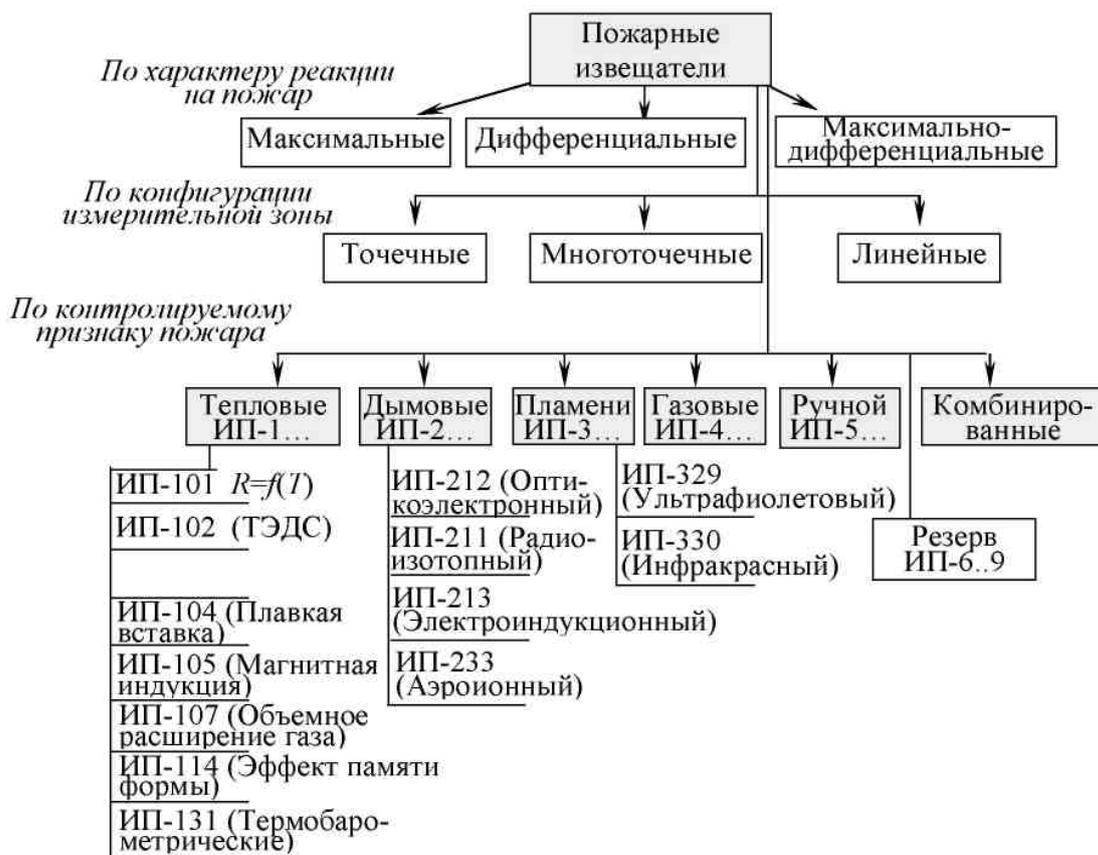
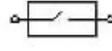
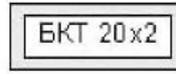


Рис. 74. Классификация технических средств обнаружения пожара

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

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

Условные обозначения элементов и приборов АПС

Наименование	Обозначение
Приемно-контрольный прибор (прибор управления)	 ARK
Пульт централизованного наблюдения	 ARK
Извещатель пожарный тепловой с указанием кода, номера шлейфа и порядкового номера	 ВТК 2.5
Извещатель пожарный дымовой с указанием кода, номера шлейфа и порядкового номера	 ВТН 1.0
Извещатель пожарный ручной с указанием кода, номера шлейфа и порядкового номера	 ВТМ 3.1
Извещатель пожарный дымовой линейный (излучатель и приемник) с указанием кода, номера шлейфа и порядкового номера	ВТНЛ 18.2   ВТНЛ 17.3
Извещатель пожарный пламени с указанием кода, номера шлейфа и порядкового номера	 ВТФ 23.3
Извещатель охранно-пожарный ультразвуковой с указанием кода, номера шлейфа и порядкового номера	 ВКФИ 4.1
Оконечное устройство	 ZC
Промежуточный исполнительный орган	
Кодирующее устройство (шифроустройство)	
Датчик контактный	 SQ
Световой указатель, сирена сигнальная	 HL  HA
Кнопка дистанционного управления	
Отражатель дымового линейного извещателя	
Провода, кабели	
Коробка распределительная КРТН-10, коробка соединительная КС-20	 
Бокс коммутационный БКТ 20×2	

При экспертизе проектов работники ГПС используют условные обозначения составляющих элементов и приборов АПС (табл. 6). Эти обозначения определены ГОСТом, руководящими документами, принятыми в отечественной и зарубежной практике проектирования

9.3. КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННЫХ ТИПОВ ПОЖАРНЫХ ИЗВЕЩАТЕЛЕЙ

Тепловые пожарные извещатели

Тепловой пожарный извещатель – пожарный извещатель, реагирующий на определенное значение температуры и (или) скорости ее нарастания. Принцип действия тепловых пожарных извещателей заключается в изменении свойств чувствительных элементов при изменении температуры. По конфигурации измерительной зоны тепловые ПИ подразделяются на *точечные, многоточечные и линейные*.

Существуют следующие типы тепловых пожарных извещателей:

ИП-101 – с использованием зависимости изменения величины термосопротивления от температуры контролируемой среды;

ИП-102 – с использованием возникающей при нагревании ТЭДС;

ИП-103 – с использованием линейного расширения тел;

ИП-104 – с использованием плавких или сгораемых вставок;

ИП-105 – с использованием зависимости магнитной индукции от температуры.

Выполнены теоретические проработки возможности использования в средствах обнаружения пожара (по параметру температуры) эффекта Холла (ИП-106), объемного расширения газа (ИП-107), сегнетоэлектриков (ИП-108), зависимости модуля упругости от температуры (ИП-109), резонансно-акустических методов (ИП-110), комбинированных методов (ИП-111), эффекта «памяти формы» (ИП-114), термобарометрических изменений (ИП-131) и др.

Извещатель пожарный ИП-101. Извещатель представляет собой автоматическое термоэлектрическое устройство, осуществляющее электрическую сигнализацию и оптическую индикацию повышения температуры в защищаемом помещении. ИП-101-2 – максимально-дифференциальный извещатель – срабатывает при достижении заданного порога срабатывания и в случае быстрого нарастания температуры. Температура срабатывания 50 °С. Инерционность срабатывания 60 с.

В основу работы извещателя положена зависимость величины термосопротивления (чувствительного элемента) от температуры ($K = DT$). Основными

узлами и элементами схемы являются терморезисторный делитель напряжения, компаратор напряжений, узел памяти (рис. 75).

В дежурном режиме все транзисторы извещателя закрыты. Проводимость мала и равна сумме проводимостей делителя $K1-K6$. Ток делителей формирует на стабилаторах $УЛ1, УЛ2$ напряжения, запирающие транзисторы $УТ3, УТ4$ узла памяти, обеспечивая помехоустойчивость извещателя. При медленном повышении температуры сопротивления $K1$ и $K2$ уменьшаются пропорционально друг другу.

Напряжение на резисторе $K3$ и в точке соединения $K1, K2$ медленно растёт и при достижении температуры $60\text{ }^\circ\text{C}$ становится достаточным для открывания транзисторов компаратора (и включения узла памяти).

Извещатель срабатывает по максимальному каналу. При быстром повышении температуры сопротивление терморезистора $K2$ не успевают уменьшиться, напряжение в точке соединения резисторов $K1, K2$ достигает порога открывания транзисторов компаратора напряжения $УТ1, УТ2$ при температуре ниже температуры срабатывания. Извещатель срабатывает по дифференциальному каналу. Стабилатор $УО4$ и развязывающий диод $УЛ5$ обеспечивают возможность работы нескольких извещателей с одним групповым выносным устройством оптической индикации срабатывания. Существуют извещатели и с другими электронными схемами.

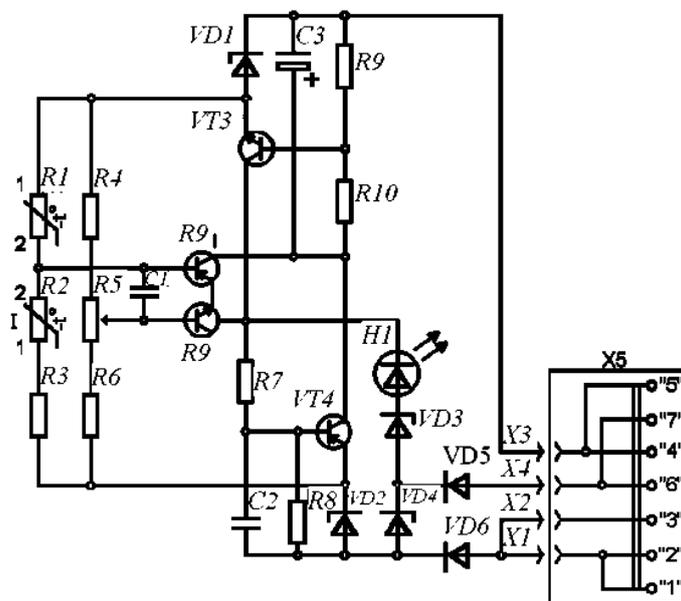


Рис. 75. Электрическая схема ИП-101

Извещатели пожарные тепловые бесконтактные максимального действия ИП-101-20/1-70, ИП-101-20/1-62, «МАК-1Т» с номинальной пороговой температурой срабатывания 70 или $62\text{ }^\circ\text{C}$ являются восстанавливаемыми, контроли-

руемыми изделиями многократного действия и предназначены для применения в составе автоматических установок пожарной сигнализации для обнаружения загораний, сопровождающихся повышением температуры в закрытых помещениях.

В извещателях «МАК-1Т» применен в качестве термочувствительного элемента специальный пленочный малоинерционный терморезистор с релейной температурной характеристикой, обладающий скачкообразным изменением сопротивления (проводимости) не менее чем на три порядка при температурах 70 и 62 °С соответственно. Извещатель имеет встроенный оптический индикатор срабатывания и формирует тревожное извещение о пожаре при достижении в защищаемом помещении температуры, соответствующей пороговой температуре срабатывания извещателя, путем скачкообразного снижения его внутреннего сопротивления, которое не зависит от величины напряжения в шлейфе, в пределах от 3 до 30 В. Извещатели могут включаться в шлейфы любых пожарных и охранно-пожарных приемно-контрольных приборов, таких, как ППК-2, «Топаз», «АРГУС», «ЛИГАРД» и др.

Для защиты взрывопожароопасных помещений (категории помещений А и Б по НПБ 105), а также для установки во взрывоопасных зонах всех категорий (по классификации ПУЭ) извещатели выпускаются в специальном конструктивном исполнении (с дополнительной защитной крышкой и маркировкой «ИБ»). Указанные извещатели, установленные во взрывоопасных помещениях и зонах, необходимо включать только в искробезопасную цепь-шлейф пожарных или охранно-пожарных приемно-контрольных приборов (типа «КОРУНД-1И», прибора УПКОП135-1-1 «Искробезопасная цепь» и др.).

Разновидностью полупроводниковых извещателей, основанных на изменении электрических параметров полупроводника при его нагревании является термочувствительный кабель (ТЧК). Он представляет собой гибкий коаксиальный провод из нержавеющей стали с наружным диаметром 1,5–3 мм. Внутри оболочки проложен стальной проводник. Между оболочкой и проводником проложен полупроводниковый состав с отрицательным температурным коэффициентом сопротивления:

$$R_t = A \exp(B/T)/L,$$

где A – постоянная, зависящая от материала изоляции, Ом/см; B – коэффициент, характеризующий температурную чувствительность кабеля, °С; L – длина кабеля, м.

При нагревании кабеля в любом месте изменяется его сопротивление. Такое изменение электрических параметров чувствительных полупроводниковых

элементов преобразуется электронной схемой в сигнал тревоги. Примером такого устройства является линейная система сигнализации *AlarMne LHD 4* (рис. 76) фирмы «KIDDE». Устройство обнаружения пожара имеет сенсорную длину чувствительного элемента 300 м (максимальная длина 1,5 км), слабо чувствительного по отношению к механическим и химическим воздействиям, коррозии, влажности, пыли и пригодного для применения во взрывоопасных зонах. Данная система состоит из двух компонентов: сенсорной линии и блока обработки результатов измерения. *Сенсорная линия системы* состоит из четырех медных проводов. Они покрыты материалом цветного кодирования с отрицательным температурным коэффициентом и имеют огнестойкую наружную оболочку. Провода сенсорной линии в конце соединяются друг с другом и герметически уплотняются таким образом, что возникают две петли. Обе петли постоянно контролируются. Разрыв или короткое замыкание вызывают аварийный сигнал в блоке обработки результатов.

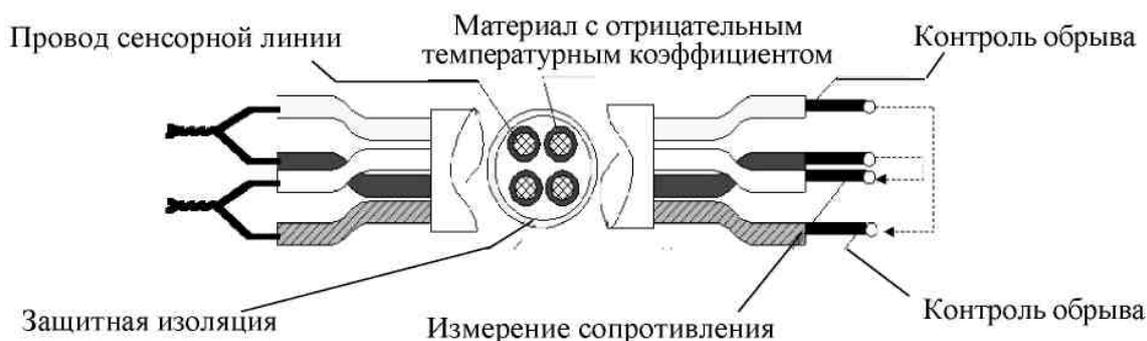


Рис. 76. Линейный тепловой извещатель

При повышении температуры изменяется электрическое сопротивление между обеими петлями; с повышением температуры сопротивление уменьшается. Это изменение распознается блоком обработки результатов, который при превышении установленной температуры реагирования включает аварийный сигнал.

К тепловому линейному извещателю относится используемый в нашей стране детектор *PH8C* фирмы «Protectowire», который состоит из двух проводников, каждый из которых покрыт материалом, чувствительным к нагреву. Проводники скручены вместе для создания внутреннего напряжения между ними, покрыты защитной пленкой и закрыты внешней оболочкой для того, чтобы выдерживать воздействия окружающей среды. При монтаже прибор подсоединяется к одному концу проводников таким образом, что при подключении питания через детектор и цепь управления проходит небольшой контрольный ток. При критической температуре (68, 88 и 138 °С) чувствительный к нагреву

материал становится пластичным под давлением скрученных проводников, и они замыкаются. Этот процесс происходит в точке нагрева в любом месте по длине детектора.

Применение линейного теплового извещателя наиболее эффективно в кабельных каналах, электроподстанциях, высокостеллажных складах, морских судах, ангарах, фальшполах компьютерных залов. Линейный детектор точно определяет местонахождение точки перегрева в любом месте этих сооружений, а также выдерживает агрессивное воздействие окружающей среды. Линейный извещатель подключается через интерфейсный модуль типа РГМ-93 к приемно-контрольному прибору.

Извещатель монтируется непрерывными участками без отводов и разветвлений. Максимальная длина извещателя ограничивается лишь электрическими параметрами контрольной аппаратуры и составляет около 1000 м.

Импортные термочувствительные кабели относительно дороги, не согласуются с отечественными приёмно-контрольными приборами, восприимчивы к электромагнитным наводкам.

В связи с вышеизложенным представляет интерес использование в системах пожарной сигнализации волоконно-оптических световодов.

Первые сведения об использовании за рубежом волоконно-оптических световодов в качестве термодатчиков появились в 70-х гг. прошедшего столетия. Датчики рекомендовалось применять в тех случаях, когда традиционные термопреобразователи подвергались влиянию микро- и высокочастотных волн, вихревых токов и т. д.

В середине 90-х гг. в США были внедрены волоконно-оптические линейные тепловые датчики различных наименований и принципов действия. Самым известным является датчик типа «Оптический с измерением коэффициента отражения методом совмещения прямого и отраженного испытательных сигналов» (Optical Time Domain Reflektory, OTDR), работающий по принципу измерения процентного соотношения обратного рассеяния излучения по длине извещателя. Высокая стоимость микропроцессорных управляющих устройств в данном извещателе существенно ограничивает их область применения.

Достижения науки в области создания волоконно-оптических датчиков позволили комплексно подойти к созданию и организации производства волоконно-оптических тепловых линейных пожарных извещателей и систем сигнализации, которые обладают:

- невосприимчивостью к электромагнитным полям;
- пожаро- и взрывозащищенностью;
- электробезопасностью;
- отсутствием ложных срабатываний;

- встроенной самодиагностикой состояния системы;
- простотой монтажа на объекте;
- малыми эксплуатационными расходами;
- высокой чувствительностью и стабильностью работы.

Принцип работы следующий: в волоконно-оптический кабель посылается световой импульс. При отсутствии заметных температурных градиентов вдоль кабеля импульс отражается от конца световода и возвращается через время, определяемое двойной длиной световода. При наличии температурных изменений на любом участке световода часть энергии светового импульса отражается на другой длине волны. Регистрируя по принципу радиолокации время возврата импульса, определяется координата аномалии. Измеряя амплитуду сигнала отраженного импульса на смещенной частоте, определяется температура в месте аномалии и ее градиент.

Измеряемыми параметрами являются:

- превышение градиента нарастания температуры по отношению к некоторой заданной величине;
- абсолютное значение температуры в любом месте на длине волоконно-оптического кабеля;
- координата места температурной аномалии.

Монтаж системы сводится к прокладыванию кабеля внутри и вне объекта и подключению его к блоку управления и регистрации. Это существенно упрощает монтаж системы противопожарной защиты, экономя множество медных проводов.

Извещатель ИП-102. Извещатель предназначен для подачи сигнала о скачкообразном изменении температуры окружающей среды. Извещатель относится к числу генераторных. В качестве чувствительного элемента имеет батарею из термопар. Электрическая схема извещателя дифференциального действия представлена на рис. 77. При скачкообразном изменении температуры малоинерционные спаи быстро нагреваются за счет большей площади поверхности, а температура инерционных (обычных) спаев повышается значительно медленнее, т. е. спаи имеют разную температуру, за счет чего возникает ТЭДС. Возникновение ТЭДС обусловлено интенсивным переходом свободных электронов при изменении температуры концов термопар. Электрод из материала с электронной проводимостью (более нагретый конец) приобретает положительный потенциал, а электрод из материала с дырочной проводимостью – отрицательный.

Извещатель ИП-102 (торговое название ДПС-038) применяют во взрывоопасных помещениях классов В-Іа, В-Іб, В-Іг, В-ІІ, В-Іаа согласно ПУЭ. Защищаемая площадь до 30 м². Инерционность срабатывания до 7 с.

Модификацией извещателя ИП-102 является автоматический пожарный извещатель ДПС-1АГ. Он также относится к группе дифференциальных. Чувствительным элементом у него служит батарея из 8 хромель-копелевых термопар, соединенных последовательно. При резком повышении температуры окружающей среды в датчиках появляется ТЭДС и выдается сигнал на исполнительный блок БИ-2АЮ. Система срабатывает при нарастании температуры со скоростью не ниже $25\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{с}$ и одновременном нагревании трех извещателей не выше $150\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Для защиты протяженных объектов, кабельных каналов, взрывоопасных помещений применяется извещатель пожарный тепловой многоточечный ИП-102-2х2. В конструкции чувствительного элемента извещателя используется комплект термопар, равномерно распределенных по длине на расстоянии до 150 м (на один блок сопряжения (БС)).

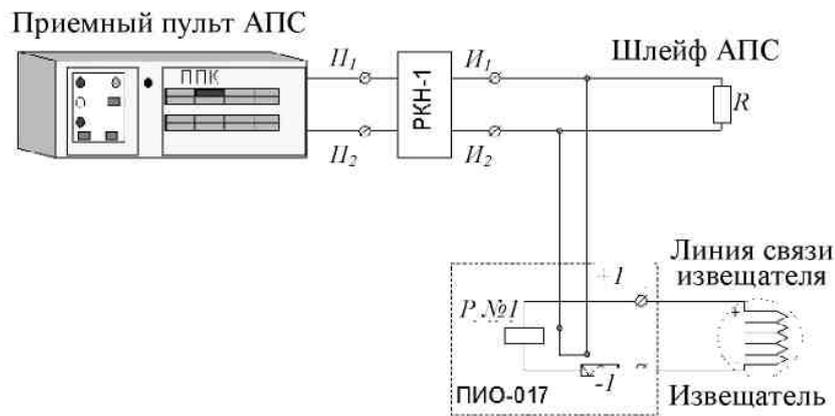


Рис. 77. Схема включения ДПС-038 в приемную аппаратуру

Шлейф АПС – искробезопасная цепь. Извещатель выпускается в термостойком (до $130\text{ }^{\circ}\text{C}$) исполнении и с механической защитой провода.

Порог срабатывания по скорости роста температуры 5 и $10\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{мин}$. Инерционность 30–180 с.

Извещатель ИП-103. Извещатель предназначен для защиты резервуаров с ЛВЖ и ГЖ (ИП-103-1). Температура срабатывания по двум каналам извещателя от 70 до $140\text{ }^{\circ}\text{C}$. Извещатель состоит из чувствительного элемента, защитной (вводной) коробки с крышкой и уплотнительных прокладок. Он устанавливается на резервуаре с помощью специального фланца с резьбой. Чувствительный элемент выполнен в виде двух биметаллических датчиков, настроенных на температуру срабатывания $140\text{ }^{\circ}\text{C}$. Чувствительный элемент крепится к вводной коробке и помещается в защитную втулку, выполненную из коррозионно-стойкой стали. Извещатель имеет взрывобезопасный уровень взрывозащиты типа «взрывонепроницаемая оболочка», маркировку по взрывозащите

IExd11AT3. При нагревании биметаллическая пластина изгибается и разрывает контакт электрической сигнализации. Инерционность извещателя не превышает 60 с.

Для защиты взрывоопасных помещений, объектов с агрессивной средой также применяется извещатель ИП-103-2 (ТРВ-2). Нормальная работа извещателя (рис. 78) гарантируется при температуре окружающей среды от -30 до 50 °С и относительной влажности воздуха до 98 %.

Принцип действия извещателя основан на различии коэффициентов линейного расширения латунной трубки и инварового стержня, находящегося внутри нее. Извещатель имеет две контактные группы, которые обеспечивают срабатывание ИП при температурах 70 и 120 °С с инерционностью не более 60 с. Окружающая среда может содержать взрывоопасные смеси газов с воздухом категорий IIa и IIб и групп T1-T4.

Взрывозащищенность извещателя достигается за счет заключения электрических частей во взрывонепроницаемую оболочку, которая выдерживает давление взрыва и извещателя и исключает его передачу в окружающее пространство.

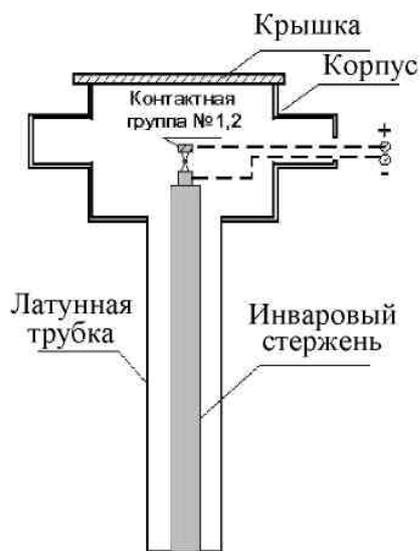


Рис. 78. Конструкция ИП-103-2 (ТРВ)

К этой же группе устройств относится автоматический биметаллический максимально-дифференциальный извещатель типа МДПИ-028. Чувствительным элементом извещателя являются две биметаллические спирали Архимеда, одна из которых расположена в закрытой камере, другая – в открытой. При быстром изменении температуры окружающей среды ($V = 30$ °С/мин) извещатель срабатывает как дифференциальный. При этом открытая спираль прогревается быстрее, чем закрытая, разрывая контактную группу. При медленном повыше-

нии температуры обе спирали прогреваются одинаково и извещатель срабатывает как максимальный при достижении порога срабатывания 70 или 90 °С. Инерционность извещателя составляет 120 с.

Для защиты производственных помещений используется извещатель тепловой ИП-103-4/1. В извещателе в качестве чувствительного элемента используется миниатюрное термореле. Благодаря высокой надежности, относительно небольшой стоимости эта разработка в различных модификациях нашла широкое применение для защиты объектов народного хозяйства.

Извещатель ИП-104. Извещатель тепловой легкоплавких длительное время широко применялся благодаря простоте конструкции и возможности включения в установки охранно-пожарной сигнализации. Извещатель разового действия, неремонтируемый. В качестве чувствительного элемента применены две подпружиненные металлические пластины, соединенные сплавом Вуда, с температурой плавления 70–74 °С (рис. 79). При нагревании сплав расплавляется и пружинящие контактные пластины размыкают цепь сигнализации.

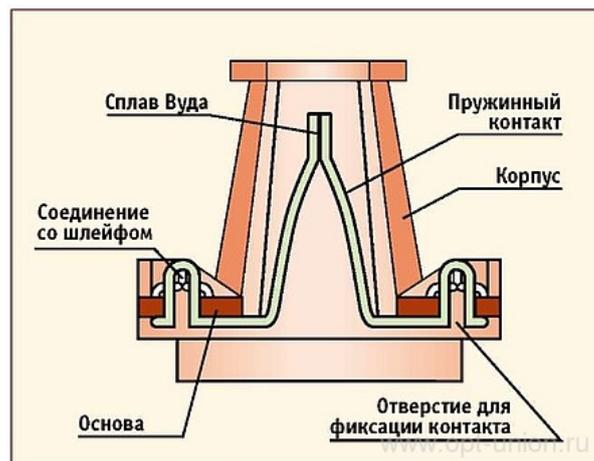


Рис. 79. Конструкция ИП-104-1

К недостаткам извещателя следует отнести старение сплава в течение длительного времени эксплуатации, а это ведет к увеличению его инерционности, невозможности проведения проверки работоспособности непосредственно контактной группы.

Извещатель тепловой магнитный ИП-105. Извещатель пожарный тепловой магнитный ИП-105-2/1 (ИТМ) предназначен для работы в закрытых помещениях наземных объектов и рассчитан на непрерывную круглосуточную работу. Применяется в установках пожарной и охранно-пожарной сигнализации, воспринимающих сигнал о размыкании шлейфа сигнализации. Чувствительным элементом извещателя является геркон с закрепленной на нем магнитной системой, состоящей из постоянного магнита и никель-цинковых ферритов

(рис. 80, а, б). При нормальных условиях геркон под действием продольного магнитного поля, образуемого постоянными магнитами и стабилизируемого ферритами, замкнут.

При повышении температуры окружающей среды до 70 °С магнитная проницаемость ферритов резко падает, что ведет к ослаблению магнитного поля и размыканию контактов.

Исчезновение магнитных свойств ферритов при достижении температуры в «точке Кюри» объясняется тем, что энергия теплового движения становится больше, чем энергия ориентирующего внутреннего молекулярного поля.

Техническая характеристика извещателя ИП 105-2/1:

Температура срабатывания, °С	0+10%
Инерционность, с	не более 120
Контролируемая площадь, м ²	не более 15
Условия эксплуатации:	
температура окружающей среды, °С	от –50 до 50
относительная влажность при температуре 35 °С, %	95±3

Эффективная инженерная разработка предложена фирмой «*FITTICH – ECURITON*» для защиты протяженных объектов и помещений с помощью тепловых пожарных извещателей линейного типа «*TRASAFE ADW511*» (ИП-107 по российской классификации). Извещатель максимально-дифференциальный предназначен для использования во взрывоопасных зонах и помещениях с агрессивной средой.

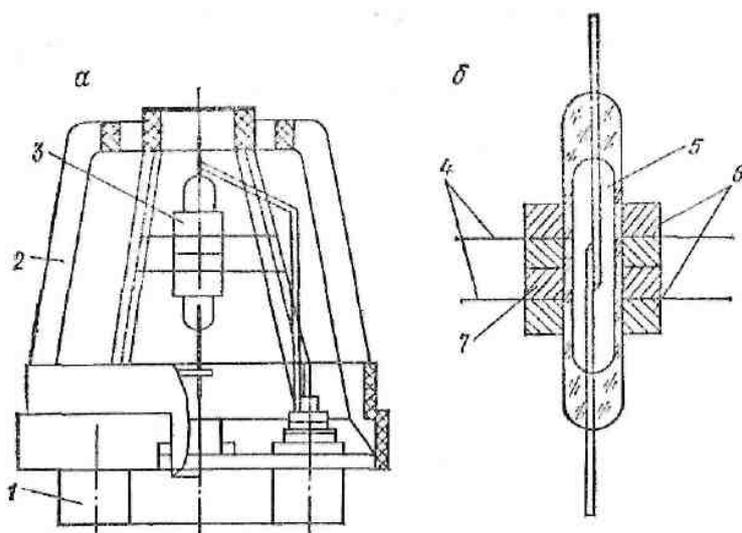


Рис. 80. Извещатель пожарный тепловой магнитный ИП-105-2/1 (ИТМ):

- а – конструкция; б – термочувствительный датчик; 1 – пластмассовое основание; 2 – защитная решетчатая пластмассовая крышка; 3 – термочувствительный датчик; 4 – теплоприемники; 5 – герметизированный контакт (геркон); 6 – постоянные магниты, закрепленные на стеклянном баллоне; 7 – термочувствительные ферриты

«*TRASAFE ADW511*» состоит из мембранного датчика давления с электронным блоком обработки сигнала, к которому подключена медная измерительная трубка, выполняющая роль термочувствительного элемента. Принцип действия основан на увеличении объема газа (воздуха) в чувствительном элементе (ЧЭ) – медной сенсорной трубке диаметром $B = 4/5$ мм (внутренний/наружный диаметр) и в герметичной пневмосистеме с последующим фиксированием увеличения давления датчиком контроля типа *ADW511* с программным обеспечением. Чувствительный элемент (сенсорная трубка) имеет длину от 20 до 130 м. Для удобства монтажа и технического обслуживания системы пожарной сигнализации рекомендуется подвеска ЧЭ с использованием крепежных хомутов и скользящих скоб. Подключение извещателя осуществляется к приемному пульту серии *BMZ 345* или «*SecuriPro*» («*SECURITON*»).

Система обнаружения очага пожара особенно эффективна на объектах с экстремальными условиями работы (загазованность, загрязненность, низкие или высокие температуры, взрывоопасность, химическая активность и т. д.). «*TRASAFE ADW511*» можно успешно использовать также для защиты протяженных туннелей метро, в кабельных каналах, на складах ЛВЖ и химикатов.

Дымовые пожарные извещатели

В начальной стадии пожара, когда имеет место процесс медленного горения с выделением большого количества дыма, наиболее эффективным является применение дымовых извещателей.

Дымовой пожарный извещатель (ДПИ) – пожарный извещатель, реагирующий на частицы твердых или жидких продуктов горения и (или) пиролиза в атмосфере (по НПБ 65).

По конфигурации измерительной зоны дымовые ДПИ подразделяются на *точечные* и *линейные*. По принципу действия существует два типа извещателей: *ионизационные* и *оптико-электронные (фотоэлектрические)*. Дымовые ионизационные ПИ подразделяются на радиоизотопные и электроиндукционные.

Дымовой ионизационный (радиоизотопный) извещатель – пожарный извещатель, принцип действия которого основан на регистрации изменений ионизационного тока, возникающих в результате воздействия на него продуктов горения.

Радиоизотопные ДПИ в качестве чувствительного элемента имеют дымовую камеру с размещенными в ней двумя электродами (анодом и катодом) и капсулы с радиоактивным элементом (плутоний Pu или америций Am). В дежурном режиме воздух в камере ионизирован и между электродами возникает электрический ток $I_{ц}$. Схема работа ионизационной камеры показана на рис. 81.

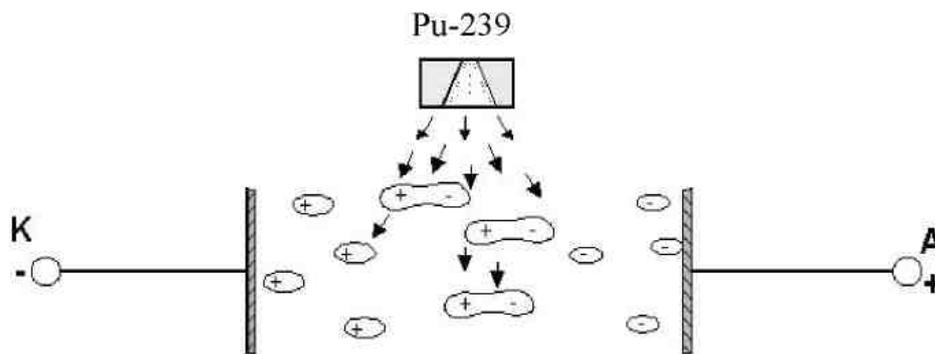


Рис. 81. Схема работы радиоизотопной камеры

При попадании в камеру частиц дыма ионизация уменьшается и ток между электродами пропадает. Блок обработки сигналов регистрирует изменение тока и вырабатывает сигнал «Пожар». Вольтамперная характеристика радиоизотопной камеры, полученная при постоянной интенсивности излучения радиоактивного элемента, показывает наличие трех основных участков.

Физическая сущность явлений, происходящих в радиоизотопной камере, объясняется процессами рекомбинации ионов (образование нейтральных молекул из ионизированного газа при столкновении его частиц).

При увеличении напряжения на электродах ионизационной камеры происходит увеличение тока в цепи. Существенное значение для рекомбинации имеет скорость движения ионов, которая зависит от величины напряжения.

С увеличением напряжения уменьшается число рекомбинирующих ионов. При достаточно высоких напряжениях вероятность столкновения ионов становится настолько малой, что практически можно считать, что все образующиеся в газе ионы достигают электродов и дальнейшее повышение напряжения не вызывает увеличения тока. Наступает явление насыщения. При дальнейшем повышении напряжения происходит резкое увеличение силы тока – это объясняется не только внешней ионизацией (от радиоактивного источника), но и вторичным процессом ионизации под действием ударов электронов и ионов о нейтральные молекулы. Наибольшее распространение получили двухкамерные радиоизотопные извещатели, состоящие из открытой и закрытой камер. В открытую камеру свободно поступают продукты сгорания, закрытая камера предназначена для компенсации влияния окружающей среды (температуры, давления, влажности). При отсутствии дыма изменение параметров окружающей среды происходит медленно и компенсационная камера изменяет свои параметры аналогично измерительной камере. При пожаре дым попадает в камеру и на управляющем электроде происходит изменение напряжения в результате скачкообразного изменения ионизационного тока. Электронная измерительная схема преобразует это изменение в сигнал тревоги.

Оптико-электронные извещатели разработаны на основе использования оптических свойств дыма. Дымовой оптический пожарный извещатель – пожарный извещатель, реагирующий на продукты горения, которые воздействуют на поглощающую или рассеивающую способность излучения в инфракрасном, ультрафиолетовом или видимом диапазонах спектра (по НПБ 65).

Контролируя изменение оптических свойств среды, дым можно обнаружить двумя способами: по ослаблению светового потока (оптико-электронные – за счет уменьшения прозрачности окружающей среды) и по интенсивности отраженного (рассеянного) светового потока частицами (фотоэлектрические ДПИ), из которых состоит дым.

Ослабление светового потока дымом зависит от свойств частиц дыма и от длины волны применяемого источника светового излучения.

Оптико-электронный извещатель, работа которого основана на изменении интенсивности отраженного (рассеянного) светового потока частицами дыма, называется *точечным*.

В дымовой камере размещается источник светового излучения и фотоприемник под таким углом, чтобы индикатриса рассеяния падающего светового потока попадала на чувствительную площадь фотоприемника. Расположение фотодиода и светодиода под углом друг к другу в горизонтальной плоскости облегчает доступ дыма и, следовательно, существенно увеличивает чувствительность извещателя. Для повышения уровня помехозащищенности фотодиода от внешних источников света используется схема сравнения модулированных световых потоков. Источник света модулируется с помощью модулятора колебаний и посылает световой поток в дымовую камеру. При отсутствии в ней дыма свет не попадает на фотоприемник. Извещатель находится в дежурном режиме.

Если в дымовую камеру поступает дым, модулированный поток света отражается от частиц дыма и попадает на фотоприемник, который превращает этот поток в электрический сигнал; затем электрический сигнал через усилитель проходит на схему сравнения, где сравнивается с электрическим сигналом от модулятора. При совпадении сигналов от фотоприемника и модулятора по частоте (что говорит об истинности поступившего сигнала) срабатывает схема сигнализации, и в цепь приемной станции подается сигнал тревоги. Если частоты сигналов от фотоприемника и модулятора не совпадают (что может быть лишь при воздействии постороннего источника света), сигнал тревоги не формируется.

Разновидностью оптического метода контроля задымленности является система раннего обнаружения пожара *HART-HSSD* фирмы «*KIDDE DEUGRA*» с помощью непрерывного лазерного зондирования анализируемых порций воздуха в специальной измерительной камере. Чувствительность прибора на порядок выше общепринятых методов измерения задымленной среды. Детектор от-

калиброван так, что реагирует на частицы размером 0,3–10 мкм, характерные только для дыма, и не реагирует на пыль, что повышает чувствительность измерения и надежность получения достоверной информации.

Другим способом обнаружения дыма при пожаре является искусственное «засасывание» дыма в специальную измерительную камеру, в которой установлен (один или два) точечный извещатель пожарный дымовой аспирационный (ИПДА). ИПДА – автоматический пожарный извещатель, реагирующий на определенный уровень концентрации аэрозольных продуктов горения (пиролиза) веществ и материалов, которые подаются к блоку обнаружения при помощи специального трубопровода протяженной конструкции, имеющего в контролируемой зоне несколько отверстий для всасывания аэрозоля (дыма). Всасывающий трубопровод – составляющая часть ИПДА, предназначенный для доставки газообразной среды от контролируемой зоны к блоку обнаружения. Блок обнаружения – составная часть ИПДА, реагирующая на определенный уровень концентрации аэрозольных продуктов горения в доставленной от контролируемой зоны газообразной среде и выдающая выходной сигнал на внешнее устройство в зависимости от алгоритма работы. В дымовых точечных извещателях применяются и другие логические схемы обработки информации от оптического узла. Цель использования схем обработки сигналов состоит в том, чтобы сохранить высокую чувствительность при максимальной помехозащищенности.

Дымовой пожарный извещатель ИП-211(РИД-6М). Извещатель (рис. 82) предназначен для раннего обнаружения загораний при появлении дыма и подачи сигнала «Пожар» по двухпроводному шлейфу сигнализации. Извещатель состоит из двух ионизационных камер. Одна из них – открытая радиоизотопная камера, другая – компенсационная камера.

В извещателе используются два альфа-источника Pu общей активностью 10 мкКю (рис. 83).

Камера $B1$ – компенсационная, камера $B2$ – открытая, точка соединения камер подключена к затвору полевого транзистора $VT1$. При попадании дыма в камеру $B2$ увеличивается ее сопротивление постоянному току за счет снижения степени ионизации и соответственно увеличивается падение напряжения в ней, а следовательно, и на резисторе $K1$. При достижении заданной величины напряжения на $K1$ открывается стабилитрон $UT1$, который пропускает ток на транзисторы $K72$ и $UT3$, в результате транзисторы открываются.

Падение напряжения на цепочке: резистор – $K4$, переход базы-эмиттера транзистора $UT3$ приведет к открыванию транзистора $UT5$, при этом произойдет резкое увеличение тока в цепи сигнализации, загорание индикатора и светодиода $УЛ5$. Кнопка S предназначена для тестового контроля работоспособности извещателя с помощью съемника-пробника. Извещатель не рекомендуется

устанавливать в жилых помещениях и детских учреждениях. Порог срабатывания 0,7 дБ/м. Инерционность не более 10 с.

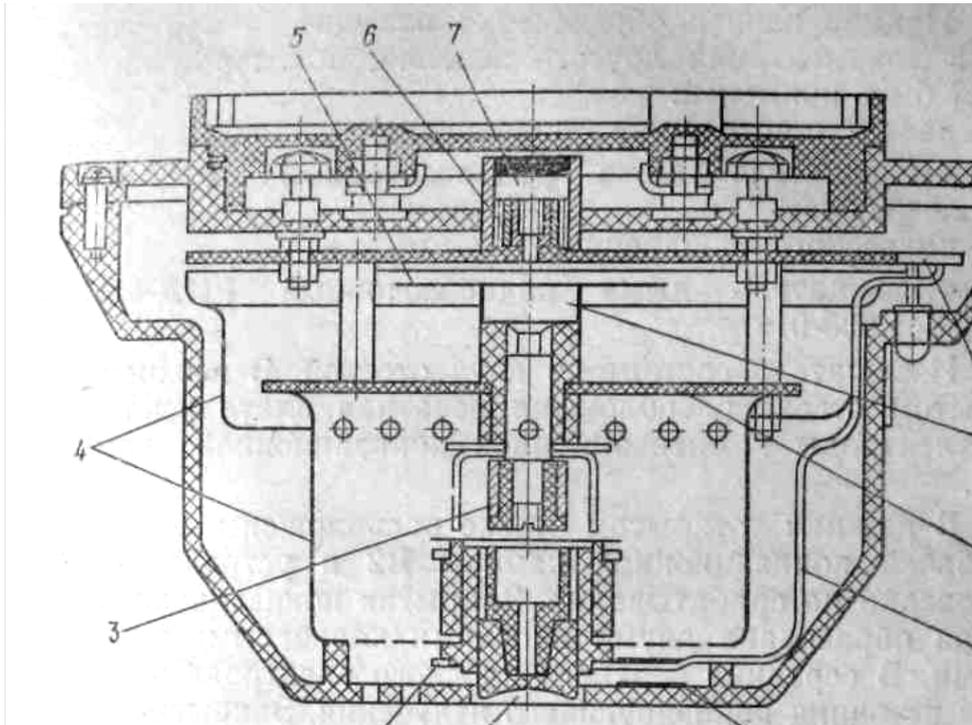


Рис. 82. Извещатель РИД-6М:

1 – кнопка для проверки извещателя; 2 – кольцо; 3 – ионизационная камера; 4 – экран; 5 – контакт; 6 – компенсационная ионизационная камера; 7 – стопорный винт; 8 – плата усилителя; 9 – электрод; 10 – лепесток электрода; 11 – проводник; 12 – лепесток пробника

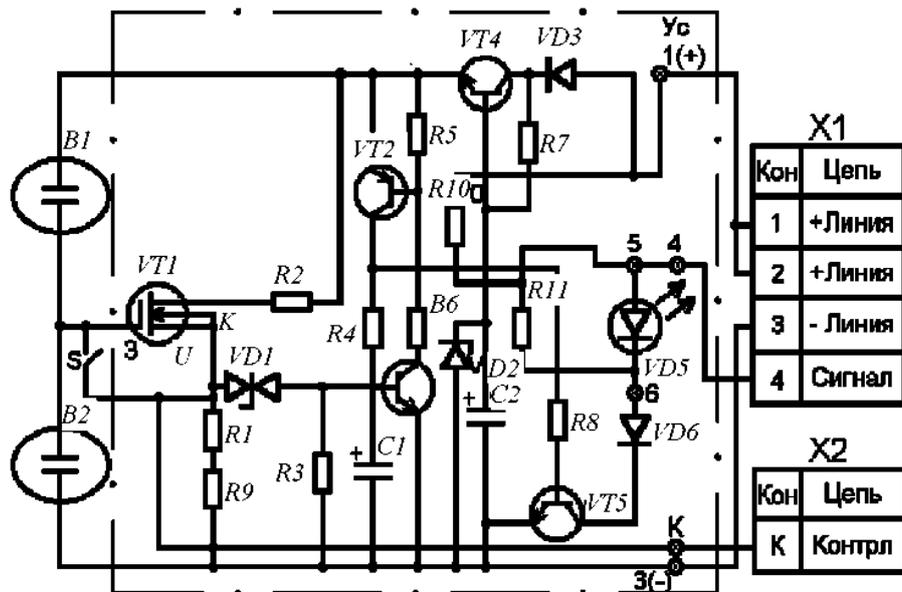


Рис. 83. Электрическая схема извещателя РИД-6М

Радиоизотопные извещатели эффективны для обнаружения дыма при горении любых веществ и материалов.

Дымовые пожарные извещатели ИП-211-1, ИП-211-2. ФГУП «Институт физико-технических проблем» разработал и освоил в серийном производстве специальный пожарный извещатель типа ИП-211-1, имеющий уникальные технические характеристики, полностью соответствующие или превосходящие зарубежные аналоги, а именно: извещатель способен работать в диапазоне температур от -30 до 100 °С и относительной влажности до 98 %, а также может использоваться для включения системы автоматического пожаротушения. Как известно, все другие типы извещателей после аварийного включения системы подлежат замене.

Извещатель ИП-211-1 (рис. 84) имеет герметичное основание с клеммной колодкой для подключения двухпроводной линии через сальниковые вводы или полудюймовые резьбовые соединения.

В настоящее время «Институт физико-технических проблем» Минатома РФ разработал первый отечественный высокочувствительный аспирационный (проточно-ионизационный) пожарный извещатель типа ИП-211-2 (рис. 85). Извещатель обеспечивает сигнализацию при появлении микроколичеств дыма (до $0,1$ мг/м³) в воздухе защищаемых помещений при принудительной прокачке воздуха через извещатель. Воздух забирается из контролируемых помещений с помощью трубок длиной до 100 м с перфорационными отверстиями. Он способен осуществлять защиту технологических установок АЭС (ядерные реакторы, кабельные траншеи, центральные щиты управления и другие наиболее ответственные узлы и агрегаты, где не могут быть установлены никакие другие типы пожарных извещателей). Извещатель также предназначен для использования при защите высоких строительных конструкций (ангары, склады).



Рис. 84. Извещатель ИП-211-1



Рис. 85. Извещатель ИП-211-2

Использование аспирационных извещателей как у нас в стране, так и за рубежом показывает, что чувствительность и помехозащищенность таких извещателей выше, чем у традиционных точечных опико-электронных ДПИ.

Наиболее эффективно аспирационные системы используются на практике для защиты высокостеллажных складов, тоннелей, различного рода ангаров для стоянки и размещения транспорта, в том числе самолетов.

Дымовые извещатели полупроводниковые фотоэлектрические серии ИП-212-5МЗ(ДИП-3МЗ). Дымовой пожарный извещатель ДИП-3МЗ (рис. 86) предназначен для круглосуточной непрерывной работы с пультами ППК-2, УОТС-1, «Сигнал-42» и др. Извещатель представляет собой единую конструкцию, состоящую из корпуса и крышки, соединенных винтами. В извещателе применена горизонтально вентилируемая оптическая система.

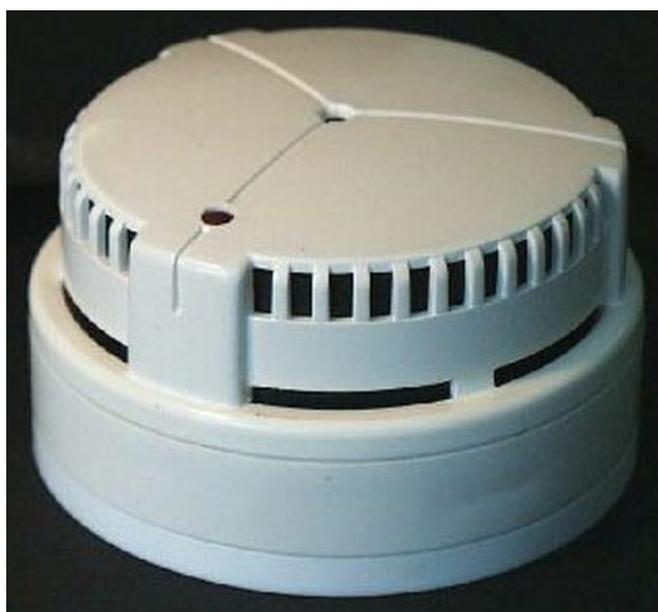


Рис. 86. Дымовой пожарный извещатель ДИП-3МЗ

На лицевой поверхности извещателя расположен индикатор срабатывания. Некоторые разновидности конструкции ИП-212 имеют встроенную кнопку для проверки работоспособности ДПИ. Оптический узел конструктивно объединяет фотоприемник (фотодиод) и излучатель (светодиод), работающие в инфракрасном диапазоне таким образом, чтобы их оптические оси пересекались под углом 120° , а область, образуемая пересечением телесных углов поля зрения фотоприемника и излучателя, является областью, чувствительной к дыму. При отсутствии дыма в зоне обнаружения конструкция оптической системы должна обеспечить максимальное поглощение мощности излучателя и в идеале – ее полное отсутствие, а в реальности – минимальное попадание этого излучения на приемник. При попадании дыма в обнаружительную камеру инфракрасное излучение, фиксируемое электронной схемой извещателя, рассеивается (преломляется) его частицами, что приводит к значительному увеличению попадаемой на приемник мощности излучения.

Основными узлами и элементами извещателя являются: задающий тактовый генератор, усилитель тока светодиода на транзисторах, усилитель сигнала, ключевой элемент, реверсивный счетчик, устройства формирования сигнала «Пожар».

При наличии дыма в чувствительной области (оптическом узле) извещателя излучение светодиода, отражаясь от частиц дыма, поступает на фотоприемник, импульсный электрический сигнал с которого усиливается операционным усилителем. Импульсы отрицательной полярности с выхода поступают на вход ключевого элемента, который имеет уровень срабатывания около 400 мВ. Импульсы положительной полярности с коллектора поступают на вход счетчика. При появлении на входе первого импульса на выходе появляется логический сигнал «1».

При наличии последовательности из четырех импульсов на входе срабатывает устройство формирования сигнала «Пожар». Возврат извещателя в дежурный режим из режима «пожар» осуществляется отключением напряжения питания на время не менее 1,5 с.

Порог срабатывания 0,05–0,2 дБ/м. Инерционность 5 с. Допустимая скорость воздушных потоков до 10 м/с.

Модификациями извещателя являются следующие разработки: ИП-212-39; ИП-212-41; ИП-212-43; ИП-212-44; ИП-212-53; ИП-212-54, ИП-212-5СУ и др. В основу конструкции перечисленных ДПИ положен одинаковый принцип обнаружения дыма. Извещатели отличаются различной величиной напряжения питания и источниками питания, двух- или четырехпроводными шлейфами АПС, наличием встроенной звуковой сирены, специальной розеткой подключения, различными габаритами, наличием монтажных устройств крепления, конструкциями отверстий дымозабора, параметрами помехозащищенности и др.

Серия извещателей ИП-212-54Н (низковольтные), ИП-212-54Р (релейные) и ИП-212-54Т (токовые) с большим числом модификаций выполнена в едином малогабаритном типаже, при этом уменьшение размеров достигнуто за счет более компактного размещения печатной платы и элементов при сохранении размеров зоны обнаружения, как у стандартных типов ДПИ. ИП-212-54 предназначен для применения в системах пожарной сигнализации в качестве точечного порогового извещателя дыма и совместим со всеми отечественными пожарными приемно-контрольными приборами, с модулями МС-03 и МС-04 и с большинством импортных охранно-пожарных приборов.

Отличительной особенностью ИП-212-53 является наличие встроенной звуковой сирены и при срабатывании извещателя, наряду с формированием традиционных тревожных сигналов (электрического в шлейфе сигнализации и оптического на извещателе и выносном устройстве), дополнительно генерируется звуковой сигнал оповещения.

Фотоэлектрический дымовой пожарный (автономный) извещатель ИП-212-43 (рис. 87). Принцип действия извещателя основан на постоянном контроле оптической плотности среды по интенсивности отраженного ИК-излучения от частиц дыма.



Рис. 87. Фотоэлектрический дымовой пожарный (автономный) извещатель ИП-212-43

Извещатель рассчитан на круглосуточную работу при питании от батарейки типа «Корунд» или четырех батареек типа ААА (10×45 мм), установленных внутри корпуса со стороны задней крышки. Извещатель обеспечивает подачу тревожных сообщений в виде громких звуковых сигналов. Применение импульсного режима работы оптической системы обнаружения с дискретным изменением частоты следования импульсов при появлении дыма определяет быстроедействие и высокую чувствительность.

Извещатель формирует сигнал «Внимание» (75 % от порога срабатывания) и «Пожар». В схеме извещателя применен пик-процессор «Mikrochip», разработанная для него программа обеспечивает минимизацию электропотреб-

ления. Извещатель имеет встроенный узел проверки работоспособности. Чувствительность извещателя по оптической плотности задымленной среды составляет от 0,05 до 0,2 дБ/м.



Рис. 88. Фотоэлектрический дымовой пожарный (автономный) извещатель ИП-212

Извещатель ИП-212 (рис. 88). Комплект поставки извещателя позволяет включать его в двухпроводные (линия питания совмещена с сигнальной линией) пороговые шлейфы классических пожарных приемно-контрольных приборов, таких как ППК-2, УСПП-01Л («Сигнал-42-01Л»), «Радуга», «Рубин-8П» и др. Возможна поставка извещателей в комплекте с модулями согласования, позволяющими применять их в четырехпроводных шлейфах охранно-пожарной сигнализации. Работа извещателя построена на классическом принципе действия точечных оптико-электронных дымовых датчиков с горизонтально вентилируемой оптической системой. Выполнение ловушек-гасителей излучения в виде сквозных изогнутых щелей позволило обеспечить только одноразовое вертикально-горизонтальное преломление дымозаходного пути. Специально разработанные и поставленные на производство инфракрасные светодиод и фотодиод с нормированным углом диаграммы направленности, высокой точностью совмещения кристалла с оптической осью приборов и высокие показатели характеристик по эффективности выхода излучения и чувствительности позволили отказаться от использования в конструкции оптических линз.

Это существенно повысило стабильность параметров схемы измерения (отношение «сигнал/шум» отличается от образца к образцу не более чем в 1,4 раза).

Технология настройки позволяет настраивать извещатели на любое значение чувствительности (в пределах регламентируемых российскими стандартами) с точностью $\pm 20\%$.

Автоматические пожарные извещатели пламени

Для обнаружения быстроразвивающихся пожаров в их начальной стадии наиболее эффективны извещатели пламени. Специфическими особенностями использования извещателей пламени является то, что обнаружение излучения

очага пожара на излучающем фоне требует специальных мероприятий по защите от ложных срабатываний. Излучающий фон может насытить чувствительный элемент извещателя, и помехи небольшой интенсивности вызывают срабатывание извещателя.

Извещатель пламени пожарный – прибор, реагирующий на электромагнитное излучение пламени или тлеющего очага (по НПБ 72-98). Чувствительный элемент – преобразователь электромагнитного излучения в электрический сигнал, реагирующий на электромагнитное излучение пламени в инфракрасном, видимом или ультрафиолетовом диапазоне длин волн в соответствии со спектром электромагнитного излучения.

Многодиапазонные извещатели – это приборы, реагирующие на электромагнитное излучение пламени в двух или более участках спектра. Извещатель должен реагировать на излучение, создаваемое тестовыми очагами ТП-5 и ТП-6 по ГОСТ Р 50898

По чувствительности к пламени извещатели подразделяют на четыре класса в зависимости от расстояния, при котором наблюдается устойчивое срабатывание извещателей от воздействия излучения пламени тестовых очагов ТП-5 и ТП-6 по ГОСТ 50898, за время, установленное изготовителем в ТУ на извещатели конкретных типов, но не более 30 с;

1-й класс – расстояние 25 м;

2-й класс – расстояние 17 м;

3-й класс – расстояние 12 м;

4-й класс – расстояние 8 м.

Максимальное значение фоновой освещенности чувствительного элемента извещателя, создаваемой люминесцентными лампами, при котором извещатель сохраняет работоспособность, не выдавая ложного извещения, должно быть не менее 2500 лк.

По области спектра электромагнитного излучения, воспринимаемого чувствительным элементом, ПИ пламени подразделяются на извещатели ультрафиолетового излучения, инфракрасного спектра излучения, видимого спектра излучения и многодиапазонные.

В ультрафиолетовом диапазоне спектра применяются счетчики фотонов или газонаполненные индикаторы. Эти элементы обладают большей чувствительностью и работают по принципу внешнего фотоэффекта. Элементы работают в импульсном режиме и электронные схемы построены по принципу обработки информации о количестве поступающих импульсов от очага пожара. При незначительном излучающем фоне фотоэлементы генерируют небольшое количество импульсов в единицу времени, но при возникновении пожара резко возрастает поток фотонов и фотоэлементы генерируют достаточное количество

импульсов для срабатывания извещателя. Схемы обработки импульсов могут быть накопительные (т. е. производится аккумуляция импульсов в конденсаторе до определенной величины) или цифровые, т. е. извещатель срабатывает при подсчете определенного количества импульсов за заданное время. Инфракрасные извещатели в качестве чувствительных элементов используют фоторезисторы или фотодиоды. Они работают по принципу внутреннего фотоэффекта и изменяют электрические параметры в зависимости от интенсивности падающего на них светового потока. Схемы обработки сигнала носят аналоговый характер. Их помехозащищенность от посторонних источников света осуществляется несколькими способами: изменением чувствительности, оптической фильтрацией, а также электрической фильтрацией.

Если в защищаемом помещении существует постоянное фоновое освещение, целесообразно использовать метод снижения чувствительности извещателя пламени. Пределом снижения чувствительности служит обнаружительная способность извещателя. В паспорте пожарных извещателей пламени есть требования к максимально допустимому фону. Оптическую фильтрацию осуществляют построением спектральной характеристики извещателя таким образом, чтобы в область его чувствительности попадал диапазон излучения пламени и не попадало бы излучение посторонних источников света. Для этого используют корректирующие оптические фильтры. На рис. 89 изображена схема, поясняющая обеспечение помехозащищенности извещателей снижением чувствительности и применением оптической фильтрации, которая основывается на принципе выделения переменной составляющей излучения пламени. Известно, что пламя имеет пульсацию интенсивности излучения в диапазоне частот 50 Гц. Конкретные частоты зависят от условий горения и вида горящего вещества. Интенсивность переменной составляющей около 30–40 % полной интенсивности, что несколько снижает возможность обнаружения пожара.

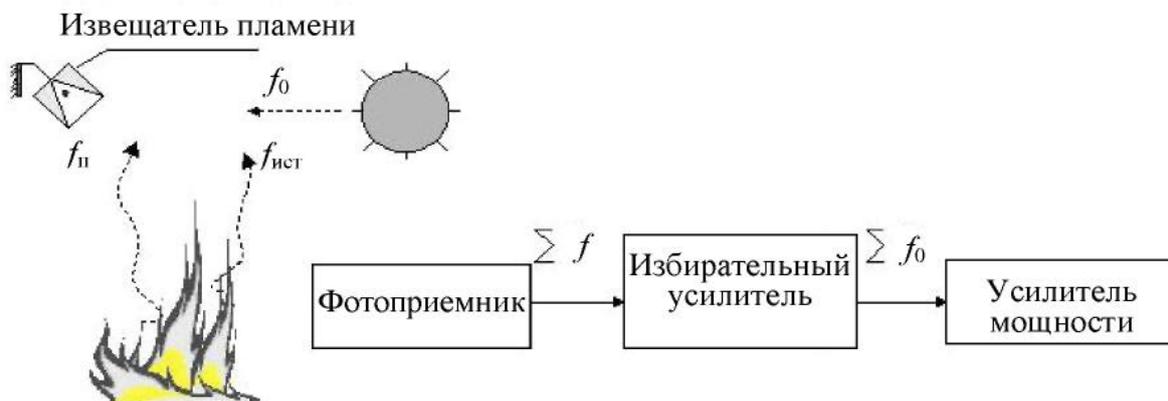


Рис. 89. Принцип электрической фильтрации:
 $f_{п}$ – частота излучения пожара; $f_{ист}$ – частота источника света;
 f_0 – частота естественного освещения

В электронную схему обработки сигналов вводится избирательный усилитель. Защита от импульсных световых помех может быть обеспечена введением временной задержки срабатывания извещателя. Извещатели пламени обладают высоким быстродействием, поэтому их целесообразно применять в тех технологических процессах, где пожар развивается быстро.

Извещатель пламени ИП-329 («Аметист»). Извещатель представляет собой автоматическое оптико-электронное устройство, осуществляющее электрическую и оптическую сигнализацию о появлении пламени в контролируемом помещении (рис. 90).

Чувствительный элемент извещателя – индикатор фотонов. Основными узлами схемы извещателя являются: стабилизатор напряжения, преобразователь высокого напряжения, схема обработки информационных сигналов, каскад газоразрядного индикатора фотонов и формирователь тока тревожного сообщения. Стабилизатор напряжения формирует стабилизированное напряжение 10 и 15 В, необходимые для питания основных узлов извещателя. Преобразователь высокого напряжения преобразует стабилизированное напряжение 15 В в напряжение 280 В, необходимое для работы индикатора фотонов.



Рис. 90. Извещатель пламени ИП-329 («Аметист»)

Каскад газоразрядного индикатора фотонов регистрирует ультрафиолетовое излучение от пламени пожара, преобразует его в последовательность нормированных по амплитуде электрических импульсов и обеспечивает согласование выходного сопротивления индикатора фотонов с входным сопротивлением схемы обработки информационных сигналов. Схема обработки информационного сигнала формирует логический сигнал «1» при условии поступления на нее определенного количества импульсов за фиксированный интервал времени.

Извещатель имеет три порога срабатывания по количеству поступающих на схему импульсов. Логический сигнал «1» поступает на формирователь тока тревожного извещения, который формирует в сигнальной линии ток величиной

не менее 18 мА, регистрируемый приемно-контрольным прибором или пультом пожарной сигнализации. Извещатель чувствителен к пламени парафиновой свечи, диаметр которой равен 25 мм, при высоте пламени 3–4 см на расстоянии 0,5 м с инерционностью 5 с. Контролируемая площадь при высоте установки 20 м без пылеотражателя 1000 м² (с пылеотражателем 200 м²).

Пожарный сигнально-пусковой прибор ПСПП «Диабаз-БМ» (рис. 91).

Прибор предназначен для регистрации загораний по ультрафиолетовому излучению пламени в закрытых помещениях и включения автоматических установок пожаротушения. ПСПП состоит из датчиков пламени ИП-329-5 (НС199.010), выполненных взрывонепроницаемыми по уровню взрывозащиты ВЗТ4-В, и вторичного прибора сигнально-пускового, имеющего от 1 до 5 каналов управления. К каждому из каналов подключается по два извещателя ИП-329-5. Допускается применение извещателя во взрывоопасных помещениях категорий ВIа и II2 групп Т1-Т4.

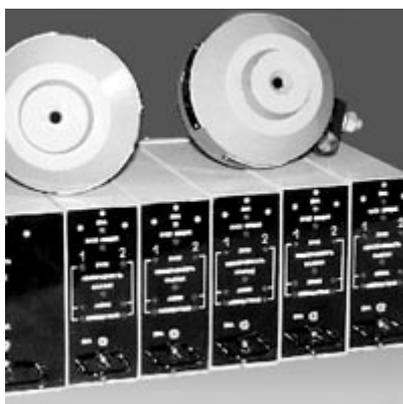


Рис. 91. Извещатель пламени ИП-329 («Аметист»)

Основными элементами извещателя являются: счетчик фотонов, ключевой элемент, схемы гашения. В качестве чувствительного элемента использован счетчик фотонов V₁ типа СИ-6Ф, который предназначен для регистрации ультрафиолетового излучения пламени и преобразования энергии фотонов в импульсы тока с частотой, зависящей от интенсивности излучения. Максимальное удаление извещателя от прибора управления 500 м. Предельный уровень освещенности извещателя от ламп накаливания 750 Лк. Габаритные размеры 370'170'250 мм. Масса 4,3 кг.

Пороговая чувствительность извещателя на горение бензина – площадь очага 225 см² на расстоянии до 20 м. Угол обзора извещателя 60°. Инерционность не более 3 с.

Извещатель «Пульсар-1». Извещатель предназначен для регистрации пожара на инфракрасное излучение пламени (рис. 92).



Рис. 92. Извещатель «Пульсар-1»

Дальность обнаружения очага пламени (площадью 0,1 м²) до 30 м. Угол обзора в виде конуса с углом при вершине 120°. Диапазон рабочих температур от –50 до 50 °С. Конструкция извещателя может быть с поворотным или выносным вариантом расположения чувствительного элемента. Для защиты помещений с агрессивной или взрывоопасной средой предлагается модификация извещателя «Пульсар-2», имеющего те же параметры срабатывания.

На основе конструкции извещателя «Пульсар» создано устройство «Спектрон», чувствительный элемент которого расположен как в корпусе извещателя, так и на кабеле «витая пара в экране» (или оптоволоконный кабель) на расстоянии до 25 м от прибора.

Извещатель пожарный пламени многодиапазонный «Набат-1(2)». Извещатели пожарные пламени многодиапазонные ИП-332-1/1(2) в обыкновенном и во взрывозащищенном исполнении автоматические, неадресные предназначены для обнаружения загораний, сопровождающихся появлением электромагнитного излучения пламени (рис. 93).



Рис. 93. Извещатель пожарный пламени многодиапазонный ИП-332-1/1 (Набат-1)

Извещатель ИП-332-1/1 предназначен для совместной работы с пожарными приемно-контрольными приборами (ППК) и сигнально-пусковыми устройствами (УСП), обеспечивающими в шлейфе пожарной сигнализации постоянное напряжение питания (12–27 В) с периодическими прерываниями или переполюсовкой длительностью не более 100 мс и частотой повторения не более 1,5 Гц (ППК-2, УСПП-01Л и др.). Чувствительный элемент извещателя реагирует на электромагнитное излучение пламени в различных спектральных поддиапазонах. Одни из них соответствуют селективным полосам излучения продуктов горения (H_2O и CO_2), другие – фоновым помехам (солнце, искусственные источники излучения, нагревательные приборы, разряды молнии и пр.). Электронная логическая схема позволяет выделять сигнал от пламени на фоне оптических помех и обеспечивает переход извещателя из дежурного режима в режим «Пожар». Извещатели реагируют на излучение пламени, создаваемое тестовыми очагами ТП-5 (горящий гептан на площади $0,1 \text{ м}^2$), ТП-6 (горящий спирт на площади $0,2 \text{ м}^2$), и любое другое излучение, спектр которого находится в пределах от 0,5 до 4,7 мкм. Максимальное расстояние, при котором за время, не превышающее 3 с, наблюдается устойчивое срабатывание извещателя от тестовых очагов ТП-5 и ТП-6, составляет величину, не меньшую 25 и 17 м соответственно. Угол обзора извещателей не менее 90° .

В извещателях использован принцип спектральной селекции, позволяющий обеспечить высокую помехозащищенность. В качестве основного оптического элемента применен многоспектральный фотоприемник – быстродействующий фотогальванический приемник излучения, преобразующий электромагнитное излучение пламени и посторонних источников излучения в электрический сигнал. Фотогальванический приемник реагирует в общем случае на электромагнитное излучение в нескольких спектральных поддиапазонах: 0,3–1,2 мкм; 2,5–2,9 мкм; 3,2–3,5 мкм; 4,0–4,4 мкм. Второй и четвертый поддиапазоны соответствуют селективным полосам излучения продуктов горения (H_2O и CO_2), первый и третий реагируют на фоновые помехи (солнце, искусственные источники излучения, нагревательные приборы, разряды молнии и пр.). Электронная логическая схема выделяет и сравнивает сигналы от пламени и фоновых оптических помех и принимает решение о переходе извещателя из дежурного режима в режим «Пожар». Излучение от источников, находящихся в поле зрения извещателя, попадает на фоточувствительные элементы (ФЧЭ) фотоприемника, вырабатывающие сигнал в виде фототока, пропорционального интенсивности излучения на длинах волн 2,7 и 4,3 мкм (ФЧЭ1), на длине волны 3,5 мкм (ФЧЭ2), на длине волны 0,9 мкм (ФЧЭ3). Для преобразования фототоков в напряжения и для первичного усиления служат предварительные усилители (ПУ).

В момент включения на время 1 мс предварительные усилители ПУ1 и ПУ2 вырабатывают сигналы в виде напряжений, далее полезный сигнал усиливается усилителем. При наличии пламени в поле зрения извещателя на выходе интегратора появляется сигнал более 0,5 В, который через схему вычитания СВ2 подается на компаратор. При превышении значения освещенности 5000 Лк срабатывает пороговая схема, и сигнал с выхода усилителя начинает вычитаться из сигнала интегратора, тем самым снижается вероятность ложного срабатывания при сверхбольшой освещенности. Далее сигнал с компаратора поступает на счетчик, и при наличии 15 импульсов подряд счетчик переключает триггер в состояние, соответствующее режиму «Пожар». Исполнительная схема в тревожном режиме «Пожар» вырабатывает сигнал в виде увеличения тока потребления до 20 мА либо в виде замыкания контактов реле Р2 и Р3.

Извещатель пожарный ручной ИП-5 (ИПР). Ручной пожарный извещатель – устройство, предназначенное для ручного включения сигнала пожарной тревоги в системах пожарной сигнализации и пожаротушения (по НПБ 70-98). Извещатель предназначен для подачи вручную сигнала тревоги на приемно-контрольные приборы и пульта управления пожарной сигнализации с помощью рукоятки, расположенной на извещателе. Извещатель рассчитан на совместную работу с пультами ППС-2, «Аргус», «Сигнал-43» и др.

Конструктивно извещатель (рис. 94) состоит из корпуса 5 коробчатой формы, внутри которой установлена плата 4.

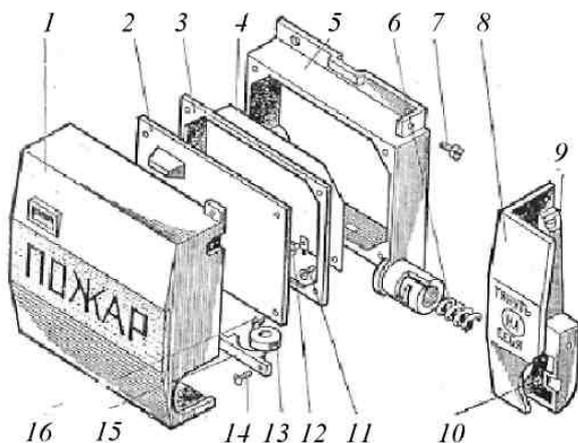


Рис. 94. Извещатели пожарные ручные ИПР:

1 – декоративная крышка; 2 – крышка; 3 – прокладка; 4 – плата; 5 – корпус; 6 – пружина; 7, 11, 12, 14, 16 – винты; 8 – ручка; 9 – магнит; 10 – втулка; 13 – резиновая втулка; 15 – планка

Корпус с помощью винта 16 через прокладку 3 закрывается крышкой 2, выполненной из прозрачного материала. Для уплотнения электропроводов, подключаемых к извещателю, в его корпусе установлены резиновые втулки 13,

поджимаемые с помощью планки 15 винтом 14. На корпусе 5 с помощью защелок установлена декоративная крышка 1. На боковой стороне корпуса 5 имеется пустотелая ось, на которой закреплена ручка 8 с постоянными магнитами 9. Внутри ручки 8 есть втулка 10 с выступами, которые входят в пазы оси корпуса 5, а в отверстие вставлена пружина 6. При установке на корпусе ручки её необходимо повернуть по часовой стрелке так, чтобы выступы втулки 10 совместились с продольными пазами на оси. После этого ручку 8 следует надеть на ось, пружину 6 сжать до совмещения выступов втулки 10 с поперечными пазами оси, ручку повернуть против часовой стрелки и установить вертикально, параллельно корпусу 5.

Разновидности ручного извещателя – блоки дистанционного ручного пуска БДРП-01Л и ИП513-4, которые предназначены для включения установок газового и порошкового пожаротушения. БДРП-01Л имеет встроенную оптическую индикацию режима пуска. Конструктивно выполнен в корпусе извещателя ИПР в пылебрызгозащищенном исполнении. Максимальный ток коммутации контактами геркона при напряжении до 30 В не более 0,5 А. Диапазон рабочих температур от –50 до 50 °С. Срок службы не менее 10 лет. Средняя наработка на отказ 6000 ч. Извещатели ручные типа ИПР 513-3 (НВП «Болид») имеют встроенную кнопку с защитным стеклом. Квитирование передач и сообщения (отображение обратного сигнала) определяется загоранием светодиодного индикатора. Линия шлейфа замыкается на сопротивление $R = 160$ Ом. Энергия включения не более 0,29 Дж. Неразрушающее усилие на стекло не более 25 Н.

9.4. ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ И ТИПЫ ЛИНЕЙНЫХ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫХ И ОБЪЕМНЫХ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ПОЖАРНЫХ ИЗВЕЩАТЕЛЕЙ

Ультразвуковые и линейные оптико-электронные пожарные извещатели применяются как для обнаружения пожара, так и несанкционированного проникновения на объект. Они относятся к устройствам пространственного обнаружения очага пожара, так как защищают весь объем помещения или его отдельную часть.

Ультразвуковые извещатели работают по принципу регистрации изменений физических характеристик активного ультразвукового поля в результате воздействия на это поле энергетических составляющих пожара. Образующаяся при пожаре конвективная струя воздуха имеет определенное распределение температуры по высоте и радиусу. При этом имеет место отражение ультразвука от границ раздела воздуха различной плотности. Ультразвук, прошедший через тепловой поток, испытывает изменение фазы колебаний. Так как граница

пламени и граница конвективной струи подвижны и неустойчивы во времени и пространстве, наложение ультразвуковых волн, отраженных тепловым потоком, на излучаемые волны вызывает их амплитудно-фазовую модуляцию. На величину амплитудно-фазовой модуляции оказывает влияние характер распределения температуры по объему конвективной струи. Во ВНИИПО были проведены экспериментальные исследования ультразвуковых способов обнаружения пожара. Установлена зависимость коэффициента отражения от температуры конвективной струи. Скорость ультразвука $U_{уз}$ будет равна

$$U_{уз} = C_p RT / C_v M,$$

где C_p , C_v – удельная теплоемкость воздуха холодного и нагретого; R – газовая постоянная; T – температура; M – молекулярная масса.

Создание ультразвукового поля осуществляется с помощью пьезокерамических преобразователей, представляющих собой механическую колебательную систему. Ультразвуковые пьезокерамические преобразователи обладают обратимостью, т. е. электрические колебания электромагнитной возбуждающей цепи преобразуются в ультразвуковые колебания, и наоборот, ультразвуковые колебания преобразуются в электрические.

Из применяемых устройств данного типа следует назвать извещатели ультразвуковые серии «Фигус» различных модификаций. В зависимости от его компоновки (с одним или двумя выносными блоками) защищаемая площадь составляет 30 м. Сигнал тревоги подается при возникновении очага горения, площадь которого более 0,1 м.

Принцип действия линейных оптико-электронных извещателей основан на ослаблении интенсивности света при его прохождении через задымленную среду. В этих извещателях излучатель света и фотоприемник конструктивно разделены.

Извещатель дымовой линейный ИП-212-7 (ИДПЛ). Извещатель относится к оптико-электронным автоматическим пожарным извещателям. Предназначен для обнаружения дыма в помещениях больших площадей и объемов. Состоит из блока излучателя (БИ) и блока приемника (БП). Формирует извещение «Пожар» при попадании дыма в поток зондирующего инфракрасного излучения между блоком БИ и БП. При полном перекрытии ИК-луча между БИ и БП непрозрачным объектом извещатель выдает извещение «Неисправность». ИДПЛ-1 рассчитан на совместную работу с пультами ППК-2, «Аргус», Сигнал-42 и обеспечивает возможность подключения выносного устройства оптической сигнализации. Максимальная дальность действия 100 м. Инерционность 3 с. Аналогичные по принципу действия извещатели выпускаются также фирмами «Sistem Sensor» (тип 6424), «CHRAK» (тип *Beam detector SPB-E*) и др.

В последние годы находит широкое применение система пожарной сигнализации с аспирационными пожарными извещателями. На практике такая АПС реализована в активной многоточечной «системе всасывания дыма» – «RAS» фирмы «FITTICH-SECURITON».

Система RAS осуществляет постоянное всасывание воздуха в чувствительный измерительный блок и сообщает об обнаружении в нем частиц дыма. Система состоит из центральной воздушной магистрали, подключенных к ней гибких трубок с отверстиями для всасывания воздуха и блока обнаружения пожара. В этом блоке размещаются дымовые пожарные извещатели, вентилятор и система обработки информации с устройством контроля воздушного потока. Через имеющуюся систему трубопроводов при помощи вентилятора происходит постоянное всасывание воздуха из контролируемых помещений. Один или два дымовых извещателя определяют наличие частиц дыма в воздушном потоке. При обнаружении повышенной концентрации дыма один из извещателей выдает сигнал, который система обработки воспринимает как предварительный. При дальнейшем повышении концентрации дыма и достижении установленного порога извещатели выдают сигнал «Пожар». Система, в которой применяются два извещателя или используется парная зависимость групп извещателей, обрабатывает первичный сигнал о пожаре как предварительный, а второй – как достоверный сигнал пожара.

RAS – активная многоточечная система обнаружения пожаров. В ней сочетаются преимущества как линейных систем пожарной сигнализации, так и действующих по принципу контроля рассеянного или проходящего света. Это предопределяет широкие возможности использования системы, например:

- скрытых, практически незаметных элементах системы для защиты культурных и материальных ценностей;
- фальшполах и подвесных потолках;
- высокостеллажных складских помещениях с холодильными камерами;
- подземных переходах, спортивных сооружениях и других объектах, где существует опасность повреждения элементов системы;
- местах, труднодоступных для монтажа и обслуживания традиционных точечных дымовых извещателей.

9.5. ПРИНЦИПЫ РАЗМЕЩЕНИЯ АВТОМАТИЧЕСКИХ ПОЖАРНЫХ ИЗВЕЩАТЕЛЕЙ НА ОБЪЕКТАХ

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

Если установка пожарной сигнализации предназначена для управления автоматическими установками пожаротушения, дымоудаления и оповещения о пожаре, каждую точку защищаемой площади необходимо контролировать не менее чем двумя автоматическими пожарными извещателями. Максимальное расстояние между дублирующими дымовыми или тепловыми пожарными извещателями должно быть равно половине нормативного, если установка пожарной сигнализации предназначена для управления установками пожаротушения, дымоудаления и оповещения о пожаре.

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

- помещения, расположенные на разных этажах, при суммарной площади здания 300 м^2 и менее;

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

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

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

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

- площадь помещения не больше защищаемой пожарным извещателем площади, указанной в технической документации на него, и не больше средней площади, указанной в табл. 7–11;

- пожарный извещатель является адресным;
- обеспечивается автоматический контроль работоспособности пожарного извещателя, подтверждающий выполнение им своих функций с выдачей извещения о неисправности на приёмно-контрольный прибор;
- по сигналу с пожарного извещателя аппаратура управления не производит включение автоматических установок пожаротушения либо дымоудаления либо систем оповещения о пожаре 5-го типа по НПБ 104.

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

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

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

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

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

В этих случаях извещатели необходимо размещать на расстоянии не более 300 мм от потолка, включая габариты извещателя (рис. 95).

Дымовые и тепловые пожарные извещатели следует устанавливать в каждом отсеке потолка, ограниченном строительными конструкциями (балками, прогонами, ребрами плит и т. п.), выступающими от потолка на 0,4 м и более (рис. 96). При наличии на потолке выступающих частей от 0,08 до 0,4 м контролируемая площадь уменьшается на 25 %.

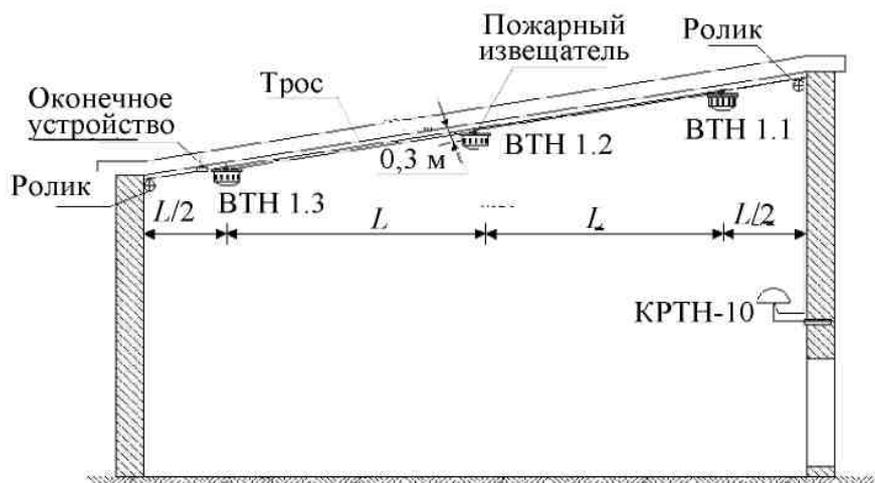


Рис. 95. Вариант схемы размещения АПИ на тросах под перекрытием здания

В случае, если в контролируемом помещении имеются коробка (рис. 97), технологические площадки шириной 0,75 м, имеющие сплошную конструкцию и отстоящие по нижней отметке от потолка на расстоянии более 0,4 м, под ними также необходимо дополнительно устанавливать пожарные извещатели.

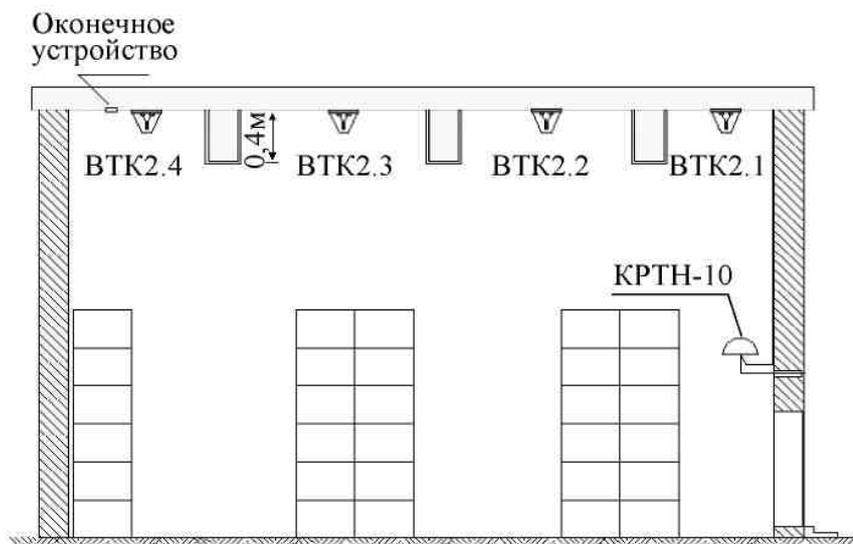


Рис. 96. Размещение АПИ на потолке помещения с выступающими ребрами перекрытия.

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

Автоматические пожарные извещатели необходимо применять в соответствии с требованиями технических условий, стандартов и паспортов с учетом

условий среды контролируемых помещений. При разработке нормативных требований по защищаемой площади пожарными извещателями, при различной высоте расположения необходимо минимизировать один из основных определяющих параметров – время обнаружения пожара.

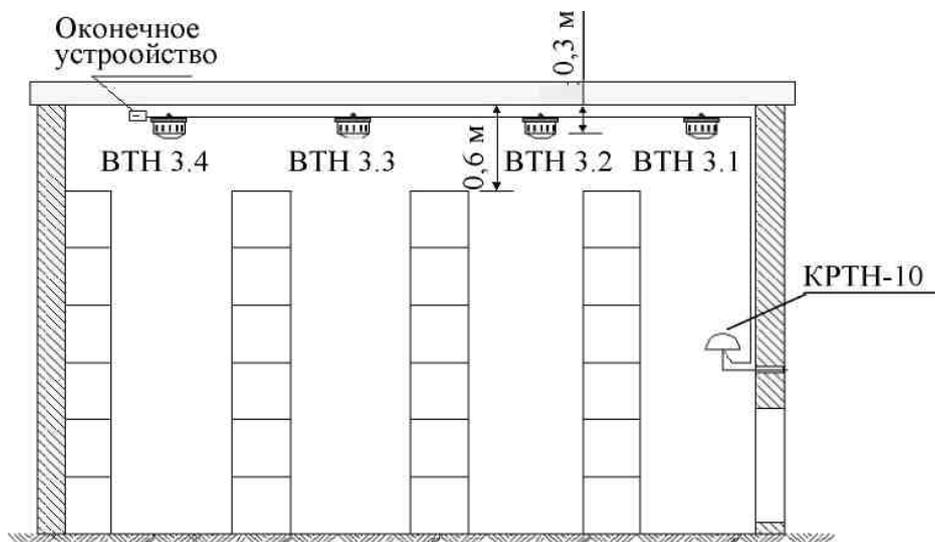


Рис. 97. Размещение дымовых пожарных извещателей в отсеках помещения, образованных стеллажами

В табл. 7 содержатся требования к размещению точечных дымовых пожарных извещателей

Таблица 7

Нормы размещения точечных дымовых пожарных извещателей

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

Линейные дымовые пожарные извещатели. Блок приёмника (БП) и блок излучателя (БИ) линейного дымового пожарного извещателя (ЛДПИ) следует устанавливать на стенах, перегородках, колоннах и других неподвижных и устойчивых конструкциях таким образом, чтобы оптическая ось БИ и БП проходила на расстоянии не более 0,4 м от уровня покрытия (перекрытия). Блок приёмника и блок излучателя ЛДПИ следует размещать на строительных конструкциях помещения таким образом, чтобы в зону обнаружения пожарного извещателя не попадали различные предметы и конструкции при его эксплуа-

тации. Расстояние между БИ и БП определяется технической характеристикой пожарного извещателя. При формировании зоны контроля, образуемой зонами обнаружения ЛДПИ, максимальное расстояние между их параллельными оптическими осями, оптической осью и стеной в зависимости от высоты установки блоков пожарных извещателей следует определять по табл. 8.

Таблица 8

Зависимость высоты установки пожарных извещателей от расстояния

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

В помещениях высотой более 12 м и до 18 м ЛДПИ следует, как правило, устанавливать в два яруса, в соответствии с табл. 9, при этом:

- первый ярус ЛДПИ следует располагать на расстоянии 1,5–2 м от верхнего уровня пожарной нагрузки, но не менее 4 м от плоскости пола;
- второй ярус ЛДПИ следует располагать на расстоянии не более 0,4 м от уровня покрытия;
- ЛДПИ следует устанавливать таким образом, чтобы минимальное расстояние от его оптической оси до стен и окружающих предметов было не менее 0,5 м.

Таблица 9

Требования к установке дымовых извещателей

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

Точечные тепловые пожарные извещатели. Площадь, контролируемая одним точечным тепловым пожарным извещателем, а также максимальное расстояние между извещателями и извещателем и стеной при квадратной схеме

размещения извещателей на потолке без выступающих частей необходимо определять по табл. 10, но не превышая величин, указанных в технических условиях и паспортах на извещатели.

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

Таблица 10

Нормы размещения точечных тепловых пожарных извещателей

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

Линейные тепловые пожарные извещатели. Линейные тепловые пожарные извещатели (ЛТПИ) (термокабель) следует, как правило, прокладывать совместно или в непосредственном контакте с пожарной нагрузкой. ЛТПИ допускается устанавливать под перекрытием над пожарной нагрузкой в соответствии с табл. 10, при этом значения величин, указанных в таблице, не должны превышать соответствующих значений величин, указанных в технической документации изготовителя. При стеллажном хранении материалов допускается прокладывать ЛТПИ по верху ярусов и стеллажей. При использовании ЛТПИ с точечными чувствительными элементами расстояние между этими элементами не должно превышать расстояний между извещателями, указанными в табл. 11. Очевидно, что чем ближе расположен извещатель к очагу пожара, тем быстрее он будет обнаружен.

Таблица 11

Требования к установке тепловых извещателей

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

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

В помещении эта зона будет иметь форму усеченной фигуры вращения, а извещатель займет место на ее оси. На уровне пола защищаемая площадь примет форму круга, на центр которого проектируется извещатель. Для решения задачи оптимизации выбора схемы размещения АПИ следует определить критерий оптимизации. Исходным положением выбора такого критерия будет являться выполнение требований норм обеспечить определенную (одно- или двукратную) степень перекрытия защищаемой площади извещателями, размещенными в помещении (рис. 98).

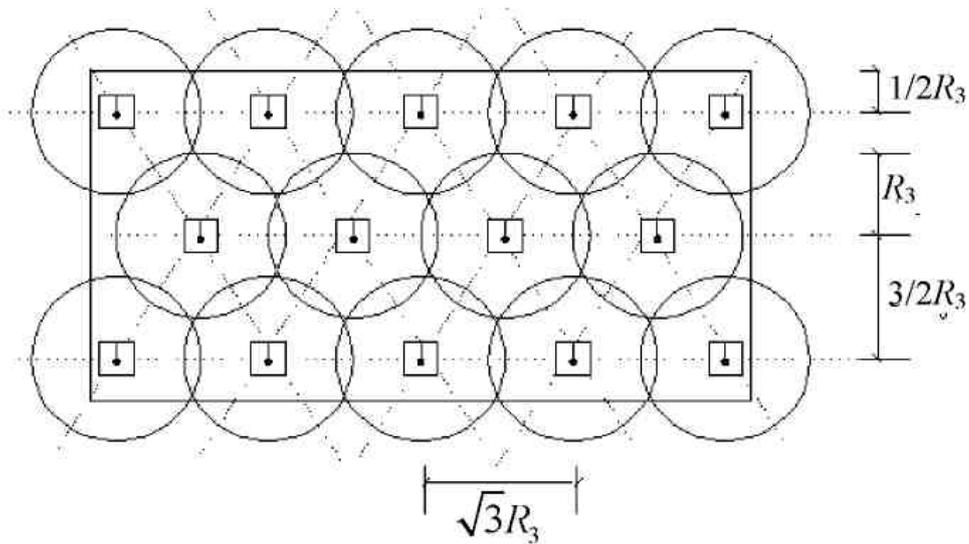


Рис. 98. Схема однократного перекрытия защищаемой площади

В математической теории покрытия для этого используется понятие *кратности покрытия*, которое аналогично термину *степень перекрытия*. Применительно к АПС следует рассматривать две группы критериев оптимизации: *дифференцированные* и *стохастические*. К первой группе относится критерий плотности покрытия, который показывает, сколько извещателей контролирует единицу площади защищаемого помещения.

На практике используется одно- и двукратное перекрытие с использованием квадратной схемы размещения извещателей. В этом случае расстояние L

между соседними извещателями не превышает значений, указанных в табл. 11, а расстояние от АПИ до стен не превышает $L/2$. При двукратной схеме размещения расстояние между извещателями одного ряда составляет $\sqrt{2}/2R_3$. Схема размещения, плотность покрытия которой будет минимальна при заданной кратности защиты, станет оптимальной, так как чем меньше плотность покрытия, тем меньшее число автоматических пожарных извещателей ее реализует.

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

Координатные схемы размещения в виде правильного квадрата и шестиугольников удовлетворяют условию сплошного покрытия, причем квадратная схема обеспечивает однократное покрытие плоскости кругами.

Шестиугольная или гексагональная схема размещения (рис. 99) обеспечивает двукратное покрытие плоскости или ее двукратную защиту.

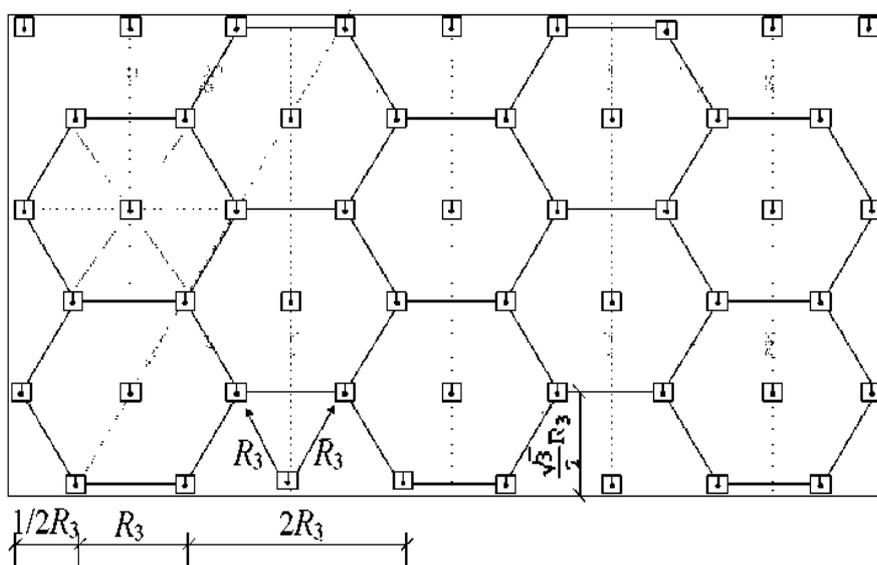


Рис. 99. Двукратная гексагональная схема размещения АПИ

Эта схема является наиболее надежной по обеспечению расчетного времени срабатывания систем раннего обнаружения пожара с последующим включением систем автоматической противопожарной защиты. Характерные элементы однократной треугольной и двукратной шестиугольной схемы размещения АПИ показаны на рис. 100, а, б.

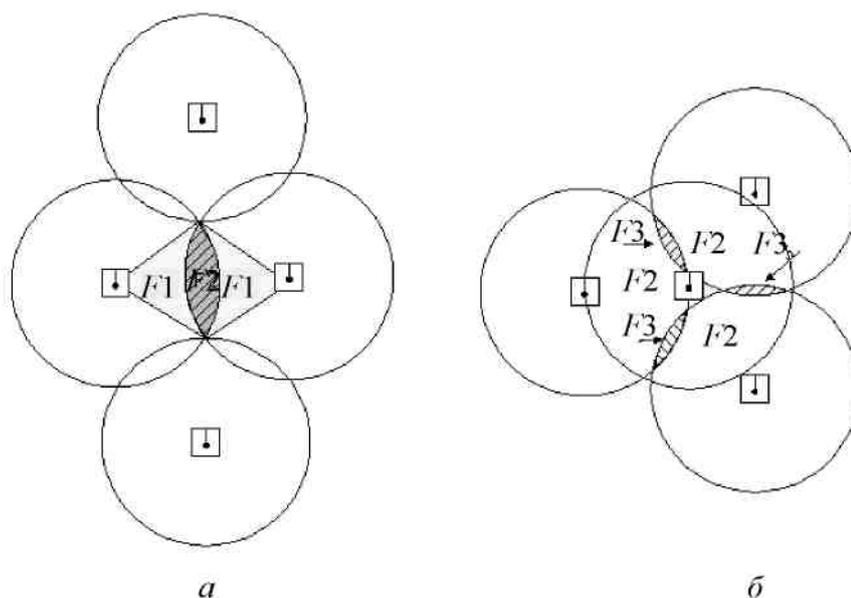


Рис. 100. Характерный элемент однократной треугольной и двукратной шестиугольной схемы размещения АПИ: *а* – однократная треугольная схема размещения АПИ; *б* – двукратная шестиугольная схема размещения АПИ

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

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

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

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

- не менее 0,5 м от органов управления различным электрооборудованием (выключателей, переключателей и т. п.); не менее 0,75 м от различных предметов, мебели, оборудования и т. п.;

– в местах, удалённых от электромагнитов, постоянных магнитов и других устройств, воздействие которых может вызвать самопроизвольное срабатывание ручного пожарного извещателя (требование распространяется на ручные пожарные извещатели, срабатывание которых происходит при переключении магнитоуправляемого контакта);

– не более 50 м друг от друга внутри зданий;

– не более 150 м друг от друга вне зданий.

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

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

Контрольные вопросы

1. Основные информационные параметры пожара и особенности преобразования их пожарными извещателями.

2. Перечислить основные показатели надёжности и объясните их сущность.

3. В каком случае пожарный извещатель называется генераторным, а в каком параметрическим?

4. Конструктивные особенности тепловых пожарных извещателей.

5. Конструктивные особенности дымовых пожарных извещателей.

6. Конструктивные особенности автоматических пожарных извещателей пламени.

7. Принципы построения и типы линейных оптико-электронных и объемных ультразвуковых пожарных извещателей.

8. Общие принципы размещения автоматических пожарных извещателей на объектах.

9. Принципы размещения линейных автоматических пожарных извещателей.

10. Принципы размещения извещателей пламени, ручных и газовых извещателей.

11. Дать определение зоны контроля пожарной сигнализации (пожарных извещателей).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В учебном пособии подробно рассмотрена роль производственной пожарной автоматики в обеспечении взрывопожарозащиты промышленных объектов, изложены основы автоматизации, теории измерения, принцип действия и область применения приборов контроля технологических параметров потенциально взрывопожароопасных технологических процессов. Рассмотрены элементы теории и техники автоматического регулирования и управления производственными объектами, принцип действия и область применения систем противаварийной и взрывозащиты. Рассмотрены принципы обнаружения пожара средствами сигнализации, а также принципы построения систем пожарной безопасности.

Учебное пособие призвано обеспечить необходимыми в профессиональной деятельности знаниями студентов вузов и слушателей профессиональной переподготовки, изучающих дисциплину «Производственная и пожарная автоматика». А также может быть полезно инженерно-техническому персоналу организаций, занимающемуся вопросами конструирования, проектирования, монтажа и ремонта систем производственной и пожарной автоматики.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. НПБ 88-2001. Установки пожаротушения и сигнализации. Нормы и правила проектирования : утв. приказом ГУГПС МВД РФ от 4 июня 2001 г. № 31, с изм. и доп. – М. : МВД РФ, 2001. – 42 с.
2. СП 5.13130.2009 с изм. Об утверждении свода правил «Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования» : приказ МЧС РФ от 25 марта 2009 г. № 175. – М. : ВНИИПО МЧС России, 2009. – 103 с.
3. ТУ-газ-86. Требования к установке сигнализаторов и газоанализаторов. – М. : М-во нефтеперераб. и нефтехим. пром-ти СССР, 1986. – 10 с.
4. Абросимов, А. А. Автоматизированные системы пожаровзрывобезопасности нефтеперерабатывающих производств / А. А. Абросимов, Н. Г. Топольский, А. В. Фёдоров. – М. : Академия ГПС МВД России, 2000. – 239 с.
5. Автоматизация производственных процессов в химической промышленности / В. В. Шувалов [и др.]. – М. : Химия, 1991. – 352 с.
6. Бабуров, В. П. Автоматические установки пожаротушения. Вчера. Сегодня. Завтра : учеб.-справ. пособие / В. П. Бабуров, В. В. Бабуринов, В. И. Фомин. – М. : Пожнаука, 2009. – 291 с.
7. Кирюхина, Т. Г. Установки пожаротушения : учеб. пособие / Т. Г. Кирюхина, Н. В. Смирнов. – М. : ТАКИР, 2006. – 302 с.
8. Оросители водяных и пенных автоматических установок пожаротушения : учеб.-метод. пособие / Л. М. Мешман [и др.] ; под ред. Н. П. Копылова ; М-во РФ по делам гражд. обороны, чрезвычайн. ситуациям и ликвидации последствий стихийн. бедствий, Всерос. науч.-исслед. ин-т противопожар. обороны. – М. : ВНИИПО МЧС России, 2002. – 311 с.
9. Пожарная и охранно-пожарная сигнализация. Проектирование, монтаж, эксплуатация и обслуживание : справочник / под ред. М. М. Любимова. – М. : Пож. кн., 2008. – 380 с.
10. Производственная и пожарная автоматика. Ч. 1. Производственная автоматика для предупреждения пожаров и взрывов. Пожарная сигнализация : учебник / А. А. Навацкий [и др.] ; под ред. А. А. Навацкого. – М. : Академия ГПС МЧС России, 2005. – 335 с.
11. Собурь, С. В. Установки пожарной сигнализации : учеб.-справ. пособие / С. В. Собурь. – 5-е изд., доп., изм. – М. : Пож. кн., 2006. – 277 с.

12. Собурь, С. В. Установки пожаротушения автоматические : справочник / С. В. Собурь. – 4-е изд., с изм. – М. : Пож. кн., 2004. – 402 с.

13. Храпский, С. Ф. Производственная и пожарная автоматика : учеб. пособие / С. Ф. Храпский, В. И. Стариков, Д. В. Рысев. – Омск : Изд-во ОмГТУ, 2013. – 152 с.

14. Членов, А. Н. Технические средства систем охранной и пожарной сигнализации : учеб.-справ. пособие. В 2 ч. Ч. 1. Охранная сигнализация / А. Н. Членов, Т. А. Буцынская, И. Г. Дровникова ; под. ред. А. Н. Членова. – М. : Пожнаука, 2009. – 314 с.

15. Шаровар, Ф. И. Устройства и системы пожарной сигнализации / Ф. И. Шаровар. – М. : Стройиздат, 1985. – 271 с.