

665, 6.013, 012-52

ЖК 35

СПРАВОЧНИК

МОЛОДОГО

слесаря

ПО КОНТРОЛЬНО-

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫМ

приборам

И АВТОМАТИКЕ



ББК 34.9
Ж 35
УДК 681.2

*Допущен Государственным комитетом СССР
по народному образованию
в качестве справочного пособия
для профессионально-технических училищ*

Рецензенты: инж. Э. Б. Мансуров, инж. А. Г. Мордовский

Жарковский Б. И., Шапкин В. В.

Ж35 Справочник молодого слесаря по контрольно-измерительным приборам и автоматике. — М.: Высш. шк., 1991. — 159 с.: ил.

ISBN 5-06-000920-3

Содержит необходимый материал по формированию основных знаний, умений и навыков учащихся профессионально-технических училищ по профессии слесарь КИПиА; каждый раздел содержит технические характеристики приборов, электрические и монтажные схемы; в табличной форме представлены основные неисправности приборов, их причины и способы ремонта.

Справочное пособие может быть использовано при подготовке рабочих на производстве.

Ж 2706030000(4307000000) — 193 68—91
052(01) — 91

ББК 34.9
6П5.8

ISBN 5-06-000920-3

© Б. И. Жарковский, В. В. Шапкин,
1991

ПРЕДИСЛОВИЕ

Автоматизация технологических производственных процессов в различных отраслях промышленности, обеспечивающая качество выпускаемой продукции, охрану труда производственного персонала и защиту окружающей среды, предполагает наличие различных средств автоматического контроля, регулирования, защиты и сигнализации.

Перспективное направление развития отечественного приборостроения определяется Государственной системой обеспечения единства измерений (ГСИ) и Государственной системой приборов (ГСП).

Большое значение в обеспечении надежной и бесперебойной эксплуатации средств КИПиА отводится эксплуатационному и ремонтному персоналу — слесарям КИПиА. Объем профессиональных знаний, умений и навыков, необходимых для освоения данной профессии, представлен в Едином квалификационном справочнике (ЕТКС) рабочих профессий. В связи с этим в справочнике разработан необходимый материал по формированию умений, навыков слесаря КИПиА 3—4-го разряда. Справочник будет полезен как при теоретическом и производственном обучении учащихся профессионально-технических училищ, так и самостоятельном повышении квалификации молодыми рабочими — слесарями КИПиА.

В справочник вошел материал только по наиболее распространенным и надежным средствам КИПиА, включая таблицы основных неисправностей и способы их устранения; краткий обзор принципа действия и физических основ; технические характеристики для ремонта и наладки; схемы для проверки и ремонта, а также электрические схемы и таблицы.

Для более эффективного совершенствования профессиональных знаний, умений и навыков по данной профессии рекомендуется также использовать учебник Б. И. Жарковского «Приборы автоматического контроля и регулирования», «Высшая школа», 1989 г.

Авторы

1. ОРГАНИЗАЦИЯ РЕМОНТНОЙ СЛУЖБЫ КИПиА

1.1. СТРУКТУРА УЧАСТКА РЕМОНТА СРЕДСТВ КИПиА

В зависимости от структуры предприятия участок ремонта средств КИПиА так же, как и участок эксплуатации КИПиА, относится к цеху КИПиА или отделу метрологии.

Руководство ремонтным участком КИПиА осуществляет начальник участка или старший мастер. Штатное расписание участка зависит от номенклатуры эксплуатируемых средств контроля, измерения и регулирования, а также объема выполняемых работ. На больших предприятиях при широкой номенклатуре средств КИПиА в состав ремонтного участка входят ряд специализированных подразделений ремонта: приборов измерения и регулирования температуры; приборов давления, расхода и уровня; аналитических приборов; приборов измерения физико-химических параметров; электроизмерительных и электронных приборов.

Основными задачами участка являются ремонт средств КИПиА, их периодическая поверка, аттестация и представление приборов и мер в установленные сроки органам Государственной поверки.

В зависимости от объема ремонтных работ различаются следующие виды ремонтов: текущий, средний, капитальный.

Текущий ремонт средств КИПиА производит эксплуатационный персонал участка КИПиА.

Средний ремонт предусматривает частичную или полную разборку и настройку измерительной, регулирующей или других систем приборов; замену деталей, чистку контактных групп, узлов и блоков.

Капитальный ремонт регламентирует полную разборку прибора или регулятора с заменой деталей и узлов, пришедших в негодность; градуировку, изготовление новых шкал и опробование прибора после ремонта на испытательных стендах с последующей поверкой (государственной или ведомственной).

Поверка прибора — определение соответствия прибора всем техническим требованиям, предъявляемым к прибору. Методы поверки определяются заводскими техническими условиями, инструкциями и методическими указаниями Государственного комитета стандартов при Совете Министров СССР. Метрологический надзор осуществляют про-

ведением проверок средств контроля, измерений, метрологической ревизией и метрологической экспертизой. Метрологический надзор осуществляется единой метрологической службой. Государственная поверка приборов осуществляется метрологической службой Государственного комитета стандартов при СМ СССР. Кроме того, отдельным предприятиям дается право на проведение ведомственной поверки определенных групп приборов. При этом предприятиям, имеющим право ведомственной поверки, выдается специальное клеймо.

После удовлетворительных результатов поверки на лицевую часть прибора или стекло наносится оттиск поверительного клейма.

Средства измерений подвергаются первичной, периодической, внеочередной и инспекционным поверкам. Сроки периодической поверки приборов (средств измерений) определяются действующими стандартами (табл. 1.1).

1.1. Периодичность поверки средств измерений

| Рабочие приборы | Кто проводит поверки | Периодичность поверки (не реже) |
|---|----------------------|---------------------------------|
| Дифманометры-расходомеры учетные и коммерческие | ГМС | 1 раз в год |
| Дифманометры-расходомеры технологические | ВМС | То же |
| Приборы давления по перечню ГГТН | ГМС | » |
| Технические манометры | ВМС | » |
| Приборы для измерения давления, разрежения, перепада и напора; технологические уровнемеры | ВМС | 1 раз в один или в два года |
| Жидкостные термометры | ВМС | 1 раз в четыре года |
| Логометры, милливольтметры | ВМС | 1 раз в один или в два года |
| Прочие температурные приборы | ВМС | 1 раз в два года |

Примечание. ГМС — государственная метрологическая служба, ВМС — ведомственная метрологическая служба.

1.2. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОЧЕГО МЕСТА СЛЕСАРЯ КИПиА

Слесари КИПиА в зависимости от структуры предприятия выполняют как ремонтные, так и эксплуатационные работы.

В задачу эксплуатации средств КИПиА, установленных на производственных участках и цехах, входит обеспечение бесперебойной, безаварийной работы приборов контроля, снг-

нализации и регулирования, установленных в щитах, пультах и отдельных схемах.

Ремонт и поверка средств КИПиА производится в цехах КИПиА или отделе метрологии с целью определения метрологических характеристик средств измерений.

Рабочее место слесаря КИПиА, занимающегося эксплуатацией средств, имеет щиты, пульта и мнемосхемы с установленной аппаратурой, приборами; стол-верстак с источником регулируемого переменного и постоянного тока; испытательные приспособления и стенды; кроме того, на рабочем месте должна быть необходимая техническая документация — монтажные и принципиальные схемы автоматизации, инструкции заводов-изготовителей приборов; индивидуальные средства защиты для работы в электроустановках до 1000 В; индикаторы напряжения и пробники; приборы для проверки работоспособности средств измерения и элементов автоматики.

На рабочем месте должны поддерживаться санитарно-бытовые условия: площадь на одно рабочее место слесаря КИПиА — не менее 4,5 м², температура воздуха в помещении (20 ± 2) °С; кроме того, должна работать приточно-вытяжная вентиляция, рабочее место должно быть достаточно освещено.

На каждый прибор, находящийся в эксплуатации, заводится паспорт, в который заносятся необходимые сведения о приборе, дата начала эксплуатации, сведения о ремонте и поверке.

Картотека на средства измерения, находящиеся в эксплуатации, хранится на участке, занимающемся ремонтом и поверкой. Там же хранятся и аттестаты на образцовые и контрольные меры измерений.

Для осуществления ремонта и поверки на участке должна иметься конструкторская документация, регламентирующая производство ремонта каждого вида измерительной техники, а также его поверку. В эту документацию включаются нормы по среднему и капитальному ремонту; нормам расхода запасных частей, материалов.

Складирование средств, поступающих на ремонт и прошедших ремонт и поверку, должно производиться отдельно. Для складирования имеются соответствующие стеллажи; предельно допустимая нагрузка на каждую полку указывается соответствующей биркой.

1.3. ПОНЯТИЕ О ПОГРЕШНОСТЯХ ИЗМЕРЕНИЙ, КЛАССАХ ТОЧНОСТИ И КЛАССИФИКАЦИИ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

Погрешность (точность) измерительного прибора характеризуется разностью показаний прибора и истинным значением измеряемой величины. В технических измерениях истинное значение измеряемой величины не может быть точно определено в силу имеющихся погрешностей измерительных приборов, которые возникают из-за целого ряда факторов, присущих собственно измерительному прибору и изменению внешних условий — магнитных и электрических полей, температуры и влажности окружающей среды и т. д.

Средства контрольно-измерительных приборов и автоматики (КИПиА) характеризуются двумя видами погрешностей: основной и дополнительной.

Основная погрешность характеризует работу прибора в нормальных условиях, оговоренных техническими условиями завода-изготовителя.

Дополнительная погрешность возникает в приборе при отклонении одной или нескольких влияющих величин от требуемых технических норм завода-изготовителя.

Абсолютная погрешность Δx — разность между показаниями рабочего прибора x и истинным (действительным) значением измеряемой величины x_0 , т. е. $\Delta x = x - x_0$.

В измерительной технике более приемлемыми являются относительная и приведенная погрешности.

Относительная погрешность измерения $\gamma_{\text{отн}}$ характеризуется отношением абсолютной погрешности Δx к действительному значению измеряемой величины x_0 (в процентах), т. е. $\gamma_{\text{отн}} = (\Delta x / x_0) \times 100 \%$.

Приведенная погрешность $\gamma_{\text{пр}}$ представляет собой отношение абсолютной погрешности прибора Δx к постоянной для прибора нормирующей величины x_N (диапазону измерения, длине шкалы, верхнему пределу измерения), т. е. $\gamma_{\text{пр}} = (\Delta x / x_N) \times 100 \%$.

Класс точности средств КИПиА — обобщенная характеристика, определяемая пределами допускаемых основной и дополнительной погрешностей и параметрами, влияющими на точность измерений, значения которых устанавливаются стандартами. В СССР введены следующие классы точности приборов: 0,02; 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1; 1,5; 2,5; 4,0.

Погрешности измерений подразделяются на систематические и случайные.

Систематическая погрешность характеризуется повторяемостью при измерениях, так как известен характер ее зависимости от измеряемой величины. Такие погрешности делятся на постоянные и временные. К постоянным относят погрешность градуировок приборов, балансировки подвижных частей и т. д. К временным относятся погрешности, связанные с изменением условий применения приборов.

Случайная погрешность — погрешность измерения, изменяющаяся по неопределенному закону при многократных измерениях какой-либо постоянной величины.

Погрешности средств измерений определяются методом сличения показаний образцового и ремонтируемого прибора. При ремонте и поверках измерительных приборов в качестве образцовых средств используют приборы повышенного класса точности 0,02; 0,05; 0,1; 0,2.

В метрологии — науке об измерениях — все средства для измерений классифицируют в основном по трем критериям: по виду средств измерений, принципу действия и метрологическому использованию.

По видам средств измерений различают меры, измерительные устройства и измерительные установки и системы.

Под мерой понимается средство измерений, используемое для воспроизведения заданной физической величины.

Измерительный прибор — средство измерений, используемое для выработки измерительной информации в виде, пригодном для контроля (визуальном, автоматической фиксации и ввода в информационные системы).

Измерительная установка (система) — совокупность различных средств измерений (включая датчики, преобразователи), используемых для выработки сигналов измерительной информации, их обработки и использования в автоматических системах управления качеством выпускаемой продукции.

При классификации средств измерений по принципу действия в названии используется физический принцип действия данного прибора, например магнитный газоанализатор, термоэлектрический преобразователь температуры и т. д.

При классификации по метрологическому назначению различаются рабочие и образцовые средства измерения.

Рабочее средство измерения — средство, используемое для оценки значения измеряемого параметра

(температура, давление, расход) при контроле различных технологических процессов.

Образцовое средство измерений — мера или измерительный прибор высокого класса точности, используемое для контрольных проверок и поверок рабочих средств измерений.

2. ЭЛЕКТРОИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ ДЛЯ РЕМОНТА И НАЛАДКИ

2.1. КОМБИНИРОВАННЫЕ ПРИБОРЫ

Комбинированные приборы широко используют для измерения ряда электрических параметров при монтаже, эксплуатации и ремонте современных средств автоматики.

Ампервольтметр (тестер) типа Ц-4315 является комбинированным прибором для измерения тока и напряжения в цепях постоянного и переменного тока, сопротивления постоянному току и емкости. Прибор имеет измерительный механизм магнитоэлектрической системы на растяжках с внутрирамочным магнитом.

Общий вид прибора и его электрическая схема представлены на рис. 2.1. Полупроводниковые выпрямители Д1—

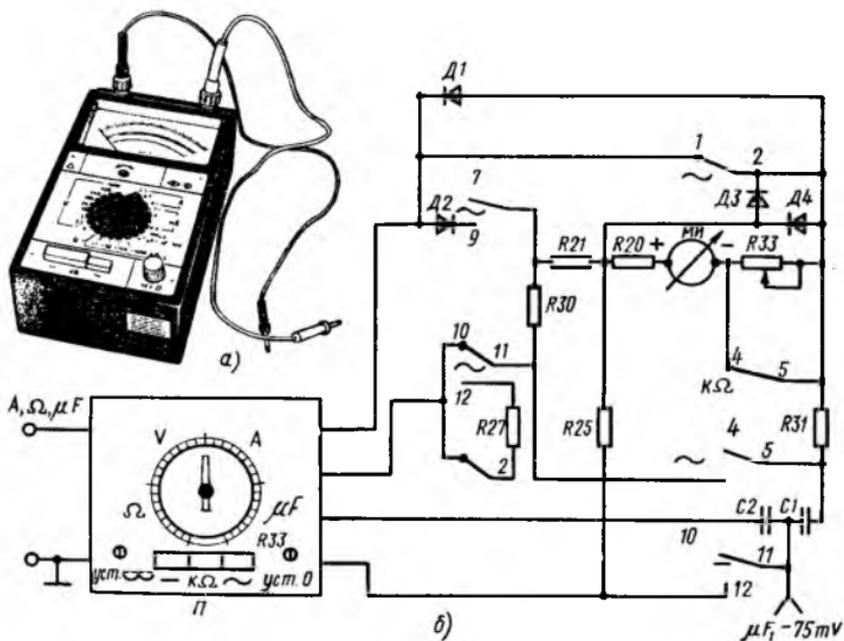


Рис. 2.1. Тестер типа Ц-4315:
а — общий вид, б — электрическая схема

Д4 обеспечивают возможность измерения переменного тока и напряжения. Переключатель положения *П* обеспечивает выборность режимов измерения — ток, напряжение, сопротивление, емкость. При измерении сопротивления и емкости включается схема магнитоэлектрического омметра или выпрямительного микрофарадметра.

Для измерения постоянного тока или напряжения на клавиатуре требуется нажать соответствующую клавишу «—», а при измерении переменного тока и напряжения — клавишу «~».

Перед измерениями параметра переключатель диапазона измерения требуется установить в положение, определяемое ориентировочным значением измеряемого параметра. Прибор включается в цепь специальными щупами.

Для измерений сопротивлений до значения 300 Ом требуется: нажать клавишу «—» и перевести переключатель *П* в положение «Ω»; при разомкнутых щупах с помощью ручки «Уст. 0» вывести стрелку измерительного прибора на «∞» по шкале «Ω»; произвести измерение неизвестного сопротивления по шкале «Ω».

Для измерения больших сопротивлений необходимо: установить переключатель *П* в положение «к Ω»; соединить (замкнуть) щупы и вращением ручки «Уст. 0» установить стрелку прибора *МИ* на нулевое значение шкалы «к Ω»; рассоединить щупы и приступить к измерению неизвестного сопротивления.

Цифровые универсальные приборы В7-22, В7-26 позволяют измерять напряжение постоянного тока в пределах 0,2—200—1000 В, постоянный ток 0,2—200 мА, напряжение переменного тока 0,2—300 В. Принцип действия прибора основан на преобразовании измеряемой величины в пропорциональный ей интервал времени и дальнейшем его преобразовании в дискретную форму и цифровой код.

Структурная схема прибора В7-22 и общий вид показаны на рис. 2.2.

Прибор имеет входной и аналогово-цифровой преобразователь, блок питания и цифровое индикаторное устройство. Входной преобразователь используется для преобразования измеряемых величин в напряжение постоянного тока. Аналого-цифровой преобразователь преобразует постоянное напряжение в цифровой код. Цифровое индикаторное устройство показывает значения измеряемых величин; оно имеет четыре знаковых индикатора и знаки полярности «+» и «—».

Пользование прибором: для измерения требуемого параметра требуется нажать соответствующую клавишу *U*, *I*,

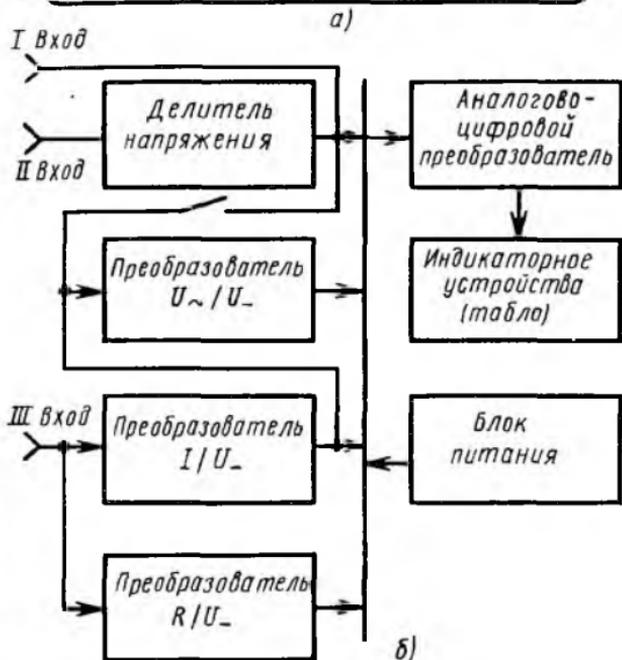
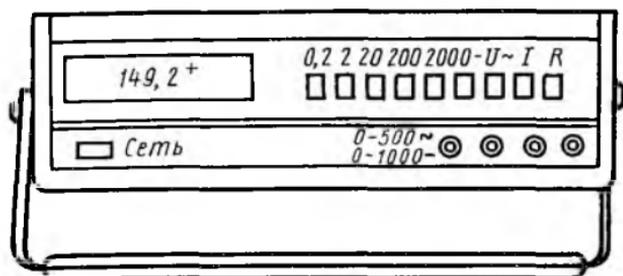


Рис. 2.2. Цифровой универсальный прибор В7-22:
а — общий вид, б — структурная схема

R ; установить требуемый предел измерения и подключить входную измеряемую величину на соответствующий вход I — II — III .

2.2. ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ

Приборы для измерения электрического сопротивления называются омметрами.

В ряде случаев для определения целостности участков электрических цепей используют прозвонки (пробники).

С помощью таких несложных приборов можно при выполнении ремонтно-наладочных работ проверить электрические

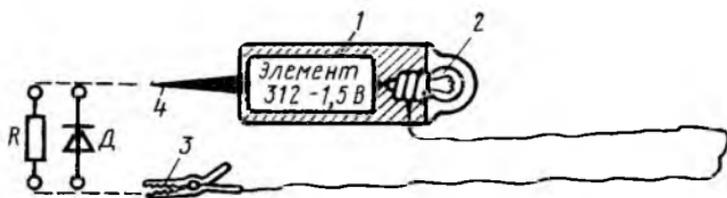


Рис. 2.3. Электрическая прозвонка (пробник):
 1 — элемент 1,5—4,5 В, 2 — лампа, 3 — зажим «крокодил», 4 — щуп (накоичник)

цепи, определить обрывы и неисправности элементов схем (ламп, диодов и т. д.). Конструктивно пробник (рис. 2.3) представляет собой источник постоянного тока (гальванический элемент напряжением 1,5—4,5 В), лампочку накаливания 2, щуп 4 и гибкий вывод с зажимом 3.

Если контролируемая цепь исправна и не имеет обрывов, то образуется замкнутая электрическая цепь и загорается лампочка, сигнализирующая, что проверяемая цепь исправна.

Магазины сопротивления типа Р-33, Р-333 используются для ремонта и поверки средств измерений и служат для создания в электрических цепях точных значений сопротивлений, не изменяющихся по величине под действием проходящего через них тока.

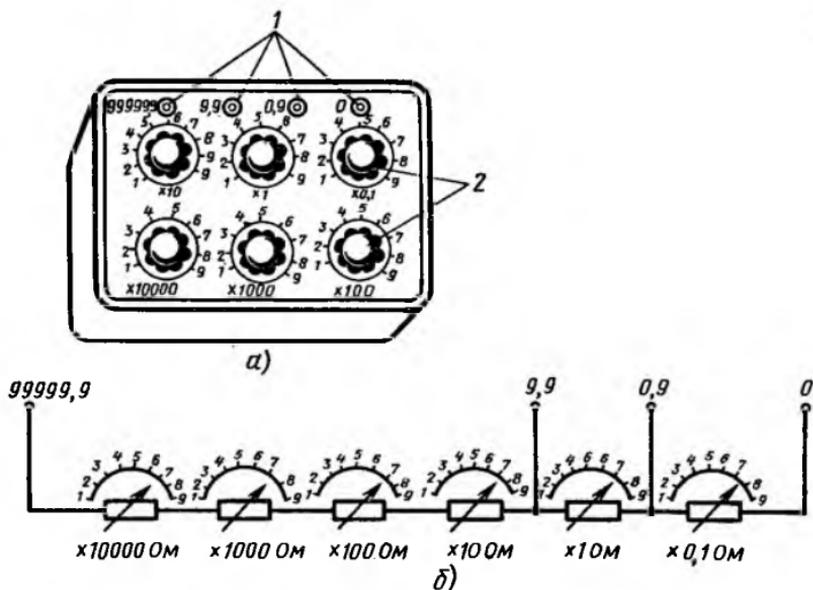
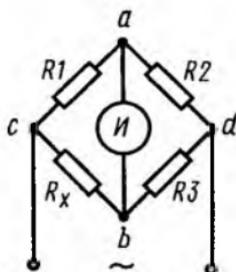


Рис. 2.4. Магазин сопротивления Р-33:
 а — общий вид прибора: 1 — зажимы, 2 — курбелли; б — электрическая схема

Рис. 2.5. Схема моста постоянного тока:

R_1 — R_3 — постоянные сопротивления моста, R_x — неизвестное сопротивление, I — прибор



Магазин сопротивления Р-33 (рис. 2.4) имеет шесть декад, которые образуют последовательную цепь намотанных сопротивлений. Вращением курбелей 2 производится требуемый набор значения сопротивления. Например, для установления в цепи сопротивления, равного 256,5 Ом, требуется курбель $\times 100$ установить на деление «2»; курбель $\times 10$ — на деление «5»; курбель $\times 1$ — на деление «6»; курбель $\times 0,1$ — на деление «5». Полученное значение сопротивления подключается в требуемую электрическую схему через крайние зажимы прибора: «0» и «99999,9».

Магазин сопротивления типа Р-4831 является прибором повышенного класса и позволяет создавать сопротивления от 0 до 11111,10 Ом.

О м е т р ы используют для измерения значений электрического сопротивления в различных цепях при выполнении ремонтных и наладочных работ.

Общий принцип измерения сопротивления представлен на рис. 2.5. Плечи мостовой схемы (сопротивления R_1 , R_2 , R_3 и неизвестное R_x) образуют мост постоянного тока. В измерительную диагональ ($a-b$) включен магнитоэлектрический прибор I высокой чувствительности. В диагональ питания ($c-d$) подключен источник постоянного тока. Неизвестное сопротивление R_x (его величину) находят изменяя сопротивление R_2 до тех пор, пока мост не будет уравновешен. Условие равновесия моста выражается уравнением $R_1 \cdot R_3 = R_x \cdot R_2$; при этом условии ток в измерительной диагонали отсутствует и прибор I имеет нулевые показания. Отсюда неизвестное сопротивление $R_x = (R_1 \cdot R_3) / R_2$.

В мостовых схемах для определения неизвестного сопротивления изменением известных сопротивлений R_1 , R_2 , R_3 добиваются отсутствия тока в гальванометре, а затем по курбелям отсчитывают искомое значение неизвестного сопротивления. Как правило, равновесия мостовой схемы добиваются изменением сопротивления R_1 при постоянном соотношении R_3/R_2 ; изменением отношений сопротивлений R_3/R_2 при постоянном значении сопротивления R_1 .

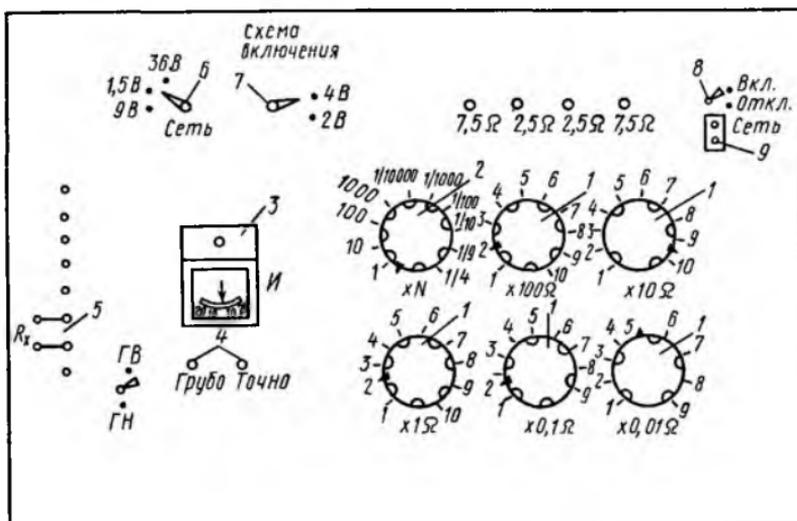


Рис. 2.6. Общий вид моста МО-62:

1 — курбели (переключатели декад), 2 — переключатель множителя моста, 3 — гальванометр, 4 — кнопки «Грубо», «Точно», 5 — зажимы для подключения неизвестного (определяемого) сопротивления R_x , 6 — переключатель напряжения питания, 7 — переключатель схемы включения сопротивления R_x , 8 — выключатель сети, 9 — сетевая вилка

Мост постоянного тока типа МО-62 используется для точных измерений сопротивления постоянному току от 0,001 до 1000 Ом.

Принцип работы прибора описан выше. Прибор (рис. 2.6) имеет гальванометр (измерительный прибор), пять декад сопротивлений с соответствующими курбелями и коммутационные зажимы для подключения неизвестного сопротивления R_x . Питание прибора осуществляется от сети 220 В или через выпрямительный мостик.

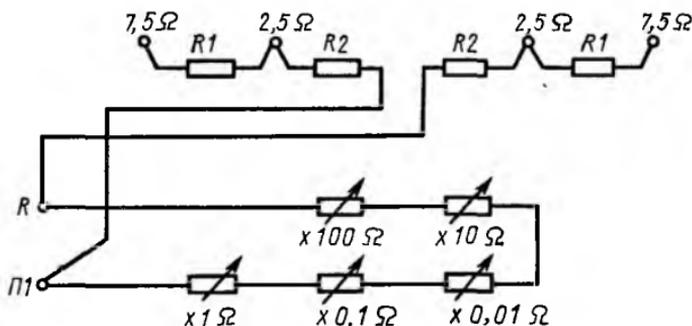


Рис. 2.7. Электрическая схема магазина сопротивлений моста МО-62

Для определения неизвестного сопротивления R_x его подключают на зажимы 5 прибора и вращением соответствующих курбелей добиваются уравнивания мостовой схемы, т. е. отсутствия тока в гальванометре 3. Отсчет величины искомого сопротивления ведется по положению курбелей относительно их оцифровки.

На рис. 2.7 представлена схема магазина сопротивлений моста МО-62.

2.3. ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ МАЛЫХ НАПРЯЖЕНИЙ И Э. Д. С ПОСТОЯННОГО ТОКА

Потенциометр переносный типа ПП-63 (рис. 2.8) используют для измерений напряжения и э. д. с. постоянного тока. Прибор широко применяют для проверки и калибровки датчиков температуры (термоэлектрических преобразователей), поверки электронных вторичных приборов

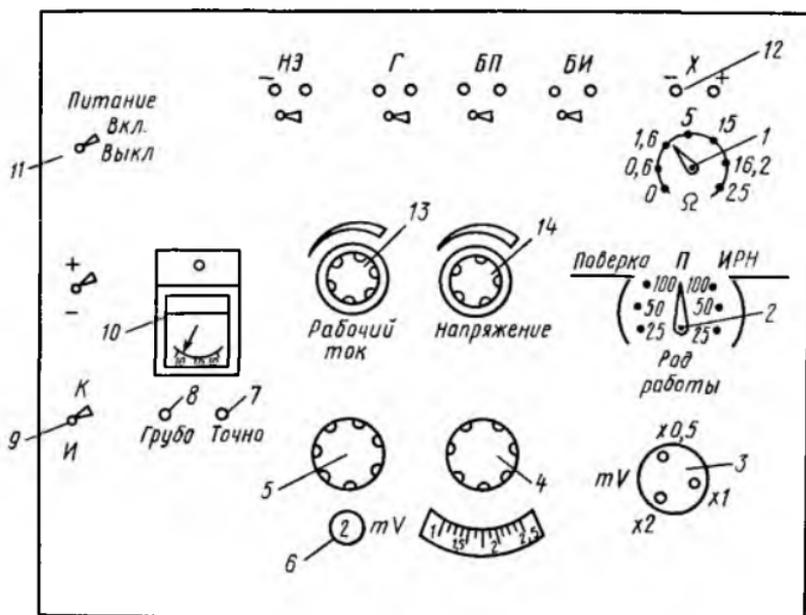


Рис. 2.8. Общий вид потенциометра переносного типа ПП-63: 1 — переключатель входного сопротивления, 2 — переключатель рода работы: «Поверка», «Потенциометр — П», «ИРН — Источник регулируемого напряжения», 3 — переключатель измеряемого напряжения, 4 — курбель точной регулировки напряжения, 5 — курбель грубой регулировки напряжения, 6 — лимб отсчета напряжения, 7 — кнопка «Точно», 8 — кнопка «Грубо», 9 — переключатель «Контроль — измерение», 10 — гальванометр, 11 — выключатель питания, 12 — зажимы для подсоединения выходной или измеряемой неизвестной э. д. с., 13 — курбель изменения (настройке) рабочего тока, 14 — курбель настройки напряжения

потенциометров и милливольтметров, создания э. д. с. в электрических цепях — приборах, регуляторах и т. д.

Диапазон измерения потенциометра $0-100\text{ мВ}$; класс точности 0,05. Прибор позволяет работать в режимах: «Поверка», «Потенциометр — П», «Источник регулируемого напряжения — ИРН». Для переключения положений режимов работы прибор имеет переключатель 2.

Для создания заданного значения э. д. с. переключают диапазон измерения 3 (0,5; 1; 2); переключатель 9 положения гальванометра устанавливают в положение «Контроль» и при нажатой кнопке «Грубо» переменным резистором 5 стрелка гальванометра 10 занимает нулевое положение. После этого при нажатии кнопки «Точно» корректируется нулевое положение стрелки при вращении переменного резистора 4.

Для измерения напряжений переключатель 9 устанавливают в положение И и подключают неизвестное напряжение на зажимы 12. Нажатием кнопки гальванометра «Грубо» и вращением переменных резисторов 4, 5 устанавливают стрелку гальванометра в нулевое положение. Аналогичную операцию производят при нажатии кнопки «Точно». Полученную сумму значений переключателя диапазонов и резисторов 4, 5 умножают на множитель 3 переключателя реохорда; результат — значение напряжения, выраженное в мВ.

2.4. ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ КОМПЛЕКСНОЙ ВЗАИМОИНДУКТИВНОСТИ

Магазин типа Р-5017 позволяет измерять комплексную взаимоиנדуктивность. Прибор используют для измерения параметров обмотки дифференциального трансформатора датчиков расхода и перепада давлений типа ДМ; различных типов ферродинамических преобразователей, а также для проверки автоматических регистрирующих приборов с индуктивными датчиками (типов КСД, ДСР и т. д.).

На рис. 2.9 представлен общий вид прибора. Диапазон измерения взаимной индуктивности $-13,1 \div +13,1$ мГн. Цена деления магазина 0,01 мГн.

Для измерения взаимной индуктивности подключений на зажимы 1—4 переключатель диапазона измерения В7 оставляют в начальном положении и изменением положений декадных переключателей В4, В5, В6 и ручки 1 смещения угла потерь добиваются равновесия схемы по шкале вибрационного гальванометра Г.

Отсчет взаимной индуктивности производится по положению декадных переключателей В4 — В6. Уравновешивание

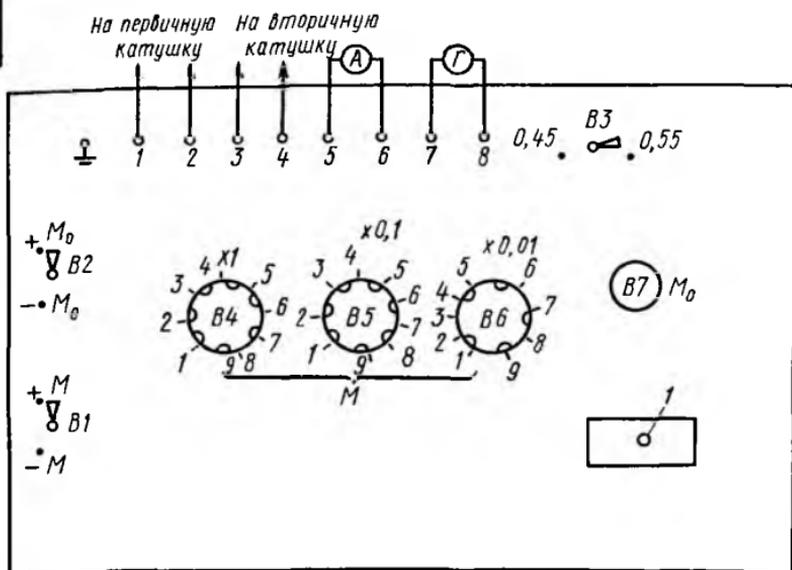


Рис. 2.9. Общий вид магазина Р-5017 для измерения комплексной индуктивности:

B4, B5, B6 — декады для измерения индуктивности *M*, *B1* — переключатель полярности при измерении индуктивности *M*, *B2* — переключатель полярности индуктивности *M*₀, *B3* — переключатель угла потерь, *B7* — декада для установки *M*₀, *1* — ручка смещения угла потерь

схемы производится по гальванометру *Г* (светлое пятно при максимальной чувствительности гальванометра должно иметь минимальную ширину). Измеряемая взаимная индуктивность подключается на зажимы *1—4*.

2.5. УЗКОПРОФИЛЬНЫЕ ЭЛЕКТРОИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

Узкопрофильные приборы типа М-1730 широко используют для измерений тока и напряжения в цепях постоянного тока. Прибор имеет кроме измерительной стрелки цветные светофильтры для сигнализации предельных значений измеряемой величины «максимум» и «минимум». При использовании блока сигнализации типа П-1730 совместно с прибором можно обеспечивать аварийную сигнализацию предельных значений измеряемых параметров. Общий вид прибора типа М-1730 и монтажная схема блока М-1730 совместно с П-1730 представлены на рис. 2.10.

Для обеспечения световой сигнализации прибор типа П-1730 снабжен фотозлектронным устройством.

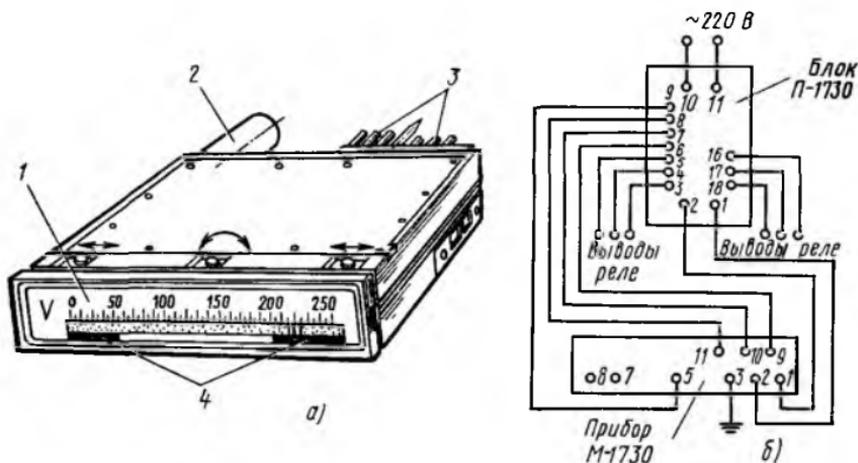


Рис. 2.10. Узкопрофильный прибор М-1730:
 а — общий вид: 1 — шкала, 2 — осветитель, 3 — разъем, 4 — цветные светофильтры; б — электрическая схема соединений прибора и блока сигнализации П-1730

Приборы узкопрофильные типа М-1730 (микроамперметры, миллиамперметры, милливольтметры и вольтметры) магнитоэлектрической системы со световым указателем повышенной надежности и долговечности используют также и для измерения различных технологических параметров.

Приборы имеют сигнализирующие и контактные группы, с помощью которых осуществляется сигнализация и регулирование контролируемого параметра. При достижении максимального и минимального значений контролируемой величины осуществляется цветовая подсветка шкалы с помощью специальных светофильтров (красного и зеленого).

Приборы типа М-1730 выпускают в пяти модификациях (табл. 2.1).

2.1. Таблица модификаций и особенностей прибора М-1730

| Назначение | Модификация | Особенности конструкции |
|---|-------------|--|
| Показывающие | А | — |
| Показывающие и сигнализирующие | С | Приборы с сигнализирующими светофильтрами |
| Показывающие, сигнализирующие и контактные: трехпозиционные двухпозиционные | К КП, КЛ | Приборы с фотоконтактным устройством и сигнализирующим светофильтром |

3. ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ

3.1. ПОНЯТИЕ О ТЕМПЕРАТУРЕ. ЕДИНИЦЫ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ

Температура — физическая величина, характеризующая степень нагретости тела.

Для определения температуры установлены температурные шкалы: международная практическая (стоградусная) и абсолютная термодинамическая — шкала Кельвина. Исходными значениями при построении шкалы температуры и определении единицы измерения (градуса) являются температуры перехода чистых веществ из одного агрегатного состояния в другое.

В Международной системе измерений СИ единицей измерения температуры является градус Кельвина (T К).

В промышленных измерениях отсчет температуры ведется по шкале Цельсия (t °С). Для шкалы Кельвина температура абсолютного нуля соответствует $-273,16$ °С. Поэтому температурную шкалу Кельвина (T К) и шкалу Цельсия (t °С) связывает следующее соотношение: $T\text{ К} = t\text{ °С} + 273,16\text{ °С}$.

Например, если температура объекта, измеряемая по шкале Цельсия, составляет 100 °С, то по шкале Кельвина она будет равна: $T\text{ К} = 100\text{ °С} + 273,16 = 373,16$.

3.2. ЖИДКОСТНЫЕ СТЕКЛЯННЫЕ ТЕРМОМЕТРЫ

Принцип действия термометров основан на объемном расширении жидкости, находящейся в стеклянном расширителе, под действием температуры. В качестве рабочей жидкости, помещенной в стеклянный расширитель, используется ртуть, спирт, толуол, керосин и т. д. Рабочая часть термометра (расширитель) устанавливается в зону контролируемой температуры; при нагревании расширителя жидкость увеличивается в объеме: $V_t = V_0(1 + \gamma t)$, где V_0 — объем жидкости при 0 °С, V_t — объем жидкости при нагревании на t °С; γ — коэффициент объемного расширения, t — разность температур, °С.

При увеличении температуры объекта увеличивается объем жидкости в расширителе, за счет этого жидкость поднимается вверх по капилляру и устанавливается на соответствующей высоте, пропорционально температуре нагрева. Отсчет температуры производится по шкале, отградуированной в градусах Цельсия.

Цена деления шкалы зависит от внутреннего диаметра капилляра и типа рабочей жидкости.

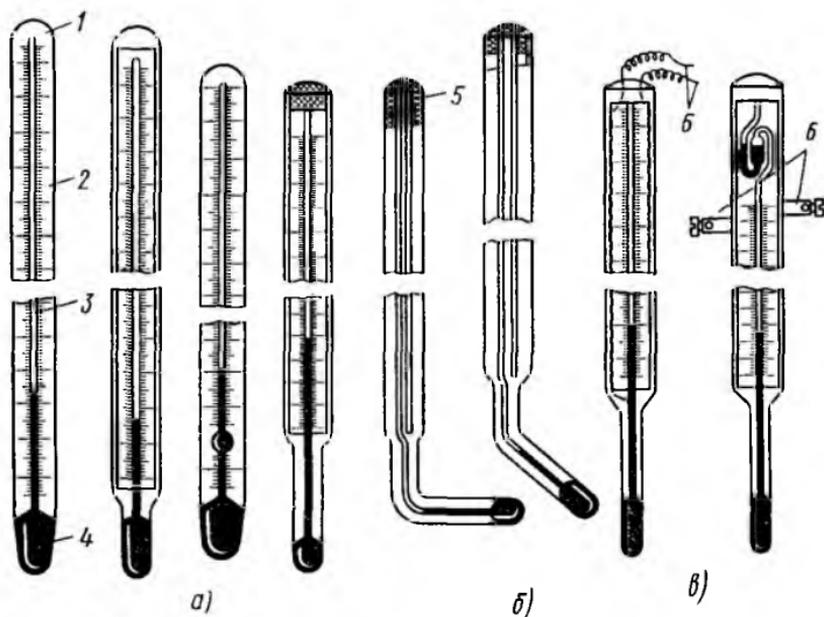


Рис. 3.1. Ртутные стеклянные термометры:

а — прямые типа А, б — угловые типа Б, в — электроконтактные; 1 — корпус, 2 — шкала, 3 — капилляр, 4 — расширитель, 5 — заглушка, 6 — контакты

Устройство и общий вид жидкостных стеклянных термометров представлен на рис. 3.1.

В зависимости от формы нижней (рабочей) части термометры подразделяются на прямые — типа А и угловые — типа Б с углом 90 или 135°.

Стеклянные термометры выпускают двух видов: технические и лабораторные. Для защиты приборов от механических повреждений используют защитные оправы типов А, Б, В. Эта маркировка соответствует рабочему давлению измеряемой среды — низкое, среднее, высокое.

В основном такая группа приборов используется для местного контроля температуры технологических объектов, трубопроводов и т. д.

Основные правила монтажа жидкостных стеклянных термометров

1. Правильно выбрать место контроля температуры (нельзя использовать место, значительно удаленное от истинного значения контролируемой температуры; без использования теплоизоляции).

2. Правильно смонтировать гильзу для «отбора» температуры (рабочая часть термометра — расширитель — должна находиться в середине потока измеряемой среды).

3. Установить в гильзу термометр с соответствующей оправой.

4. Для теплопередачи залить гильзу любым машинным маслом.

3.3. МАНОМЕТРИЧЕСКИЕ ТЕРМОМЕТРЫ

Принцип действия приборов основан на использовании зависимости изменения давления рабочей жидкости, помещенной в постоянный объем датчика, от температуры измеряемого объекта.

На рис. 3.2 и 3.3 показаны общие виды приборов данной группы. Термобаллон 1 устанавливают в зону контролируемой температуры; при изменении температуры объекта изменяется объем рабочего вещества в замкнутой системе прибора. Это приводит к изменению давления, действующего на манометрическую пружину, которая, деформируясь, перемещает за счет передаточного механизма измерительную стрелку прибора.

Термобаллон 1 изготавливают из латуни или стали. В зависимости от предела измерения температуры он имеет длину 120—160 мм и диаметр 18—25 мм. Капиллярная трубка 2, соединяющая термобаллон и измерительный прибор, изготовлена из стали или латуни; внутренний диаметр трубки 0,3—0,5 мм. Для защиты от механических повреждений она защищена по всей длине металлорукавом.

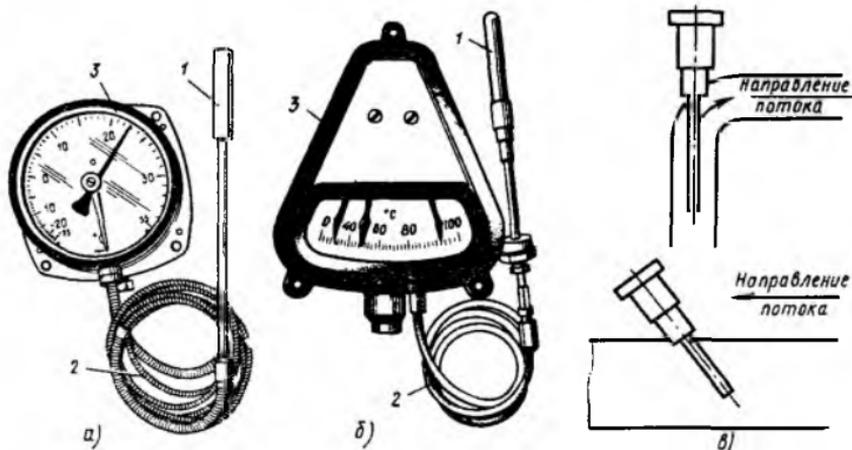


Рис. 3.2. Манометрические термометры:
а — типа ТПГ-СК, б — типа ТС-100: 1 — термобаллон, 2 — капилляр, 3 — прибор; в — монтаж прибора

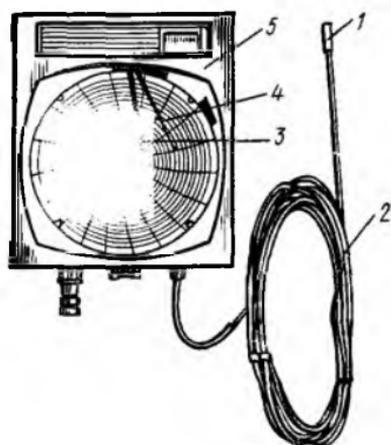


Рис. 3.3. Термометр самопишущий регулируемый ТСГ-711р: 1 — термобаллон, 2 — капилляр, 3 — стрелка, 4 — задатчик, 5 — корпус

Как правило, приборы данной группы имеют электрические сигнальные контакты, используемые в цепях управления и автоматики технологических процессов.

За счет большой массы датчика (термобаллона) данные приборы имеют значительные запаздывания (инерционность) показаний в пределах 40—80 с.

Манометрические термометры используют как для местного, так и дистанционного контроля температуры. Датчик температуры (термобаллон) устанавливают в контролируемой зоне, а сам прибор может монтироваться в щитах и пультах, с учетом длины соединительной капиллярной трубки. Монтажная длина трубки в зависимости от модификации прибора составляет 2,5; 4; 6; 10; 16; 25 м.

В табл. 3.1 приведены основные типы манометрических приборов для измерения и дистанционного контроля температуры объектов.

В табл. 3.2 указаны основные неисправности электроконтактных манометров типов ТПГ-СК, ТСГ.

3.1. Основные типы манометрических приборов для измерения температуры

| Тип прибора | Назначение | Пределы измерения, °С | Особенности конструкции прибора |
|--|---|---|---------------------------------|
| ТС-100 ТПГ-СК ТКА-160 ТПЖ-4 | Для местных измерений и сигнализации | 0—100 0—200 0—400 | Имеют сигнальное устройство |
| ТЖС-711 ТЖС-712 ТГС-711 ТГС-712 | Для дистанционного контроля и записи параметра на диаграмме | от —50 до +50 0—150 0—200 0—300 0—400 | Имеют самопишущий узел |

3.2. Основные неисправности манометрических приборов для измерения температуры и способы их устранения

| Неисправность | Причина неисправности | Способ устранения |
|--|--|--|
| <p>Прибор не реагирует на изменение температуры (имеет остаточные показания)</p> | <p>Слабая затяжка стопорных винтов при соединении манометрической пружины с передаточным механизмом Соединительный капилляр имеет замятины, перегибы, скрутки Нарушена герметичность капилляра (обрыв, засорение рабочего сечения) Окислены или обгорели контактные группы</p> | <p>При определенной температуре (например, 50 °С) по образцовому термометру настроить показания прибора, а затем зафиксировать крепеж Произвести правку капилляра, не допуская резких перегибов (радиус скругления не менее 90 мм) Капилляр отремонтировать по заводской конструкции или заменить прибор на резервный Снять фиксатор стекла и стекло. Удалить нагар или окисление фетром. Протереть контакты спиртом</p> |
| <p>При превышении заданной температуры прибор не выдает сигнала</p> | <p>Нет контакта на колодке зажимов Неправильно подключены провода на блоке зажимов Датчик (термобаллон) установлен в толстостенный карман без заполнения передающей средой (маслом, стружкой и т. д.)</p> | <p>Проверить зачистку проводов на колодке зажимов, подтянуть соединения Проверить расключение проводов на контактах «максимум» и «минимум» Устранить дефект — заполнить карман соответствующей средой</p> |
| <p>Значительная разница в показаниях прибора и действительной температурой объекта</p> | <p>Соединительный капилляр по всей монтажной длине имеет резкие колебания температуры Затираание в кинематике передаточного механизма</p> | <p>Переложить капилляр с учетом тепловыделений; использовать манометрические термометры с температурной компенсацией Устранить перекося тяги или другой детали; промыть механизм в бензине</p> |

| Неисправность | Причина неисправности | Способ устранения |
|-------------------|--|--|
| | Сильное прижатие пера к диаграмме | Настроить изменением положения рычага правильное прижатие пера к диаграмме |
| Дребезг контактов | Увеличился зазор между контактодержателями и магнитами | Настроить необходимый зазор |

3.4. ДАТЧИКИ — ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ТЕМПЕРАТУРЫ

При измерении температуры объектов широко используются датчики температуры — термометры сопротивления и термоэлектрические преобразователи температуры (термопары).

Эти типы датчиков самостоятельно не могут измерять температуру объектов, а работают для этих целей только со специальной группой измерительных приборов.

Термометры сопротивления — датчик для измерения температуры — конструктивно выполняется намоткой медной или платиновой проволоки 2 на изоляционный каркас 1 (рис. 3.4). Для защиты от механических повреждений и удобства монтажа термометры сопротивления заключают в защитную арматуру различных модификаций. Общий вид датчиков представлен на рис. 3.5.

Принцип действия таких датчиков основан на изменении их электрического сопротивления от температуры объекта. В общем виде зависимость имеет вид $R_t = R_0(1 + \alpha t)$, где R_t — сопротивление датчика при его нагревании на $t^\circ\text{C}$; R_0 — сопротивление датчика при 0°C ; α — температурный коэффициент.

Изменение электрического сопротивления термометра сопротивления — датчика с изменением теплового колебания кристаллической решетки металла: чем выше температура датчика, тем выше колебания решетки и степень подвижности свободных электронов, а следовательно, больше электрическое сопротивление.

Характеристики термометров сопротивления различных типов и их градуировки представлены в табл. 3.3 — 3.7.

Рис. 3.4. Конструкция термометров сопротивления:

a, б — платиновые, *в* — медный; *1* — изоляционный каркас, *2* — обмотка, *3* — выводы

Термопара (термоэлектрический преобразователь температуры) представляет собой спай двух проводников (термоэлектродов). При нагревании «горячего» спаи на концах «холодного» спаи образуются термо-э. д. с. постоянного тока (рис. 3.6).

Согласно эффекту Зеебека, в замкнутой электрической цепи, образованной двумя разнородными проводниками, возникает термо-э. д. с., пропорциональная разности температур спаев и не зависит от других параметров: диаметра (сечения), длины и удельного сопротивления термоэлектродов, т. е. $E_{AB} = f(t^{\circ}\text{C})$.

В табл. 3.8 представлены технические характеристики основных типов термоэлектрических преобразователей (термопар).

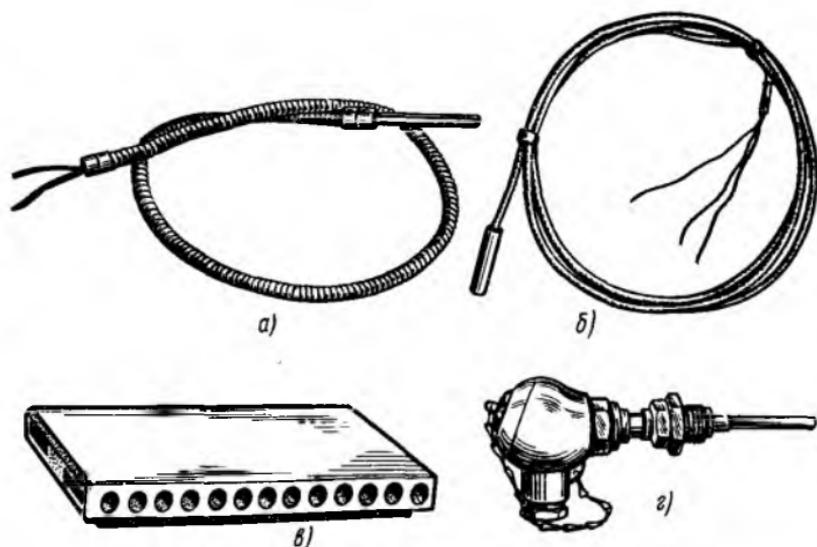
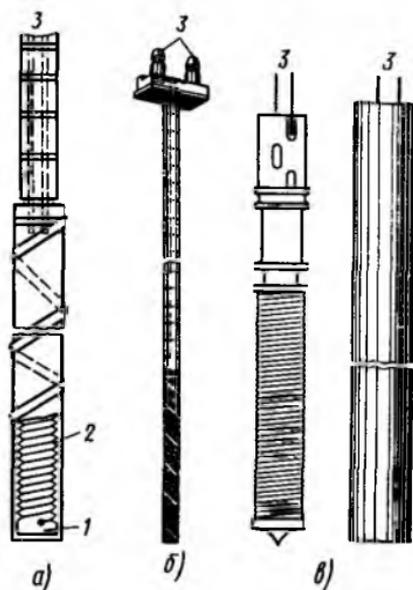


Рис. 3.5. Общий вид термометров сопротивлений различных типов: *a* — ТСП-883, *б* — ТСП-410, *в* — ТСП-8012, *г* — ТСП-712

3.3. Технические характеристики термометров сопротивления

| Тип датчика | Материал обмотки | Градуировка | Сопротивление при 0 °С, Ом | Область измеряемых температур, °С |
|-------------|------------------|-------------|----------------------------|---|
| ТСМ | Медь | 10 М | 10 | От -50 до +200 » -50 » +200 » -200 » +200 |
| | | 50 М | 50 | |
| | | 100 М | 100 | |
| ТСП | Платина | 10 П | 10 | От -200 до +100 » -260 » +100 » -260 » +100 |
| | | 50 П | 50 | |
| | | 100 П | 100 | |

3.4. Градуировка платинового термометра сопротивления 50 П ($R_0 = 50$ Ом)

| $t, ^\circ\text{C}$ | $R, \text{Ом}$ |
|---------------------|----------------|---------------------|----------------|---------------------|----------------|---------------------|----------------|
| -200 | 8,654 | 20 | 53,95 | 260 | 99,61 | 640 | 164,94 |
| -180 | 12,99 | 40 | 57,89 | 280 | 103,26 | | |
| -160 | 17,28 | 60 | 61,80 | 300 | 106,88 | 650 | 166,55 |
| -140 | 21,50 | 80 | 65,69 | 320 | 110,49 | | |
| -120 | 25,68 | 100 | 69,55 | 400 | 124,68 | | |
| -100 | 29,81 | 120 | 73,39 | 420 | 128,16 | | |
| -80 | 33,0 | 140 | 77,21 | 460 | 135,07 | | |
| -60 | 37,7 | 160 | 81,00 | 500 | 141,88 | | |
| -40 | 42,00 | 180 | 84,77 | 540 | 148,59 | | |
| -20 | 46,01 | 200 | 88,51 | 580 | 155,20 | | |
| 0 | 50,00 | 220 | 92,23 | 620 | 163,34 | | |

3.5. Градуировка медного термометра сопротивления 50 М ($R_0 = 50$ Ом)

| $t, ^\circ\text{C}$ | $R, \text{Ом}$ | $t, ^\circ\text{C}$ | $R, \text{Ом}$ |
|---------------------|----------------|---------------------|----------------|
| -50 | 39,24 | 80 | 67,12 |
| -40 | 41,40 | 100 | 71,40 |
| -30 | 43,56 | 120 | 75,67 |
| -0 | 45,28 | 140 | 79,95 |
| 0 | 50,00 | 160 | 84,21 |
| 20 | 54,28 | 180 | 88,51 |
| 40 | 58,56 | 200 | 92,79 |
| 60 | 67,12 | | |

**3.6. Градуировка платинового термометра
сопротивления 100 М ($R_0 = 100 \text{ Ом}$)**

| $t, ^\circ\text{C}$ | $R, \text{ Ом}$ | $t, ^\circ\text{C}$ | $R, \text{ Ом}$ |
|---------------------|-----------------|---------------------|-----------------|
| -200 | 17,30 | 240 | 192,87 |
| -160 | 34,55 | 280 | 206,52 |
| -120 | 51,35 | 320 | 220,98 |
| -180 | 67,81 | 360 | 235,26 |
| -40 | 84,01 | 400 | 242,39 |
| 0 | 100,00 | 440 | 263,26 |
| 40 | 115,79 | 480 | 276,97 |
| 80 | 131,38 | 520 | 290,49 |
| 120 | 146,79 | 560 | 309,82 |
| 160 | 162,00 | 600 | 316,26 |
| 200 | 177,03 | 640 | 329,89 |

**3.7. Градуировка медного термометра
сопротивления 100 М ($R_0 = 100 \text{ Ом}$)**

| $t, ^\circ\text{C}$ | $R, \text{ Ом}$ | $t, ^\circ\text{C}$ | $R, \text{ Ом}$ |
|---------------------|-----------------|---------------------|-----------------|
| -50 | 78,480 | 80 | 134,242 |
| -40 | 82,810 | 90 | 138,522 |
| -30 | 87,120 | 100 | 142,800 |
| -20 | 91,420 | 110 | 147,079 |
| -10 | 95,720 | 120 | 151,357 |
| 0 | 100 | 130 | 155,635 |
| 10 | 104,281 | 140 | 159,913 |
| 20 | 108,563 | 150 | 164,192 |
| 30 | 112,844 | 160 | 168,470 |
| 40 | 117,121 | 170 | 172,748 |
| 50 | 121,404 | 180 | 177,026 |
| 60 | 125,684 | 190 | 181,305 |
| 70 | 129,963 | 200 | 185,583 |

**3.8. Основные технические характеристики
термоэлектрических преобразователей**

| Тип датчика | Градуировка | Материал электродов | Область измеряемых температур, $^\circ\text{C}$ |
|-------------|-------------|-----------------------------|---|
| ТХА | ХА | Хромель — алюмель | От -50 до -100 |
| ТХК | ХК | Хромель — копель | » -50 » +600 |
| ТПП | ПП | Платинородий — платина | » -20 » +1300 |
| ТПР | ПР 30/6 | Платинородий — платинородий | » -300 » +1600 |

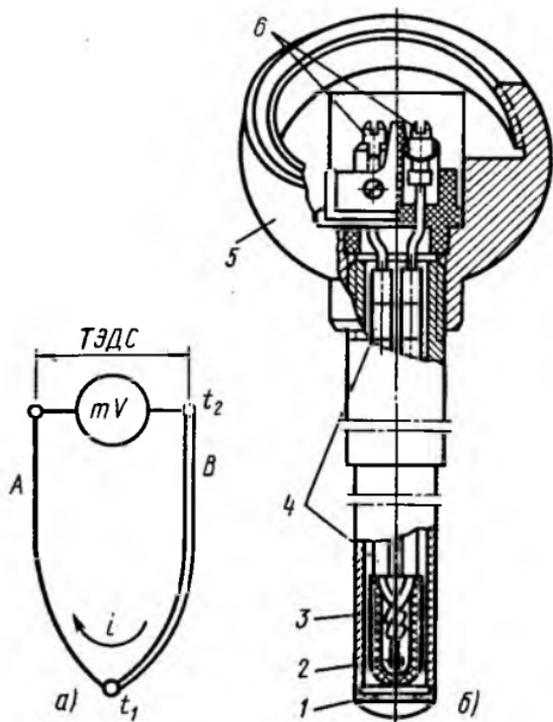


Рис. 3.6. Термоэлектрический преобразователь температуры (термопара):

a — цепь термопары, *б* — конструкция: 1 — защитная гильза, 2 — горячий спай, 3 — фарфоровый наконечник, 4 — фарфоровые бусы-изоляторы, 5 — головка, 6 — выводы

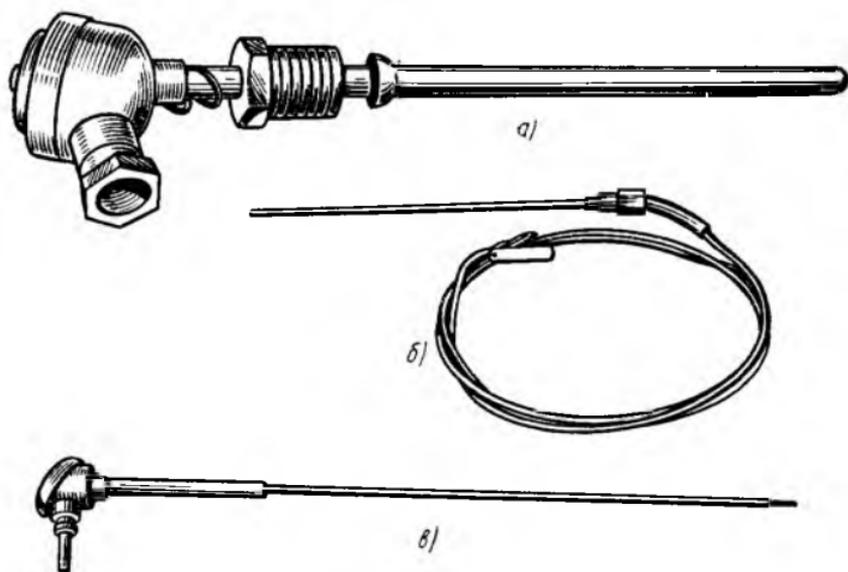


Рис. 3.7. Общий вид термоэлектрических преобразователей температуры:

a — ТХА, ТХК, *б* — ТХК-0379, *в* — ТХК-089

На рис. 3.6, б представлена конструкция термопары типа ТХК. Рабочий (горячий) спай выполняется скруткой и последующей сваркой двух разнородных материалов — хрома и копеля. Для защиты такого датчика от механических повреждений при измерении температуры объектов они помещаются в специальный жаропрочный корпус. Рабочий спай 2 изолирован от корпуса фарфоровым наконечником 3; электроды для защиты от замыкания между собой или корпусом изолируются фарфоровыми бусами 4. Концы термоэлектродов через асбестовое уплотнение выводятся на блок зажимов. Для герметизации блок зажимов головки термопары закрывается крышкой с резиновым уплотнением. Такие датчики могут работать под избыточным давлением, для этого на корпусе имеется резьба, с помощью которой осуществляется уплотнение технологического отверстия для измерения температуры.

Общий вид термоэлектрических преобразователей температуры представлен на рис. 3.7.

Вспомогательные устройства для измерения температуры

Переключатели типов ПМТ, МГП используют для подключения нескольких датчиков температуры, установленных в различных технологических контрольных точках контроля температуры, на один измерительный прибор.

Установив ключик на одну из цифр, нанесенных на корпус переключателя, можно измерить температуру в соответствующей контрольной точке. Переключатели типа ПМТ имеют ряд модификаций, позволяющих подключать к вторичному измерительному прибору (мосту, логометру) от 4 до 20 датчиков температуры. Характеристики переключателей типа ПМТ представлены в табл. 3.9.

Компенсационные провода используют для подключения термопар к приборам и для переноса свободных

3.9. Характеристики переключателей для логометров

| Тип переключателей | Количество переключаемых датчиков | Допустимый ток, мА | Габарит, мм |
|--------------------|-----------------------------------|--------------------|-------------|
| ПМТ-4 | 4 | 50 | 110×110×200 |
| ПМТ-6 | 6 | 50 | 110×110×205 |
| ПМТ-8 | 8 | 50 | 110×110×205 |
| ПМТ-12 | 12 | 50 | 110×110×205 |
| ПМТ-20 | 20 | 50 | 110×110×205 |

концов термопар в зону с постоянной температурой. Подобно термопарам компенсационные провода имеют определенную маркировку. Характеристики компенсационных проводов и их технические характеристики представлены в табл. 3.10.

Ремонт термоэлектрических преобразователей. Основные способы диагностики неисправности и ремонта данных датчиков приведены в табл. 3.11.

3.10. Характеристики компенсационных проводов и их применимость

| Тип термоэлектрического преобразователя | Компенсационный провод | | | Термоэ. д. с. *, мВ |
|---|------------------------|-------------------|-------------------------------------|---------------------|
| | Тип | Материал провода | Расцветка проводов (соответственно) | |
| ТХК (хромель — копель) | П | Хромель — копель | Фиолетовый — желтый | $6,9 \pm 0,3$ |
| ТХА (хромель — алюминель) | М | Медь — константан | Красный — коричневый | $4,1 \pm 0,15$ |
| ТПП (платинородий — платина) | ХК | Медь — сплав | Красный — зеленый | $0,64 \pm 0,03$ |

* — при t рабочего конца 100°C и t холодного спая 0°C .

Остановимся на ремонте датчиков при обрывах, повреждении изоляции рабочих выводов и горячего спая.

При обнаружении дефектов, нестабильности работы датчиков их следует вынуть из защитного чехла и разобрать: демонтировать блок зажимов, снять бусы с электродов и защитный фарфоровый наконечник с рабочего (горячего) спая. Места обрывов термоэлектродов из неблагородных металлов подлежат сварке с помощью графитового электрода при напряжении 12—24 В переменного тока. Первоначально скручиваются места обрыва проводника, затем графитовым электродом малого диаметра 5—8 мм через цепь низкого напряжения прикасаются к месту скрутки — образуется шарообразное окончание. Перед сваркой термопар типов ХА, ХК на поверхность скрутки в качестве флюса наносят буру.

При ремонте термопар из благородных металлов производится отжиг, чистка и проверка термоэлектродов на однородность. Отжиг ведется при температуре до 1300°C в течение 1 ч при одновременной очистке электродов от оксидов бурой. Сварка ведется тем же способом, что для термопар из неблагородных металлов. Для проверки однородности термоэлектродов после сварки собирается электрическая цепь, состоящая из отремонтированной термопары и милливольтмет-

3.11. Неисправности термоэлектрических преобразователей и способы их устранения

| Неисправность | Причина неисправности | Способ устранения |
|--------------------------------|--|--|
| Показания прибора занижены | <p>Неправильная полярность подключения компенсационных проводов</p> <p>Неправильно произведена установка датчика в измеряемую среду</p> <p>Плохой контакт в местах подключения «датчика — линии — регистрирующего прибора»</p> <p>Изменение термо-э. д. с. датчика из-за длительной работы в зоне высокой температуры</p> <p>Короткое замыкание в датчике в зоне «горячего спая»</p> | <p>Поменять концы компенсационных проводов на приборе и датчике</p> <p>Устранить большие теплопотери в месте установки датчика</p> <p>Зачистить контакты, подтянуть соединения</p> <p>Проверить датчик по образцовому потенциометру типа ПП-63; при необходимости заменить датчик</p> <p>Заменить фарфоровые изоляционные бусы; устранить замыкание термоэлектродов</p> |
| Показания прибора завышены | <p>Неправильно произведен монтаж датчика</p> <p>Нарушена полярность при подключении компенсационных проводов</p> <p>Не совпадает градуировка датчика и регистрирующего прибора</p> | <p>Установить датчик в заданную область измерения</p> <p>Восстановить требуемую полярность компенсационных проводов</p> <p>Заменить датчик соответствующей градуировки</p> |
| Показания прибора недостоверны | <p>Сопротивление проводов соединительной линии не соответствует градуировке датчика</p> <p>Тип компенсационных проводов не соответствует типу датчика</p> <p>Частичное заземление датчика или проводов на корпус</p> <p>Резкое изменение температуры свободных концов датчика</p> <p>Нарушен контакт в соединениях «датчик — линия — прибор»</p> | <p>Произвести замер и подгонку сопротивления линии</p> <p>Проверить и при необходимости проложить требуемые компенсационные провода</p> <p>Осмотреть и заменить при необходимости фарфоровые бусы; проверить мегомметром состояние изоляций</p> <p>Изменить трассу или произвести изоляцию свободных концов датчика</p> <p>Последовательно проверить состояние контактов; произвести их подтяжку</p> |

ра. Термоэлектроды помещают в нагреватель (муфельную печь), создают определенную температуру (до 500 °С) и, перемещая электроды через печь, измеряют термо-э. д. с. Если ее величина не превышает половину допустимой погрешности термопары, то датчик пригоден к дальнейшей эксплуатации. В противном случае необходимо произвести замену неоднородной части проводника на данном участке.

Ремонт термометров сопротивления. К основным неисправностям таких датчиков относятся: замыкание обмотки датчика на корпус, межвитковое замыкание обмотки термометра сопротивления, пониженное сопротивление изоляции, обрыв обмотки, повреждение защитной гильзы.

Целостность сопротивления обмотки термометров сопротивления проверяется с помощью моста типа МО-62 (рис. 3.8). Для проверки градуировки датчика необходимо его поместить в термостат и при нескольких температурах замерить мостом МО-62 или МВУ-49 значения сопротивления. Замеренные значения сравнить с соответствующими по табл. 3.4 — 3.7. Неисправные датчики подлежат разборке и ремонту. Если датчик отсырел при использовании в сырых и влажных помещениях или низкой температуре измеряемой среды, необходимо его высушить в потоке сухого воздуха в муфельной печи при температуре 50—70 °С или под напряжением постоянного тока 4 В, имитируя режим измерения.

Новые типы датчиков системы ГСП (Государственной системы приборов) практически не разбираются: две или четыре последовательные спирали из меди или платины помещают в каналный керамический каркас с последующей набивкой свободного пространства керамическим порошком тонкого помола с солью баратов щелочных металлов.

Старые типы датчиков ремонтируют при возникновении провисания и частичного замыкания обмотки. После изъятия обмотки датчика освобождают бандаж, разбирают пакет и с помощью увеличительной часовой лупы и пинцета провисшие волоски обмотки укладывают на соответствующие насечки, нанесенные на каркасе.

Намотку медных чувствительных элементов выполняют медным проводом марки ПЭШО, ПЭС диаметром 0,1 мм в соответствии с градуировочными характеристиками, приведенными в табл. 3.4—3.7. После выполнения намотки электрическое сопротивление датчика при температуре 20 °С должно соответствовать градуировке «50 М» или «100 М» и данным, указанным в табл. 3.3—3.6.

Непосредственно намотка производится на старый или вновь изготовленный каркас равномерным шагом по всей

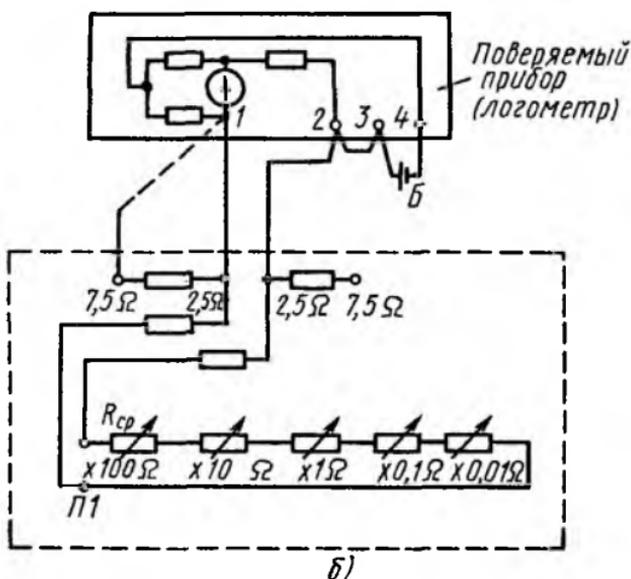
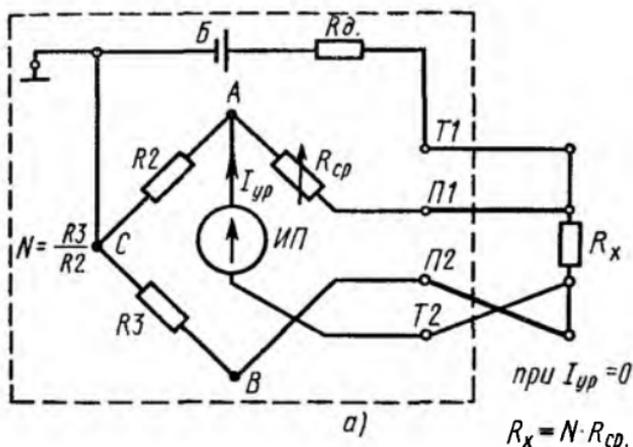


Рис. 3.8. Измерение сопротивлений с помощью моста МО-62:
 а — измерение неизвестного сопротивления R_x , б — использование магазина сопротивления прибора МО-62 при ремонте и проверке логометра

длине; после каждого слоя обмотки поверхность покрывается бакелитовым или глифталевым лаком. После завершения намотки предварительно производится замер электрического сопротивления обмотки при температуре 20°C с помощью образцового или лабораторного моста МО-62, МВУ-49.

Для стабилизации характеристик датчика после окончательной просушки намотки она подвергается «старению» — выдержке при температуре 150°C в течение 6 ч.

На рис. 3.8, а представлена схема для измерения неизвестного сопротивления R_x малой величины до 10 Ом; при измерении сопротивлений от 10 до 20^6 Ом достаточно использовать для его подключения два зажима прибора МО-62 — зажимы П1 и П2. На рис. 3.8, б представлена схема использования прибора МО-62 в качестве магазина сопротивления для поверки регистрирующих приборов измерения температуры (логометров и мостов).

Поверку приборов данной группы проводят в следующем порядке.

1. Определяют по шкале градуировку прибора (например, «50 М»).

2. Используя данные табл. 3.3 — 3.6, набором соответствующих декад моста МО-62 подают на вход поверяемого прибора соответствующее значение сопротивления. Если поверяемый прибор исправен, то каждому значению поданного сопротивления будет соответствовать табличное значение показаний температуры, т. е. $t = f(R_{вх})$.

Особенности монтажа датчиков температуры и факторы, влияющие на погрешность измерений

Перед монтажом датчиков температуры необходимо проверить: требуемый тип датчика (градуировку, тип, монтажную длину); отсутствие видимых повреждений самого датчика и его защитной арматуры; отсутствие обрывов и замыканий обмотки датчика; сопротивление изоляции (мегаомметром на 500 В).

На погрешность измерений температуры влияют следующие факторы:

монтажные — неправильный выбор места установки датчика, неправильный выбор монтажной длины датчика, плохое качество уплотнения датчика (утечка среды из отбора), отсутствие теплоизоляции на оборудовании или трубопроводе;

электрические — плохой контакт в соединениях датчика и прибора, попадание влаги и конденсата в обмотку термометра сопротивления или термопары, витковое замыкание части обмотки, неправильно выбрана схема соединения датчика и прибора (без подгонки сопротивления линии, без компенсационного провода), градуировка датчика не соответствует градуировке регистрирующего прибора.

Основные ошибки при монтаже датчиков температуры

1. Неправильно выбран отбор для измерения температуры (без теплоизоляции трубопровода, приводящей к повышенной потере теплоты).

2. Неправильно установлен сам датчик в рабочем потоке измеряемой среды (малая или большая монтажная длина датчика; датчик установлен не по оси потока и не навстречу потока).

3. Установлен датчик несоответствующей градуировки, регламентируемой монтажной схемой объекта.

4. Нарушены требования компенсации влияния изменения температуры окружающей среды (датчик подключен к регистрирующему прибору по двухпроводной схеме; не используется компенсационный провод и компенсационные коробки).

5. Неправильно выбран датчик без учета повышенной вибрации, агрессивности и влажности среды и ее высокого давления.

6. Плохой контакт на блоке зажимов датчика (плохая пайка; в местах повышенной влажности не выполнена герметизация проводки от попадания влаги внутрь датчика).

3.5. ВТОРИЧНЫЕ ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ

Логометры и милливольтметры в силу своей простоты и надежности широко используются как показывающие и сигнализирующие приборы для местного и дистанционного контроля температуры. Логометры работают только в комплекте с датчиками температуры — термометрами сопротивления соответствующих градуировок; милливольтметры — с термоэлектрическими преобразователями температуры (термопарами).

В табл. 3.12 представлены наиболее распространенные типы логометров и милливольтметров и технические характеристики их измерительных механизмов.

Основные сведения о неисправностях комплектов «регистрирующий прибор — датчик» и технические данные для ремонта и наладки показывающих милливольтметров и логометров приведены в табл. 3.13 — 3.17.

Регистрирующие мосты и потенциометры позволяют регистрировать контролируемые параметры с записью их значений на диаграммной ленте, осуществлять в зависимости от конструкции прибора одновременный контроль от одного до двенадцати параметров, а также выдавать автоматическую сигнализацию их предельных параметров.

На рис. 3.9 показаны наиболее распространенные приборы данной группы, а на рис. 3.10 регистрирующий прибор серии КС-2.

3.12. Технические характеристики измерительных механизмов логометров и милливольтметров

| Тип прибора | Материал магнита | Магнитная индукция, Тл | Тип подпятника | Тип керна |
|--|------------------|------------------------|----------------|--------------|
| Ш-4500 Ш-4501 МР-64-02 М-64 | ЮНД14ДК-24 | 0,26 | ПАК 1,5×0,20 | Б 0,5×5×0,05 |
| Ш-69003 ММ-06 | ЮНДК-24 | 0,25 | ПАК 1,5×0,20 | Б 0,5×5×0,35 |
| Ш-69000 Ш-6900Б ЛР-64-02 Л-64 | ЮНДК-24 | 0,4 | ПАК 1,5×0,20 | Б 0,5×5×0,05 |
| Ш-69001 Ш-69002 | ЮНДК-24 | 0,2 | ПКК 1,5×0,20 | Б 0,5×5×0,05 |

3.13. Технические данные обмоток рамок логометров и милливольтметров

| Тип прибора | Электрическое сопротивление, рамки, Ом | Тип провода | Диаметр провода, мм | Количество витков |
|-----------------------------------|--|-------------|---------------------|-------------------|
| Ш-69000 Л-64 ЛР-64-02 | 78 ± 5 | ПЭВ-1 | 0,07 | 135 ± 2 |
| Ш-69001 Ш-69002 | 60 ± 5 | ПЭВ-2 | 0,06 | 140 ± 3 |
| Ш-4500 Ш-4501 М-64 МР-64 | 130 ± 10 | ПЭВ-1 | 0,07 | 130 ± 10 |

3.14. Карта напряжений для диагностики исправности логометров типа Ш-6900 и ЛР-64

| Обозначение элемента | Номера зажимов | Напряжение, В | Обозначение элемента | Номера зажимов | На В |
|----------------------|----------------|----------------|----------------------|----------------|----------------|
| Тр | 1—2 | 220 ± 10 | У1 | 6—9 | $1,1 \pm 0,3$ |
| | 3—4 | $10 \pm 0,5$ | | 9—30 | $12,5 \pm 0,5$ |
| | 3—5 | $15 \pm 0,75$ | | 9—38 | $5,8 \pm 0,4$ |
| | 3—6 | 20 ± 1 | | 30—44 | $12 \pm 0,5$ |
| В | 3—6 | 20 ± 1 | Г1 | 7—19 | $1,1 \pm 0,3$ |
| | 3—19 | $15 \pm 0,75$ | | 15—23 | $7,5 \pm 0,5$ |
| | 3—21 | $10 \pm 0,5$ | МИ | R19—R15 | $4 \pm 0,3$ |
| | 11—13 | $7,5 \pm 0,5$ | | R19—R20 | $4 \pm 0,3$ |
| | 7—22 | $5,8 \pm 0,4$ | | | |
| | 9—22 | $12,2 \pm 0,5$ | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

3.15. Технические характеристики элементов милливольтметра Ш-4501

| Обозначение элемента | Наименование элемента | Техническая характеристика |
|-------------------------------------|---|----------------------------|
| Элементы измерительной схемы | | |
| <i>R1, R5</i> | Подгоночные катушки медные | 15 Ом |
| <i>R2</i> | Резистор подстройки предела измерения прибора | 100—150 Ом |
| <i>R3</i> | Терморезистор ММТ-8 | $47(80) \pm 10 \%$ |
| <i>R4</i> | Шунт терморезистора | $33(70) \text{ Ом}$ |
| <i>R5</i> | Подгоночное сопротивление линии | 15 Ом |
| <i>R6</i> | Резистор ПЭВ-7,5 | 18 Ом |
| <i>R1</i> | Реле РЭС-6 | — |
| <i>C1</i> | Конденсатор К-50-6 | 25 В; 2000 мкФ |
| Элемент КТ | | |
| <i>Д1</i> | Диод Д-226Д | 400 В; 100 мА |
| <i>Д2</i> | Стабилитрон Д-814 | |
| <i>С4</i> | Конденсатор К-50-6 | 50 В; 200 мкФ |
| Элемент СТ-1 | | |
| <i>Д1, Д2</i> | Диод Д-9Е | |
| <i>С1, С2</i> | Конденсатор КТ-1-Н70 | 4700 пФ |
| <i>Т1, Т2</i> | Транзистор ПМ25Б | — |
| <i>С3—С5</i> | Конденсатор МБМ | 160 В; 0,1 мкФ |

| Обозначение элемента | Наименование элемента | Техническая характеристика |
|----------------------|-----------------------|--|
| <i>R1</i> | Резистор МЛТ-05 | 10 кОм $\pm 5\%$ |
| <i>R2, R3</i> | Резистор МЛТ-05 | 100 кОм $\pm 5\%$ |
| <i>R4</i> | Резистор МЛТ-05 | 470 Ом $\pm 5\%$ |
| <i>R5</i> | Резистор МЛТ-1 | 1,8 кОм $\pm 5\%$ |
| Элемент БВ | | |
| <i>R1</i> | Резистор МЛТ-0,5 | 620 Ом $\pm 5\%$ |
| <i>C1</i> | Конденсатор К-50-6 | 15 В; 1000 мФ |
| <i>Д1, Д2</i> | Диод КА-202Б | — |
| <i>Д3</i> | Диод Д-226Д | — |
| <i>Д4</i> | Стабилитрон Д-814А | — |
| Элемент У2 | | |
| <i>R1</i> | Резистор МЛТ-0,5 | 240 Ом $\pm 10\%$ |
| <i>R2</i> | Резистор МЛТ-0,5 | 390 Ом $\pm 10\%$ |
| <i>R3</i> | Резистор МЛТ-0,5 | 750 Ом $\pm 10\%$ |
| <i>R4</i> | Резистор МЛТ-0,5 | 150 Ом $\pm 10\%$ |
| <i>R5</i> | Резистор МЛТ-0,5 | 1,1 кОм $\pm 10\%$ |
| <i>R6</i> | Резистор МЛТ-0,5 | 5,6 кОм $\pm 10\%$ |
| <i>R7</i> | Резистор МЛТ-0,1 | 300 Ом $\pm 10\%$ |
| <i>R8</i> | Резистор МЛТ-0,5 | 9,1 кОм $\pm 10\%$ |
| <i>R9</i> | Резистор МЛТ-0,5 | 150 Ом $\pm 10\%$ |
| <i>R10</i> | Резистор МЛТ-0,5 | 470 Ом $\pm 10\%$ |
| <i>C1</i> | Конденсатор К-50-6 | 15 В; 500 мФ |
| <i>Д1</i> | Диод Д-226Д | — |
| <i>Т1, Т2</i> | Транзистор МП25А | — |
| <i>Т3</i> | Транзистор П2113Б | — |
| Элемент Г3 | | |
| <i>R1</i> | Резистор МЛТ-0,25 | 2 кОм $\pm 5\%$ |
| <i>R2</i> | Резистор МЛТ-0,25 | 510 Ом $\pm 5\%$ |
| <i>R3</i> | Резистор МЛТ-0,25 | 30 кОм $\pm 5\%$ |
| <i>C1—C3</i> | Конденсатор КТ-Н70 | 4700 иФ $\begin{matrix} +50\% \\ -20\% \end{matrix}$ |
| <i>C4</i> | Конденсатор КТ-Н70 | 6800 пФ $\begin{matrix} +50\% \\ -20\% \end{matrix}$ |
| <i>Д1</i> | Диод Д-9Г | — |
| <i>Т1</i> | Транзистор МП25Б | — |

3.16. Основные неисправности логометров

| Неисправность | Причина неисправности | Способ устранения |
|---|--|---|
| Показания прибора занижены | <p>Частичное замыкание обмотки датчика</p> <p>Попадание влаги на обмотку датчика из-за плохой герметизации или работе датчика во влажных средах</p> <p>Не приведена подгонка сопротивления соединительной линии</p> <p>Большое сопротивление подгоночных катушек</p> | <p>Замерить мостом МО, МВУ сопротивление датчика; при необходимости произвести его ремонт или замену</p> <p>Изъять датчик из корпуса, просушить; после сборки произвести герметизацию ввода крышки расплавленным парафином или герметиком</p> <p>Произвести подгонку сопротивления линии в соответствии с градуировкой регистрирующего прибора</p> <p>Замерить их сопротивление и произвести подгонку</p> |
| Показания прибора завышены | <p>Нарушение контакта в цепи «датчик — линия — прибор»</p> <p>Обрыв обмотки датчика</p> | <p>Проверить и последовательно подтянуть соединения</p> <p>Проверить целостность обмотки, произвести ее ремонт или замену</p> |
| Стрелка прибора резко перемещается влево или вправо | <p>Замыкание обмотки датчика</p> <p>Замыкание проводов на выводах датчика</p> <p>Нарушено соответствие градуировок датчика и прибора</p> | <p>Проверить целостность обмотки, произвести ее ремонт или замену</p> <p>Вскрыть крышку, проверить соединения, изолировать провода друг от друга</p> <p>Проверить градуировки, заменить датчик или прибор соответствующей градуировки</p> |
| Показания прибора недостоверны | <p>Неправильно выбрана схема соединения датчика и прибора (при резких перепадах температуры окружающей среды)</p> <p>Не произведена подгонка сопротивления соединительных проводов</p> | <p>Перейти на трехпроводную схему соединений</p> <p>Произвести подгонку сопротивления линии с помощью моста МО, МВУ</p> |

| Неисправность | Причина неисправности | Способ устранения |
|---|--|--|
| Периодические изменения показаний прибора | <p>Плохой контакт в соединениях «датчик — линия — прибор»</p> <p>Замыкание части обмотки датчика</p> <p>Плохой контакт на переключателе точек</p> | <p>Произвести осмотр и подтяжку соединений</p> <p>Изъять датчик из корпуса, произвести правку шага намотки датчика. При отсутствии возможности ремонта — заменить датчик на аналогичную градуировку</p> <p>Разобрать переключатель, промыть контакты спиртом; увеличить натяг контактов за счет подгиба подвижных контактов</p> |

3.17. Основные неисправности регулирующих милливольтметров типа Ш-4501, МР-64

| Неисправность | Причина неисправности | Способ устранения |
|--|--|--|
| Показания прибора неустойчивы | Плохой контакт в соединительных проводах или на датчике | Проверить и устранить плохой контакт |
| Показания недостоверны | <p>Вышел из строя компенсационный элемент КТ</p> <p>Обрыв в цепи питания</p> <p>Указатель не установлен корректором на начальную точку</p> <p>Не произведена подгонка внешнего сопротивления</p> | <p>Заменить элемент КТ или заменить прибор</p> <p>Устранить обрыв</p> <p>Установить указатель на ноль</p> <p>Произвести подгонку внешнего сопротивления до величины, указанной на приборе</p> |
| Стрелка прибора отклоняется от начальной отметки | Короткое замыкание или обрыв в датчике, соединительных проводах, приборе | Проверить состояние и соединение данных элементов; устранить дефекты в схеме или заменить неисправный элемент |
| Неисправны цепи регулирования | <p>Обрыв цепи питания прибора или в схеме регулирования</p> <p>Неисправность контактного устройства</p> | <p>Восстановить питание прибора; заменить или отремонтировать схему регулирования</p> <p>Отремонтировать контактное устройство или заменить прибор</p> |

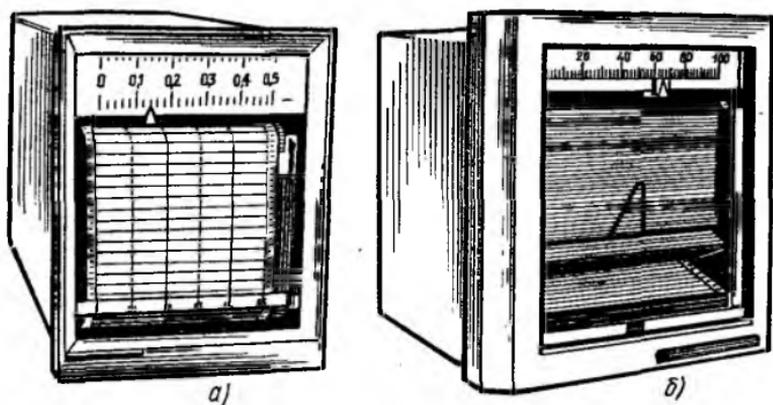


Рис. 3.9. Общий вид регистрирующих приборов:
 а — мост типа КСМ-2, б — потенциометр типа КСП-4

Область применения приборов серии КС-2 представлена в табл. 3.18.

Неисправности автоматических мостов и потенциометров, технические характеристики узлов и блоков для производства ремонтно-наладочных работ и эксплуатации приведены в табл. 3.19—3.24.

3.18. Область применения основных типов автоматических приборов серии КС-2

| Тип прибора | Название прибора | Назначение прибора |
|--|--|--|
| КСМ2-002 КСМ2-004 КСМ2-024 КСМ2-036 КСМ2-038 КСМ2-040 | Одноточечный автоматический мост | Для работы с термометрами сопротивления для измерения температуры объектов |
| КСП2-003 КСП2-005 КСП2-035 КСП2-038 КСП2-040 | Одноточечный автоматический потенциометр | Для работы с термоэлектрическими преобразователями (термометрами) для измерения температуры объектов |
| КСУ2-002 КСУ2-004 КСУ2-015 КСУ2-067 КСУ2-070 КСУ2-080 | Одноточечный автоматический миллиамперметр (или вольтметр) | Для работы с датчиком э. д. с. для измерения тока или напряжения |

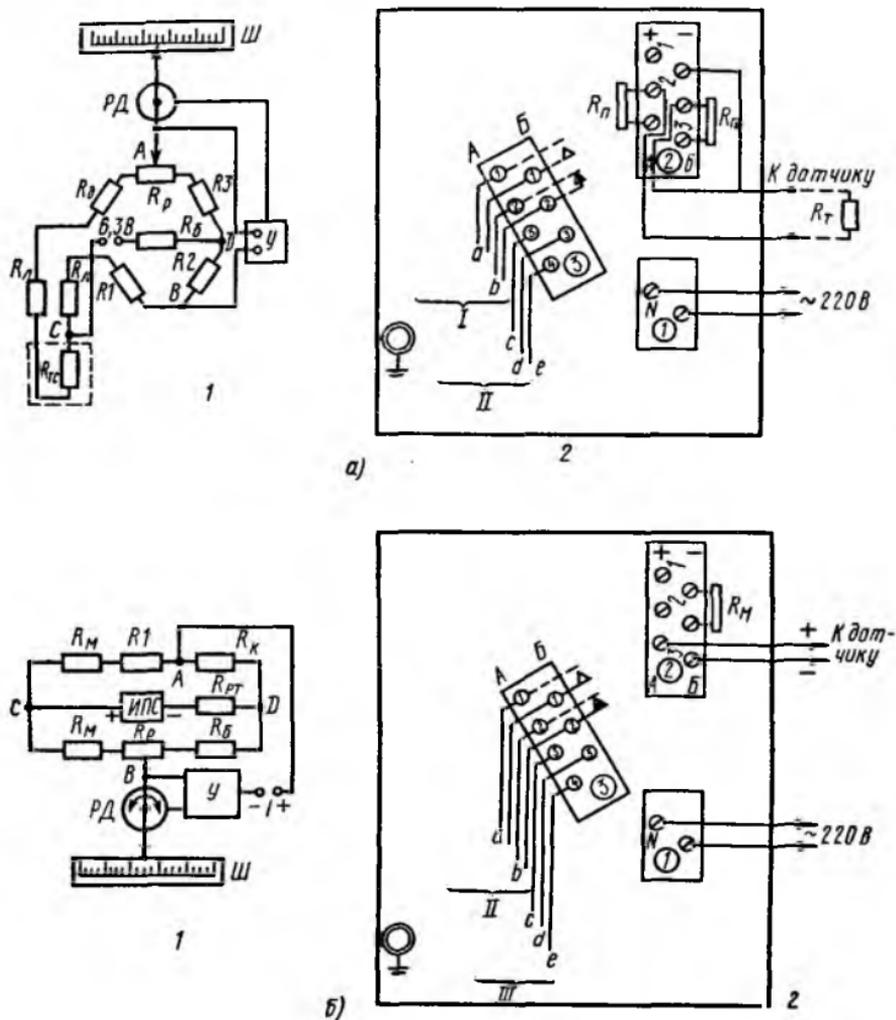


Рис. 3.10. Регистрирующий прибор серии КС-2:
 а — автоматический мост КСМ-2, б — автоматический потенциометр КСП-2:
 1 — измерительная схема, 2 — монтажная схема

3.19. Типы и модификации приборов серии КС

| Тип прибора | Количество модификаций | Завод-изготовитель (в городах) |
|-------------|------------------------|--------------------------------|
| КС1; КП-1 | 210 | Кировскан, з-д «Автоматика» |
| КВ1 | 89 | Мукачехо, з-д «Мукачехприбор» |
| КС2 | 249 | Львов, «Львовприбор» |
| КС3 | 152 | Челябинск, «Теплоприбор» |
| КС4 | 303 | Москва, «Манометр» |

3.20. Элементы, используемые в автоматических регистрирующих приборах

| Тип регистрирующего прибора | Тип усилителя | Тип стабилизирующего источника питания | Тип асинхронного двигателя | Тип синхронного двигателя |
|-----------------------------|-------------------------------|--|--|------------------------------|
| КСП1 КСУ1 | УПД1-03 УПД1-04 | ИПС 5 В; 5 мА | РД-09П редукция 1/39,06 или 1/76,56 | ДСМ-0,2-П-220 |
| КСП2 КСУ2 | УПД1-03 | ИПС-3 | РД-09П2 редукция 1/39,06 | ДСМ-0,2-П-220 ДСМ-2-П-220 |
| КСМ2 КСД1 КСД2 | УПД2-03 УПД3-01 УПД3-01 | — | РД-09П редукция 1/76,56 РД-09П редукция 1/137 | ДСМ-0,2-П-220 ДСМ-2-П-220 |
| КСП3 КСУ3 | УПД1-03 | ИПС-3 | Д32П1 | ДСД-2-П-220 |
| КСД3 УСМ3 | УПД3-01 УЭУ-209М | — | Д32 Д32 | ДСД-2-П-220 |
| КСП4 КСУ4 | УЭД1-03 | ИСП-4 | РД-09 редукция 1/6,15; 1/15,62 | СД-54 редукция 1/25 |
| КСМ4 | УЭД2-03 УЭД2-04 | ИСП-4 | РД-09 редукция 1/6,15; 1/15,62 | СД-54 редукция 1/25 |

3.21. Основные неисправности регистрирующих приборов для измерения температуры

| Неисправность | Причина неисправности | Способ устранения |
|---|--------------------------|---|
| Стрелка прибора медленно перемещается к началу шкалы (независимо от входного сигнала) | Нет контакта на реохорде | Протереть реохорд щеткой, смоченной спиртом (бензином). Проверить состояние подвижного контакта |

| Неисправность | Причина неисправности | Способ устранения |
|---|--|---|
| | | на реохорде. Настроить натяжение подвижного контакта по всей длине реохорда |
| Стрелка прибора резко идет к началу шкалы (до упора) | Нарушена полярность при подключении датчика э. д. с. Неисправна измерительная схема прибора Закорочен при подключении датчик температуры (термометр сопротивления) | Поменять полярность на обратную Восстановить измерительную схему по данным заводской конструкции Проверить исправность датчика или заменить его. Устранить замыкание на блоке зажимов прибора |
| Стрелка прибора медленно идет к концу шкалы (независимо от величины входного сигнала) | Неисправность платы входных фильтров, в цепи датчика э. д. с. Неисправна измерительная схема прибора | Проверить и заменить неисправный конденсатор Проверить и устранить неисправность в мостовой измерительной схеме (по номиналам заводской инструкции) |
| Стрелка прибора быстро идет к концу шкалы | Обрыв в цепи датчика Неисправность измерительной схемы прибора Неисправность источника стабилизированного питания (для потенциометров) | Проверить исправность датчика и подключенных проводов Проверить номиналы сопротивлений измерительной схемы Отремонтировать или заменить требуемый тип источника ИПС |
| Стрелка прибора не реагирует на входной сигнал датчика | Обрыв в цепи измерительной схемы или датчика Неисправность электронного усилителя | Выполнить замер элементов измерительной схемы (по заводской инструкции), устранить обрыв Произвести диагностику, ремонт или замену усилителя |

| Неисправность | Причина неисправности | Способ устранения |
|---|--|---|
| | <p>Нарушение контакта на реохорде измерительной схемы</p> <p>Обрыв обмотки управления реверсивного двигателя</p> <p>Неисправность источника стабилизированного тока</p> <p>Обрыв тросика привода измерительной стрелки</p> | <p>Протереть реохорд щеткой, смоченной в спирте (бензине), и настроить подвижный контакт</p> <p>Проверить целостность сетевой и управляющей обмотки; при необходимости заменить требуемый двигатель</p> <p>Произвести ремонт (по заводской схеме) или заменить источник стабилизированного тока</p> <p>Заменить лавсановый или стальной тросик, произвести настройку его натяга</p> |
| Значительная погрешность измерений | <p>Плохой контакт в цепях измерительной схемы и подключении датчика</p> <p>Нарушен контакт между реохордом и подвижным контактом</p> | <p>Проверить и устранить переходный контакт в данных цепях</p> <p>Осмотреть поверхность спирали реохорда, протереть ее щеточкой, смоченной спиртом (бензином), настроить натяжение контакта</p> |
| <p>Сбой точек цифрорепети многоточечных приборов</p> <p>Смазывание цифрорепети контролируемых точек измерений</p> | <p>Сбой в работе переключателя точек</p> <p>Нарушено правильное зацепление шестеренок переключателя точек</p> | <p>Проверить состояние кинематических звеньев, промыть старую смазку бензином, нанести новую консистентную смазку типов УС; ОКБ-122</p> <p>Установить привод и переключатель на первую точку, ориентируясь на контрольную красную риску переключателя точек</p> <p>Настроить правильное зацепление, ориентируясь по контрольным рискам на переключателе и шестеренках</p> |

| Неисправность | Причина неисправности | Способ устранения |
|---------------|---|--|
| | Неправильно отрегулирован механизм привода печатающей каретки | Отрегулировать механизм привода печатающей каретки |

3.22. Карты рабочих режимов напряжения электронных усилителей типов УПД

| Тип УПД1; УПД2 | | Тип УПД3 | |
|-------------------------|---------------|-------------------------|---------------|
| Точка замера потенциала | Напряжение, В | Точка замера потенциала | Напряжение, В |
| Эмиттер Т1 | 0,1—0,15 | Коллектор Т1 | 3,9—4,2 |
| Коллектор Т1 | 0,8—0,9 | База Т1 | 1,7—2,0 |
| База Т1 | 0,2—0,25 | Коллектор Т3 | 2,7—3,0 |
| Конденсатор С3 | 1,6—1,8 | База Т3 | 0,40—0,45 |
| Коллектор Т2 | 5—5,6 | Коллектор Т4 | 4,5—5,5 |
| Коллектор Т3 | 6,6—6,9 | Коллектор Т5 | 7—8 |
| База Т3 | 1,9—2,1 | Коллектор Т9 | 9—10,5 |
| Диод Д1 | 8,0—9,5 | Конденсатор С9 | 13,5—14,5 |
| Коллектор Т4 | 12,0—12,5 | База Т9 | 7,5—8,5 |
| Коллектор Т5 | 23,0—28,0 | Коллектор Т10 | 16—18 |
| Коллектор Т7 | 11,0—13,0 | Коллектор Т11 | 24—28 |
| Конденсатор С9 | 41,0—44,0 | | |

Примечание. Допустимые отклонения напряжений не более $\pm 20\%$.

3.23. Характеристики асинхронных электродвигателей, используемые для привода следящей системы регистрирующих приборов типа КС-2

| Тип двигателя | Напряжение управления обмоткой, В | Напряжение трогания, В | Передаточное отношение редуктора | Потребляемая мощность, Вт |
|---------------|-----------------------------------|------------------------|--------------------------------------|---------------------------|
| РД-09П | 20 | 1,0 | 1/6,25; 1/15,62; 1/39,06; 1/76,56 | 20 |
| РД-09П2 | 10 | 2,0 | 1/137; 1/268 | 20 |
| РД-32 | 127 | 8 | 1/478; 1/670 | 12 |

**3.24. Характеристики синхронных электродвигателей,
используемых для привода диаграммы и печатающих узлов
приборов типа КС-2**

| Тип двигателя | Напряжение питания, В | Потребляемая мощность, Вт | Частота вращения вала, об/мин | Пусковой момент, Н·см | Примечание |
|---------------|-----------------------|---------------------------|-------------------------------|-----------------------|--|
| ДСМ-2 | 127 | 4 | 2 | 15 | Используются для приборов типов КС1, КС2, КС3 всех модификаций |
| | 220 | | 0,2 | 25 | |
| ДСМ-02 | 127 | 4 | 2 | 15 | |
| | 220 | | 0,2 | 25 | |

Автоматические регистрирующие приборы типа КСУ-2 (мосты, потенциометры и приборы с дифференциально-трансформаторной схемой) работают с электронными усилителями типа УПД (УПД1, УПД2, УПД3). В табл. 3.22 представлены карты рабочих режимов усилителей, имеющих четыре основных блока: входное устройство, усилитель напряжения, усилитель мощности, источник питания.

В одноканальных приборах типов КСУ-2, КСУ-4 регистрация измеряемой величины производится непрерывно на диаграммной ленте при движении каретки вдоль шкалы. Записывающее устройство одноканального прибора состоит из пишущего узла, закрепленного на каретке.

В многоканальных приборах регистрация измеряемой величины осуществляется циклично нанесением на диаграммной ленте цветных точек с указанием порядкового номера канала в момент остановки каретки. Цифра, появившаяся в окошке каретки, указывает на номер канала, сигнал которого будет зафиксирован в последующий цикл печатания.

Регистрирующее устройство многоканального прибора состоит из непосредственно печатающего барабана с нанесенными на его поверхность точками с соответствующими цифрами. В зависимости от типов самих регистрирующих приборов устанавливаются соответствующие печатающие устройства на 4, 6 и 12 точек измерения. Для удобства контроля и расшифровки контролируемых параметров питающее устройство имеет обойму фетровых секторов, пропитанных краской различных цветов.

Подготовка приборов типа КСУ-4 (КСП, КСМ) к включению: 1. Залить в редуктор с помощью специального стаканчи-

ка, находящегося в запасном комплекте, приборное масло типа ВМП 10 см² и 2 см² в подшипник реверсивного двигателя типа РД-09 и синхронный электродвигатель типа СД-54. 2. Проверить наличие зазора между барабаном для установки диаграммной ленты и передним щитком, который должен составлять 0,5 мм. 3. Установить диаграммную ленту. 4. Подключить питание прибора 220 В и соединительные провода от датчика. 5. Установить необходимую скорость продвижения диаграммной ленты или циклов печатания.

Чистка печатающего барабана прибора. В процессе длительной работы прибора в различных условиях производства (температура, влажность, пыль) печатающий барабан каретки дает слабый отпечаток контрольных точек, трудно отличимых друг от друга. Для восстановления требуемой четкости печатания необходимо прочистить шрифт печатающего барабана в следующем порядке: установить каретку в средней части шкалы; вынуть обойму из каретки, прочистить и протереть предварительно смазывающие сектора; промыть печатающий барабан кисточкой, смоченной в олеиновой кислоте, затем протереть барабан чистой бязью; установить обойму с секторами на место.

Смазка и чистка подвижных частей прибора. Для безотказной эксплуатации регистрирующих приборов необходимо производить чистку и смазку непосредственно подвижных частей механизма прибора:

раз в шесть месяцев смазывать маслом МВП шариковые подшипники каретки регистрирующего устройства, подшипники оси каретки многоканальных приборов, подшипники барабана, оси роликов маслом;

раз в три месяца смазывать маслом МВП редуктор механизма продвижения диаграммной ленты. Для этого надо снять его с прибора, промыть в бензине БР-1 «Галоша», погрузить редуктор на несколько минут в масло МВП, дать стечь маслу, затем редуктор установить на место;

раз в три месяца менять масло МВП в редукторах реверсивного и синхронного двигателей и смазывать подшипники;

раз в шесть месяцев разбирать и промывать электродвигатель типа Д-32 в чистом бензине; подшипники и зубчатые колеса смазывать смазкой ЦИАТИМ-201.

3.6. СИГНАЛИЗАТОРЫ ТЕМПЕРАТУРЫ

Дилатометрические сигнализаторы температуры типов ТРДЭ, ТУДЭ, ТР-200 работают на

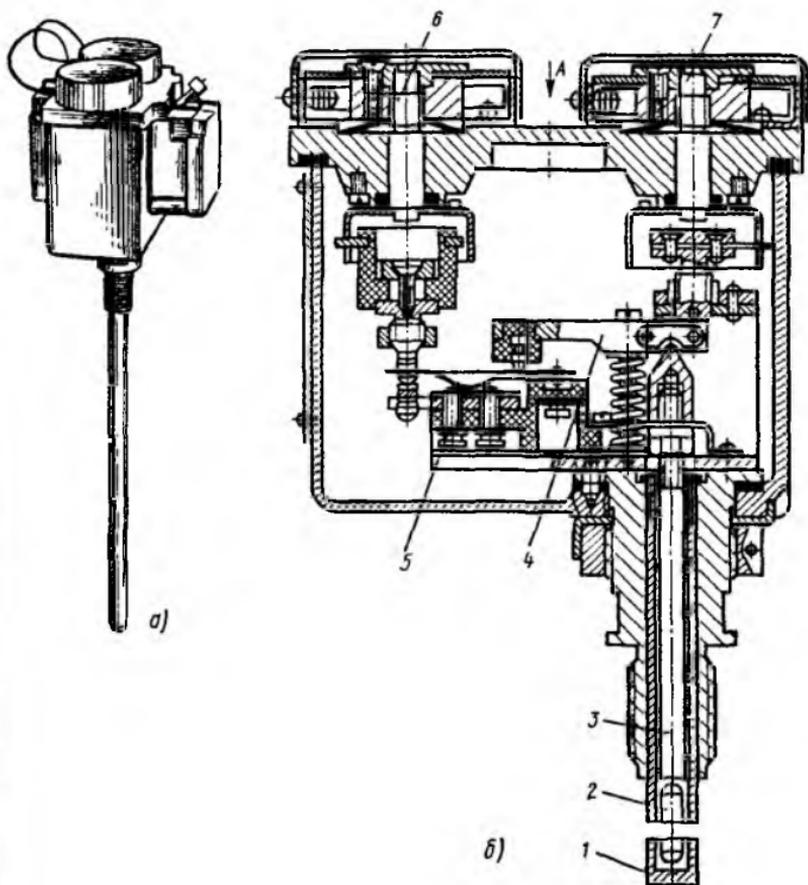


Рис. 3.11. Дилатометрический сигнализатор температуры ТРДЭ:
 а — общий вид, б — конструкция: 1 — латунная трубка, 2 — кварцевый стержень, 3 — толкатель, 4 — перекидной рычаг, 5 — микропереключатель, 6 — задатчик дифференциала, 7 — задатчик температуры

принципе разного коэффициента линейного расширения различных материалов при одной контролируемой температуре.

При изменении температуры объекта латунная трубка 1 привода ТРДЭ (рис. 3.11), имеющая больший коэффициент линейного расширения, чем кварцевый стержень 2, увеличит свое удлинение более чем стержень 2. Вследствие этого изменится положение перекидного рычага 4, который своим противоположным концом переключает контакты микропереключателя 5. Сигнализаторы ТРДЭ имеют регулировку задания температуры (задатчик 7) дифференциала температуры (задатчик 6).

Технические характеристики дилатометрических сигнализаторов представлены в табл. 3.25 и 3.26.

3.25. Технические характеристики сигнализатора ТРДЭ

| Модификация прибора | Диапазон регулируемых температур, °С | Основная допустимая погрешность (%) от диапазона регулирования | Дифференциал, °С | Основная допустимая погрешность шкалы дифференциалов, °С | Мощность контакта, Вт |
|---------------------|--------------------------------------|--|------------------|--|-----------------------|
| ТРДЭ-101 | 0—40 | $\pm 2,5$ | — | Для отметки $1 \pm 0,5$ | 100 |
| ТРДЭ-201 | От —30 до —40 | $\pm 1,5$ | 1, 2, 3, 4, 5 | Для отметок 2, 3, 4, 5 ± 1 | |
| ТРДЭ-301 | 30—100 | $\pm 1,5$ | — | Для отметок 6, 8, 10 ± 2 | |
| ТРДЭ-801 | 0—250 | $\pm 2,5$ | 2, 4, 6, 8, 10 | — | |

Основными неисправностями сигнализаторов являются отказы микропереключателей типа МП, деформация (механическая или тепловая) латунной трубки. Настройка на определенную температуру производится по задатчику и образцовому термометру или другому прибору для контроля температуры. При достижении контролируемой температуры на выходных зажимах сигнализатора должен появиться выходной сигнал.

Полупроводниковый сигнализатор температуры типа ПТР широко используется в автоматизации температурных процессов.

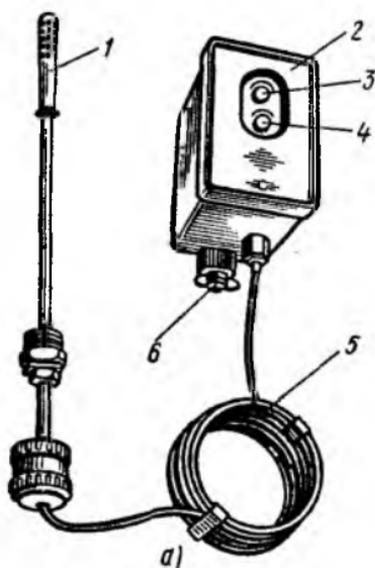


Рис. 3.12. Полупроводниковый регулятор температуры ПТР:
 а — общий вид: 1 — датчик, 2 — корпус регулятора, 3 — задатчик температуры, 4 — задатчик дифференциала температуры, 5 — кабель, 6 — выводы; б — электрическая схема регулятора

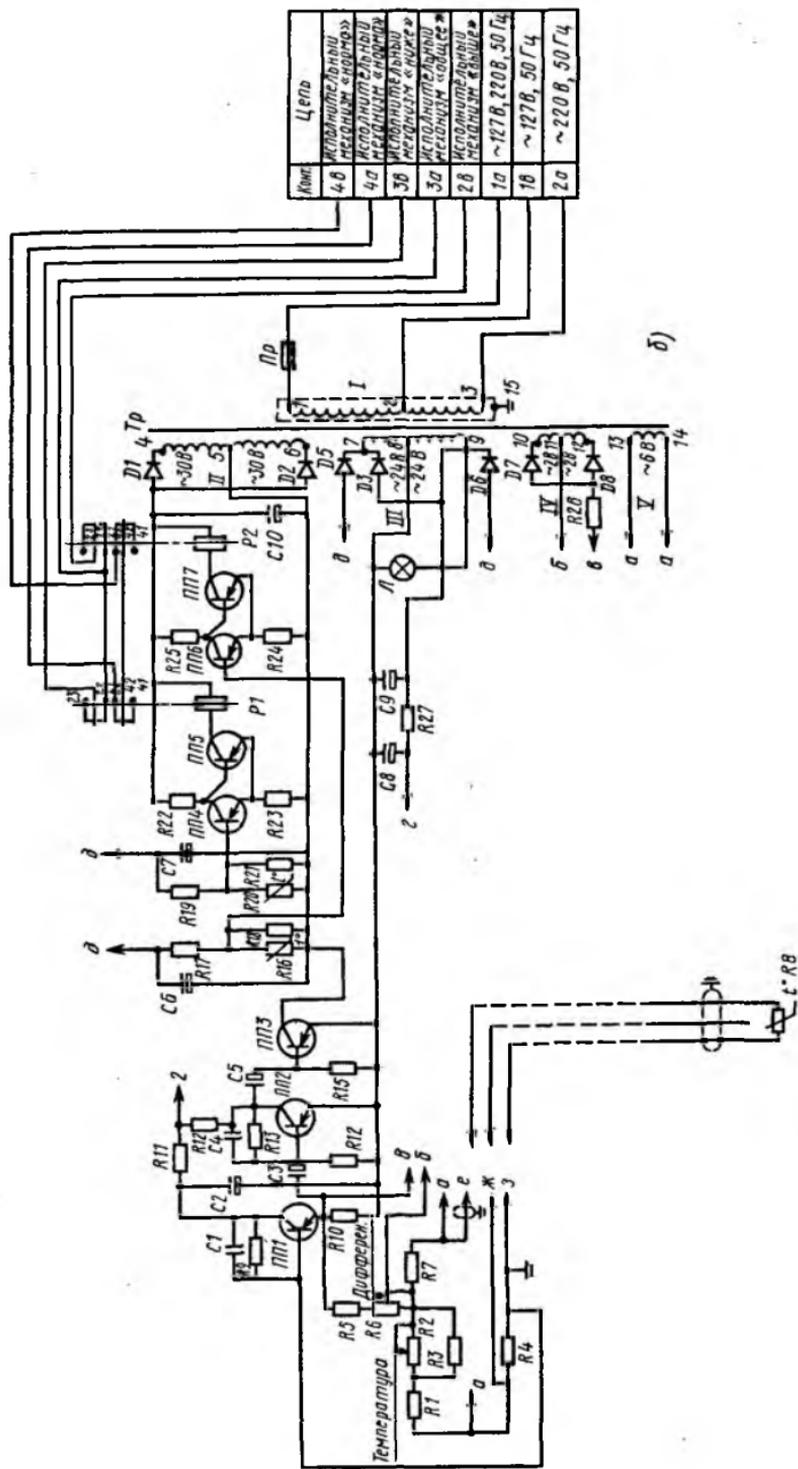


Рис. 3.12. Продолжение

3.26. Технические характеристики dilatометрического датчика ТУДЭ

| Модификация прибора | Диапазон регулируемых температур, °С | Диапазон дифференциала | Погрешность |
|---------------------|--------------------------------------|------------------------|-------------|
| ТУДЭ-1 | От -60 до +40 | 4—20 | 4,0 |
| ТУДЭ-2 | 0—100 | 4—20 | 2,5 |
| ТУДЭ-3 | 30—100 | 4—20 | 4,0 |
| ТУДЭ-4 | 0—250 | 4—20 | 2,5 |
| ТУДЭ-5 | 100—250 | 4—20 | 1,5 |
| ТУДЭ-6 | 200—500 | 7—20 | 2,5 |
| ТУДЭ-7 | 400—1000 | 7—20 | 1,5 |
| ТУДЭ-8 | 0—40 | 4,5—20 | 4,0 |
| ТУДЭ-9 | 0—100 | 4,5—20 | 2,5 |
| ТУДЭ-10 | 30—100 | 4,5—20 | 4,0 |
| ТУДЭ-11 | 30—160 | 4,5—20 | 4,0 |
| ТУДЭ-12 | 30—160 | 4,5—20 | 4,0 |

Принцип работы измерительной схемы прибора — мостовой. Датчик температуры, входящий в одно из четырех плечей моста, — полупроводниковый резистор. Если температура «задания» равна контролируемой температуре, измерительный мост уравновешен, поэтому сигнал на выходе моста равен нулю. При отклонении температуры от заданной мост разбалансируется за счет изменения сопротивления термисторного датчика и выходное реле выдаст соответствующий сигнал.

Общий вид прибора и технические характеристики модификаций сигнализатора-регулятора типа ПТР представлены на рис. 3.12, а и в табл. 3.27.

Электрическая схема прибора (рис. 3.12, б) включает следующие основные элементы: силовой трансформатор Tp , питающий постоянным напряжением электронную схему и измерительный мост; выходные реле $P1$ и $P2$, являющиеся соответственно нагрузкой транзисторов $ПП5$ и $ПП7$.

Мостовая измерительная схема, контролирующая заданную температуру объекта, образована сопротивлениями $R1$ —

3.27. Технические характеристики полупроводниковых регуляторов температуры типа ПТР

| Тип прибора | Диапазон срабатывания, °С |
|--------------------|---------------------------|
| ПТР-2-02; ПТР-3-02 | От -30 до -5 |
| ПТР-2-03; ПТР-3-03 | От -10 до +15 |
| ПТР-2-04; ПТР-3-04 | 5—35 |
| ПТР-2-05; ПТР-3-05 | 30—60 |
| ПТР-2-06; ПТР-3-06 | 50—100 |

— *R8*. Сопротивление *R2* является задатчиком температуры; посредством вращения его оси можно выставить любую температуру регулирования, оцифрованную на его шкале. Переменный резистор *R6* служит дифференциалом температуры задания, т. е. определяет точность контроля температуры. Например, если задатчик установить на цифре 20, а дифференциал — на цифре 0,5, то прибор будет контролировать температуру объекта ($20 \pm 0,5$) °С.

3.28. Основные неисправности регуляторов температуры ПТР (см. рис. 3.12)

| Неисправность | Причина неисправности | Способ устранения |
|--|---|--|
| Прибор не реагирует на изменение заданной температуры | Отсутствие напряжения питания Обрыв цепи датчика <i>R8</i> | Проверить индикатором, заменить предохранитель Прозвонить цепь, проверить резистор <i>R8</i> |
| При вращении задатчика команды не переключаются; включена одна из команд | Замыкание или обрыв термодатчика <i>R8</i> | Проверить целостность, при необходимости заменить на новый |
| При вращении задатчика реле не срабатывают, но команды не включаются | Неисправности в цепи команд Плохой контакт на исполнительных реле | Проверить правильность размыкания разъема (по инструкции) Проверить, прочистить и настроить контакты реле |
| Не срабатывает соответствующее реле: «больше» или «меньше» | Выход из строя транзистора фазочувствительного каскада или транзисторов <i>ПП5</i> , <i>ПП6</i> | Проверить режим транзисторов, при неисправности заменить |
| Не горит контрольная лампочка | Перегорела сигнальная лампочка Нарушена цепь питания | Заменить лампочку Проверить целостность предохранителя, устранить обрыв в цепи питания |
| Большая погрешность по шкале температур | Плохой контакт реле | Настроить и почистить контактные группы реле |
| Дребезжит выходное реле | Потеря емкости конденсатора <i>C3</i> | Заменить конденсатор |

3.29. Технические характеристики трансформатора прибора типа ПТР

| Обмотки | | Количество витков | Марка провода | Диаметр провода, мм | Номера контактов на трансформаторе |
|-------------|----------------|----------------------|---------------|---------------------|------------------------------------|
| Обозначение | Напряжение, В | | | | |
| W_1 | 220/127 | $2860 = 1650 + 1210$ | ПЭЛ | 0,13 | 1, 2, 3 |
| W_2 | $24 + 24 = 48$ | $624 = 312 + 312$ | ПЭЛ | 0,23 | 4, 5, 6 |
| W_3 | $24 + 24 = 48$ | $624 = 312 + 312$ | ПЭЛ | 0,23 | 7, 8, 9 |
| W_4 | 6 | 80 | ПЭЛ | 0,23 | 10, 11 |
| W_5 | 6 | 80 | ПЭЛ | 0,23 | 13, 14 |

Терморезистор (непосредственно датчик температуры) $R8$ устанавливается непосредственно в зоне контролируемой температуры и соединяется с прибором с помощью кабеля через зажимы *e* и *ж*.

Основные неисправности приборов ПТР и способы их устранения представлены в табл. 3.28.

Технические характеристики трансформатора прибора ПТР даны в табл. 3.29.

4. ПРИБОРЫ ИЗМЕРЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ

4.1. ПОНЯТИЕ О ДАВЛЕНИИ

Существует три понятия давлений: атмосферное $P_{\text{атм}}$ — гидростатическое давление, оказываемое атмосферой на все находящиеся в ней предметы ($1 \text{ атм} = 760 \text{ мм рт. ст.} = 100 \text{ кПа}$); избыточное $P_{\text{изб}}$ — давление, отсчитываемое относительно атмосферного в данной точке и превышающее его; абсолютное $P_{\text{абс}}$ — давление, отсчитываемое от абсолютного нуля давления, так называемого космического вакуума, абсолютное давление есть сумма атмосферного и избыточного давлений, т. е. $P_{\text{абс}} = P_{\text{изб}} + P_{\text{атм}}$. Соотношения между различными единицами давлений представлены в табл. 4.1.

4.2. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПРИБОРАХ ИЗМЕРЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ

Приборы данной группы подразделяются по принципу действия на ряд групп: жидкостные, в которых давление уравнивается высотой столба жидкости; поршневые, где давление уравнивается силой (грузом), дейст-

4.1. Соотношение единиц давления

| Единица давления | Паскаль (ньютон на квадратный метр), Н·м ⁻² | Физическая атмосфера, атм | Техническая атмосфера (ат), кгс·см ⁻² | Миллиметр ртутного столба, мм рт. ст. | Миллиметр водяного столба, мм вод. ст. |
|--|---|---------------------------|--|---------------------------------------|--|
| Паскаль (ньютон на квадратный метр), Н·м ⁻² | 1 | $9,87 \cdot 10^{-5}$ | $1,02 \cdot 10^{-5}$ | $7,5 \cdot 10^{-3}$ | 0,102 |
| Физическая атмосфера (атм) | $1,013 \cdot 10^5$ | 1 | 1,033 | 760 | 10,330 |
| Техническая атмосфера (ат), кгс·см ⁻² | $9,80665 \cdot 10^4$ (точно) | 0,968 | 1 | 735,56 | 10 000 |
| Миллиметр ртутного столба (мм рт. ст.) | 133,332 | 0,00136 | 0,00136 | 1 | 13,6 |
| Миллиметр водяного столба (мм вод. ст.) | 9,80665 (точно) | $9,68 \cdot 10^{-5}$ | 0,0001 | 0,0736 | 1 |

вующей на поршень определенного сечения; деформации трубчатой пружины, мембраны или сильфона; приборы унифицированной системы ГСП (электрические или пневматические).

По целевому назначению приборы давления подразделяются на рабочие, контрольные и образцовые.

Приборы для измерения избыточного давления называются манометрами; для измерения полного давления (абсолютного) — манометрами абсолютного давления; для измерения давления ниже атмосферного (т. е. вакуума) — вакуумметрами; комбинированные приборы для измерения давления и вакуума — мановакуумметрами.

4.3. ОСОБЕННОСТИ МОНТАЖА МАНОМЕТРОВ И ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ДАВЛЕНИЯ

Показывающие, самопишущие и сигнализирующие манометры и преобразователи давления устанавливаются в вертикальном положении на специальных кронштейнах, стойках, щитах и пультах.

Для устранения и сглаживания пульсации измеряе-

мого давления жидкостей, пара и газов на компрессорных станциях, в насосах, технологическом оборудовании и трубопроводах, приводящей к выходу из строя передаточный механизм приборов, используются следующие виды демпфирования (сглаживания): установка в штуцер манометра специального дросселя, позволяющего в зависимости от плотности измеряемой среды значительно уменьшить диаметр входного отверстия манометра от 2 до 0,1 мм; установка дополнительной емкости (2—5 л) между отбором измеряемого давления и манометром.

Место, используемое на технологическом оборудовании или трубопроводе для контроля давления, называется отбором (импульсом) давления; трасса, соединяющая отбор давления с манометром, называется импульсной линией. В зависимости от величины давления, агрессивности, пожароопасности и взрывоопасности измеряемых сред импульсные линии состоят из медных, стальных цельнотянутых или полихлорвиниловых трубок.

Диаметр импульсных трубок и их толщина при монтаже выбираются из расчета длины трассы и максимального рабочего давления измеряемой среды. Отечественной промышленностью выпускаются медные, стальные и полихлорвиниловые трубки следующих диаметров: 1; 2; 3; 4; 5; 6; 8; 10; 12; 14; 16 см при толщине стенки 0,5; 0,75; 1; 1,5; 2 мм (табл. 4.2).

Цельнотянутые трубки имеют маркировку: стальные — Ст; медные — М. Пример обозначения и маркировки трубок: Ст 8×1,5 — трубка стальная, цельнотянутая, наружный диаметр 8 мм; толщина стенки 1,5 мм; М 6×1 — трубка медная, цельнотянутая, наружный диаметр 6 мм, толщина стенки 1 мм.

Импульсные линии для измерения давления контролируемых сред прокладываются в строгом соответствии с монтажной схемой автоматизации объекта, где указаны длина трассы и полная характеристика импульсной линии (тип материала, сечение и толщина стенки).

Отборы (импульсы) давления обычно устанавливаются на прямолинейных участках трубопроводов и технологическом оборудовании с учетом изгибов, поворотов, колен и тройников, где возникает дополнительная погрешность измерений давления, вызванная центробежной силой измеряемого потока среды.

При монтаже и установке приборов измерения давления предусматриваются: защита прибора от воздействия агрессивных сред, вибрации, высоких температур, пульсации давления; устройства сброса конденсата при измерении влаж-

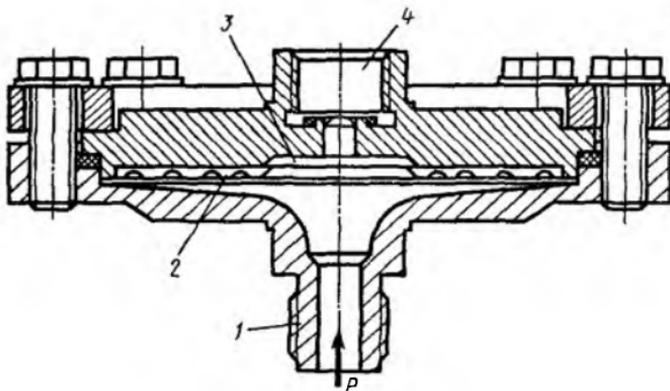
4.2. Технические характеристики труб для монтажа пневмотрасс

| Название труб | Обозначение | Внутренний диаметр, мм | Толщина стенки, мм |
|---|------------------------------------|----------------------------|--------------------|
| Стальная бесшовная | Ст | 4; 6; 8; 10; 12; 14; 16 | 0,5; 1; 1,5; 2 |
| Стальная нержавеющая бесшовная | X18H9T X12H9T | 4; 6; 8; 10; 12; 14; 16 | 0,5; 1; 1,5; 2 |
| Трубка полиэтиленовая высокой плотности | ТУМПХ | 4; 6; 8; 10; 12; 14; 16 | 0,5; 1; 1,5; 2 |
| Кабель полиэтиленовый высокой плотности (6; 10; 14; 17 жил) | ТУМПХ | 4; 6; 8; 10; 12; 14; 16 | 1,5; 2 |
| Медная цельнотянутая | М-6 М-8 М-10 М-12 М-14 | 6 8 10 12 14 | 0,5; 1; 1,5 |

ных газов; исключение возникновения газовых мешков в линиях при измерении давления жидкостей, а в газах — гидравлических пробок; исключение влияния динамического напора среды.

При измерении давлений агрессивных, кристаллизирующихся сред, выделяющих осадки у места отбора импульса, устанавливаются мембранные разделители типа РМ. При этом внутреннее пространство манометра и разделителя заполняют рабочей жидкостью, которая служит для передачи давления от мембраны разделителя к манометру. При измерении давлений кислот и щелочей для защиты внутренней поверхности чувствительного элемента (датчика) манометра используют разделительные сосуды, внутреннюю полость которых заполняют водой, легкими минеральными маслами, этиловым спиртом, глицерином и т. д. Конструкция мембранного разделителя РМ показана на рис. 4.1, а его технические характеристики приведены в табл. 4.3.

Как правило, для целей безопасности эксплуатации и выполнения ремонтных работ на месте отбора давления устанавливается запорное устройство — вентиль, рассчитанный на максимальное рабочее давление; он имеет две основные



Агрессивная среда
(щелочь, кислота и др.)

Рис. 4.1. Конструкция мембранного разделителя РМ:
1 — штуцер под отбор измеряемого давления, 2 — мембрана (нержавеющая сталь), 3 — дистиллированная вода, 4 — штуцер под измерительный прибор

характеристики — диаметр проходного сечения, выражаемый в миллиметрах, и максимальное давление среды. Эти характеристики маркируются на боковой поверхности вентиля. Например, вентиль имеет маркировку $BC = P_y = 16$; $D_y = 6$, которая расшифровывается: вентиль сильфонный, максимальное давление 16 кгс/см², условный диаметр 6 мм.

На всей трассе «отбор давления — импульсная линия — манометр» для создания необходимой плотности в соединениях используются прокладки, которые в зависимости от измеряемой среды и давления изготавливаются из паронита, пресшпана, алюминия или отожженной меди.

Все трубные проводки монтируют в соответствии с рабочими чертежами проекта по схемам внешних трубных проводок, в которых определены трасса, длина и сортамент труб.

4.3. Технические характеристики мембранных разделителей РМ

| Тип разделителя | Верхний предел измерения давления, МПа (кг/см ²) | Объем датчика, см ³ | Тип подключаемого прибора |
|-------------------------------|--|--------------------------------|--|
| РМ-5319 РМ-5320 РМ-5497 | 0,025—2,5 (0,25—25) | 40 | Манометры, мановакуумметры, преобразователи электрические и пневматические системы ГСП |
| РМ-5494 РМ-5321 РМ-5322 | 0,6—2,5 (6—25) 4—60 (40—600) | 20 20 | |

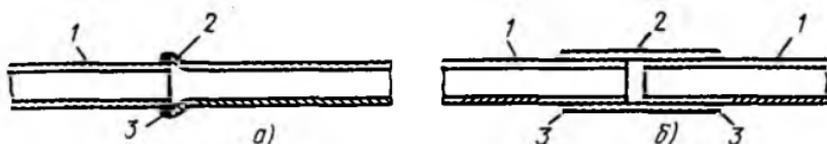


Рис. 4.2. Способы соединения медных и стальных трубок:
а — сварка после вальцовки: 1 — трубка, 2 — развальцованный участок, 3 — место сварки (пайки); *б* — с помощью вставки: 1 — трубка, 2 — вставка, 3 — место сварки (пайки)

Как одиночные, так и групповые трубные разводки вдоль трассы крепятся на специальных типовых стойках и кронштейнах, выполненных из полосовой или перфорированной стальной полосы.

Монтаж и прокладка трубных проводок является трудоемкой и ответственной операцией. Наличие утечек и неплотности в импульсных разветвленных трассах ведет к заниженным показаниям приборов, некачественному ведению технологического процесса.

Соединение медных и стальных трубок выполняется соответственно газовыми и электросварочными постами. Стыковая пайка медных трубок не получила большого применения, так как припой при пайке попадает внутрь трубок и забивает проходное сечение. Лучшим способом соединения трубок является соединение с помощью медных или стальных вставок (рис. 4.2).

Для монтажа медных и стальных трубок используются специальные вальцовки, позволяющие выполнить необходимый профиль соединительного конуса. На рис. 4.3 представлено приспособление для вальцовки медных и стальных трубок. Для вальцовки трубка заводится в захват матрицы 2, вытягивается барашками 1. После этого вращением толкате-

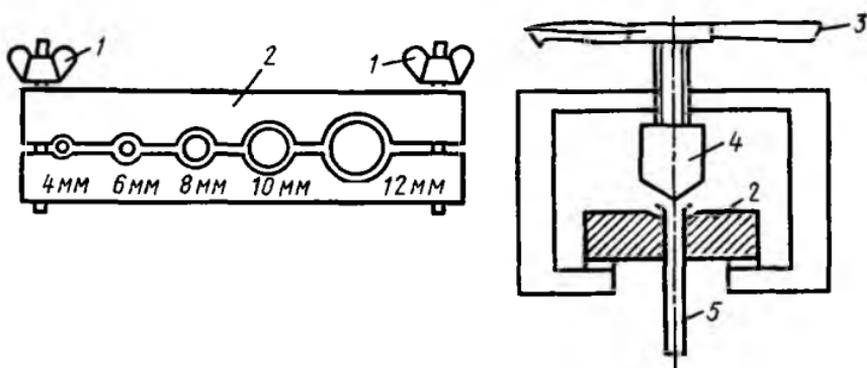


Рис. 4.3. Приспособление для вальцовки трубок:
 1 — барашки, 2 — матрица (корпус), 3 — вороток, 4 — рабочий конус, 5 — трубка

ля 3 конус 4 вдавливается внутрь трубки 5, которая принимает форму конуса.

Полиэтиленовые трубки и кабели из материала ТУМПХ применяются при давлении газа или жидкости до 0,6 МПа (6 кгс/см²). Соединение их с приборами осуществляется разогревом до 220—260 °С и последующей посадкой на требуемый штуцер прибора.

Техника безопасности при эксплуатации средств измерения давления

1. Импульсные линии, используемые для измерения давления кислорода, должны быть обязательно обезжирены от следов масла четыреххлором или хладоном во избежание самовоспламенения или местного взрыва в результате взаимодействия кислорода как окислителя со следами масла.

2. Манометры, используемые для измерения давления кислорода, должны иметь на шкале маркировку «Кислород — маслоопасно», а внутренняя полость обезжирена. При транспортировке и хранении штуцера таких манометров должны иметь специальные заглушки для исключения случаев попадания масел во внутреннюю полость прибора.

3. Обезжиривание внутренней поверхности манометра и импульсных линий осуществляется путем неоднократного введения туда (3—5 раз) шприца, заполненного растворителем (хладоном, трихлорэтиленом), и последующим встряхиванием рабочей поверхности в течение нескольких минут. Такие операции производятся несколько раз до тех пор, пока при извлечении растворителя из рабочих поверхностей на чистой белой бумаге не остается после испарения масляных жирных следов.

4. Запрещается монтировать и эксплуатировать манометры без запорного устройства (вентилля) на линиях среднего и высокого давления (соответственно 10 кгс/см² (1 МПа) и выше — от 10 до 600 кгс/см² (1—60 МПа).

5. При слышимых утечках кислорода, водорода, природного газа и токсичных газов в производственных помещениях категорически запрещается производство любых видов монтажных и ремонтных работ. При этом необходимо проветрить помещение, устранить утечки и определить степень загазованности приборным методом — газоанализатором соответствующего типа.

6. После производства работ в загазованных помещениях необходимо слесарю КИПиА проветрить одежду на открытом воздухе в течение 10—15 мин; запрещается в этот период пользоваться открытым огнем и курить.

7. Категорически запрещается отыскивать утечки токсичных, взрывоопасных и горючих газов на манометрах и их импульсных линиях с помощью открытого огня и спичек.

Краткая характеристика основных взрывоопасных и горючих газов приведена в табл. 4.4.

4.4. Свойства основных взрывоопасных, горючих и инертных газов

| Газ | Свойства газа |
|---------------|---|
| Кислород | Бесцветный, неядовитый газ, обладающий высокой химической активностью; является сильным окислителем; горючий газ (водород, метан) образуют с ним взрывоопасную смесь. Масла, их продукты и пары, окисляясь с кислородом, самовоспламеняются. В воздухе кислород содержится в пределах не более 22 и не менее 19 %. Плотность кислорода 1,43 |
| Водород | Горючий, бесцветный и взрывоопасный газ; неядовитый, легче воздуха в 14,2 раза. Нижний предел взрывоопасности с воздухом 4,15, верхний — 75 % |
| Природный газ | Горючий, взрывоопасный газ; с воздухом образует воспламеняющуюся и взрывоопасную смесь, легче воздуха, плотность 0,55. Нижний предел взрывоопасности 5, верхний — 15 % |
| Азот | Бесцветный, неядовитый газ; плотность 1,25; в 1,03 раза легче атмосферного воздуха. В количестве 78 % содержится в воздухе; увеличение азота в воздухе свыше 78 % ведет к уменьшению кислорода и при 16 % кислорода в воздухе у человека наступает кислородное голодание, удушье |

Подготовка к включению приборов измерения давления (показывающих, самопишущих, сигнализирующих и преобразователей)

1. На всех соединениях импульсных линий, кранах и манометрах установить в зависимости от контролируемой среды (жидкость, газ, агрессивные среды) соответствующие прокладки (фибру, прессшпан, паронит, фторопласт, алюминий, отожженную медь).

2. Произвести затяжку всех соединений на трассе.

3. Открыть запорный вентиль на отборе измеряемого давления, проверить отсутствие утечек, затем открыть манометровый вентиль на манометре, определить его показания по

измерительной стрелке прибора и сравнить их с действительным давлением измеряемой среды.

4. Закрывать запорный вентиль на месте отбора давления, засесть время и величину падения давления по образцовому манометру. Величина падения давления не должна превышать нормируемой величины.

5. При превышении нормы падения давления необходимо осмотреть все соединения и устранить неплотности типа: некачественная пайка (сварка) импульсной линии, заусенцы и замятины на резьбовых соединениях, штуцерах, использование некачественных прокладок.

6. Полностью «сравнить» давление открытием крана или плавным отвинчиванием накидной гайки на манометре. Манометр при этом должен показать нулевое давление.

7. Рабочее или остаточное давление на манометре при «сбросе» давления предполагает ряд неисправностей: «передавливание» или сбой нулевых показаний самого манометра; засорение импульсной трассы или установку неправильной прокладки; сдавливание рабочего сечения мягкой прокладки из-за большого усилия при затяжке соединений и накидной гайки на манометре, частичное перекрытие сечения импульсной линии при пайке, сварке и механическом соединении.

8. В зависимости от сложности и категории работающего технологического оборудования манометры и преобразователи давления должны иметь клеймо государственной или ведомственной поверки.

9. Клеймо государственной и ведомственной поверки действительно на один год эксплуатации манометра.

10. Категорически запрещается эксплуатировать средства измерения без действующего клейма поверки.

4.4. ПРУЖИННЫЕ МАНОМЕТРЫ

Для целей автоматического контроля, сигнализации и регулирования давления используют различные средства измерения давления. Местный контроль осуществляется показывающими манометрами; для дистанционного контроля на щитах и пультах используют самопишущие манометры с записью на диаграммной бумаге; для контроля и автоматической сигнализации аварийных значений давлений применяют электроконтактные манометры.

Общий вид манометров показан на рис. 4.4.

В зависимости от назначения манометры имеют соответствующую маркировку: виброустойчивые — МТП, МВТП; сверхвысокого давления — СВ; взрывозащищенные —

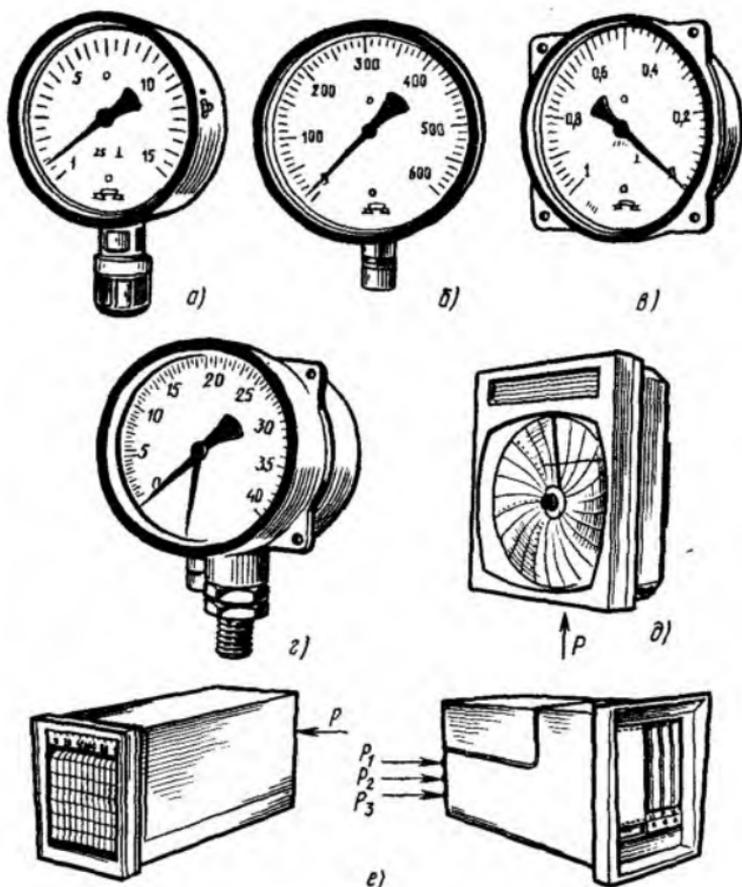


Рис. 4.4. Общий вид манометров: показывающие: *a* — типа ОБМ, *б* — типа АМУ, *в* — типа МОШ, *г* — электроконтактный типа ЭКМ, *д* — самопишущий типа МТС, *е* — регистрирующий типа ПКР

ВЭ-16-Р6; точных измерений — МТИ, ВТИ (класс 0,6; 1,0); образцовые — МО, ВО (класс 0,4), технические — МТ; МОШ; ОБМ.

Технические характеристики манометров среднего, высокого давления, а также с электрической дистанционной передачей приведены в табл. 4.5—4.7.

4.5. Технические характеристики манометров среднего давления

| Тип манометра | Верхний предел измерений, кгс/см ² | Расположение штуцера | Класс точности |
|---------------|---|----------------------|----------------|
| ОБМ-1-160 | 1; 1,6; 2,5; 4; 6; | Радиальное | 1,5 |
| ОБМ-1-1606 | 10; 16; 25; 40; | » | 1,5 |
| МОШ-1-160 | 60 | Осевое | 1,5 |

4.6. Технические характеристики манометров сверхвысокого давления

| Тип манометра | Модель | Предел измерений, кгс/см ² |
|---------------|--------|---------------------------------------|
| МСв-П1 | 9181 | 0—1000 |
| МСв-П2 | 9182 | 0—1600 |
| МСв-П3 | 9183 | 0—2500 |
| МСв-П4 | 9184 | 0—4000 |
| МСв-П5 | 9185 | 0—6000 |
| МСв-П6 | 9186 | 0—10000 |

4.7. Технические характеристики манометров с электрической дистанционной передачей показаний

| Тип прибора | Модель | | Предел измерений, кгс/см ² | | Класс точности |
|-------------|-------------------------|------|---------------------------------------|--------|----------------|
| | Выходной токовый сигнал | | | | |
| | 20 мА | 5 мА | | | |
| МП-32 | 9212 | 9512 | 0—40 | 0—50 | 0,6 |
| МП-33 | 9213 | 9513 | 0—100 | 0—160 | 1,0 |
| МП-34 | 9214 | 9514 | 0—250 | 0—400 | 1,5 |
| | | | 0—600 | 0—1000 | |

В качестве чувствительных элементов у манометров используются трубчатые пружины. Как видно из рис. 4.5, один конец трубчатой пружины 3 переходит в штуцер 7 для восприятия измеряемого давления. Под действием давления свободный конец манометрической трубки 5 будет деформироваться (изгибаться), причем величина упругой деформации пропорциональна измеряемому давлению. В силу этого соотношения измерительная стрелка 1 за счет перемещения кинематического узла (трибка 2 — сектор 4 — поводок 6) показывает относительно шкалы прибора истинное значение измеряемого давления.

Основные неисправности приборов давления и способы их устранения представлены в табл. 4.8. Объем ремонтных работ определяется после проведения осмотров всех частей приборов.

Пружинные показывающие и самопишущие манометры ремонтируются силами ремонтных служб метрологического подразделения. Для этого на специальном участке рабочие места должны быть оборудованы резервными стеклами стандартного ряда диаметром 60, 100, 160 и 250 мм, стандартными шкалами, специальными съемниками для демонтажа измерительных стрелок с осей приборов; струбцинами для кре-

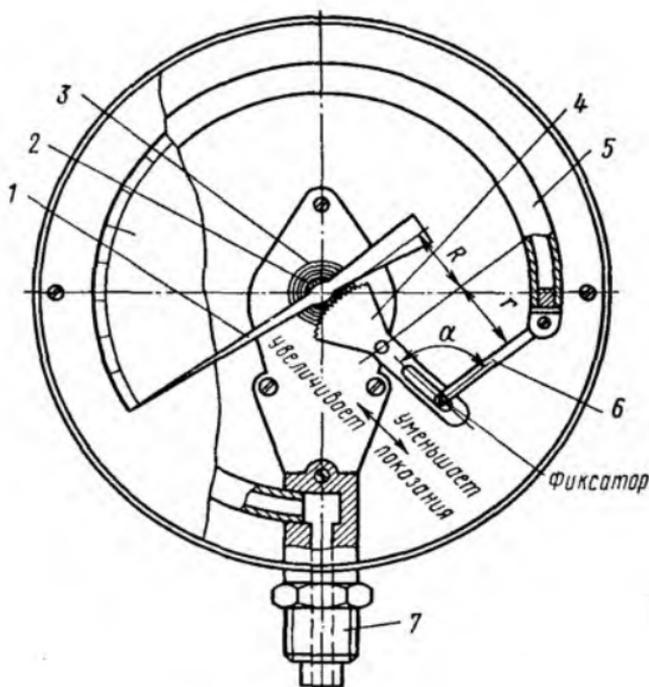


Рис. 4.5. Кинематическая схема манометра:
 1 — стрелка, 2 — трибка, 3 — пружина, 4 — сектор,
 5 — датчик давления (манометрическая трубка), 6 —
 поводок, 7 — штуцер

пежа деталей манометров, набором лерок для восстановления забитых резьб штуцеров $M\ 20 \times 1,4$, приспособлениями для вычерчивания шкал, наборами пинцетов и часовых луп, наборами газовых горелок малой величины для пайки чувствительных элементов (пружин).

Наиболее трудоемкими операциями является замена чувствительного элемента (трубки) манометра и регулировка кинематического звена «сектор — трибка» (см. рис. 4.5).

Замену чувствительного элемента прибора производят после его использования для замера давления, превышающего максимальное. В результате этого трубка растягивается, возникает остаточная деформация, не подлежащая ремонту. Для ремонта такого прибора производят его полную разборку, штуцер 7 закрепляют в тиски и с помощью газовой горелки демонтируют трубку 5 из платы. После оплавления припоя неисправную трубку извлекают пассатижами, а на ее место после зачистки поверхности устанавливают аналогичную манометрическую пружину (на заданный предел измерения давления). Место пайки обрабатывают растворителем — канифолью с ацетоном (спиртом) или соляной кислотой.

4.8. Основные неисправности приборов давления и способы их устранения

| Неисправность | Причина неисправности | Способ устранения |
|---|---|---|
| Показания прибора полностью отсутствуют | <p>Забито сечение импульсной линии, отбора</p> <p>Перекрыт вентиль в линии отбора давления</p> <p>Резкий перегиб импульсной трубки на трассе</p> <p>«Заплыв» сечения импульсной линии припоем при монтаже</p> <p>Пережата прокладка между манометром и накидной гайкой штуцера</p> <p>Засорение штуцера манометра</p> | <p>Продуть соответствующий участок, прочистить отбор</p> <p>Открыть или прочистить вентиль</p> <p>Проверить и устранить перегиб</p> <p>Проверить и устранить дефект монтажа</p> <p>Установить жесткую прокладку (паронит, фибра, отожженная медь)</p> <p>Прочистить отверстие штуцера стальной проволокой ($d=0,8 \div 1,2$ мм)</p> |
| Неправильные показания прибора | <p>Неплотности импульсной линии (прокладки, кран)</p> <p>«Передавливание» трубчатой пружины — остаточная деформация от превышения измеряемого давления</p> <p>Смещение положения измерительной стрелки</p> <p>Большой люфт, зазоры в кинематическом узле</p> <p>Повышенное трение в передающем механизме; износ зубцов сектора</p> <p>Слабое крепление манометрической трубки</p> | <p>Устранить подтяжкой соединений или заменой прокладок</p> <p>Заменить трубчатую пружину или манометр</p> <p>Сбросить давление с прибора, снять съёмником стрелку и установить ее на нулевое положение относительно шкалы</p> <p>Устранить люфт или заменить прибор</p> <p>Произвести ревизию и замену изношенных частей</p> <p>Проверить и затянуть крепежные винты</p> |
| Колебания измерительной стрелки | <p>Слабая насадка стрелки на ось</p> <p>Большие зазоры в кинематических звеньях</p> | <p>Произвести правильную насадку стрелки с помощью оправки</p> <p>Настроить зазоры в соединениях</p> |

| Неисправность | Причина неисправности | Способ устранения |
|---|---|--|
| | Накопление конденсата или пульсация давления от отбора | Отключить прибор, произвести продувку трассы; прикрыть вентиль на отборе или установить дроссель в штуцер манометра |
| Резкие скачки измерительной стрелки | Срабатывание зубьев или шестерни передаточного механизма Дефект передаточного механизма; коррозия его частей; перекосы, люфты | Произвести ремонт измерительного механизма или заменить манометр Произвести ревизию и ремонт; устранить люфты и перекосы; настроить передаточный механизм |
| «Затирание» стрелки о стекло | Перекос оси шестерни, из-за этого стрелка вращается не в плоскости шкалы прибора Перекос площадки крепления трубки манометра | Устранить перекос оси, установить правильно стрелку Устранить неровность поверхности площадки, закрепить трубку манометра; проверить плоскость вращения стрелки |
| Не работает привод вращения диаграммы (часовой) | Механизм стоит на фиксаторе «Стоп» Распущена приводная пружина или сильно заведена специальным ключом Неисправность самого приводного механизма | Перевести фиксатор из положения «Стоп» в положение «Пуск» Плавно завести пружину, несколько раз перевести фиксатор из положения «Стоп» в положение «Пуск» Произвести ремонт часового приводного механизма; заменить часовой механизм |
| Не работает электродвигатель привода диаграммы | Перегорание предохранителя в цепи электродвигателя Перегорание обмотки электродвигателя | Проверить и заменить предохранитель Произвести перемотку обмотки или заменить двигатель |

| Неисправность | Причина неисправности | Способ устранения |
|--|---|---|
| При исправности привода не вращается диаграмма | Слабая фиксация диаграммы на держателе Ослаблено крепление привода; шестерни имеют зазоры и не входят в зацепление | Проверить и закрутить фиксатор крепления диаграммы Проверить и устранить затяжкой привода люфт, настроить правильное зацепление шестеренок |

Пайка производится припоем оловянным ПОС-40 или ПОС-60, при этом обращают внимание на правильность положения пружины в двух плоскостях — горизонтальной и вертикальной. После сборки манометра, настройки кинематического узла методом упругой деформации трубки предварительно испытывают измерительный механизм в комплексе: нагружая пальцами руки манометрическую трубку, внимательно проверяют плавность перемещения сектора 4 трибки 2, измерительной стрелки 1. Вся система должна работать плавно, без перекосов и заеданий; наличие недостатков свидетельствует о плохом качестве сборки механизма с нарушением параллельности перемещения отдельных частей.

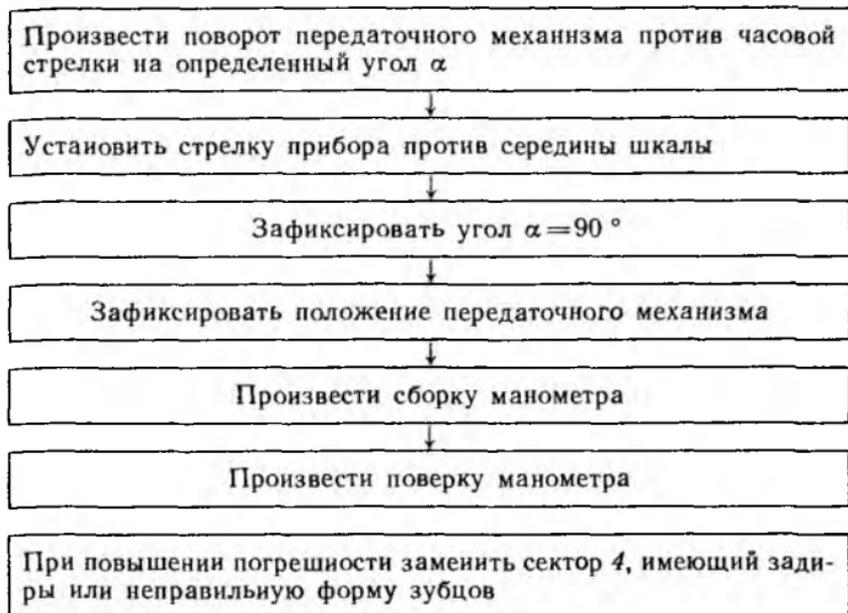
Наличие «задиrow» на зубьях, секторе и трибке нарушает плавность перемещения измерительной стрелки прибора, которая в определенной части шкалы начинает перемещаться рывками. Для рассмoтpeния подобных дефектов используется часовая лупа 5 \times , неисправные элементы подлежат замене или правке с помощью личных напильников.

К основным неисправностям манометров относят: изнашивание деталей передаточного механизма (трибка, сектор и т. д.); увеличение зазоров в соединениях передаточного механизма; появление остаточных деформаций в датчике (трубчатой пружине); деформация измерительной стрелки; неисправности шкалы, корпуса, стекла прибора.

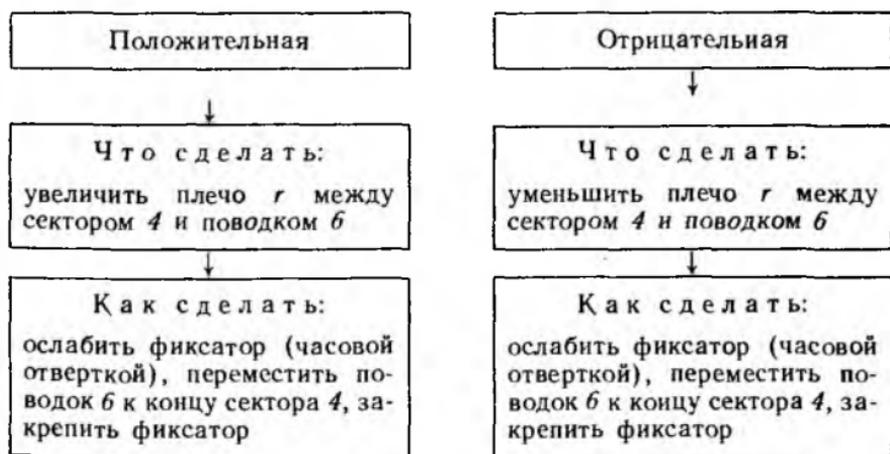
После устранения замеченных неисправностей манометр должен пройти ведомственную или государственную поверку на грузопоршневом манометре типа МП. Сличением показаний образцового манометра и поверяемого производится проверка класса точности отремонтированного прибора.

В табл. 4.9, 4.10 даны погрешности манометров и способы их устранения. Основные неисправности манометров и способы их устранения представлены в табл. 4.11.

4.9. Алгоритм устранения положительных и отрицательных погрешностей манометров (см. рис. 4.5)



4.10. Устранение пропорциональной погрешности манометров (см. рис. 4.5)



4.11. Основные неисправности пружинных манометров и способы их устранения

| Неисправность | Причина неисправности | Способ устранения |
|---|---|---|
| Погрешность манометра выше класса точности | Смещение стрелки прибора при ее установке Задиры и дефект передаточного механизма | Снять и правильно установить измерительную стрелку на ось трубки (на нулевую отметку шкалы) Выбрать зазоры в соединениях; выправить и устранить соприкосновение витков противодействующей пружины; промыть бензином и смазать костяным маслом подшипниковые гнезда |
| Показания прибора изменяются скачкообразно в нескольких точках шкалы | Износ сектора или трибки; наличие на них коррозии, пыли Перекос осей трибки или сектора Малые зазоры цапф осей трибки и сектора | Заменить сектор или трибку; промыть элементы в бензине Выправить оси на специальной плите рихтовкой Увеличить и настроить осевые и радиальные зазоры цапф |
| При отключении измеряемого давления стрелка манометра не устанавливается на ноль | Наличие задиров в передаточном механизме; перекос оси стрелки Перекос или слабый натяг спиральной пружины на оси трибки Неправильная установка измерительной стрелки относительно оси | Устранить задиры надфилем в передаточном механизме; произвести правку оси стрелки Выправить или заменить спиральную пружину; увеличить натяг спиральной пружины Снять специальным съёмником стрелку и при отсутствии давления установить стрелку на ноль |
| Измерительная стрелка задевает за циферблат или стекло, создавая вариацию показаний | Изгиб стрелки; неправильная насадка стрелки на ось Перекос держателя трубчатой пружины относительно корпуса манометра | Выправить стрелку пинцетом; установить ее на ось; сохранив зазор относительно циферблата и стекла Устранить перекос держателя |

| Неисправность | Причина неисправности | Способ устранения |
|--|--|--|
| Превышение допустимой вариации показаний | Наличие механических включений; коррозия зубьев трибки, сектора и осей | Промыть детали авиабензином; цапфы осей промыть, а отверстия подшипников смазать костяным маслом |
| | Деформация осей в передаточном механизме | Произвести разборку и правку осей на медной плате или в тисках деревянным молоточком |
| | Деформация спиральной пружины (перекос, замятие) | Выправить или заменить спиральную пружину |

4.5. МЕМБРАННЫЕ ПРИБОРЫ

Для измерений давлений, разрежений и разности давлений от 0 до 25 кПа выпускают стрелочные приборы — напоромеры, тягомеры и тягонапоромеры типов НМ-П1, ТМ-П1, ТНМ-П1, НМП-52; ТМП-52, ТНМП-52. Приборы данной группы можно использовать как местные приборы, так и для дистанционного измерения.

В напоромерах (рис. 4.6, б) чувствительным элементом является мембранная коробочка, состоящая из двух спаянных между собой мембран. Под действием разности атмосферного

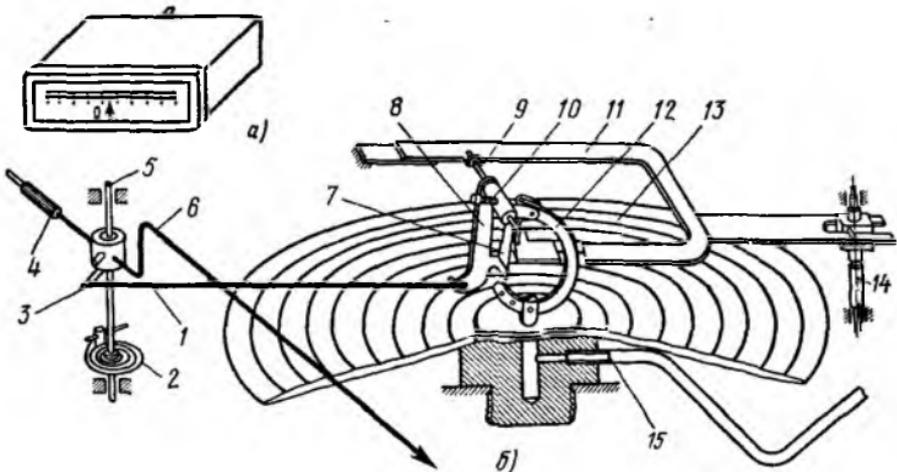


Рис. 4.6. Напоромер НМП:

a — общий вид, *б* — кинематическая схема: 1 — тяга, 2, 7 — пружины, 3, 8 — рычаги, 4 — противовес, 5 — ось, 6 — стрелка, 9 — винт, 10 — стойка, 11 — рамка, 12 — поводок, 13 — мембранная коробочка, 14 — корректор, 15 — штуцер

и измеряемого давления, подаваемого через штуцер 15, коробка 13 изменяет свой объем, жесткий центр верхней мембрана перемещается, заставляя с помощью поводка 12, рычага 8 деформацию датчика во вращательное движение измерительной стрелки 6.

Как правило, ремонт мембранных коробок напорометров типов НМП-52, ТМП-52, ТНМП-52 и других выполняется только специализированными предприятиями «Центррем-прибор». Приборы данного типа имеют практически такие же неисправности, как и манометры.

Кинематический узел (см. рис. 4.6) может иметь следующие дефекты: изгиб поводка 12 из-за превышения предела измеряемого давления; деформацию пружины 2, 7, тяги 1. Подобные неисправности после разборки прибора устраняются правкой на контрольной плите с помощью деревянного или медного молоточка массой до 30—40 г. Угол наклона измерительной стрелки настраивается пинцетом так, чтобы она не касалась шкалы по всей ее длине.

После деформации коробки первоначальный ее вид восстановить не удастся. Необходима замена коробки на резервную с заданной технической характеристикой; замена производится после полной разборки напорометра, операция демонтажа и пайки подобна описанной выше при ремонте манометров.

4.6. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ДАВЛЕНИЯ

Электрические преобразователи давлений типа «Сапфир» имеют ряд модификаций (табл. 4.12) и получили широкое применение в автоматизации процессов, в том числе взрывоопасных производствах. Такие приборы имеют унифицированный электрический выходной сигнал постоянного тока 0—5; 0—20; 4—20 мА.

Принцип действия приборов данной группы основан на использовании тензоэффекта в полупроводниковом материале — тензорезисторе.

4.12. Модификации и область применения электрических преобразователей «Сапфир»

| Тип преобразователя | Измеряемая величина |
|---------------------|-----------------------|
| Сапфир-22ДА | Абсолютное давление |
| Сапфир-22ДИ | Избыточное давление |
| Сапфир-22ДВ | Разрежение |
| Сапфир-22ДИВ | Давление — разрежение |
| Сапфир-22ДИ | Разность давлений |

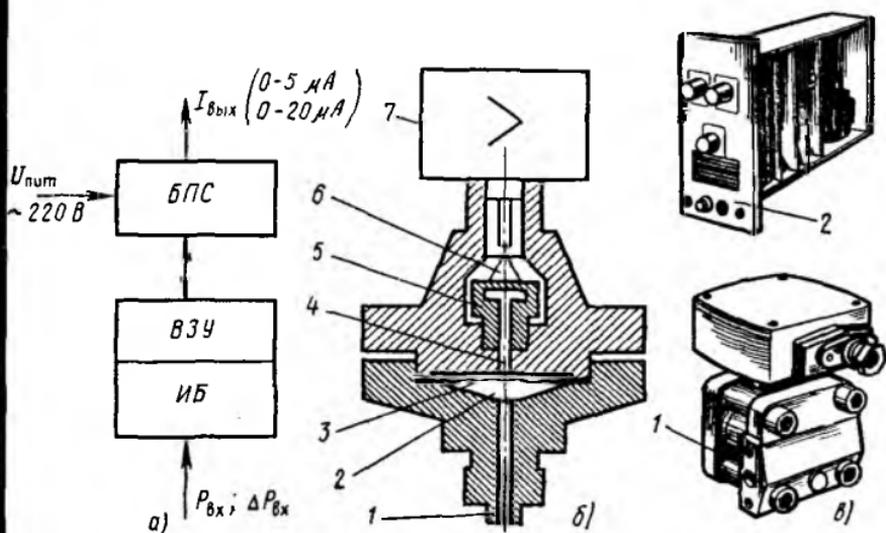


Рис. 4.7. Преобразователь Сапфир-22:

а — блок-схема: ИБ — измерительный блок, ВЗУ — встроенное электронное устройство, БПС — блок преобразования сигнала; *б* — конструкция: 1 — штуцер, 2 — камера, 3 — стальная мембрана, 4 — наполнитель (кремний-органическая жидкость), 5 — тензопреобразователь, 6 — выводы, 7 — электронное устройство; *в* — общий вид: 1 — датчик, 2 — электронный блок

На рис. 4.7 представлена конструкция преобразователя «Сапфир». Под действием измеряемого давления P изменяется степень напряженного состояния вмонтированного тензорезистора. Пропорционально деформирующей силе изменяется электрическое сопротивление тензорезистора. Сигнал тензодатчика преобразуется в электрический сигнал стандартного значения электронным устройством.

В качестве чувствительного элемента преобразователей используется пластина монокристаллического сапфира с кремниевыми пленочными тензорезисторами, связанными с измерительной мембраной.

В зависимости от пределов измерений используют рычажно-мембранные и мембранные тензомодули измерительных блоков. Внутренняя полость преобразователя, ограниченная мембраной (стальной, гофрированной), заполнена кремний-органической жидкостью.

Технические характеристики преобразователей «Сапфир» даны в табл. 4.13.

Подготовка преобразователя давления «Сапфир» к работе: 1. Собрать схему преобразователя в соответствии с рекомендациями завода-изготовителя. 2. Подключить питание 220 В к преобразователю. 3. Через 30 мин после подачи напряжения проверить и установить выходной сигнал пре-

4.13. Технические характеристики преобразователей давления «Сапфир»

| Назначение и тип преобразователя | Предел измерения, кПа | Погрешность измерений, % |
|---|---------------------------------------|--------------------------|
| Абсолютного давления: Сапфир-22ДА Сапфир-22ДА-Ех | 2,5—16 000 | 1; 0,5; 0,25 |
| Избыточного давления: Сапфир-22ДИ Сапфир-22ДИ-Ех | 0,25—100 000 | 1; 0,5; 0,25 |
| Разрежения: Сапфир-22ДВ Сапфир-22ДВ-Ех | 0,25—100 | 1; 0,5 |
| Давления — разрежения: Сапфир-22ДИВ Сапфир-22ДИВ-Ех | $-125 \div +125$ $-100 \div +2400$ | 1; 0,5 |
| Разности давлений: Сапфир-22ДД Сапфир-22ДД-Ех | 0,25—25 40—1600 | 1; 0,5; 0,25 |

образователя, соответствующий нижнему и верхнему значению измеряемого параметра. 4. Контроль значения выходного сигнала производится с помощью миллиамперметра постоянного тока, подключаемого к зажимам электронного преобразователя. 5. Установка выходного сигнала преобразователя «Сапфир» должна производиться после подачи и сброса давления, составляющего 50—100 % верхнего предела измеряемого давления.

Электронное устройство преобразователя «Сапфир» (рис. 4.8) имеет соответствующие устройства для настройки диапазона и нуля выходного сигнала.

Корректоры 4 и 5 позволяют соответственно осуществлять плавную настройку диапазона и нуля выходного сигнала. Переключки электронного устройства служат для ступенчатого смещения нуля, ступенчатой настройки диапазона выходного сигнала и для изменения направления смещения нуля.

Преобразователь «Сапфир» имеет регулировку диапазона измерений и может быть перенастроен на любой диапазон измерений, указанный для данной модели. Перенастройку осуществляют с помощью элементов ступенчатой и плавной настройки переключек и корректоров 4, 5. Для этого необходимо вывернуть заглушки корректора нуля 5 и корректора

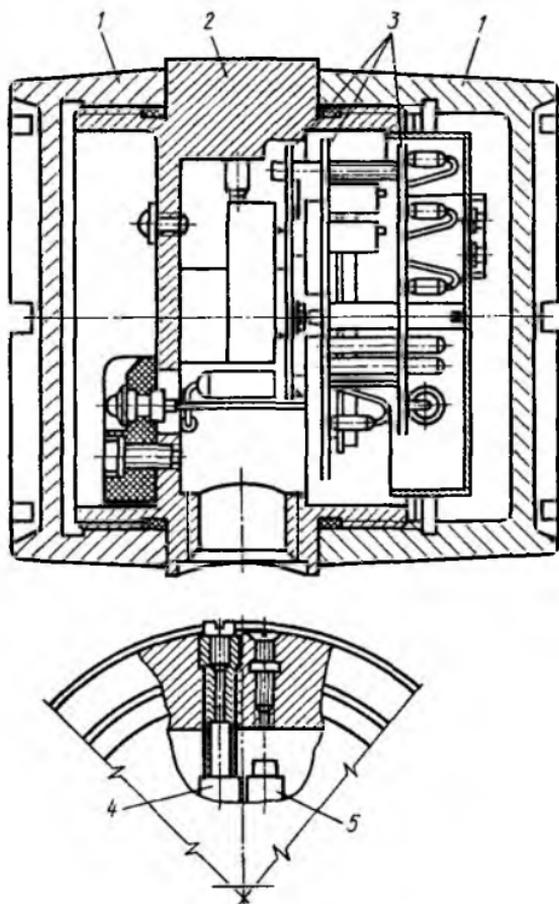
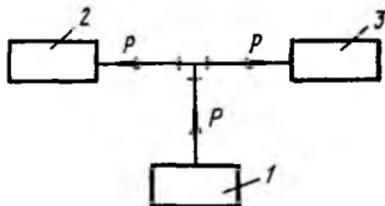


Рис. 4.8. Электронное устройство преобразователя Сапфир-22:
 1 — крышка, 2 — корпус, 3 — платы, 4, 5 — корректоры

диапазона 4 (см. рис. 4.8); собрать схему (рис. 4.9) для подачи и контроля измеряемого давления. Подать на преобразователь «Сапфир» давление, равное нижнему предельному давлению, ориентируясь на показания образцового манометра 3; установить при этом корректором нуля 5 (см. рис. 4.8) выходной сигнал (табл. 4.14). Если корректор 5 не обеспечивает заданного значения выходного сигнала,

Рис. 4.9. Блок-схема настройки преобразователя Сапфир-22:
 1 — грузопоршневой пресс, 2 — образцовый манометр, 3 — ремонтируемый (поверяемый) манометр



необходимо изменить положение переключателей на соседние (при отключенном питании 220 В).

После регулировки нулевого значения сигнала переходят к настройке диапазона измерений — грузопоршневым прес-сом создают верхнее значение давления на преобразователе «Сапфир», ориентируясь на показания образцового манометра. Затем с помощью корректора диапазона 4 устанавливаем требуемое предельное значение выходного сигнала (по табл. 4.14). Если корректор 4 не позволяет произвести заданную регулировку, перемещают переключатели электронного блока на соседнее положение.

4.14. Выходные сигналы пневматических и электрических преобразователей давления при нулевом значении измеряемого давления

| Тип прибора | Выходной сигнал | | |
|---|---------------------|--------------------|-------------------|
| | пневматический, МПа | электрический | |
| | | $I_{\max} = 20$ мА | $I_{\max} = 5$ мА |
| Манометры, вакуумметры, тягомеры, напорометры, манометры | 0,020 | 0 | 0 |
| Тягонапорометры | 0,060 | 10 | 2,5 |
| Мановакуумметры с верхним пределом измерения давления, МПа: | | | |
| 0,06 | 0,070 | 12,500 | 3,012 |
| 0,15 | 0,052 | 8,00 | 2,00 |
| 0,3 | 0,04 | 5,00 | 1,25 |
| 0,5 | 0,033 | 3,33 | 0,83 |
| 0,9 | 0,028 | 2,00 | 0,50 |
| 1,5 | 0,025 | 1,25 | 0,31 |
| 2,4 | 0,023 | 0,80 | 0,20 |

Примечание. При максимальном измеряемом давлении в преобразователе формируется соответствующий выходной сигнал: в пневматическом — 0,2 МПа, в электрическом — 20 или 5 мА (в зависимости от типа преобразователя).

4.15. Основные неисправности преобразователя давления «Сапфир» и способы их устранения

| Неисправность | Причина неисправности | Способ устранения |
|-----------------------------|-------------------------------------|---|
| Отсутствует выходной сигнал | Нет напряжения на входе прибора | Проверить и восстановить напряжение питания |
| | Нарушена целостность тензорезистора | Проверить характеристику тензорезистора |
| | Нарушена цепь нагрузки (обрыв цепи) | Проверить и устранить обрыв цепи |

| Неисправность | Причина неисправности | Способ устранения |
|---|---|--|
| | Неисправность электронного устройства преобразователя | Изменяя сопротивление тензорезистора, проверить изменение выходного сигнала электронного устройства в пределах 0—20 мА (по заводской инструкции) |
| | Отсутствует герметичность в соединениях отборов давлений | Заменить прокладки и подтянуть соединения; проверить утечки обмыливанием соединений |
| Большая погрешность измерений, нестабильность выходного сигнала | Нет герметичности в сальниках вентилей или монтажного фланца | Подтянуть или заменить сальники, проверить отсутствие утечек |
| | Нет герметичности фланца или пробки фланца измерительного блока | Подтянуть или заменить уплотнительные кольца; проверить утечки |
| | Отсутствует контакт на перемычках «диапазон» и «нуль» преобразователя | Снять крышку и одну из перемычек, зачистить ее контакты. Установить перемычку на место. Снять и зачистить следующую перемычку |

Произведя настройку максимального значения выходного сигнала, вновь необходимо создать нижнее значение измеряемого давления и с помощью корректора нуля 5 произвести поднастройку нулевого сигнала преобразователя.

Основные неисправности прибора «Сапфир» и способы их устранения приведены в табл. 4.15.

4.7. ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ДАВЛЕНИЯ

Системой ГСП выпускается целый ряд преобразователей давления с пневматическим выходным сигналом.

На рис. 4.10, а представлен общий вид сильфонного манометра с пневмовыходом типа МС-П. Принцип действия таких приборов основан на пневматической силовой компенсации. Измеряемое давление $P_{изм}$ (рис. 4.10, б) подается на сильфон б, преобразуется передаточным механизмом (Т — образным рычагом А и Г-образным рычагом Б) в пропорциональное усилие, которое автоматически уравнивается уси-

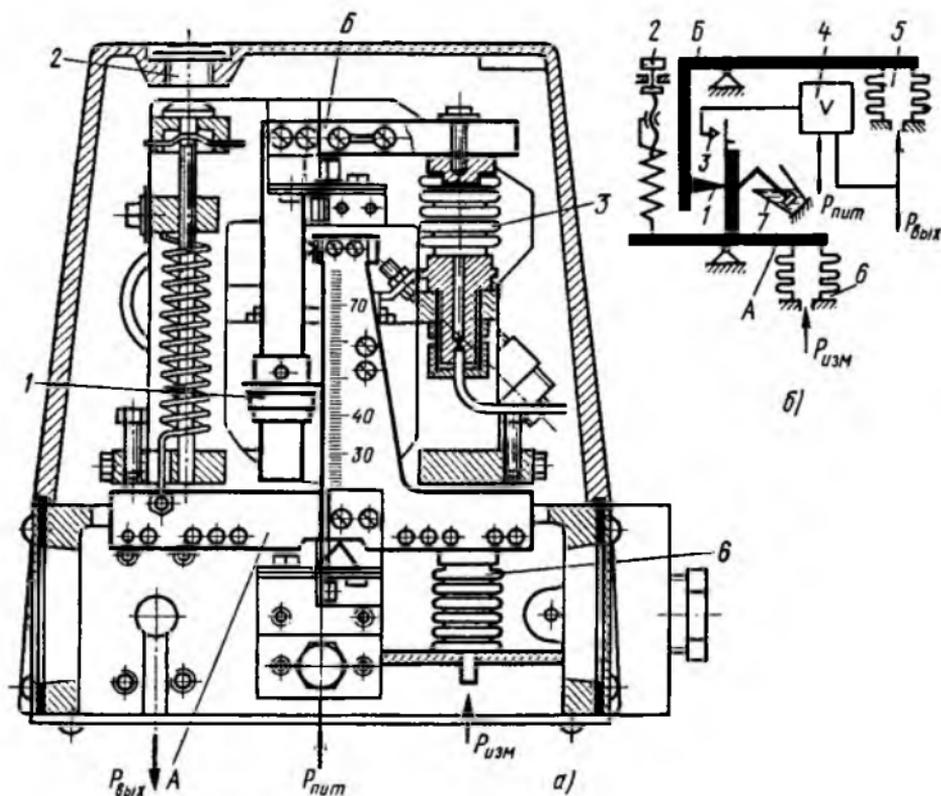


Рис. 4.10. Манометр с пневмовыходом типа МС-П:
а — общий вид конструкции, *б* — схема пневмосилового преобразователя:
 1 — кольцо подвижной опоры, 2 — винт корректора нуля, 3 — сопло-за-
 слонка, 4 — пневмореле, 5 — сильфон обратной связи, 6 — сильфон входного
 сигнала, 7 — успокоитель колебаний (демпфер)

лием сильфона обратной связи 5. Для изменения пределов измерения давления прибор имеет перемещаемое кольцо 1.

Технические характеристики преобразователей МС-П, используемые при производстве ремонтно-наладочных работ, приведены в табл. 4.16.

Основные неисправности и ремонт пневматических преобразователей типа МС-П

1. Нестабильность выходного сигнала возникает по ряду причин: ослабленном креплении измерительного блока с преобразователем; затирании демпфера.

Первоначально необходимо произвести крепление всех узлов прибора, резьбовых соединений, рычагов. Затем настраивается зазор между стаканом и поршнем демпфера, с тем чтобы зазор со всех сторон был одинаков. После этого в стакан заправляется кремнийорганическая жидкость

4.16. Технические характеристики преобразователя давления МС-П

| Тип преобразователя | Верхний предел измерений, кгс/см ² | Выходное давление преобразователя в зависимости от верхнего предела измерений, кгс/см ² (МПа) | | | | | |
|---------------------|---|--|--------------|--------------|--------------|--------------|-----------|
| | | 0 | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 |
| МС-П12 | 2; 4 | 0,2 (0,002) | 0,36 (0,036) | 0,52 (0,052) | 0,68 (0,068) | 0,84 (0,084) | 1,0 (0,1) |
| МС-П13 | 6; 10 | | | | | | |
| МС-П15 | 16; 25 | | | | | | |
| МС-П17 | 40; 60 | | | | | | |
| МС-П18 | 100; 160 | | | | | | |
| МС-П19 | 250; 400; 600 | | | | | | |

до уровня 12—13 мм от верхней кромки стакана.

2. Отсутствие выходного давления преобразователя или его заниженное значение может происходить при засорении фильтра в линии питания воздуха, сопла или отверстия дросселя.

3. После проведения ремонтных работ прибор настраивается на требуемый диапазон измерений.

С помощью корректора нуля 2 (см. рис. 4.10) устанавливается величина выходного сигнала, соответствующая начальному значению измеряемого давления (см. табл. 4.16). Грубую настройку диапазона осуществляют перемещением кольца 1 относительно Г-образного рычага Б. При этом добиваются, чтобы при максимальном измеряемом давлении выходной сигнал достигал своего предельного значения (1 МПа).

Прибор настраивают несколько раз до тех пор, пока выходные пневмосигналы, соответствующие нижнему и верхнему пределам измерения, не будут соответствовать данным, приведенным в табл. 4.16.

Место установки преобразователя выбирается исходя из удобства монтажа, наладки и эксплуатации; при эксплуатации пневматических преобразователей давления должна исключаться тряска и вибрация.

Как правило, данные преобразователи устанавливают вблизи места отбора контролируемого давления.

Соединительная линия от места отбора давления до преобразователя прокладывается по кратчайшему расстоянию. Соединительная пневматическая линия должна иметь односторонний уклон не менее $1 \div 10$ от места отбора давления вверх к преобразователю для газа и вниз — для жидкости. В соединительных линиях необходимо устанавливать запорные вентили для отключения преобразователей при ремонте

4.17. Основные неисправности пневматического преобразователя давления типа МС-П и способы их устранения

| Неисправность | Причина неисправности | Способ устранения |
|--|---|--|
| Прибор не реагирует на изменение контролируемого параметра | Неисправность пневмопитания (отсутствие давления воздуха, засорение фильтра или дросселя пневмореле) | Обеспечить давление воздуха $1,2 \text{ кгс/см}^2$; прочистить фильтр, дроссель; заменить пневмореле |
| Выходной сигнал прибора завышен | Засорение сопла или слабое отвертывание дросселя пневмореле Нарушен диапазон настройки | Прочистить сопло специальной иглой; зафиксировать положение дросселя Произвести настройку с помощью подвижного Т-образного рычага преобразователя (см. рис. 4.10) в соответствии с заводской инструкцией |
| Выходной сигнал прибора занижен | Засорение дросселя пневмореле | Изъять дроссельный винт, прочистить трубку дросселя; завернуть дроссельный винт |
| Выходной сигнал нестабилен | «Затирание» поршня о стакан успокоителя (демпфера) колебаний; отсутствие кремнийорганической жидкости Слабое крепление основных элементов преобразователя (ленточных опор, чувствительного элемента, плат) Нарушена целостность ленточных опор или возникла их деформация | Устранить регулировкой затирание, настроив зазор $0,3-0,7 \text{ мм}$, заполнить стакан жидкостью Проверить и устранить дефект Устранить деформацию (пинцетом) прогнутых лент или заменить их |

и наладке. Монтаж линии выполняется медной, стальной или виниловой трубкой с внутренним диаметром 6 мм. Сборка соединений и стыков должна быть герметичной и не допускать утечек. В линии питания сжатого воздуха устанавливают фильтр и редуктор для регулирования давления воздуха в пределах 1,2—1,4 кгс/см².

Наиболее часто встречающиеся неисправности, их диагностика и способы устранения приведены в табл. 4.17.

4.8. СИГНАЛИЗАТОРЫ ДАВЛЕНИЯ

Приборы данной группы нашли широкое применение в сигнализации предельных заданных давлений газов и жидкостей при автоматизации технологических процессов.

К достоинствам таких приборов можно отнести их высокую надежность, простоту эксплуатации и ремонта, низкую стоимость.

Мембранные сигнализаторы давления типов ДН, ДТ представлены на рис. 4.11. Плоская прорезиненная мембрана 2 сигнализатора связана со штоком 1. При изменении контролируемого давления P , поступающего через штуцер 4,

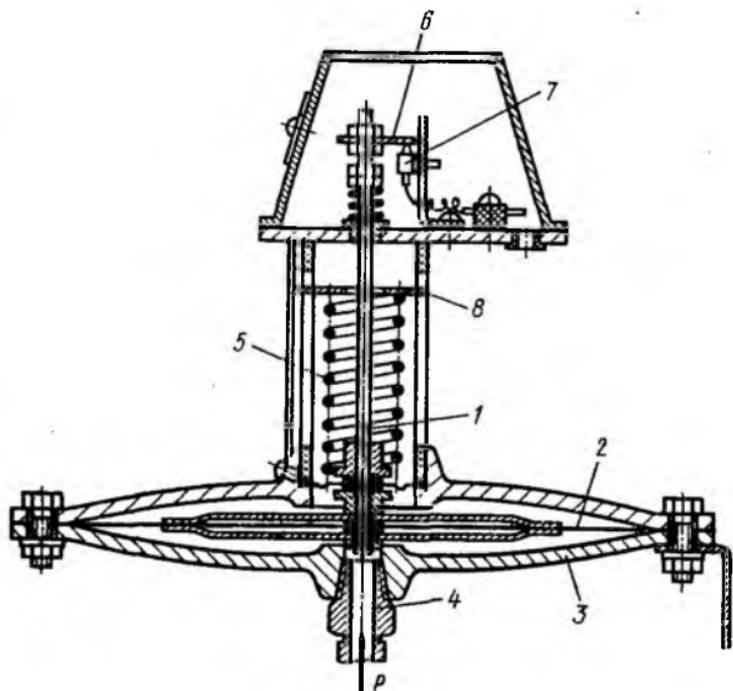


Рис. 4.11. Мембранный сигнализатор давления типа ДН: 1 — шток, 2 — мембрана, 3 — корпус, 4 — штуцер, 5 — пружина-задатчик, 6 — толкатель, 7 — микропереключатель, 8 — регулировочное кольцо задания

изменяется величина деформации мембраны 2, в результате этого перемещается шток 1 с толкателем 6, который замыкает или размыкает микропереключатель 7, который используется для сигнализации аварийных значений контролируемого давления.

Настройка диапазонов срабатывания сигнализации давления осуществляется сжатием противодействующей пружины 5 с помощью кольца 8.

Технические характеристики сигнализаторов давления даны в табл. 4.18.

4.18. Технические характеристики сигнализаторов давления

| Тип датчика | Настройка срабатывания, кгс/см ² | Максимальное давление среды, кгс/см ² | Зона нечувствительности, кгс/см ² |
|-------------|---|--|--|
| РД-1 | 0,3—6 | 10 | 0,3 |
| РДД-1 | 0,5—6,3 | 14 | 0,5 |
| РКС-1 | 0,2—2,5 | 12 | 0,2 |
| РКС-1А | 0,5—4 | 16 | 0,5 |

Сильфонные реле давления (рис. 4.12, а) в настоящее время широко используются в автоматизации процессов технологических установок, в том числе холодильного оборудования, кондиционеров, компрессоров и т. д.

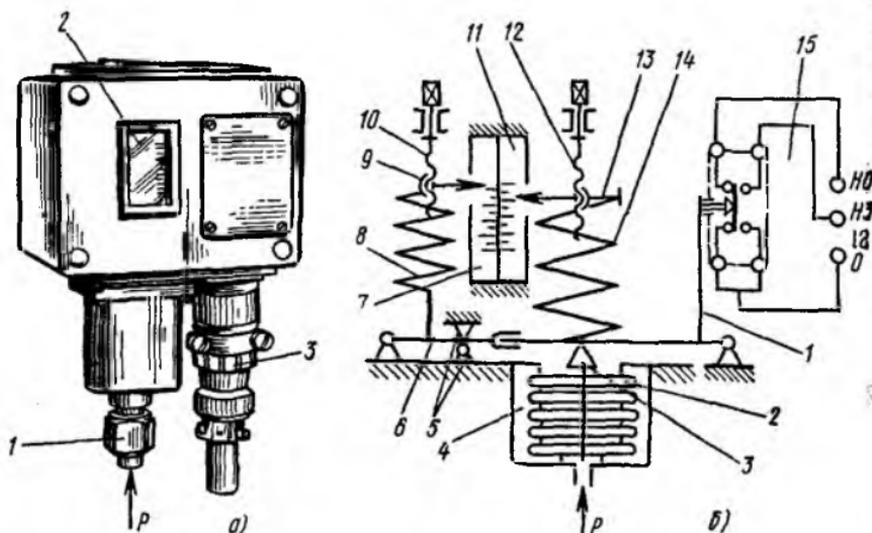


Рис. 4.12. Сильфонное реле давления типа РД-12:

а — общий вид: 1 — штуцер, 2 — шкала задания, 3 — выводы; б — устройство: 1, 6 — рычаги, 2 — сильфон, 3 — толкатель, 4 — корпус, 5 — ось, 7 — шкала, 8, 14 — пружины, 9 — указатель, 10 — винт дифференциала, 11 — шкала задания, 12 — винт задания, 13 — указатель задания, 15 — микропереключатель

Чувствительным элементом, воспринимающим изменение давления, является сильфон 2 (рис. 4.12, б). Имея жесткую образующую поверхность, сильфон может изменить только свою высоту при изменении контролируемого давления.

Принцип действия прибора основан на уравнивании сил давления, действующих на сильфон 2 силой упругих деформаций противодействующей пружины 14.

Если контролируемое давление выше давления задания, то сильфон 2, разжимаясь, преодолевает усилие пружины датчика 14 и рычаг 1 переключает контакты микропереключателя 15.

Приборы такого типа имеют устройство регулирования дифференциала давления, т. е. позволяют сигнализировать параметр с разницей до 0,05 МПа. При снижении контролируемого давления P сигнализатор и его микропереключатель переключится только после отработки величины дифференциала, заданной по шкале 7 пружиной 8.

Широко также используются дифференциальные сигнализаторы давления, сравнивающие два подключаемых для контроля давления. Принципиальных отличий приборы такого типа от вышеописанного не имеют. Сигнализатор РКС (рис. 4.13, а) имеет два штуцера 3 для подключения контролируемых давлений P_1 и P_2 ; шкалу задания 1 и выходной

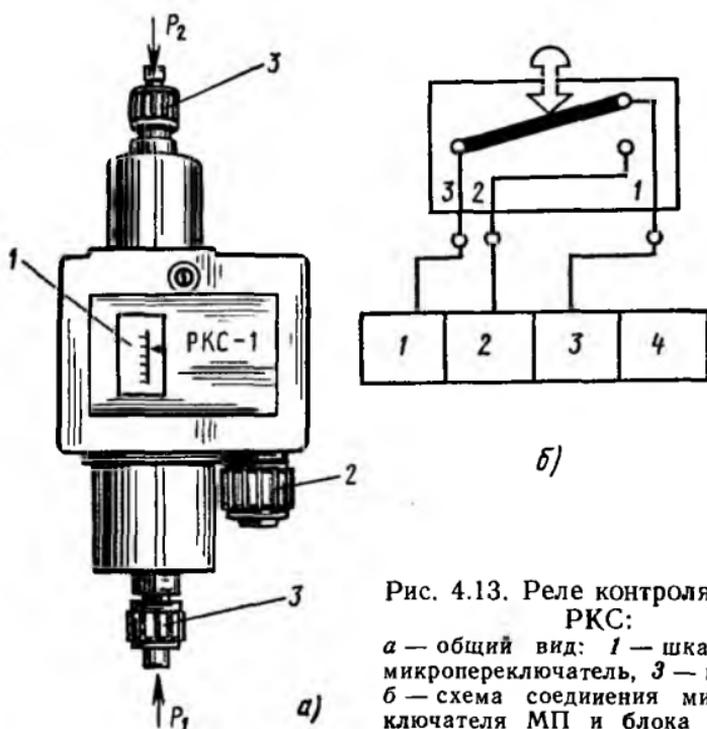


Рис. 4.13. Реле контроля смазки РКС:

а — общий вид: 1 — шкала, 2 — микропереключатель, 3 — штуцера; б — схема соединения микропереключателя МП и блока зажимов

блок зажимов микропереключателя 2. Схема соединения микропереключателя с блоком зажимов прибора представлена на рис. 4.13, б.

Основные неисправности сигнализаторов давления и способы их устранения представлены в табл. 4.19.

4.19. Основные неисправности сигнализаторов давления и способы их устранения

| Неисправность | Причина неисправности | Способ устранения |
|---|--|--|
| Мембранные приборы типов ДН, ДТ | | |
| Сигнализатор не реагирует на изменение давления | Обрыв (разрыв) мембранного прорезиненного полотна | Разобрать прибор, заменить неисправную мембрану |
| Сигнализатор не настраивается на заданный диапазон давления | Большая (или недостаточная) жесткость противодействующей пружины | Заменить противодействующую пружину |
| При достижении заданного давления не срабатывает сигнализатор | Неисправность микропереключателя; обрыв цепи сигнализации | Отремонтировать или заменить микропереключатель типа МП. Устранить обрыв цепи сигнализации |
| Сильфонные приборы типов РД, РКС | | |
| Сигнализатор не реагирует на изменение входного давления | Разгерметизация сильфона (датчика) | Заменить сильфон или сам прибор |
| Прибор не настраивается на заданный диапазон давления | Неисправность передаточного механизма задатчика | Проверить, устранить и настроить передаточный механизм |
| Отсутствует выходной сигнал | Неисправность микропереключателя; обрыв электрической цепи | Отремонтировать или заменить микропереключатель; устранить обрыв электрической цепи |

5. ПРИБОРЫ ИЗМЕРЕНИЯ РАСХОДА

5.1. РАСХОДОМЕРЫ ПОСТОЯННОГО ПЕРЕПАДА ДАВЛЕНИЯ

Расходомеры обтекания — р о т а м е т р ы — широко используются в измерении расходов жидкостей и газов. Основными преимуществами таких приборов является низкая стоимость, простота конструкции и удобство монтажа.

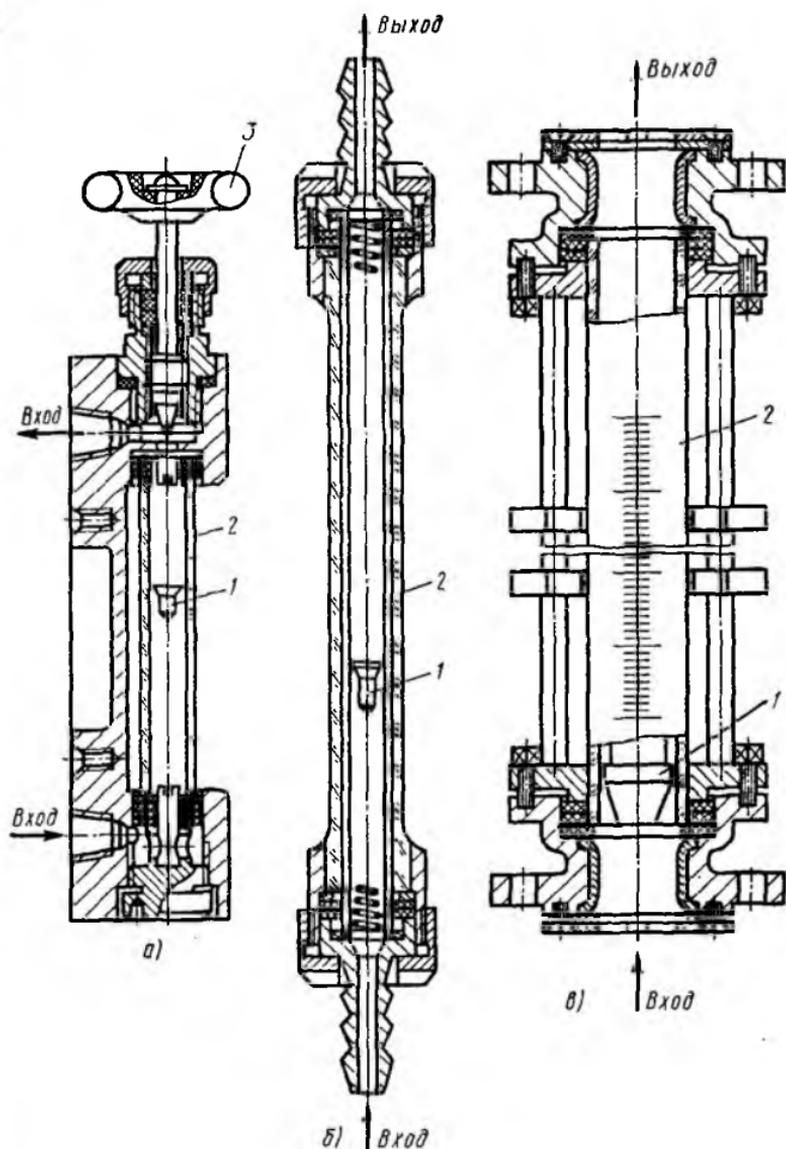


Рис. 5.1. Типы ротаметров:
 а — РС-3а, б — РС-3б; в — РС-5: 1 — поплавок, 2 — стеклянная трубка,
 3 — регулировочный вентиль

Принцип действия ротаметра постоянного перепада давления основан на изменении проходного зазора (сечения) конусной стеклянной ротаметрической трубки 2 (рис. 5.1, а) в результате перемещения поплавка 1, находящегося во взвешенном состоянии под действием разности сил гидродинамического потока среды и силы тяжести поплавка.

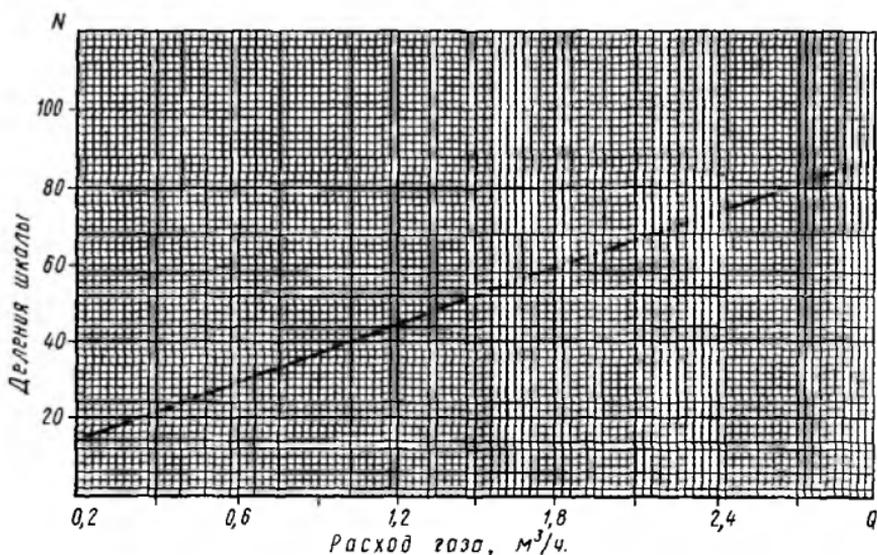


Рис. 5.2. Градуировочная кривая ротаметра РМ-1

Для создания определенной динамики вращательного движения поплавков *l* имеет специальную косую нарезку в верхней части, что обеспечивает центрирование поплавка, который при этом не касается стенок измерительной трубки. Шкала на трубке имеет 100 делений, относительно которых по

5.1. Технические характеристики ротаметров

| Тип прибора | Назначение и расшифровка типа прибора | Пределы измерения (вода/воздух) | Рабочее давление, кгс/см ² | Материал поплавка |
|------------------|--|---------------------------------|---------------------------------------|---|
| РМ-ЖУЗ РМ-ГУЗ | Р — ротаметр М — местных измерений Ж — для жидкостей Г — для газов | 0,016— 3/0,25— 40,0 | 3; 6 | Эбонит, текстолит, сталь нержавеющая (X18H9T) |
| РЭ-ЖУЗ | Р — ротаметр Э — с электрической дистанционной передачей Ж — для жидкостей | 0,025— 16,0 | 6; 16; 64 | Сталь нержавеющая (X18H9T) |
| РП-ЖУЗ | Р — ротаметр П — с пневматической передачей показаний Ж — для жидкостей | 0,1— 16,0 | 16; 64 | То же |

5.2. Основные неисправности ротаметров типа РМ, РС и способы их исправления

| Неисправность | Способ устранения |
|--|--|
| Малая утечка газа (жидкости) между стеклом прибора и уплотнением | Подтянуть крепление; проверить целостность прокладок; проверить отсутствие сколов на стеклянной ротаметрической трубке |
| Наличие трещин и сколов на ротаметрической трубке | На торцах трубки малые сколы заправить корундом Заменить неисправную трубку |
| «Затирание» поплавка внутри ротаметрической трубки | Продуть внутреннюю поверхность трубки и протереть поплавок от абразивной пыли Заправить надфилем заусенцы на поплавке |
| Прибор при измерениях показывает малый расход | Заменить поплавок на более легкий (стальной заменить на алюминиевый или эбонитовый); заново оттарировать прибор |
| Прибор при измерениях зашкаливает | Утяжелить поплавок (заменить эбонитовый или алюминиевый на стальной); заново оттарировать прибор Перейти на больший тип ротаметра |

градуировочной характеристике определяется истинный расход контролируемого газа или жидкости.

Так если при градуировке ротаметра типа РМ-1 (рис. 5.2) поплавок находится на отметке 60 делений (отсчет берется по верхней плоскости поплавка), то расход воздуха составляет $1,8 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Для изменения расходиой характеристики ротаметра прибегают к замене массы поплавка: чем больше масса поплавка, тем больший расход может измерить ротаметр. Для этих целей вытачивают поплавки из стали, алюминия, фторопласта и эбонита.

Градуировочная характеристика ротаметра определяется органами Госстандарта для конкретного газа (жидкости). При использовании прибора в других средах необходимо вносить поправку на плотность газа (жидкости).

Технические характеристики приборов приведены в табл. 5.1. Основные неисправности ротаметров и особенности их ремонта приведены в табл. 5.2 и 5.3.

5.3. Основные ошибки при ремонте ротаметров

| Вид ошибки | Причина возникновения |
|---|--|
| Значительная утечка газа (жидкости) в соединении ротаметрической трубки с фланцем | Установлены старые резиновые уплотнения; произведена неравномерная обтяжка соединительных болтов |
| Поплавок «затирает» при малых расходах о стенки трубки | Не устранены заусенцы по образующей поверхности поплавка |
| Поплавок застревает на нуле прибора | Не установлены упорные пружинки |
| Занижен или завышен фактический расход среды | Неправильно использована градуировочная характеристика ротаметра |

5.2. РАСХОДОМЕРЫ ПЕРЕМЕННОГО ПЕРЕПАДА ДАВЛЕНИЯ

Для автоматического измерения расходов пара, газов и жидкости используют расходмеры переменного перепада давления.

Принцип действия приборов этой группы основан на измерении перепада давления, образующегося в результате изменения скорости измеряемого потока газа или жидкости на специальном сужающем устройстве, называемом диафрагмой.

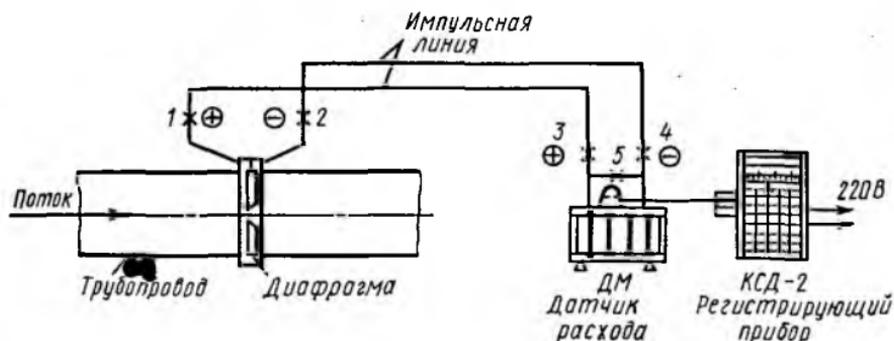


Рис. 5.3. Схема измерения расхода газа или жидкости методом переменного перепада давления

Практическое измерение расхода газа или жидкости происходит по схеме, представленной на рис. 5.3.

Наиболее простым и распространенным прибором для измерения расхода является комплекс «датчик ДМ — регистрирующий прибор КСД-3».

Все разновидности приборов с ртутным наполнением (типов ДПМ, ДП-778) в настоящее время снимаются с эксплуатации, так как не являются экологически чистыми.

Манометры дифференциальные мембранные типа ДМ (датчики) представляют собой стационарные измерительные преобразователи перепада давления с унифицированным выходным сигналом переменного тока, основанного на изменении взаимной индуктивности датчика.

Дифманометры предназначены для использования в качестве расходомеров, перепадаомеров и уровнемеров в комплекте с вторичными взаимозаменяемыми дифференциально-трансформаторными приборами, машинами централизованного контроля и другими приемниками информации, способными принимать стандартный сигнал в виде взаимной индуктивности.

Принцип действия дифманометров основан на использовании деформации упругого чувствительного элемента (датчика) при воздействии на него измеряемого перепада давления. Упругим чувствительным элементом дифманометра является мембранный блок, состоящий из двух мембранных коробок. С мембранным блоком связан сердечник дифференциального трансформатора.

При воздействии измеряемого перепада давления мембранный блок деформируется, вызывая перемещение сердечника дифференциального трансформатора и изменение взаимной индуктивности между его первичной и вторичной катушками.

Параметры дифференциального трансформатора датчика ДМ представлены в табл. 5.4.

При изменении перепада давления выходной сигнал датчика ДМ (его индуктивность) изменяется в соответствии с данными табл. 5.5.

Измерительный регистрирующий прибор типа КСД имеет дифференциально-трансформаторный преобразователь, параметры которого представлены в табл. 5.6.

Настройку регистрирующего прибора КСД производят с помощью магазина взаимной индуктивности типа Р-5017 по табл. 5.7 и алгоритму поверки (табл. 5.8).

Комплект расходомера ДМ — КСД проверяется путем создания перепада давления на датчике ДМ и замера по-

5.4. Параметры дифференциального трансформатора датчика ДМ

| Тип трансформатора | Ход плунжера, мм | Первичная обмотка | | | Вторичная обмотка | | | Сопротивление делителя, Ом |
|--------------------|------------------|-------------------|--------------|---------------------|-------------------|--------------|---------------------|----------------------------|
| | | Сопротивление, Ом | Число витков | Сечение провода, мм | Сопротивление, Ом | Число витков | Сечение провода, мм | |
| 1 | 1,6±0,4 | 70±7 | 1250±2 | 0,2 | 600±60 | 2000×2 | 0,1 | 1600; 2200 |
| 2 | 2,5±0,6 | 70±7 | 1250×2 | 0,2 | 220±22 | 1250×2 | 0,13 | 360; 1000 |
| 3 | 4±1 | 70±7 | 1250×2 | 0,2 | 220±22 | 800×2 | 0,1 | 360; 1000 |

5.6. Параметры дифференциально-трансформаторного преобразователя регистрирующего прибора-расходомера типа КСД

5.5. Значение выходного сигнала датчика ДМ от изменения перепада давления

| Перепад давления (в % от максимального) | Значение выходного сигнала, мГн | | Ход плунжера, мм | Выходной сигнал, мГн | Номинальное значение верхних пределов взаимной индуктивности, мГн | Нелинейность характеристики, % |
|---|---------------------------------|---------------------|------------------|----------------------|---|--------------------------------|
| | 0 | 2,5; 5,0; 7,5; 10,0 | | | | |
| 0 | 0 | | | | | |
| 25 | 2,5 | | 0-10 | 4±0,1 | 10±1 | 0,5 |
| 50 | 5,0 | | 10-0-10 | 4±0,1 | -10±0,2 | 0,5 |
| 75 | 7,5 | | | | +10±0,2 | |
| 100 | 10,0 | | | | | |

5.7. Таблица для настройки параметров прибора КСД-3

| Показания по шкале прибора КСД-3, % | Индуктивность, M_0 , мГн | | Угол потерь ϵ | Аргумент сопротивления ϵ_1 | Способ корректировки показаний по шкале прибора КСД-3 |
|-------------------------------------|----------------------------|----|---------------------------|-------------------------------------|---|
| | 0 | 10 | | | |
| 0 | 0 | 0 | $5^\circ 30'$; 8° | 0,45; 0,55 | Подстройка $R1$ (регулировка нуля) |
| 100 | 0 | 10 | $5^\circ 30'$; 8° | 0,45; 0,55 | Подстройка $R3$ (диапазон шкалы) |

5.8. Алгоритм проверки электронного вторичного прибора типа КСД-3

| Операции с магазином Р-5017 | Операции с прибором КСД-3 | Показания на шкале прибора КСД-3 | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|---|-----|-----|-----|-----|------|--|--|----|---|---------|----|----|----|----|-----|
| Прогреть прибор, включить его в сеть | Включить прибор в сеть, включить тумблер питания | — | | | | | | | | | | | | | | | |
| Установить нулевое значение взаимной индуктивности M_0 | Нажать кнопку «Контроль» Отрегулировать переменный резистор $R1$ (регулировка нуля) Проверить подвижную систему «измерительная стрелка — ротор электродвигателя» на соответствие нулевой и максимальной точкам шкалы | Стрелка прибора устанавливается на «ноль» — Стрелка прибора устанавливается на «ноль», затем «максимум» | | | | | | | | | | | | | | | |
| Установить максимальное значение взаимной индуктивности $M = 10$ мГ | Настроить положение резистора $R3$ (диапазон измерений) | Стрелка должна установиться на «максимум» шкалы | | | | | | | | | | | | | | | |
| Установить соответственно, мГ: <table style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr><td>0,9</td><td rowspan="6" style="font-size: 3em; vertical-align: middle;">}</td></tr> <tr><td>1,6</td></tr> <tr><td>2,5</td></tr> <tr><td>3,6</td></tr> <tr><td>6,4</td></tr> <tr><td>10,0</td></tr> </table> | 0,9 | } | 1,6 | 2,5 | 3,6 | 6,4 | 10,0 | Вычислить основную погрешность прибора по формуле $\gamma = \frac{M - M_p}{10} 100\%$ где M — действительное значение взаимной индуктивности, M_p — расчетное значение взаимной индуктивности | Стрелка должна установиться соответственно на: <table style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr><td>30</td><td rowspan="6" style="font-size: 3em; vertical-align: middle;">}</td><td rowspan="6" style="vertical-align: middle;">% шкалы</td></tr> <tr><td>40</td></tr> <tr><td>50</td></tr> <tr><td>60</td></tr> <tr><td>80</td></tr> <tr><td>100</td></tr> </table> | 30 | } | % шкалы | 40 | 50 | 60 | 80 | 100 |
| 0,9 | } | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1,6 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2,5 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3,6 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6,4 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10,0 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 30 | } | % шкалы | | | | | | | | | | | | | | | |
| 40 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 50 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 60 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 80 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 100 | | | | | | | | | | | | | | | | | |

**5.9. Таблица зависимости перепада давления датчика ДМ
с показаниями вторичного регистрирующего прибора
КСД2 (КСД-3)**

| Создаваемый перепад давления ΔP при номинальном перепаде, мм вод. ст. | | | Показания регистрирующего прибора КСД (в % номинала шкалы) |
|--|-------|------|--|
| 160 | 630 | 1000 | |
| 0 | 0 | 0 | 0 |
| 14,4 | 56,8 | 90 | 30 |
| 25,6 | 101 | 160 | 40 |
| 40,0 | 157,8 | 250 | 50 |
| 57,6 | 227,2 | 360 | 60 |
| 102,4 | 404 | 640 | 80 |
| 160 | 630 | 1000 | 100 |

Примечание. Примеры пользования таблицей: 1) датчик ДМ имеет номинальный перепад 160 мм вод. ст. Чтобы проверить правильность показаний расходомера при 30 % номинала шкалы, надо создать перепад на датчике $(14,4 \pm 1)$ мм вод. ст.; при 50 % номинала шкалы — (40 ± 3) мм вод. ст.; 2) датчик ДМ имеет номинальный перепад 630 мм вод. ст.; для проверки прибора на 50 % номинала шкалы надо создать перепад давления 157 ± 5 мм вод. ст.; для 80 % номинала шкалы — (404 ± 10) мм вод. ст.

**5.10. Основные неисправности расходомеров ДМ — КСД
и способы их устранения**

| Неисправность | Причина неисправности | Способ устранения |
|---|---|---|
| Прибор не реагирует на изменение расхода, стрелка прибора уходит относительно шкалы в одно из крайних положений | Неправильно подключены первичная и вторичная обмотки датчика типа ДМ | Проверить маркировку катушек датчика, восстановить правильное подключение его к прибору |
| | Нарушена линия связи «датчик — вторичный регистрирующий прибор» | Определить исправность линии связи |
| | Неисправность электронного усилителя | Произвести диагностику усилителя по карте напряжения, устранить неисправность или заменить усилитель |
| Прибор имеет значительную погрешность измерений | Неисправность электродвигателя привода измерительной системы | Проверить целостность сетевой и управляемой обмоток; затирание ротора. При необходимости заменить двигатель |
| | Утечки на линии соединения между измерительной диафрагмой и дифференциальным датчиком | Произвести испытание данных линий на плотность или обмыливание |

| Неисправность | Причина неисправности | Способ устранения |
|---------------|---|---|
| | Неисправность дифференциального датчика типа ДМ | Произвести диагностику неисправности и устранить их в соответствии с требованиями табл. 5.11 и 5.12 |
| | Нарушение выходной характеристики датчика ДМ | Произвести настройку характеристик |

казаний регистрирующего прибора КСД в соответствии с табл. 5.9.

Основные неисправности расходомеров ДМ — КСД и способы их устранения представлены в табл. 5.10.

Особенности монтажа расходомеров переменного перепада

1. Место установки сужающего устройства расходомера, соотношения прямолинейных участков трубопровода до и после диафрагмы, а также внутренний диаметр диафрагмы рассчитывается в соответствии с Правилами РД-50 по измерению расхода.

2. Острая кромка диафрагмы должна устанавливаться в измерительной камере навстречу потоку измеряемой жидкости (газа).

3. Плюсовая камера диафрагмы подключается со стороны входа измеряемого потока; минусовая камера — со стороны выхода.

4. Тип расходомера, рабочее давление, измеряемый предел, внутренний диаметр измерительной диафрагмы, а также сам регистрирующий прибор определяются в соответствии с расчетом, выполненным по Правилам РД-50-213-80.

5. Утечки измеряемого потока жидкости (газа) на участке «датчик — импульсная измерительная линия — диафрагма» не допускаются.

6. При утечках потока со стороны плюсовой импульсной линии расходомер имеет заниженные показания.

7. При утечках потока со стороны минусовой импульсной линии расходомер имеет завышенные показания.

Способы определения и устранения неисправности расходомеров, связанные с утечками в импульсных линиях, представлены в табл. 5.11 и 5.12.

5.11. Способы диагностики плотности (утечки) импульсной линии и датчика ДМ (см. рис. 5.3)

| Номер вентиля | Операция с вентилем | Показания по прибору КСД-2 после данной операции с вентилями | Диагностика исправности |
|-----------------|---|--|---|
| 1, 2, 5 3, 4 | Закреть Открыть | — Не изменяется за 3—5 мин | — Прибор исправен |
| 1, 2, 5 3, 4 | Закреть Открыть | Уменьшаются Увеличиваются | Утечка на плюсовой линии Утечка на минусовой линии |
| 1, 2, 3, 4 5 | Вначале от- крыть Затем закрыть Закрывает постоянно | Не изменяются Увеличиваются » | Прибор исправен Утечка на вентиле 3 Утечка на вентиле 4 (возможно вентиле 5) |

Примечания: 1. Утечки на вентилях, накидных гайках и соединениях импульсных линий отыскиваются омыливанием соединений мыльным раствором; при сложных случаях теческательями типов ПТИ, ГТИ. 2. При образовании задиров и поясков на конусах нгп запорных вентилях необходима их заправка, притирка или замена на новые вентили.

5.12. Основные ошибки при поверке комплекта расходомеров ДМ — КСД-3 (см. рис. 5.3)

| Ошибка | Способ устранения |
|--|---|
| Неплотность в соединениях датчика, образцового прибора и источника давления (перепада) Неправильное считывание показаний по образцовому прибору | Выявить утечки методом омыливания (при образовании мыльных пузырьков в местах утечек) Перепад давления считывается по разности уровней менисков жидкости в приборе по отсчетной линейке (в мм) |
| Неправильные показания прибора при создании соответствующего перепада давления | Проверить подключение соединительных проводов между датчиком ДМ и регистрирующим прибором КСД-3 (первичная и вторичная катушки) |
| Превышение погрешности прибора после ремонта | Повторно настроить «нуль» и «максимум» шкалы прибора переносным резистором соответственно $R1$, $R3$ Настроить прибор плуижером дифманометра ДМ и его нулем |

6. ПРИБОРЫ ИЗМЕРЕНИЯ И СИГНАЛИЗАЦИИ УРОВНЯ ЖИДКОСТИ

6.1. ПОПЛАВКОВЫЕ ПРИБОРЫ УРОВНЯ

Поплавковые приборы уровня являются наиболее простыми и надежными сигнализаторами в простых технологических процессах. Они позволяют контролировать уровень жидкостей в широком диапазоне от 50 до 2000 мм. К таким сигнализаторам предельных значений контролируемых уровней относятся поплавковые приборы типов РУС (реле уровня сильфонное), СУ (сигнализатор уровня), ДРУ (дистанционное реле уровня).

На рис. 6.1 показан общий вид прибора ДРУ-1. Поплавок 3 (полый металлический шар), соединенный штоком 2 с микровыключателем 1, находится в контролируемой жидкости. При достижении максимального уровня на шар 3 действует предельная выталкивающая сила, заставляющая шток 2 подниматься и переключать микровыключатель, сигнализирующий аварийный уровень.

Основными неисправностями таких приборов являются нарушение герметичности шара, коррозия контактов переключателя вследствие повышенной влажности контролируемой среды.

При необходимости поверхность шара в местах повреждения подлежит пайке припоем ПОС-40 или ПОС-60 с помощью газовой горелки или паяльника. Микропереключатель в зависимости от степени коррозии подлежит ремонту или замене на новый тип МП. Основные неисправности поплавковых

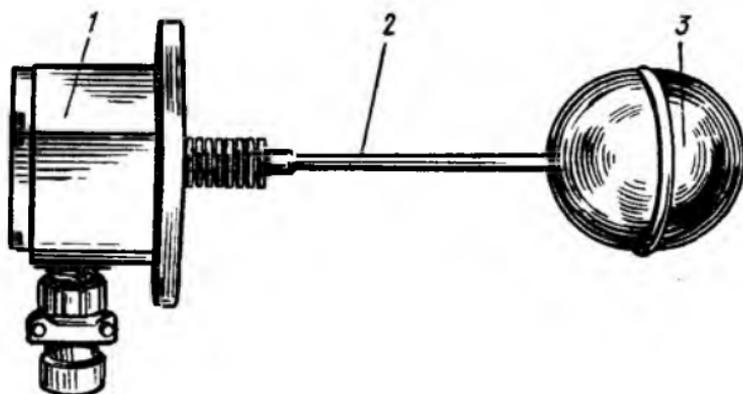


Рис. 6.1. Датчик-реле уровня типа ДРУ-1:
1 — корпус датчика с микропереключателем, 2 — шток, 3 — поплавок

уровнемеров и способы их устранения представлены в табл. 6.1.

6.1. Основные неисправности поплавковых уровнемеров и способы их устранения

| Неисправность | Причина неисправности | Способ устранения |
|---|---|---|
| Прибор не реагирует на измененные уровни | Перекося направляющих Обрыв подвеса поплавка Заклинивание поплавка из-за загрязнения и коррозии Обрыв мерной ленты | Настроить правильное положение направляющих Устранить обрыв подвижного тросика Восстановить чистоту поверхности Восстановить целостность ленты |
| Показания прибора не соответствуют действительному уровню контролируемой жидкости | Плохо закреплен мерный шкив Слабо закреплена стрелка прибора | Выставить правильные показания и закрепить мерный шкив Зафиксировать правильное положение стрелки |
| Отсутствует сигнализация заданного уровня среды | Неисправность микровыключателя | Отремонтировать или заменить микровыключатель |

6.2. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ РЕЛЕ УРОВНЯ

Электрическое реле уровня типа РУ-ЭЗ (рис. 6.2, а) позволяет контролировать одновременно три уровня среды — нижний, средний и верхний. На плате 1 монтируются все три датчика уровня; расстояние между уровнями выбирается в зависимости от местных условий. Блок 2 представляет собой электрическую схему реле.

Электрическая схема прибора (рис. 6.2, б) включает трансформатор *Tr1*, выпрямитель *Д1 — Д4*, реле сигнализации *P1* и зажимы для подключения датчиков.

Датчики — стальные стержни из нержавеющей стали Х18Н9Т — подключаются на зажимы 8, 9, 10 (соответственно нижний, средний и верхний). Сигнализация уровней (нижний, средний и верхний) осуществляется подключением зажимов 11, 12, 13 разъема Ш1.

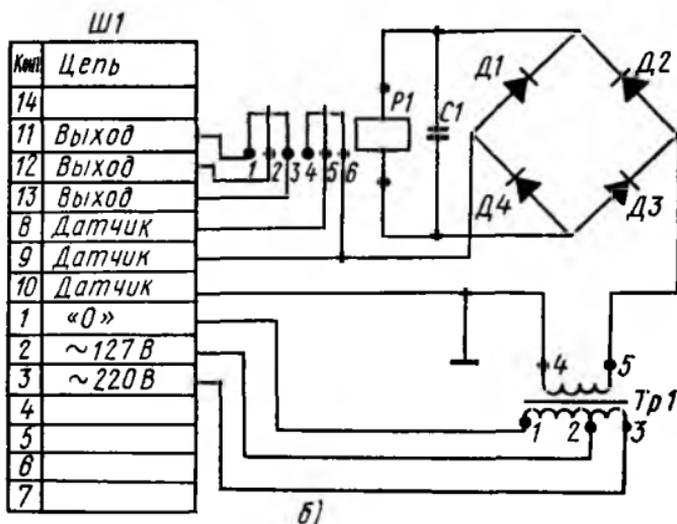
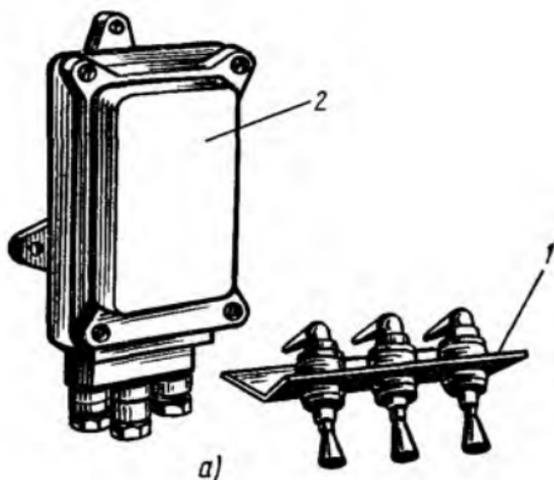


Рис. 6.2. Реле уровня РУ-ЭЗ:
 а — общий вид; 1 — плата, 2 — блок; б — электрическая схема

6.3. ЭЛЕКТРОННЫЕ РЕЛЕ УРОВНЯ

Полупроводниковый сигнализатор уровня типа ПРУ-5 используется для сигнализации уровня различных жидких сред. Прибор (рис. 6.3, а) имеет два узла: непосредственно поплавковая камера 1, внутри которой помещен поплавок в поле высокочастотной катушки. Электронная схема расположена в корпусе 2; при достижении поплавком контролируемого уровня происходит срыв высокочастотных колебаний и выходное реле выдает сигнал предельного уровня.

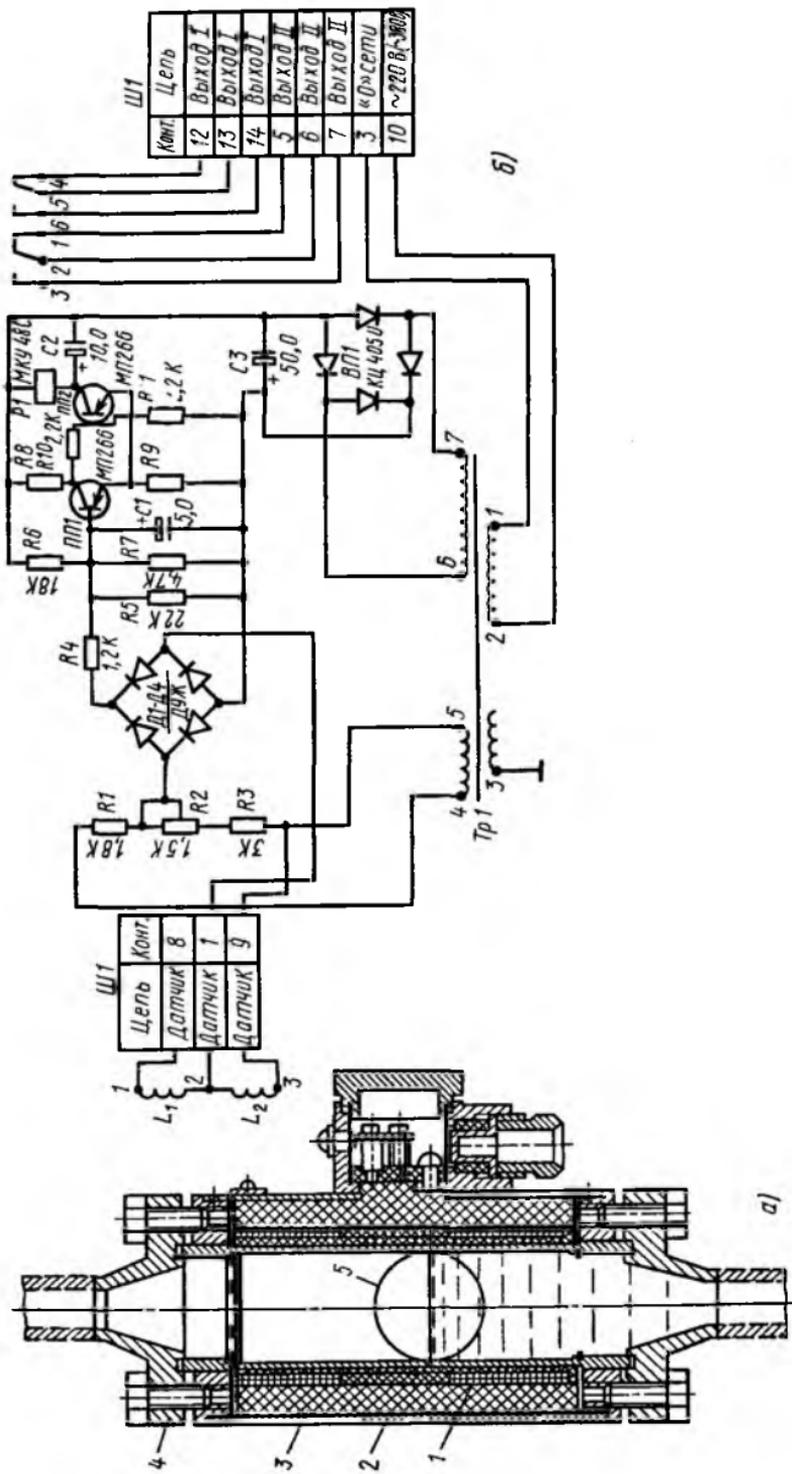


Рис. 6.3. Полупроводниковое реле уровня РРУ-5:

а — конструкция датчика: 1 — поплавковая камера, 2 — корпус, 3 — индукционная катушка, 4 — фланцы, 5 — поплавок; б — электрическая схема прибора

Прибор позволяет контролировать несколько уровней с малым диапазоном высоты в пределах 20—60 мм.

Прибору присущи общие недостатки поплавковых реле: агрессивная среда и влажность нарушают условия эксплуатации самого поплавка; из-за коррозии и налета осадков на его поверхности он застревает в рабочей части. Для устранения сбоев в его работе необходима механическая чистка поплавка после разборки датчика.

Электрическая схема прибора (рис. 6.3, б) включает схему питания индуктивных катушек L_1 и L_2 через обмотку 4—5 трансформатора $Tr1$ и электронную схему, выход которой нагружен промежуточным реле $P1$. Для целей сигнализации уровней на блоке зажимов $Ш1$ выведены соответствующие контакты реле $P1$.

Электронный сигнализатор типа ЭРСУ-3 позволяет контролировать три уровня технологической среды. Прибор работает по принципу проводимости жидкостей. Общий вид прибора показан на рис. 6.4, а. Датчики-стержни, выполненные из нержавеющей стали, устанавливаются непосредственно по заданной высоте внутри рабочей емкости цистерны. Исполнительный блок монтируют рядом. Монтажная схема прибора ЭРСУ-3 представлена на рис. 6.4, б.

Электронный сигнализатор уровня типа МЭСУ (рис. 6.5) состоит из двух блоков: электронного совместно с датчиком (рис. 6.5, а) и силового (рис. 6.5, б). Для использования датчика в агрессивных средах его покрывают изоляционным материалом — фторопластом.

Силовой блок имеет ручку для настройки диапазона срабатывания датчика уровня и две сигнальные лампы — одна сигнализирует, что прибор находится под напряжением (включен), другая — загорается при достижении контролируемого уровня среды. Блок имеет релейный выход сигнализации уровня.

Схема электронного блока показана на рис. 6.6, а. Прибор работает на емкостном принципе: между контролируемой средой и датчиком существует переменная емкость, изменяющаяся от уровня среды.

Если уровень среды ниже заданного предела, то емкость «датчик — среда» меньше критической и генератор генерирует высокочастотные колебания. Ток в анодной цепи и реле минимальный. При достижении заданного контролируемого уровня резко меняется емкость датчика, происходит срыв высокочастотных колебаний. Ток резко возрастает (в анодной цепи), что приводит к срабатыванию сигнального ре-

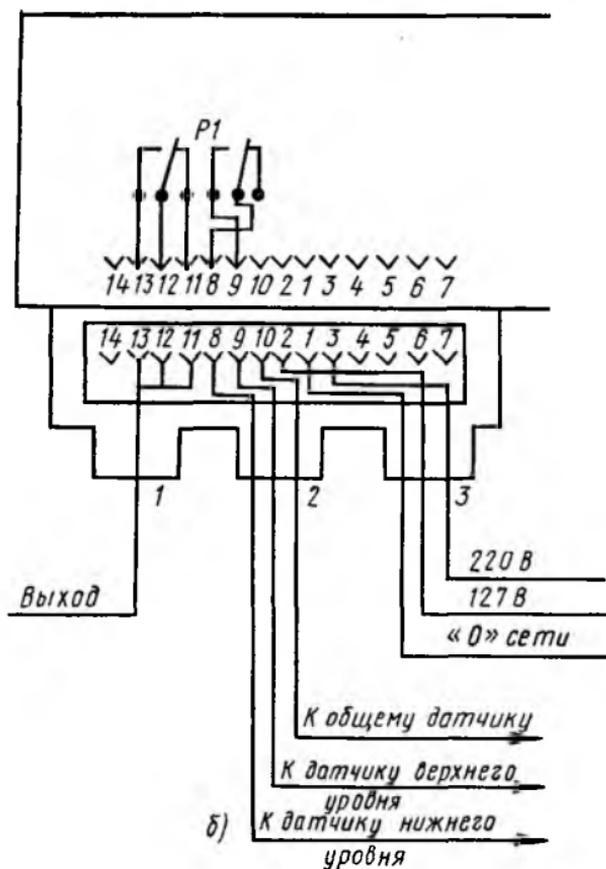
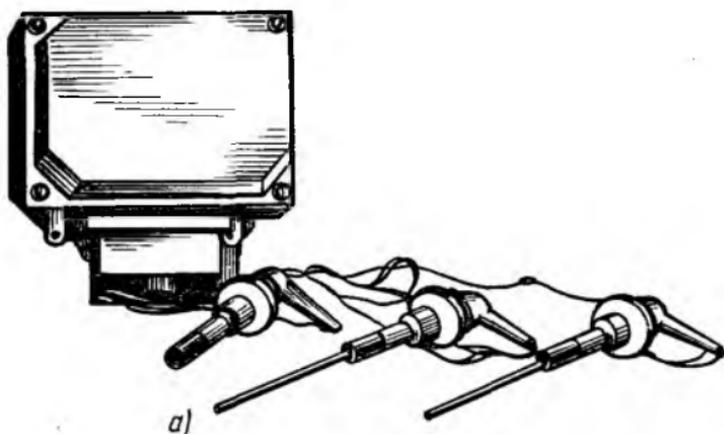


Рис. 6.4. Электронный сигнализатор уровня ЭРСУ-3:
 а — общий вид, б — монтажная схема

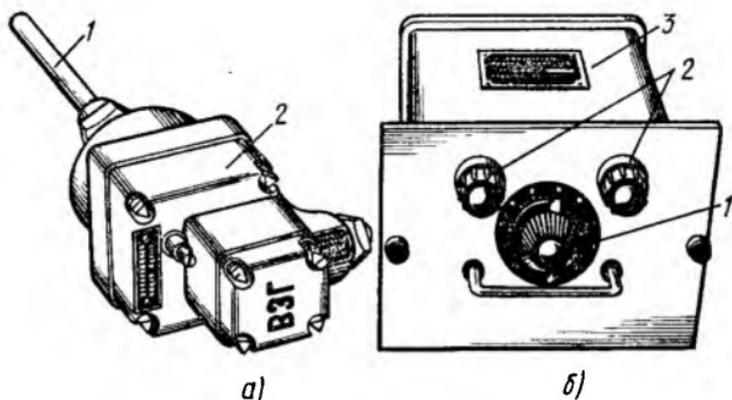


Рис. 6.5. Электронный сигнализатор уровня МЭСУ: а — электронный блок: 1 — датчик, 2 — электронный блок; б — силовой блок: 1 — задатчик уровня, 2 — сигнальные лампы «Максимум», «Минимум», 3 — корпус

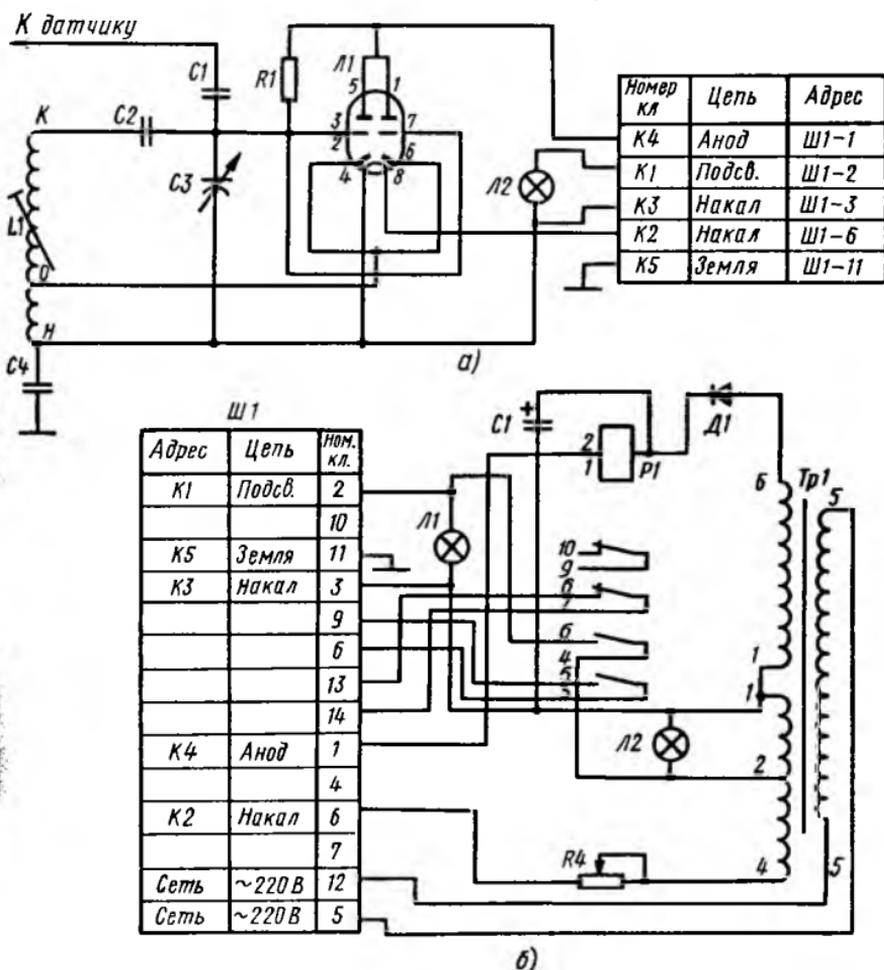


Рис. 6.6. Электрическая схема прибора МЭСУ: а — электронный блок, б — силовой блок

ле *P1* (см. рис. 6.6, б). Реле выдает своими контактами сигнализацию аварийного уровня среды.

На рис. 6.6, б представлена электрическая схема силового блока. Она включает силовой трансформатор *Tr1*, сигнальные лампы *L1*, *L2* и выходное реле сигнализации *P1*.

Монтаж и наладка сигнализатора уровня типа МЭСУ

Смонтировать силовой блок на щите или пульте.

Смонтировать электронный блок с датчиком в контролируемый объект (башню, емкость, резервуар).

Произвести электрический монтаж силового и электронного блоков в соответствии с инструкцией и электрической схемой.

Заземлить прибор.

Настройку сигнализатора производят после монтажа на заданном резервуаре в такой последовательности:

включить прибор в сеть 220 В и прогреть его;

вращением ручки конденсатора на корпусе электронного блока добиться загорания красной сигнальной лампы в силовом блоке и сигнальной лампы в электронном блоке; после этого повернуть ручку в обратную сторону до момента гашения сигнальных ламп;

правильность предварительной настройки проверить по зажиганию сигнальных ламп в момент касания датчика рукой.

6.2. Основные неисправности и способы их устранения сигнализаторов типа МЭСУ

| Неисправность | Причина неисправности | Способ устранения |
|--|---|--|
| Постоянно горит сигнализация «Уровень» | Нарушена настройка Залипание контактов реле Нарушена изоляция датчика | Выполнить подстройку электронного блока Почистить контакты реле Заменить датчик |
| Лампа «Уровень» не горит при касании измеряемой среды электродом датчика | Нарушена настройка Вышла из строя лампа 6Н16Б Сгорела сигнальная лампа Отсутствует контакт на реле | Произвести подстройку электронного блока Заменить лампу То же Почистить контакты реле |

Критерием правильной настройки является зажигание сигнальной лампы при соприкосновении датчика с измеряемым уровнем среды.

Основные неисправности и способы устранения для сигнализатора типа МЭСУ представлены в табл. 6.2.

6.4. УРОВНЕМЕРЫ С ПНЕВМОВЫХОДОМ

Уровнемер типа УБ-П является прибором для измерения уровня контролируемой жидкости. Прибор имеет пневматический выходной сигнал, позволяющий подключать к нему регистрирующий манометрический прибор для отсчета показаний уровня. По конструкции данный прибор системы ГСП подобен описанному ранее манометру МС-П.

Самостоятельно в качестве измерителя уровня уровнемер УБ-П не применяется, а используется в качестве датчика.

На рис. 6.7 представлен принцип действия данного уровнемера. Бук *10*, помещенный в жидкость, через систему рычагов уравновешен в определенном положении противовесом *Р1*. При изменении уровня жидкости меняется выталкивающая сила, действующая на поплавок. Вследствие этого нарушается равновесие измерительной системы «груз — противовес» и на чувствительном элементе изменение уровня преобразуется в пропорциональное усилие, уравновешиваемое усилием сильфона обратной связи *δ*. Это давление и является пневматическим выходным сигналом уровнемера, которое изменяется в пределах 0,02—0,1 МПа.

Для выполнения ремонтно-наладочных работ необходимо использовать данные зависимости выходного давления уров-

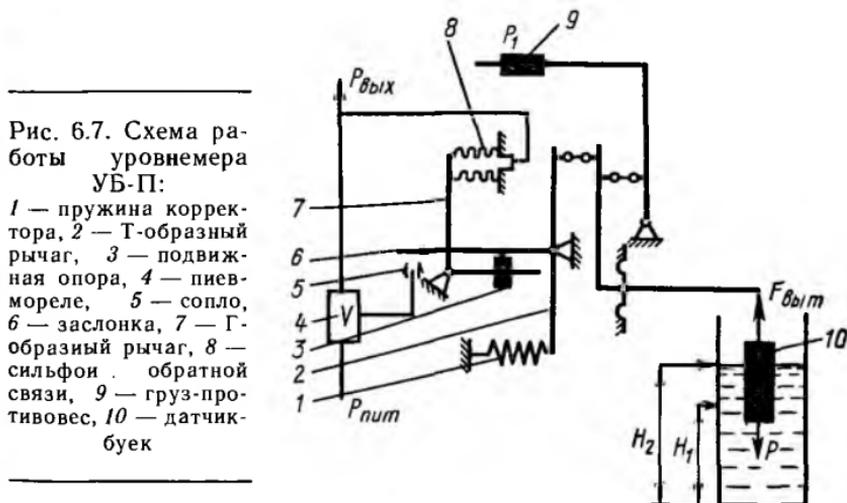


Рис. 6.7. Схема работы уровнемера УБ-П:

1 — пружина корректора, 2 — Г-образный рычаг, 3 — подвижная опора, 4 — пневмореле, 5 — сопло, 6 — заслонка, 7 — Г-образный рычаг, 8 — сильфон обратной связи, 9 — груз-противовес, 10 — датчик-бук

6.3. Зависимость выталкивающей силы, действующей на бус длиной 1 м, от его диаметра и плотности контролируемой жидкости

| Диаметр поплавка, мм | Выталкивающая сила, кгс/см ³ , при плотности жидкостей | | | | | | | |
|----------------------------|---|-----------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------------|-----------------------|-----------------------|--|
| | легких (спирты, растворы) | | | | тяжелых (щелочи, кислоты) | | | |
| | 0,5 г/см ³ | 0,7 г/см ³ | 0,9 г/см ³ | 1,0 г/см ³ | 1,3 г/см ³ | 1,5 г/см ³ | 1,7 г/см ³ | |
| 11 | 0,47 | 0,665 | 0,855 | 0,950 | 1,236 | 1,426 | 1,616 | |
| 14 | 0,77 | 1,078 | 1,386 | 1,540 | 2,001 | 2,309 | 2,617 | |
| 20 | 1,571 | 2,199 | 2,828 | 3,142 | 4,085 | 4,713 | 5,341 | |
| 30 | 3,535 | 4,949 | 6,362 | 7,070 | 9,19 | 10,60 | 12,02 | |
| 45 | 7,95 | 11,13 | 14,32 | 15,91 | 20,68 | 23,86 | 27,04 | |

мера от высоты контролируемого уровня, которые приведены ниже.

| Высота контролируемого уровня, % от H_{\max} | 0 | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 |
|---|------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-----------|
| Выходное давление преобразователя, кгс/см ² (МПа) | 0,2 (0,02) | 0,36 (0,036) | 0,52 (0,052) | 0,68 (0,068) | 0,84 (0,084) | 1,0 (0,1) |

$$P_{\text{вых}} = 0,2 + 0,8 (H/H_{\max}),$$

6.4. Основные неисправности буйковых уровнемеров типа УБ-П и способы их устранения

| Неисправность | Причина неисправности | Способ устранения |
|--|--|--|
| Отсутствует выходной сигнал прибора | Нет давления в пневмолинии питания; неисправность или засорение пневмореле | Восстановить и настроить требуемое давление питания; прочистить или заменить пневмореле |
| Завышен выходной сигнал прибора | Засорение сопла | Произвести прочистку сопла специальной иглой |
| Вялое реагирование прибора на изменение контролируемого уровня | Отсутствует плотность (герметичность) пневмолиний Наличие влаги в воздухе | Проверить и устранить утечки воздуха Установить в питающей линии осушитель и отстойник; продуть сухим воздухом прибор |
| Разбросы (нестабильность) выходного сигнала прибора | Слабое крепление измерительного блока с преобразователем Затирание демпфера | Подтянуть крепежные стойки Т-образного рычага преобразователя Установить и настроить правильное положение поршня демпфера, исключая его затирание за корпус стакана |

где H — высота регулируемого уровня, % от H_{\max} ; H_{\max} — максимальная высота контролируемого уровня.

Во время наладки необходимо также учитывать зависимость выталкивающей силы, действующей на буюк (табл. 6.3).

Характерные неисправности прибора типа УБ-П представлены в табл. 6.4.

7. АВТОМАТИЧЕСКИЕ ГАЗОАНАЛИЗАТОРЫ

7.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ГАЗОАНАЛИЗАТОРАХ

Газоанализаторы используют для определения процентного содержания одного газа в другом при их выработке и потреблении.

Такие задачи весьма важны в сложных технологических процессах и для контроля качества выпускаемой продукции в химической, металлургической, машиностроительной, электронной промышленности, медицине и др.

Газоанализаторы по назначению делятся на две основные группы: для управления и контроля технологическими процессами, для охраны окружающей среды и безопасности на производстве.

Основные требования по стабилизации основных параметров газоанализаторов. Современные газоанализаторы непрерывного контроля с автоматической записью показаний и сигнализацией аварийных значений концентрации позволяют измерять концентрации от нескольких десятков процентов (10 — 100 %) до микроконцентрации (10^{-6} ÷ 10^{-9} %). В приборах данного типа используют различные физические и химические свойства газов, концентрацию которых необходимо определить.

Газоанализаторы являются сложными приборами и, как правило, состоят из ряда блоков: подготовки газов, электронного, питания и регистрирующего прибора.

Для обеспечения правильной работы приборов необходимо стабилизировать целый ряд его параметров, оговоренных требованиями завода-изготовителя. Практически для всех типов и видов газоанализаторов необходимо стабилизировать следующие параметры: расход анализируемого газа, проходящего через датчик, давление анализируемого газа, температуру анализируемого газа и чувствительного элемента, напряжение питания измерительной схемы, чистоту анализируемого газа от пылевых частиц, влаги и вредных примесей.

Отечественная промышленность выпускает много типов узлов подготовки газов, включающих очистку, осушку и ста-

билизацию расхода или давления. В зависимости от определенных требований к качеству подготовки анализируемого газа газоанализаторы оснащают соответствующими узлами газоподготовки.

Основные характеристики устройств для газоанализаторов приведены в табл. 7.1.

7.1. Основные характеристики устройств для газоанализаторов

| Устройство | Техническая характеристика |
|------------|--|
| ГЗУ-2 | Газообразное устройство для отбора пробы и очистки ее от пылевых частиц с помощью керамического фильтра до 2 г/м^3 |
| ГОУ | Газоочистное устройство для очистки и осушки анализируемого газа, с помощью специальных поглотителей — цеолита или силикагеля |
| РД-10 | Имеет редуктор давления типа РД10, работающий в диапазоне $1000\text{—}10 \text{ кПа}$ ($10\text{—}0,1 \text{ кгс/см}^2$). Двухступенчатый редуктор для отбора анализируемого газа высокого давления. Первая ступень работает в диапазоне $25\ 000\text{—}1000 \text{ кПа}$ ($250\text{—}10 \text{ кгс/см}^2$), вторая ступень — $1000\text{—}10 \text{ кПа}$ ($10\text{—}0,1 \text{ кгс/см}^2$) |
| Блок Б | Устройство для контроля и регулирования расхода анализируемого газа; позволяет производить очистку и осушку газа и стабилизацию его давления до 10 кПа ($0,1 \text{ кгс/см}^2$) |
| ПР-7 | Побудитель расхода; предназначен для подачи газа при атмосферном давлении в газоанализатор. Представляет собой конструкцию, включающую электродвигатель и ротационный насос |
| ВЭЖ | Воздушный эжектор; предназначен для подачи газа, находящегося под атмосферным давлением, в газоанализатор. Работает на принципе создания разрежения и засасывания контролируемого газа в прибор. Требует питающего воздуха с давлением до 50 кПа ($0,5 \text{ кгс/см}^2$) |

7.2. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ В ГАЗОВОМ АНАЛИЗЕ И ЕДИНИЦЫ ИЗМЕНЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ

В автоматическом приборном анализе газов в силу своей специфики существует ряд определенных понятий.

1. Концентрация определяемого газового компонента, т. е. содержание определяемого газа

в анализируемой газовой смеси, выраженное в объемных процентах (% об.) или в весовых единицах ($\text{г}/\text{м}^3$, $\text{мг}/\text{м}^3$ и т. д.).

2. Бинарная газовая смесь — смесь, состоящая из двух газов.

3. Многокомпонентная газовая смесь — смесь, состоящая из трех или более газов.

4. Запаздывание показаний газоанализатора — время с начала скачкообразного изменения концентрации газа на входе в прибор до момента фиксирования им данного значения концентрации газа.

5. Начало реагирования газоанализатора — время, прошедшее от начала изменения концентрации газа на входе в прибор до начала реагирования его измерительной схемы (стрелки измерительного прибора).

6. Поверочная газовая смесь (ПГС) — газовая смесь в баллоне, имеющая паспортные данные (свидетельство) о концентрации газа, используемого для проверки работоспособности и поверки газоанализатора определенного типа.

Как правило, для проверки газоанализатора необходимо иметь ПГС трех различных концентраций газов (трех точек рабочей шкалы прибора) — начала, середины и конца шкалы.

Чем меньшую концентрацию газа измеряет прибор, тем выше предъявляются требования к плотности газового тракта (утечкам газа) прибора, соединений и импульсным линиям; в приборах измерения микроконцентрации газов в пределах $10^{-4} \div 10^{-9}$ % об. учета в газовых трактах прибора недопустимы.

Дополнительными факторами, влияющими на работоспособность таких приборов в целом ряде случаев, являются наличие сильных магнитных полей, вибрации, источники тепловых излучений, пылевые частицы и агрессивные среды (кислоты, щелочи и их пары).

Необходимо обращать серьезное внимание на правильность подключения датчика газоанализатора к технологическому трубопроводу или оборудованию и учитывать следующие факторы.

1. Сокращать запаздывания показаний прибора, связанные со значительной длиной и большим диаметром подключаемой импульсной линии, соединяющей датчик и объект измерений; соединительная импульсная линия должна иметь минимальный диаметр и наименьшую длину в соответствии с рекомендациями завода-изготовителя.

2. Исключать установку отбора анализируемого газа

(особенно при измерении микроконцентрации) в тупиковых стоячих зонах трубопроводов, где отсутствует основной поток газа — здесь показания прибора будут недостоверны в силу влияния целого ряда факторов (влажности, диффузии газа и т. д.). Отборы газов выполняются в основном трубопроводе с такой конструкцией, чтобы обеспечить забор пробы в центральной части газового потока со скоростью 1—6 м/с.

3. Исключать установку запорной арматуры (вентилей) обычного исполнения с сальниковой набивкой и смазкой для устранения влияния качества арматуры на показания прибора. В качестве приемлемой запорной арматуры могут использоваться малогабаритные сильфонные бессальниковые вентили с проходным сечением 3—6 мм ($d_y = 3 \div 6$ мм) на рабочее давление $P_{\text{раб}} = 0,1$ МПа (10 кгс/см²).

Концентрация веществ в практических измерениях выражается в весовых и объемных единицах.

Весовая концентрация — число граммов измеряемого вещества, находящегося в 1 м³ объема, т. е. г/м³; число граммов вещества в 1 л (г/л); число граммов вещества в 100 г смеси (% вес.); число миллиграммов вещества в 1 м³ (мг/м³), число миллиграммов вещества в 1 л (мг/л).

7.3. ТЕРМОМАГНИТНЫЕ ГАЗОАНАЛИЗАТОРЫ

Термомагнитные газоанализаторы используются для определения наличия кислорода в газах и газовых смесях.

Принцип действия прибора основан на использовании явления, обусловленного ярковыраженными магнитными свойствами кислорода по сравнению с такими свойствами других газов.

| Газ | Магнитная восприимчивость χ , см ³ ·г·с |
|-------------------------|--|
| Кислород | +146 |
| Воздух | +30,8 |
| Оксид азота | +53,0 |
| Диоксид азота | +9,0 |
| Водород | -0,164 |
| Азот | -0,58 |
| Аргон | -0,86 |

Датчик прибора имеет постоянно нагреваемый током электрический проводник (проточный чувствительный элемент) — стеклянную полую цилиндрическую ампулу, внутри

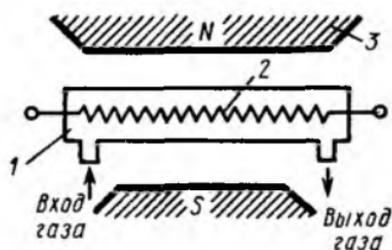


Рис. 7.1. Чувствительный элемент в магнитном поле:

1 — стеклянная проточная ампула, 2 — сопротивление (нить), 3 — магнит постоянный

которой впаяна платиновая проволока, нагреваемая до температуры 70—75 °С (рис. 7.1).

Если в контролируемом газе присутствует кислород, то его молекулы в холодном состоянии, являясь парамагнитными, проходя через датчик, первоначально втягиваются в сильное магнитное поле постоянного магнита и ускоряют свое движение в проточном элементе. За время соприкосновения кислорода в датчике с нагретым электрическим проводником молекулы кислорода нагреваются до критической температуры (парамагнитная точка Кюри, равная 70 °С). При этом кислород резко меняет свои магнитные свойства на противоположные (из парамагнитного — втягивающегося — в диамагнитное — вытягивающееся из магнитного поля). В связи с этим явлением кислород свободно «выталкивается» из магнитного поля датчика, создавая тем самым конвекцион-

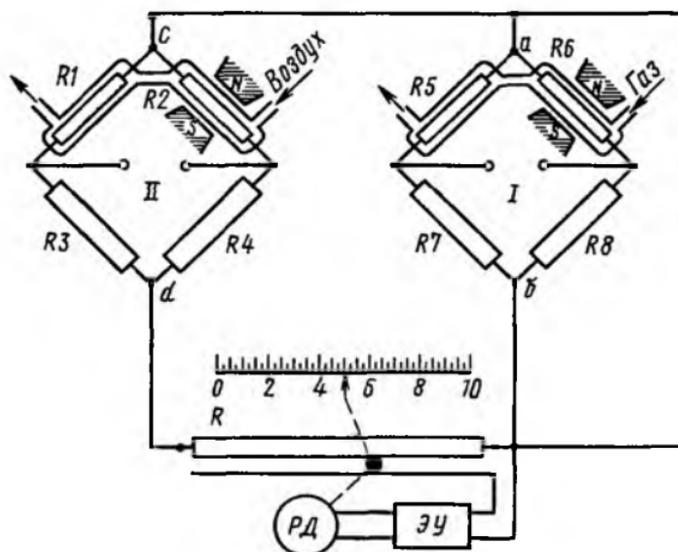


Рис. 7.2. Принципиальная схема измерительного моста газоанализатора МН-5130:

I — рабочий мост, II — сравнительный мост, РД — реверсивный двигатель, ЭУ — усилитель, R — реохорд, R1, R2 — плечевые элементы, R3, R4, R7, R8 — постоянные плечи моста, R5, R6 — датчики (чувствительные элементы)

ный поток газа, т. е. термомагнитную конвекцию. При этом платиновая спираль 2 датчика (см. рис. 7.1) является нагревательным элементом, способствующим возникновению термомагнитной конвекции, и одновременно чувствительным элементом, включенным в измерительную схему прибора (рис. 7.2). Большшему содержанию кислорода соответствует большая термомагнитная конвекция. Отдавая теплоту, платиновая нить меняет температуру, а соответственно и электрическое сопротивление. Поэтому по величине сопротивления чувствительного элемента можно косвенно определять концентрацию кислорода.

В зависимости от модификации термомагнитные газоанализаторы типа МН-5130 могут иметь следующие пределы измерений, % об.: 0—0,5; 0—1; 0—2; 0—5; 0—10; 0—21; 0—50; 20—80; 50—100; 80—100; 90—100; 98—100.

Особенности монтажа и наладки газоанализаторов типа МН-5130 (рис. 7.3)

1. Монтаж газовой и электрической схем прибора (блока подготовки газа — приемника — вторичного регистрирующего прибора) осуществляется в соответствии с рекомендациями завода-изготовителя.

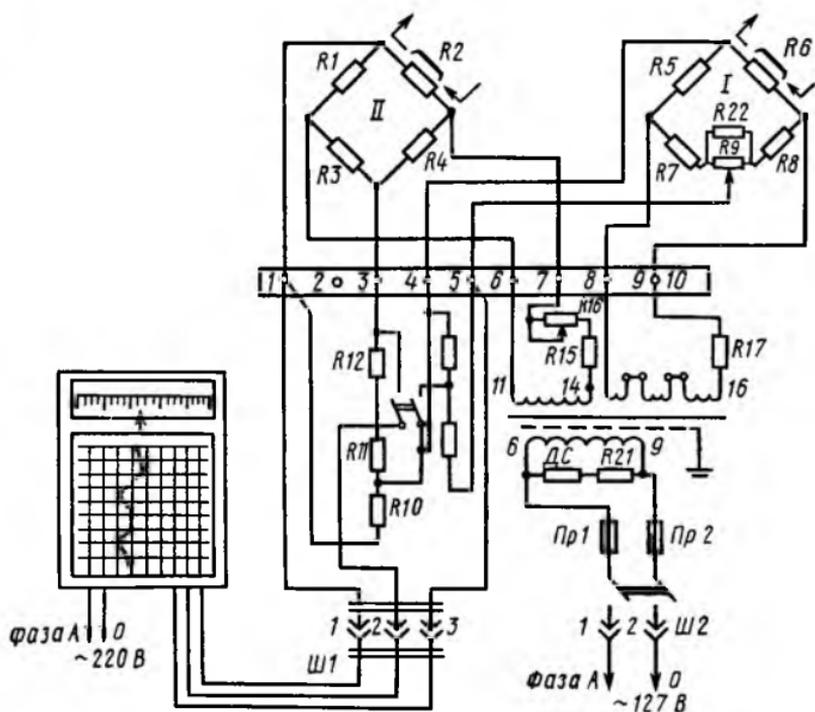


Рис. 7.3. Электрическая схема газоанализатора МН-5130

2. Импульсная газовая линия, соединяющая прибор и место отбора газа, должна быть обезжирена хладоном или трихлорэтиленом.

3. Приемник прибора монтируется с учетом его защиты от электромагнитных полей, вибраций, больших тепловых перегревов.

4. В качестве сравнительного газа используются баллоны емкостью 40 л, наполненные кислородом. Баллон и его редуктор должны иметь действующее клеймо поверки.

5. Измерительные цепи, соединяющие приемник с регистрирующим прибором, выполняются только экранированным проводом сечением 1,5—2,5 мм².

6. Электрические цепи питания прибора (220 В) и измерительные цепи должны прокладываться отдельно, чтобы исключить влияние наводок на показания прибора.

7. Особо важно обеспечить синфазность питания приемника и регистрирующего прибора, т. е. питание от одноименной фазы источника (например, только фазы А).

8. После монтажа газовой схемы прибора проверить ее герметичность при избыточном давлении в системе 0,8 кгс/см² (8 МПа) и устранить утечки.

9. В газовой схеме приемника для контроля расхода анализируемого и сравнительного газов должны быть установлены оттарированные расходомеры (ротаметры).

Порядок включения и наладки прибора

1. Проверить монтажную схему прибора (см. рис. 7.3), включить питание на приемник и регистрирующий прибор.

2. Подать анализируемый и сравнительный газ на приемник, обеспечив регулировкой ротаметров заданный расход — соответственно 0,7 и 0,2 л/мин (42 и 12 л/ч).

3. Прогреть прибор в течение 1—2 ч для установления теплового динамического равновесия.

4. В зависимости от модификации (наличие или отсутствие магнитного шунта) прибор на нулевые показания настраивают по заводской инструкции.

5. Если измерительная стрелка прибора резко уходит в одно из крайних положений и не поддается регулировке резистором R9 (см. рис. 7.3), необходимо поменять местами концы питания регистрирующего прибора.

6. Для проверки и настройки работоспособности прибора по всей шкале используются поверочные газовые смеси (ПГС), поставляемые в баллонах.

7. В зависимости от шкалы прибора ПГС должны соответ-

ствовать началу, середине и концу шкалы (соответственно 10—15, 40—55, 80—90 %).

8. Если показания прибора не соответствуют паспортным значениям ПГС, то необходимо произвести подстройку приемника переменным резистором $R16$ (диапазон измерения), устранив погрешность измерений.

7.2. Основные неисправности и способы проверки и ремонта газоанализатора МН-5130 (см. рис. 7.3)

| Характер неисправности | Способ проверки и устранения |
|---|---|
| Прибор вяло реагирует на концентрации кислорода | Проверить плотность газового тракта приемника Заменить приемник из-за «старения» магнитной системы |
| Прибор имеет значительную погрешность измерения, не устраняемую резисторами $R9$ и $R16$ (соответственно «нуль» прибора и «диапазон измерений») | Проверить проскок капельной влаги на чувствительные элементы $R1 — R2$ и $R5 — R6$ из-за плохой работы блоков подготовки газов (при работе прибора на отходящих и топочных газах в котельных и т. д.) Проверить состояние резисторов $R9$; $R16$; замерить их сопротивление и сравнить с данными табл. 7.3 Замерить сопротивления чувствительных элементов рабочего и сравнительного мостов $R5 — R8$; $R1 — R4$ и сравнить их с данными табл. 7.3 |
| При исправности регистрирующего прибора и обеспечения синфазности питания газоанализатор не реагирует на концентрацию кислорода и регулировку резисторов $R9$, $R16$ | Проверить на обрыв сопротивление рабочего и сравнительного мостов приемника Проверить резисторы $R9$, $R16$ Проверить напряжение питания мостов приемника |
| При включении напряжения газоанализатор не работает | Проверить схему включения и заменить предохранитель; заменить или отремонтировать выключатель |
| При включении прибора измерительная стрелка движется к одному из крайних положений | Разобрать приемник, проверить целостность чувствительных элементов и их соединений; при необходимости заменить приемник |
| При изменении концентрации кислорода прибор не реагирует | Проверить и устранить обрыв в цепях Установить заданный расход (по риске на ротаметре) |

9. После проверки и подстройки прибора по ПГС перевести его на режим измерения контролируемого параметра.

Ремонт и наладка газоанализатора типа МН-5130. Наиболее простыми неисправностями являются: устранение неплотности газового тракта; настройка по ротаметру необходимого расхода контролируемого газа; поднастройка показаний прибора по поверочным газовым смесям (ПГС).

Неплотности газового тракта проверяют обмыливанием соединений газовых импульсных линий (накидных гаек, штуцеров, стыков и сварочных соединений). После устранения неплотностей газовую линию ставят на испытание под давление с установкой образцового манометра и засечкой времени испытания. Величина падения давления не должна превышать 1 % за 10 мин испытаний.

Основные неисправности газоанализатора МН-5130 и способы его проверки и ремонта приведены в табл. 7.2.

При ремонте и диагностике неисправностей приемника газоанализатора необходимо пользоваться номиналами резисторов (табл. 7.3). Это позволяет методом замера и сравнения таких параметров определить неисправные элементы.

При неисправности электронных регистрирующих приборов типа КСМ-2 в газоанализаторе МН-5130 необходимо собрать электрическую схему (рис. 7.4). Вместо переменных резисторов, обозначенных на схеме М1 и М2, требуется уста-

7.3. Номиналы настроечных резисторов измерительной схемы газоанализатора МН-5130

| Обозначение элемента по схеме | Рабочий номинал элемента, Ом | Примечание |
|-------------------------------|--|---|
| R1 R2 R3 R4 | 20 ± 5 % 20 ± 5 % 20 ± 5 % 20 ± 5 % | Составляющие чувствительные элементы сравнительного моста |
| R5 R6 R7 R8 | 35 ± 5 % 35 ± 5 % 35 ± 5 % 35 ± 5 % | Составляющие чувствительные элементы рабочего моста |
| R9 | 0 ± 0,5 % | Переменный резистор «установки нуля» |
| R16 | 0—3,5 | Переменный резистор «диапазон измерений» |

Примечание. Измерение сопротивлений производится на отключенном приборе с помощью образцового моста типа МО.

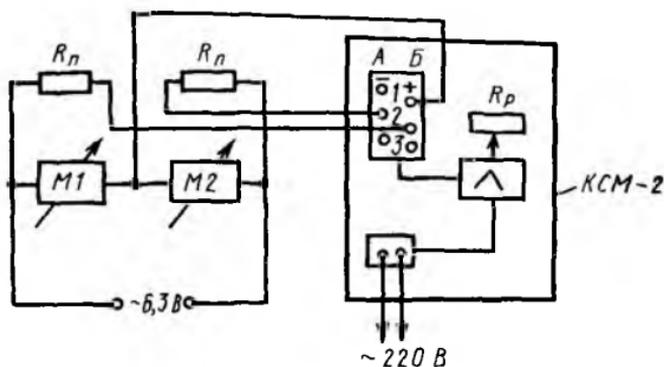


Рис. 7.4. Схема для проверки исправности регистрирующего прибора КСМ-2 (для газоанализатора МН)

новить магазины сопротивлений типов *R-33*, *МО-5*; собрать схему питания регистрирующего прибора и схему проверки. Дальнейшие операции проверки прибора представлены в табл. 7.4.

7.4. Проверка исправности регистрирующего прибора КСМ-2 (см. рис. 7.4)

| Наименование операций | Показания прибора |
|---|--|
| Собрать схему проверки (см. рис. 7.4) | — |
| Установить на магазине сопротивлений <i>M1</i> и <i>M2</i> соответственно 1 и 94 Ом (в сумме 95 Ом) | Нулевые |
| Сохраняя условие $M1 + M2 = 95$ Ом, увеличить <i>M1</i> на 4—8 Ом и одновременно уменьшить <i>M2</i> (в пределах условия) | Нулевые показания должны сохраняться |
| Сохраняя предыдущее условие, установить <i>M1</i> , равное 85—90 Ом, а $M2 = 95 - M1$ | Максимальные |
| Сохраняя условие $M1 + M2 = 95$ Ом, установить <i>M1</i> , равное 40—50 Ом, а $M2 = 95 - M1$ | 50 % шкалы |
| Выполнить постоянное приращение <i>M1</i> или <i>M2</i> на 1 Ом (при условии $M1 + M2 = 95$) | Увеличиваются на $(1,3 \pm 0,5)$ % шкалы |

7.4. ТЕРМОКОНДУКТОМЕТРИЧЕСКИЕ ГАЗОАНАЛИЗАТОРЫ

Термоконтдуктометрические газоанализаторы серии ТП используют для определения целого ряда газо-

вых компонентов (водорода, кислорода, азота, метана, гелия и т. п.).

Область применения приборов, их модификации и технические характеристики приведены в табл. 7.5.

Принцип действия газоанализатора ТП основан на измерении теплопроводности определяемого газа в газовой смеси.

7.5. Область применения и технические характеристики газоанализаторов типа ТП

| Модификация прибора | Измеряемый компонент | Диапазон показаний объемной концентрации, % об. | Класс точности |
|---------------------|----------------------|---|----------------|
| ТП1120 | Водород | 60—100 | 2,5 |
| | | 80—100 | 2,5 |
| | | 90—100 | 2,5 |
| | | 95—100 | 2,5 |
| ТП7102 | Гелий | 0—5 | 4 |
| | | 0—10 | 2,5 |
| | | 90—100 | 2,5 |
| | | 90—100 | 2,5 |
| ТП5004 | Кислород | 0—0,5 | 10 |
| | | 0—1 | 10 |
| | | 0—5 | 2,5 |
| | | 0—10 | 2,5 |
| ТП5005 | Кислород в воздухе | 0—0,5 | 10 |
| | | 0—1 | 10 |
| ТП2301 | Метан | 0—100 | 2,5 |
| ТП2220 | Диоксид углерода | 0—10 | 2,5 |
| | | 0—20 | 2,5 |
| | | 0—30 | 2,5 |
| | | 0—40 | 2,5 |
| | | 50—100 | 2,5 |
| | | 80—100 | 2,5 |
| | | 90—100 | 2,5 |
| | | 95—100 | 2,5 |
| ТП4102 | Азот в гелии | 0—20 | 4 |
| | | 0—40 | 2,5 |
| | | 60—100 | 2,5 |
| | | 80—100 | 4 |

Теплопроводность есть физическая величина, характеризующая количество теплоты, которое проходит за 1 с через площадь в 1 см² при падении температуры в 1 °С на расстоянии 1 см. Данные по теплопроводности основных газов приведены ниже.

| | λ , кал·см ⁻¹ ·с ⁻¹ ·град ⁻¹ |
|--------------------------|---|
| Гелий | 3480 |
| Водород | 4021 |
| Воздух | 577 |
| Азот | 577 |
| Аргон | 391 |
| Углекислый газ | 349 |
| Хлор | 188 |
| Ксенон | 124 |

Измерительная схема газоанализатора ТП (рис. 7.5) представляет собой два моста — рабочий и сравнительный. Рабочий мост образован четырьмя сопротивлениями: два сопротивления $R2$ и $R4$ запаяны в стеклянные ампулы с газовой смесью, соответствующей началу шкалы прибора; два других — $R1$ и $R3$ находятся в открытых стеклянных ампулах, через них проходит контролируемая газовая среда.

Сравнительный мост образован также четырьмя сопротивлениями: два сопротивления $R5$ и $R7$ запаяны в закрытые стеклянные ампулы, заполненные газовой смесью, соответствующей началу шкалы; два других — $R6$ и $R8$, аналогичные предыдущим, и соответствуют концу шкалы.

Общее уравнение равновесия мостовой схемы любого типа соответствует виду $R1 \cdot R3 = R2 \cdot R4$, при этом ток в диагонали измерения равен нулю ($I = 0$).

Полная электрическая схема газоанализатора и общий вид датчика ТП-5005 даны на рис. 7.6.

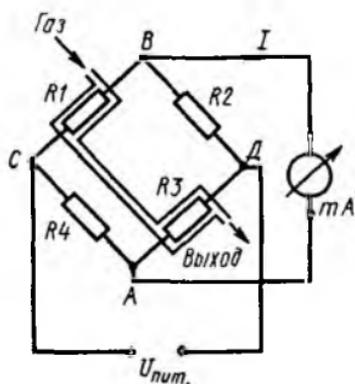


Рис. 7.5. Измерительная схема газоанализатора ТП

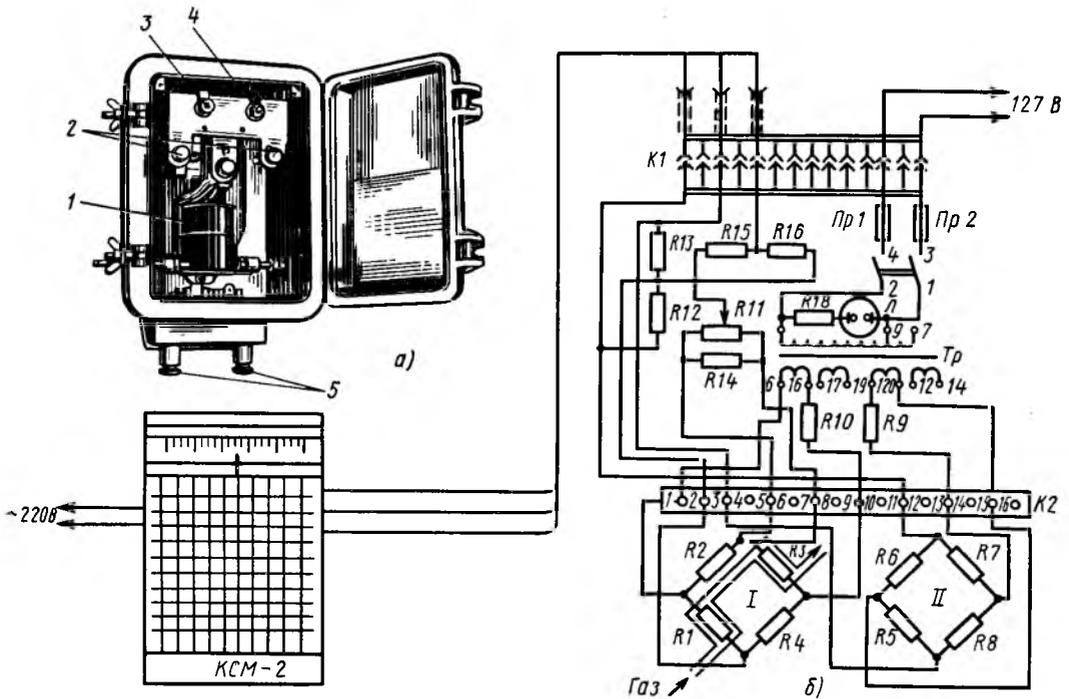


Рис. 7.6. Газоанализатор типа ТП:
 а — общий вид прибора: 1 — датчик, 2 — предохранитель, 3 — подстройка «0», 4 — тумблер «Сеть», 5 — выводы;
 б — электрическая схема прибора

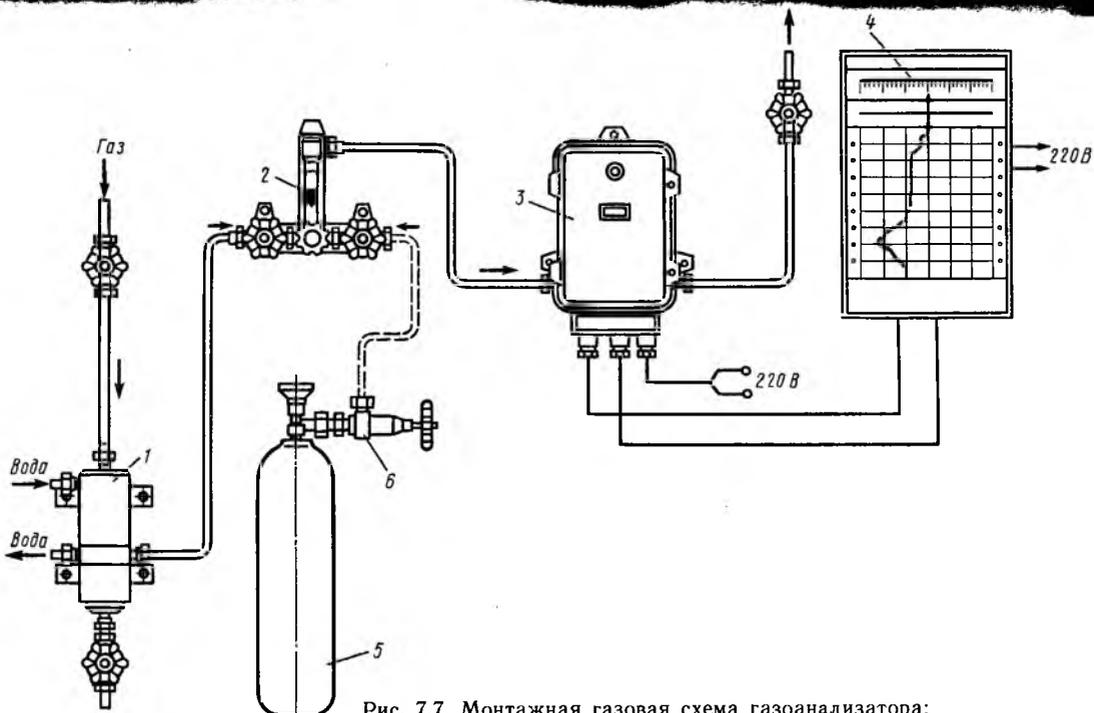


Рис. 7.7. Монтажная газовая схема газоанализатора:
 1 — конденсатоотводчик, 2 — ротаметр, 3 — датчик газоанализатора, 4 — регистрирующий прибор, 5 — баллон с ПГС, 6 — вентиль тонкой регулировки

На рис. 7.7 показана полная монтажная схема газоанализатора совместно с узлом проверки прибора по поверочной газовой смеси (ПГС). Ротаметр 2 совместно с двумя вентилями отбора газов типа Б-12 позволяет переключать датчик 3 газоанализатора ТП-5501 на анализируемый газ или баллон 5 с ПГС. После переключения отбора на ПГС необходимо выждать 3—5 мин для установления показаний вторичного прибора 4 типа КСМ. Если показания прибора отличаются от паспортного значения ПГС, необходимо произвести поднастройку показаний резистором *R11* (рис. 7.6, б).

Ремонт и устранение неисправностей данных газоанализаторов в основном подобен ремонту газоанализатора МН-5130. Особенности ремонта прибора представлены в табл. 7.6.

7.6. Основные неисправности газоанализаторов серии ТП и способы их устранения (см. рис. 7.6)

| Неисправность | Способ устранения |
|---|--|
| Отсутствует поток газа через датчик | Проверить плотность импульсных линий, исправность расходомер-ротаметра, положение вентиля на отборе газа и наличие прокладок в соединениях |
| Показания регистрирующего прибора не соответствуют действительному анализу газа | Произвести подстройку показаний за счет резистора <i>R11</i> на датчике |
| Стрелка регистрирующего прибора резко уходит за «0» или «максимум» шкалы; регулировке с помощью резистора <i>R11</i> не поддается | Нарушена синфазность датчика и регистрирующего прибора; необходимо подключить их на одноименную фазу питающего напряжения |
| При исправности регистрирующего прибора и изменении концентрации водорода газоанализатор не изменяет свои показания | Проверить электрическую схему датчика и устранить неисправность |

7.5. ТЕРМОХИМИЧЕСКИЕ ГАЗОАНАЛИЗАТОРЫ

Газоанализатор-сигнализатор СТХ-6 является автоматическим термохимическим прибором для контроля дозврывоопасной концентрации горючих газов, паров и их смесей в производственных помещениях с выдачей сигнала загазованности.

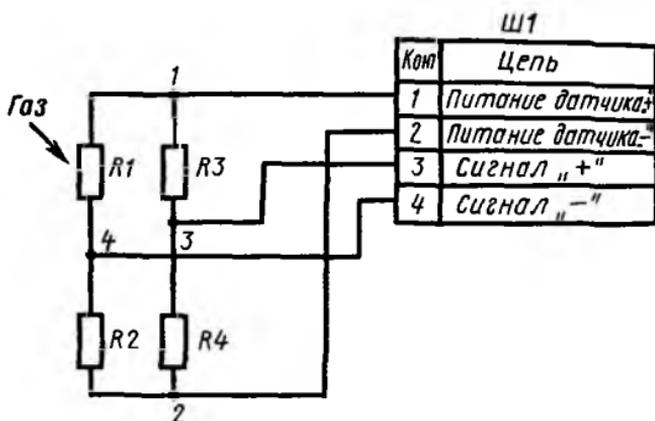


Рис. 7.8. Электрическая схема датчика газоанализатора СТХ-6:
1—2 — диагональ питания, 3—4 — диагональ измерения

Измерительная схема датчика (рис. 7.8) представляет собой мостовую схему, принцип работы которой подобен всем рассмотренным газоанализаторам. Сопротивления R_2 , R_4 являются постоянными сопротивлениями. Сопротивление R_1 является чувствительным проточным элементом — датчиком измеряемой концентрации; его поверхность покрыта активной массой, на которой происходит «сгорание» анализируемого компонента.

Сопротивление R_3 является непроточным сравнительным элементом, так называемый пассивный элемент.

Рабочие параметры мостовой схемы датчика сопротивлений $R_1—R_4$ представлены в табл. 7.7 для выполнения ремонтно-наладочных работ.

Газоанализатор типа СТХ-6 имеет ряд модификаций датчиков, позволяющих использовать различные варианты подачи анализируемого взрывоопасного компонента. Модификации данных приборов и их датчиков приводятся в табл. 7.8.

7.7. Рабочие параметры мостовой схемы датчика газоанализатора СТХ-6 (см. рис. 7.8)

| Обозначение элемента | Рабочий номинал, Ом |
|----------------------|--|
| R_1 | 100 и выше (пропорционально концентрации газа) |
| R_2 | $100 \pm 0,25$ |
| R_3 | $100 \pm 0,25$ |
| R_4 | $100 \pm 0,25$ |

7.8. Модификации газоанализатора СТХ-6

| Модификация прибора | Тип датчика | Способ подачи газа |
|---------------------|-------------|--|
| СТХ-6-1УХЛ4 | ДТХ-118 | Конвекционно-диффузионный (без прямой подачи газа) |
| СТХ-6-2УХЛ4 | ДТХ-118 | |
| СТХ-6-3УХЛ4 | ДТХ-119 | Прямой подачей газа на датчик |
| СТХ-6-4УХЛ4 | ДТХ-119 | |

Для обеспечения работоспособности блока датчика (рис. 7.9, а) необходимо во время наладки и эксплуатации поддерживать строго дозированный расход анализируемого газа. Это условие выполняется регулировкой редуктора с помощью вентиля 2 с тем, чтобы поплавков 4 ротаметра 1 находился на контрольной отметке стекла. Окончательная регулировка достигается плавным вращением вентиля ротаметра 1. При постоянной работе прибора кран-переключатель 3 должен находиться в положении «Анализ». В случаях неправильных показаний прибора и при сигнализации загазованности помещений в целях проверки прибора на нулевые показания можно кран 3 переключить кратковременно в положение «Установка нуля». Если через 3—5 мин прибор выйдет на «ноль», то прибор работоспособен.

Общий вид электронного блока представлен на рис. 7.9, б. Блок имеет индикатор показаний И, две сигнальные лампы «Концентрация» и «Неисправность». Нижняя часть — резисторы

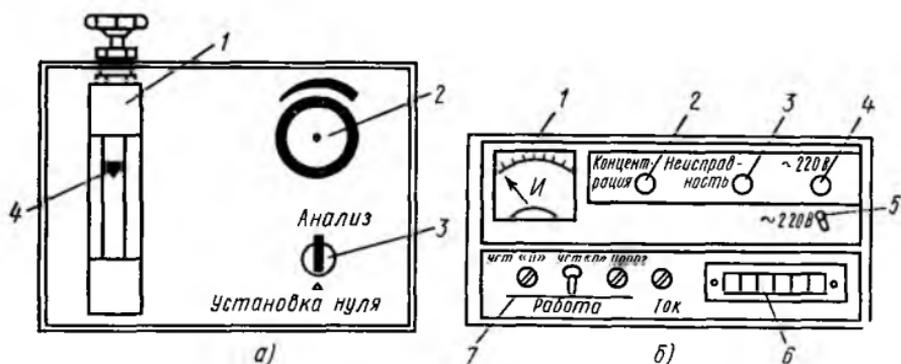


Рис. 7.9. Общий вид газоанализатора СТХ-6:

а — блок подготовки газа: 1 — ротаметр, 2 — вентиль регулировки расхода газа, 3 — переключатель газа «Анализ» — «Установка нуля», 4 — поплавок; б — электронный блок: 1 — измерительный прибор, 2 — лампа «Концентрация», 3 — лампа «Неисправность», 4 — лампа «Сеть», 5 — тумблер «Сеть», 6 — панель переключений, 7 — элементы настройки

«Установка нуля», «Порог», «Ток» — служит для производства ремонтно-наладочных работ.

Для обеспечения высокой работоспособности данного типа газоанализатора дозврывоопасной концентрации газов и их паров прибор необходимо проверять по ряду контрольных параметров и при отклонении их от нормы производить подстройку. Значения контролируемых параметров прибора представлены в табл. 7.9.

7.9. Значение основных контролируемых параметров газоанализатора СТХ-6

| Контролируемый параметр | Значение параметра | Периодичность параметра |
|--|---|------------------------------|
| Расход контролируемой среды | По контрольной риске на ротаметре | Раз в сутки |
| Ток питания датчика ДТХ | (180 ± 5) мА | 4,5 мес |
| Порог срабатывания блока питания 5ПС | (45 ± 3) мВ | 4,5 мес |
| Время выдачи сигнала «Концентрация» от загазованности или по контрольной газовой смеси | < 10 с | 1,5 мес |
| Работоспособность чувствительного элемента (RI) | Не реагирует на изменение концентрации газа | Подлежит замене через 10 мес |

8. ЭЛЕМЕНТЫ АВТОМАТИКИ И АВТОМАТИЧЕСКИЕ РЕГУЛЯТОРЫ

8.1. РЕЛЕ И ЛОГИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Для построения схем автоматического контроля и управления используются различные типы промежуточных реле, имеющих группы контактов (замкнутых, разомкнутых, переключающих).

По принципу действия реле подразделяются на электромагнитные, поляризованные и электронные. По роду питания катушек реле — постоянного и переменного тока.

Основными характеристиками реле являются: количество контактных групп; мощность контактов; время срабатывания и отпускания реле. Отечественная промышленность выпускает широкий ряд реле с различными характеристиками: до 20 пар контактных групп, разрывной мощности контактов 0,001—1000 Вт; времени срабатывания 1—500 мс.

Технические характеристики различных типов реле приведены в табл. 8.1.

В зависимости от мощности контактных групп контакты изготавливают из серебра, золота, платины, вольфрама и т. д. Эти металлы обладают высокой температурой плавления, механической прочностью, электропроводностью и малой окисляемостью.

Реле различного типа свойственно два положения: при отсутствии напряжения на катушке — невозбужденное состояние; при подаче напряжения — возбужденное состояние. При переходе из одного состояния в другое происходит изменение положения (переброс) контактных групп.

На рис. 8.1, а представлен принцип действия реле. Если на катушку 2 подать управляющее напряжение, то под действием электромагнитной силы якорь 5 притянется к сердечнику 1 и исполнительные контакты реле изменят свое положение: верхние замкнутся, нижние разомкнутся. При отключении напряжения с катушки 2 под действием противодействующей пружины 4 контакты возвращаются в исходное положение.

8.1. Технические характеристики основных типов реле

| Тип реле | Мощность срабатывания, Вт | Коммутируемая мощность, Вт | Время срабатывания, мс |
|---------------------------------|---|----------------------------|------------------------|
| Электромагнитное | $10^{-8} \div 10^{-3}$ | $10^{-1} - 10^{-4}$ | 1—200 |
| Электромагнитное поляризованное | $5 \cdot 10^{-3} \div \div 5 \cdot 10^{-1}$ | 10—20 | 1—15 |
| Магнитоэлектрическое | $10^{-9} \div 10^{-4}$ | 0,1—2 | 10—500 |
| Электронное | $10^{-12} \div 10^{-8}$ | $10^{-3} \div 10^{-2}$ | $10^{-8} \div 10^{-5}$ |
| Тиратронное | $10^{-4} \div 10^{-3}$ | $10^{-2} \div 10^{-3}$ | $10^{-3} \div 10^{-2}$ |

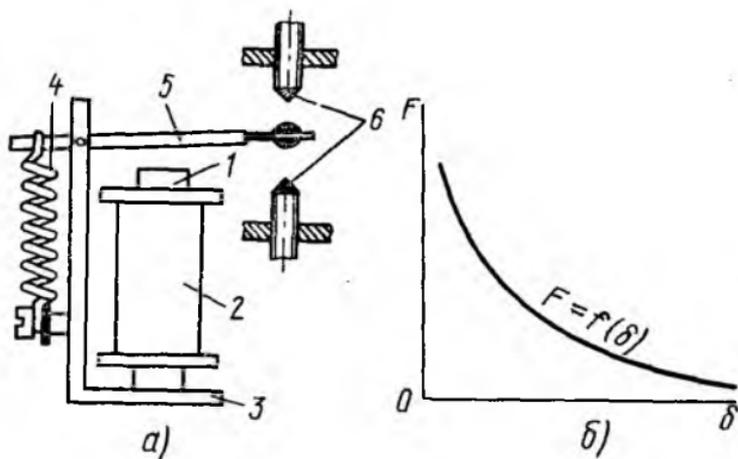


Рис. 8.1. Электромагнитное реле:

a — конструкция: 1 — сердечник, 2 — катушка, 3 — магнитопровод, 4 — пружина, 5 — якорь, 6 — контакты; *б* — электромеханическая характеристика

На рис. 8.1, *б* представлена тяговая характеристика реле, называемая также электромеханической характеристикой: $F = f(\delta)$, где F — сила притяжения якоря, δ — величина воздушного зазора между якорем и сердечником. Как видно из рис. 8.1, *б*, чем меньше воздушный зазор δ , тем больше сила притяжения F якоря к сердечнику.

Существенным недостатком промежуточных реле переменного тока является вибрация якоря и искрение контактов из-за переменной частоты питания обмотки реле (50 Гц). Это объясняется тем, что сила притяжения якоря реле меняется в переменном токе по синусоидальному закону с зависимостью от угловой частоты. Поэтому для устранения этого недостатка в реле переменного тока (рис. 8.2) полюсный наконечник раздвоен и на нем установлен короткозамкнутый медный виток 5. Под действием переменного напряжения в витке наводится э. д. с., направленная реактивно по отношению к основному потоку катушки, не допуская вибрации якоря и искрения контактов.

Наиболее распространенными являются реле промежуточного типа РПУ-2 (рис. 8.3). Модификации этого типа реле представлены в табл. 8.2.

На рис. 8.4, *а* представлена монтажная схема промежуточных реле. Реле РП-25, РП-26 имеют катушку, подключенную на выводы 11—12, и систему пар контактов: два замкнутых (1—2; 3—4) и три разомкнутых (5—6; 7—8; 9—10). Схема реле показана в отключенном состоянии катушки

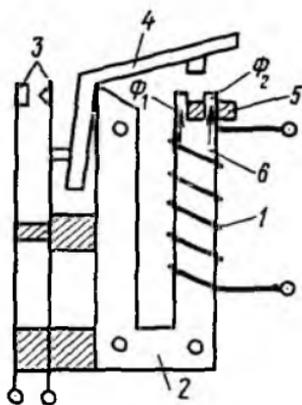


Рис. 8.2. Реле переменного напряжения:
 1 — обмотка, 2 — магнитопровод, 3 — контакты, 4 — якорь, 5 — медный виток, 6 — полюсный наконечник; Φ_1 и Φ_2 — магнитные потоки

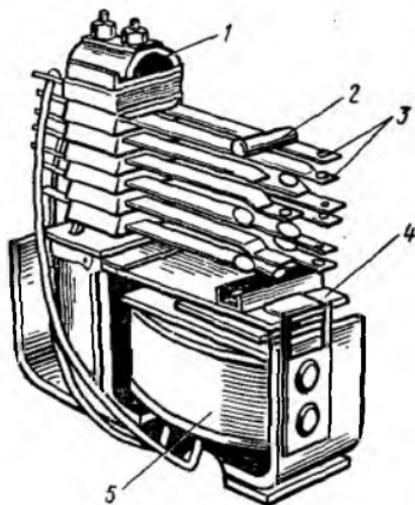


Рис. 8.3. Общий вид реле РПУ-2:
 1 — изоляционные платы, 2 — траверса, 3 — контакты, 4 — якорь, 5 — обмотка

(обесточенном). При подаче управляющего напряжения на катушку положение контактов поменяется на обратное.

8.2. Модификация реле промежуточного типа РПУ-2

| Модификация | Количество пар контактов реле | | |
|-------------|-------------------------------|-------------|---------------|
| | замкнутых | разомкнутых | переключающих |
| 002 | — | — | 2 |
| 020 | — | 2 | — |
| 022 | — | 2 | 2 |
| 240 | 2 | 4 | — |
| 420 | 4 | 2 | — |
| 620 | 6 | 2 | — |
| 800 | 8 | — | — |

На рис. 8.4, б показано реле постоянного тока — катушка подключена через диоды; в отличие от предыдущего реле РП-25 данное реле РП-256 имеет выдержку времени на размыкание 1—2 с. Реле имеет четыре пары контактов.

Ниже приведено напряжение (В) катушки реле РПУ-2:

Переменное 127; 220; 380
 Постоянное 12; 24; 48; 60; 110; 220

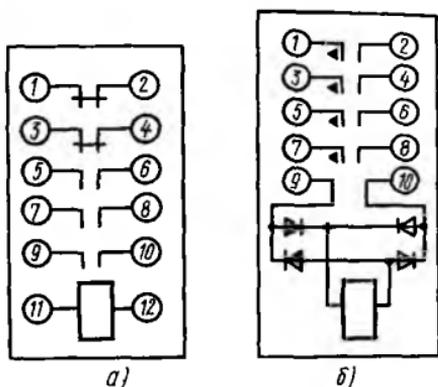


Рис. 8.4. Монтажная схема промежуточных реле типа РП:
а — переменного тока типа РП-25, РП-26; *б* — реле постоянного тока с выдержкой времени типа РП-256

Электропневматическое реле времени типа РВП используется для создания выдержки времени в цепях автоматики. Реле типов РВП-2111, РВП-2112 (рис. 8.5) имеют управляющую катушку и две пары контактов с выдержкой времени. Выдержка времени обеспечивается специальным пневматическим узлом, позволяющим производить настройку времени от 5 до 180 с.

Электромеханическое реле времени типа ВС-10, электрическая схема которого приведена на рис. 8.6, позволяет создавать выдержку времени в автоматических цепях от 2 с до 24 ч. Модификации реле даны в табл. 8.3.

Реле имеет электродвигатель *Д* и тормоз *ЭМ*, позволяющий соединять привод с системой проводных шестеренок часового механизма. Как видно из схемы, реле имеет три пары комбинированных контактов-тройников. В зависимости от типа схем автоматики используются соответствующие кон-

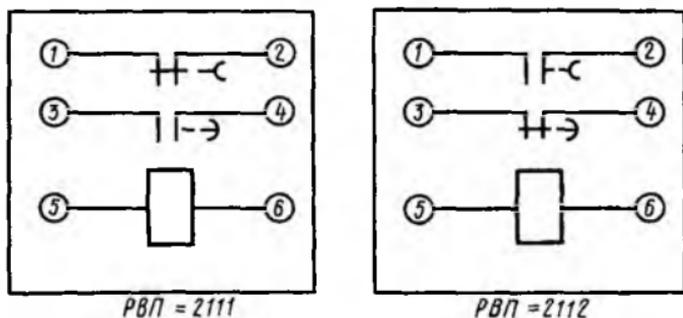


Рис. 8.5. Монтажная схема реле РВП

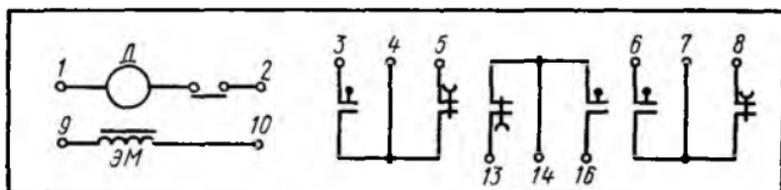


Рис. 8.6. Электрическая схема реле времени ВС-10

такты реле; необходимое время срабатывания набирается настроечным диском.

Электронное реле времени типа ВЛ позволяет обеспечивать выдержку времени от 1 с до 10 мин. Время срабатывания набирается специальным диском.

8.3. Модификации и выдержки времени электромеханического реле типа ВС-10

| Модификация | | Выдержка времени |
|-------------|----------|--------------------|
| ВС-10-31 | ВС-10-61 | 2—60 с |
| ВС-10-32 | ВС-10-62 | 15—180 с |
| ВС-10-33 | ВС-10-63 | 15 с — 9 мин |
| ВС-10-34 | ВС-10-64 | 1—30 мин |
| ВС-10-35 | ВС-10-65 | 3—90 мин |
| ВС-10-36 | ВС-10-66 | 9 мин — 4 ч 30 мин |
| ВС-10-37 | ВС-10-67 | 24 мин — 10 ч |
| ВС-10-38 | ВС-10-68 | 1—24 ч |

8.4. Модификации и технические характеристики электронного реле ВЛ

| Модификация | Выдержка времени | Напряжение, В |
|-------------|------------------|---------------|
| ВЛ-15-1 | 1—10 с | 24 |
| ВЛ-15-2 | 3—30 с | 48 |
| ВЛ-16-1 | 10—90 с | 110 |
| ВЛ-16-2 | 20—180 с | 110; 36; 220 |
| ВЛ-17-1 | 0,1—10 с | 110 |
| ВЛ-17-2 | 0,2—20 с | 220 |
| | 0,6—50 с | |
| | 1—100 с | |
| | 2—200 с | |
| ВЛ-18-1 | 1—10 мин | 110 |
| ВЛ-18-2 | 3—30 мин | 220 |
| ВЛ-18-3 | 3—30 мин | 220 |
| ВЛ-19-1 | 0,1—10 мин | 110 |
| ВЛ-19-2 | 0,1—10 мин | 220 |

8.5. Основные неисправности промежуточных реле и реле времени и способы их устранения

| Неисправность | Причина неисправности | Способ устранения |
|---|--|--|
| При подаче управляющего напряжения реле не изменяет положения контактов | <p>Отсутствие контакта в разветвленной цепи</p> <p>Обрыв или перегорание обмотки катушки реле</p> <p>Надлом крепежа перекидного мостика реле</p> | <p>Прозвонить цепь, проверить и настроить контакт</p> <p>Проверить цепь катушки; заменить реле или катушку</p> <p>Произвести осмотр; заменить мостик; настроить контакты</p> |
| Контакты реле срабатывают нечетко | <p>Разрегулировка положения контактов</p> <p>Образование нагара на контактах</p> | <p>Настроить правильное положение контактов с помощью пинцета</p> <p>Зачистить контакты плотной бумагой при натяге; протереть их бензином, спиртом</p> |
| Не работает выдержка времени | <p>Неисправность двигателя привода</p> <p>Нарушение зацепления шестеренок привода времени</p> <p>Неисправно устройство (пневматическое) выдержки времени</p> <p>Неисправность транзистора или $R-C$-цепей</p> | <p>Отремонтировать, заменить соответствующий двигатель</p> <p>Осмотреть привод, устранить перекосы, задирры</p> <p>Прочистить отверстие дросселя; проверить целостность резиновой мембраны; при прорыве заменить мембрану</p> <p>Проверить пробником состояние транзистора; произвести его замену. Проверить целостность резисторов и емкостей временных цепей. При необходимости произвести их замену. Работы производятся по схеме завода-изготовителя</p> |
| Полная разрегулировка контактов | Плохое хранение или неправильная эксплуатация | Ослабить крепеж платы контактов; правильно развести группы контактов. Пинцетом аккуратно подогнуть не сами контакты, а их фиксаторы. Настроить параллельность соприкосновения контактов. Зафиксировать крепеж платы контактов |

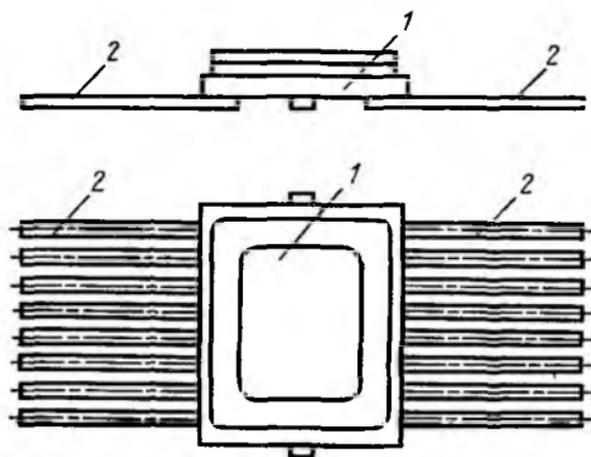


Рис. 8.7. Аналоговый ключ

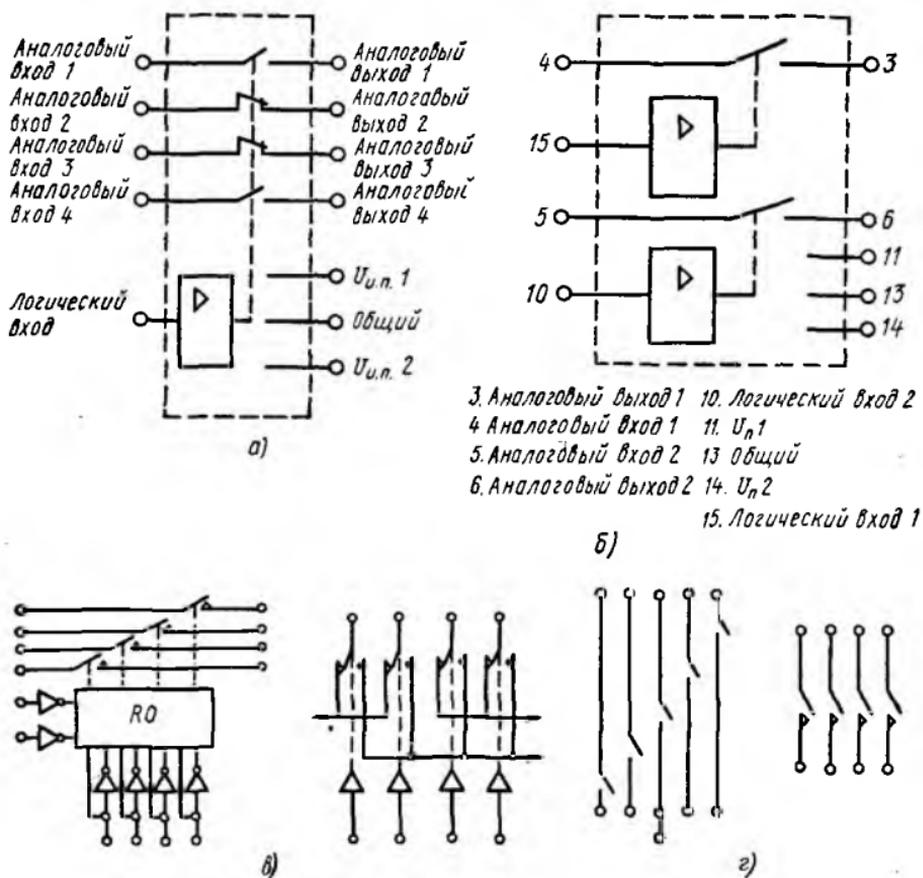


Рис. 8.8. Функциональные схемы аналоговых ключей:
а — типа К590КН12, б — типа К590КТ1, в — типа К190КТ1, г — типа К5990КН8

Модификация реле типа ВЛ и их технические характеристики приведены в табл. 8.4.

Основные неисправности промежуточных реле и реле времени приведены в табл. 8.5.

Полупроводниковые аналоговые ключи со схемой управления в последнее время находят все большее применение в построении логических цепей автоматического контроля, управления и регулирования. Отличительными положительными качествами данных элементов является их малый размер, отсутствие механических и контактных групп, окисляющихся в атмосфере, высокая надежность.

Существенный недостаток — малый коммутируемый ток (до 20 мА), поэтому в исполнительных элементах автоматики применяются совместно с реле, имеющими большую разрывную мощность контактов.

На рис. 8.7 показаны общие виды полупроводниковых аналоговых ключей. Приборы имеют корпус 1 и выводы 2.

На рис. 8.8, а представлена функциональная схема ключа типа К590КН12.

Данный ключ имеет четыре аналоговых входа — выхода. В невключенном состоянии ключ имеет два разомкнутых входа — выхода 1 и 4; два замкнутых 2, 3. При включенном состоянии схемы состояние контактов меняется на противоположное.

8.2. ЭЛЕКТРОННЫЕ РЕГУЛЯТОРЫ

Отечественной промышленностью выпускается целый ряд автоматических электронных регуляторов, позволяющих автоматизировать технологические процессы: температуры, давления, расхода, уровня, влажности и т. д.

Среди них наиболее распространенными являются системы автоматического регулирования «Каскад» и «Кристалл».

Функциональное назначение и устройство блоков регуляторов этих систем одинаковы.

Технические характеристики электронного регулятора системы «Кристалл» (регулятора Р-25) приведены в табл. 8.6. Регулятор может использоваться для регулирования температуры, давления, перепада (расхода) газа или жидкости.

На рис. 8.9 показан регулятор Р-25. Прибор имеет следующие основные элементы: измерительный блок, электронный блок; датчик измеряемой (регулируемой) величины, его датчик.

8.6. Технические характеристики регуляторов Р-25

| Модификация регулятора | Тип датчика (преобразователя) | Диапазон изменения сигнала датчика |
|------------------------|--|---|
| Р-25.1 | Дифференциально-трансформаторные | Напряжение переменного тока 0—0,5 В или изменение взаимной индуктивности 0—10 мГн |
| Р-25.2 | Термопреобразователи сопротивления | Изменение электрического сопротивления (в зависимости от градуировки датчиков) 0—180 Ом |
| Р-25.3 | Термоэлектрические преобразователи температуры (термопары) | Изменение э. д. с. в пределах 0—50 мВ |

Функциональная схема измерительного блока электронного регулятора Р-25, аналогичная для всех разновидностей регуляторов, представлена на рис. 8.10.

Орган сравнения постоянно сравнивает сигнал, приходящий с датчика $R_{дат}$, с сигналом задатчика $R_{задат}$, причем орган фазочувствительный — определяет не только величину разности, но и его фазу (положительный или отрицательный сигнал). В дальнейшем эта величина сигнала увеличивается электронным усилителем до величины, достаточной для выдачи исполнительной команды: «Прибавить» или «Убавить».

Измерительная схема регулятора (рис. 8.11), упро-

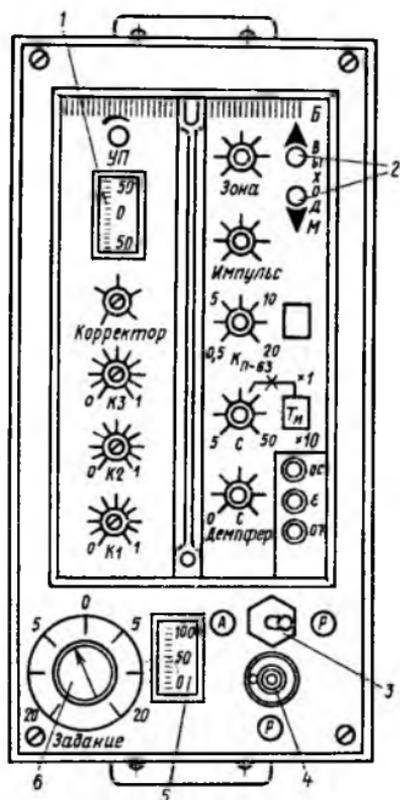


Рис. 8.9. Электронный регулятор Р-25:

1, 5 — указатель положения, 2 — лампы сигнализации «Больше», «Меньше», 3 — переключатель «Ручное — Автоматическое», 4 — предохранитель, 6 — задатчик

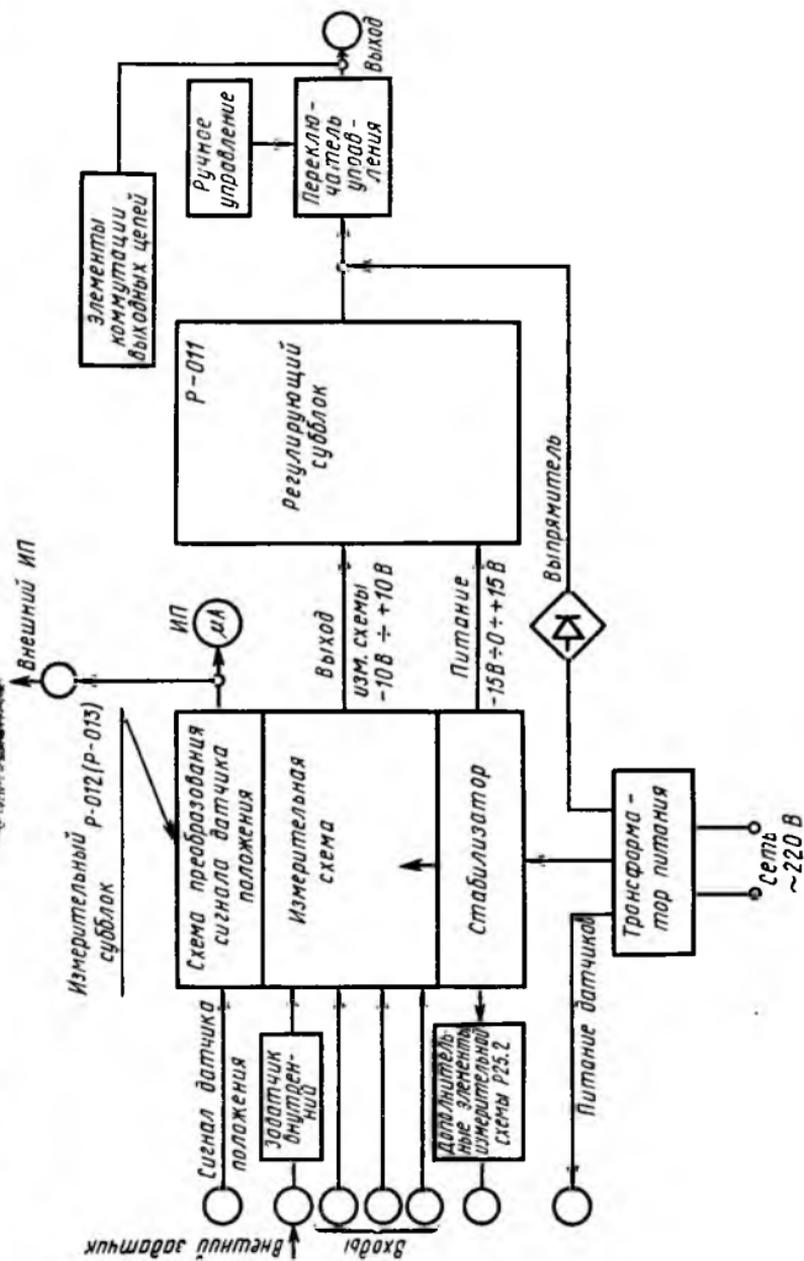


Рис. 8.10. Блок-схема регулятора Р-25

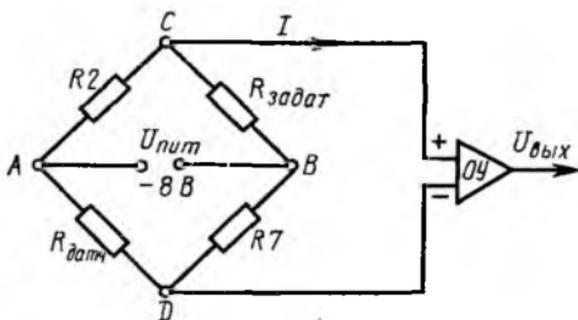


Рис. 8.11. Упрощенная измерительная схема регулятора Р-25:
 АВ — диагональ питания, CD — диагональ измерения

шенно представляющая мостовую измерительную схему, образованную сопротивлениями R_2 , R_3 , $R_{дат}$ и $R_{задат}$, по номиналам подобрана так, что при условии равновесия ($R_2 \cdot R_7 = R_{задат} \cdot R_{дат}$) ток I в измерительной диагонали равен нулю.

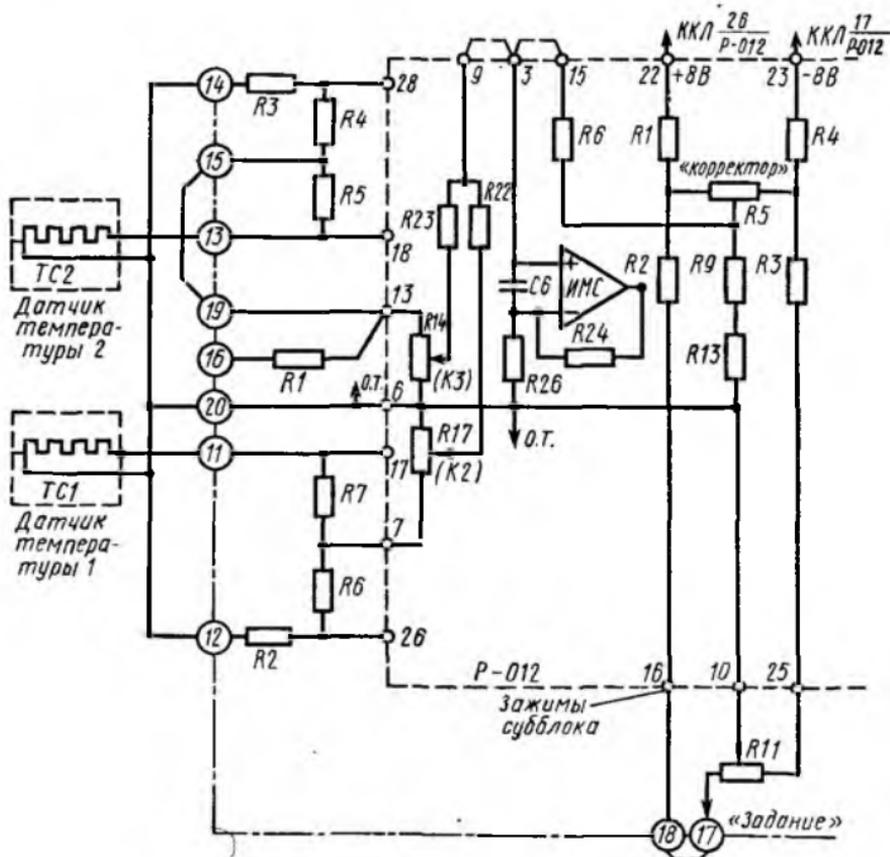


Рис. 8.12. Измерительная схема регулятора Р-25

8.7. Основные неисправности электронного регулятора Р-25 и способы их устранения

| Неисправность | Предположительная причина | Способ обнаружения и устранения |
|--|---|---|
| <p>При правильном подключении регулятор не балансируется «задатчиком» при отсутствии входных сигналов с датчиков:</p> <p>а) не светится ни один из световых индикаторов «Выход»</p> <p>б) при балансировании светится один из индикаторов «Выход» — «больше» или «меньше»</p> <p>в) при балансировании светятся два индикатора «больше» и «меньше»</p> | <p>Отсутствует питание 15 В на субблоке Р-011</p> <p>Неисправность измерительной схемы моста «задатчик — корректор»</p> <p>Проверить неисправность стабилизатора регулирующего блока Р-011 и измерительного блока Р-012 (Р-013)</p> | <p>В соответствии с табл. 8.8</p> <p>То же</p> <p>Если переменное напряжение между гнездами «ε» — «ОТ» будет больше 0,1 В, то неисправен измерительный субблок</p> <p>В других случаях неисправен регулирующийся субблок Р-011 (диагностика по табл. 8.8)</p> |
| <p>Регулятор не реагирует на изменение входной регулируемой величины</p> | <p>Предположителен обрыв цепей датчика или неисправность измерительного субблока Р-012 (Р-013)</p> | <p>Диагностика по табл. 8.8</p> |
| <p>Регулятор не балансируется «задатчиком» и «корректором» при наличии сигналов с датчика</p> | <p>Неправильно включен датчик или он не соответствует требуемой градуировке. Диапазон «корректора» и «задатчика» не соответствуют технической характеристике</p> | <p>Проверить регулятор по табл. 8.8</p> |
| <p>Один из индикаторов («больше», «меньше») светится, но на соответствующем выходе нет напряжения</p> | <p>Неисправен источник питания «24 В»</p> <p>Неисправны соответствующие тиристорные ключи</p> | <p>Проверить напряжение на источнике «24 В»</p> <p>На зажимах осциллографом проверить величину и наличие импульсов напряжения</p> |

| Неисправность | Предположительная причина | Способ обнаружения и устранения |
|---|---|--|
| | | на субблоке <i>P-011</i> |
| Оба индикатора не светятся, но на выходе регулятора есть напряжение | Неисправны тиристорные ключи <i>D5—D6</i> | Проверить диоды <i>D5, D6</i> и его цепи |
| Отсутствуют показания индикатора положения (УП) исполнительного механизма | Проверить цепь питания УП, фазировку обмоток датчика Проверить исправность субблока <i>P-012</i> | По табл. 8.8 |

8.8. Диагностика исправности блоков электронного регулятора *P-25* (по напряжению)

| Наименование блока | Зажимы для замера напряжения | Допустимая величина напряжения, В | Род напряжения (примечание) |
|------------------------------------|---|--|--|
| Трансформатор | II обм. (3—4) III обм. (5—6—7) IV обм. (11—8—12) V обм. (10—9) | 45 ± 3 $(21 \pm 2) + (21 \pm 2)$ $(11 \pm 1) + (22 \pm 2)$ 37 ± 2 | Переменный |
| Измерительный субблок <i>P-012</i> | 2—11 8—11 31—20 12—11 21—11 | 21 ± 2 21 ± 2 45 ± 3 $15 \pm 1,5$ $15 \pm 1,5$ | » |
| Регулирующий субблок <i>P-011</i> | 23—29 22—29 26—29 19—16 19—16 | $15 \pm 1,5$ $15 \pm 1,5$ 10 ± 2 $-1,2 \pm 0,3$ $2,5 \pm 0,5$ | Постоянный При сигнале «меньше» Пилообразные импульсы частотой 10 ± 3 кГц при сигнале «больше» |
| Регулирующий субблок <i>P-011</i> | 18—16 | $-1,2 \pm 0,3$ | При сигнале «больше» |

| Наименование блока | Зажимы для замера напряжения | Допустимая величина напряжения, В | Род напряжения (примечание) |
|--------------------------|------------------------------|-----------------------------------|--|
| | 18—16 | $2,5 \pm 0,5$ | Пилообразные импульсы частотой (10 ± 3) кГц при сигнале «меньше» |
| Измерительный блок Р-013 | 22—24 | $15 \pm 1,5$ | Постоянный Переменный |
| | 23—24 | $15 \pm 1,5$ | |
| | 24—28 | 21 ± 2 | |

Чем больше отклоняется сопротивление датчика $R_{дат}$, тем больше ток в измерительной диагонали. Таким образом, ток в измерительной диагонали является функцией изменения состояния объекта регулирования. Полная схема регулятора Р-25 приведена на рис. 8.12.

Обнаружение неисправностей блоков и элементов представляет собой сложную техническую задачу. Наиболее правильным путем диагностики неисправности является оптимальный поиск паспортных входных и выходных характеристик крупных блоков.

Основные неисправности и способы их устранения представлены в табл. 8.7, а в табл. 8.8 приводится диагностика исправности всех блоков регулятора Р-25.

8.3. ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ РЕГУЛЯТОРЫ

Пневматический регулятор давления типа МТС-712р используется для регулирования давлений газов и жидкостей в широком диапазоне регулируемой величины. Прибор имеет измерительную и регулируемую части.

На рис. 8.13 показан прибор типа МТС-712р. Для приведения регулятора в действие необходимы следующие условия: подать измеряемое давление $P_{изм}$; подать давление воздуха $P_{пит}$; подключить выходное сформированное давление $P_{вых}$ от регулятора на исполнительный механизм для управления процессом регулирования; выставить задатчиком давления 7 относительно шкалы прибора требуемое значение регулируемого давления; установить коэффициент пропорциональности в пределах 20—40 % и время изодрома 1—3 мин; после отработки регулятора при возмущении регулируемого параметра в течение нескольких часов произвести окончательную настройку.

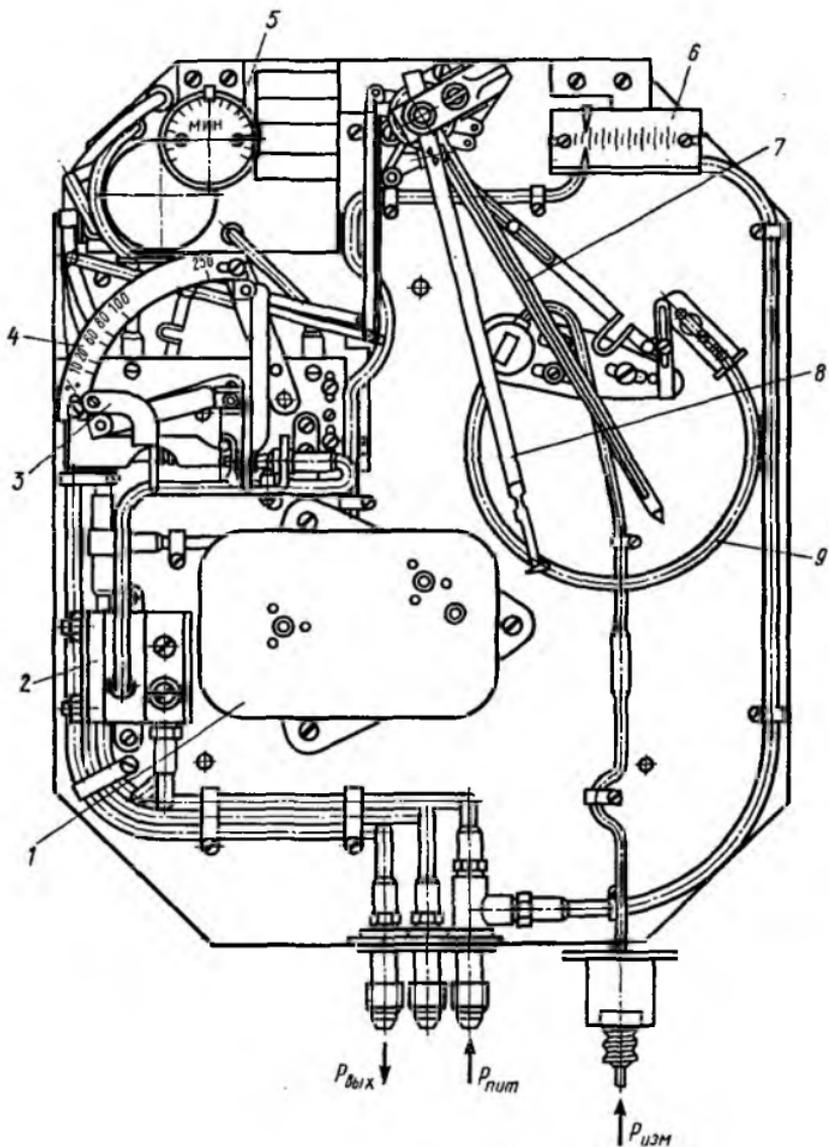


Рис. 8.13. Конструкция пневматического регулятора давления МТС-712Р:

1 — часовой механизм привода диаграммы, 2 — пневмореле, 3 — задатчик пропорциональности, 4 — шкала для настройки пропорциональности выходного сигнала, 5 — задатчик времени изодрома, 6 — двухстрелочный манометр «питание регулятора — выход регулятора», 7 — задатчик давления, 8 — измерительная стрелка, 9 — чувствительный элемент регулятора давления — манометрическая трубка

8.9. Основные неисправности пневматического регулятора типа ИТС-712р

| Неисправность | Причина неисправности | Способ устранения |
|--|---|--|
| Прибор вяло реагирует на изменение регулируемого параметра | Плохое прилегание «сопло — заслонка» Засорен дроссель пневмореле | Настроить заданный зазор Прочистить специальной иглой |
| При изменении регулируемого параметра регулятор отрабатывает «качание» исполнительного механизма | Выставлен малый коэффициент пропорциональности | Передвинуть задатчик коэффициента пропорциональности на больший процент (до 30—50 %) |
| Регулятор работает с «разбросом» контролируемого параметра | Не настроена измерительная часть регулятора | Проверить измерительную часть по образцовому манометру; устранить погрешность измерения |
| Регулятор не формирует выходного давления | Отсутствует давление питания 0,12 МПа | Проверить источник давления, настроить редуктор на заданное давление; подтянуть соединения |
| Регулятор периодически выдает автоколебания при отсутствии возмущения регулируемой величины | Регулятор смонтирован рядом с источником колебаний | Проверить и устранить колебания корпуса регулятора (вплоть до переноса в другое место) |

Основные неисправности прибора и способы их устранения приведены в табл. 8.9.

Отечественной промышленностью выпускается целый ряд пневматических систем, в том числе агрегатная унифицированная система (АУС), универсальная система элементов промышленной автоматики (УСЭПА), гидравлическая система автоматики (СЭГРА), позволяющие контролировать и регулировать технологические процессы производства.

Данные системы построены по прямой аналогии с электрическими, электронными и пневматическими регуляторами с широким диапазоном настроек.

Основные сведения об автоматических регуляторах

1. Автоматические регуляторы в системах автоматического регулирования используют совместно с исполнительными устройствами для поддержания контролируемого параметра (давления, температуры, расхода и т. д.).

2. Автоматические регуляторы могут формировать различные законы регулирования для изменения положения исполнительных (регулирующих) устройств: позиционный, пропорциональный, пропорционально-интегральный, пропорционально-интегрально-дифференциальный.

3. Каждый автоматический регулятор имеет диапазон настройки предела пропорциональности (степени открытия исполнительного механизма от величины входного сигнала от объекта) от 10 до 250 % и диапазон времени издрорма, связанный с понятием изменения времени регулирования от начала реагирования измерительной системы (от 0 до нескольких минут).

4. Для устранения перерегулирования объекта в зависимости от его инерционности, как правило, коэффициент пропорциональности выбирается в пределах 20—40 %, а время издрорма — в пределах 1—3 мин. Окончательные настроечные данные определяются по наработке регулятора на реальном объекте регулирования, с тем чтобы исключить перерегулирование контролируемого параметра.

9. ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ АВТОМАТИКИ

9.1. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ МЕХАНИЗМЫ

К исполнительным устройствам автоматики относятся механизмы (вентили, задвижки, клапаны, шиберы), позволяющие воздействовать на объект, чтобы поддерживать заданные значения регулируемой величины.

По виду используемой энергии исполнительные устройства подразделяются на: электрические, гидравлические и пневматические.

По типу движения привода механизмы делятся на однооборотные, многооборотные и поступательные.

Однооборотный электрический механизм типа КДУ показан на рис. 9.1.

Электрическая схема управления и контроля (рис. 9.2, а) имеет дистанционный прибор контроля положения привода УП с переменными резисторами для подгонки шкалы прибора. Для предотвращения поломок кинематических узлов

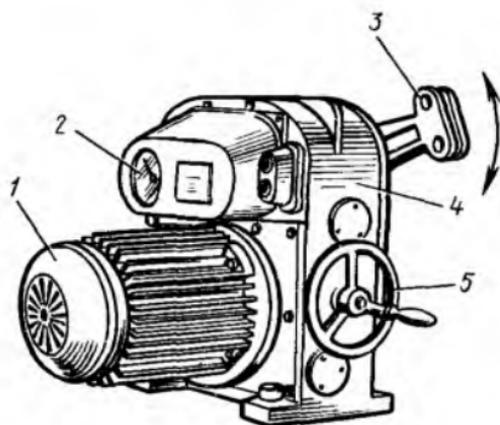


Рис. 9.1. Общий вид однооборотного электрического механизма КДУ:
 1 — электродвигатель, 2 — указатель положения, 3 — приводной орган, 4 — корпус, 5 — устройство ручного привода

в крайних положениях привода предусмотрены ограничители положений *К* и *П*, разрывающие силовые цепи управления.

Монтажная схема колонки КДУ (рис. 9.2, б) показывает расположение основных элементов механизма контроля привода. Положение ограничителей *П* и *К* настраивается в исходном положении упорами. Подвижный контакт (ползунок) 4 резистора *RI* должен плотно прилегать к его поверхности. Положение тяги 5 регулируется по положению показывающего прибора *УП* и положению самого привода.

Основные неисправности механизма КДУ и способы их устранения приведены в табл. 9.1.

При текущем обслуживании колонки типа КДУ необходимо: зачистить контакты тонкой стеклянной шкуркой; настроить правильность положений концевых и путевых переключателей; замерить сопротивление изоляции всех электрических цепей, которое должно составлять не менее 10 МОм; продуть сжатым воздухом внутреннюю часть колонки; промыть спиртом или бензином контакты путевых и концевых переключателей (при отключенном напряжении); проверить сочленение сервомотора с регулирующим органом.

Монтаж колонки КДУ выполняется в следующем порядке: колонку КДУ установить на сервомоторе типов РМ, РМБ, РБ и закрепить ее с помощью болтов; сочленить колонку с сервомотором с помощью выключающей тяги; отрегулировать длину выключающей тяги таким образом, чтобы при повороте выходного вала сервомотора на угол 45° от среднего положения движок потенциометра касался упора

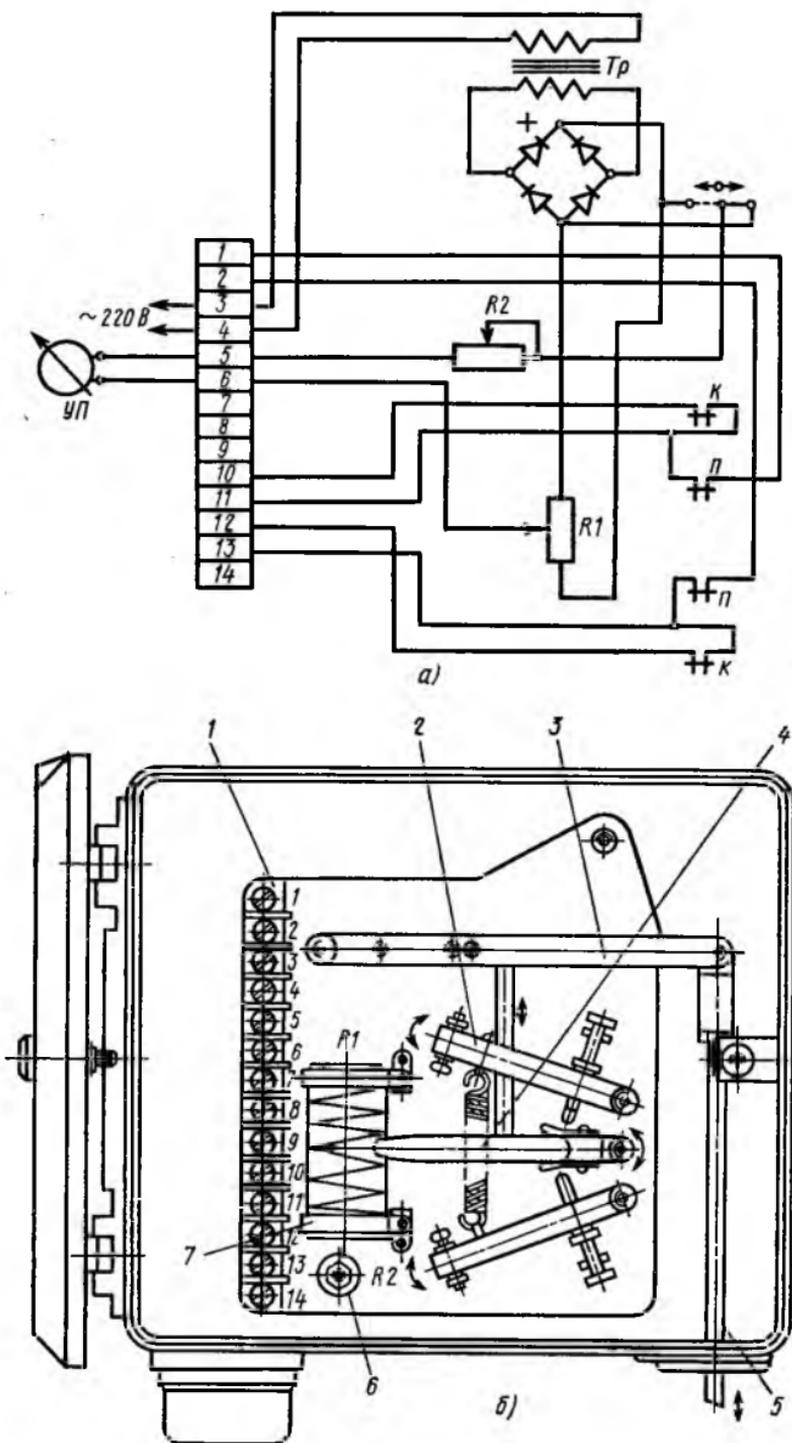


Рис. 9.2. Колодка КДУ:

а — электрическая схема, *б* — конструкция: 1 — блок зажимов, 2 — ограничитель поворота, 3, 5 — тяга, 4 — ползунок, 6 — резистор R2, 7 — резистор R1

9.1. Основные неисправности механизма КДУ и способы их устранения

| Неисправность | Причина неисправности | Способ устранения |
|---|--|---|
| При получении команды привод не работает | Нарушена цепь управления; сработал ограничитель | Проверить наличие напряжения; настроить правильное положение ограничителей, зачистить их контакты |
| Показания прибора УП не соответствуют положению привода | Неправильно настроены резисторы $R1$ и $R2$ | При повороте привода на 0° резистором $R1$ добиться нулевых показаний УП; при повороте привода на 90° резистором $R2$ настроить максимум показаний УП |
| Прибор УП не имеет показаний | Нет контакта на резисторах $R1$ и $R2$ | Зачистить контакты резисторов; настроить иатяг ползунка 4 (см. рис. 9.2, б) |
| Показания прибора УП не стабильны | Нарушение измерительной схемы прибора | Проверить вибрацию колонки, подтянуть крепеж ползунка 4 |
| Колонка и сервомотор не включаются, стрелка указателя положения стоит на нуле | Исчезло напряжение питания | Проверить цепь питания, заменить предохранитель |
| Колонка и сервопривод работают только в одном направлении | Нарушен контакт в цепи магнитного пускателя или концевом выключателе | Проверить и восстановить цепь управления |
| Колонка и сервопривод не работают; двигатель гудит и нагревается | Потеря одной из фаз питания электродвигателя | Определить и восстановить перегоревший предохранитель |

и микровыключателя; монтаж электрической схемы КДУ выполняется кабелем с сечением жил не менее $1,5 \text{ мм}^2$.

Наиболее распространенными типами исполнительных однооборотных механизмов (сервоприводов) являются ПР, ДР, ИМ и т. д.

Исполнительные механизмы типов ДР, ПР предназначены для работы с поворотными или поступательными клапанами для открытия или закрытия их рабочего сечения.

Электродвигатель и редуктор исполнительного механизма помещены в литой корпус. Шестерни большого диаметра, используемые в редукторах, изготовлены из дюралюминия. Шестерни редуктора сменные, что позволяет регулировать скорость вращения вала привода. Мощность двигателя 60 Вт, частота вращения 1500 об/мин. Максимальная температура нагрева исполнительного механизма при прерывистой работе не должна превышать 55 °С сверх окружающей температуры среды.

Изменение скорости вращения механизма производится по специальной таблице настроек, прилагаемой к описанию механизма ПР и ДР.

Технические характеристики этих механизмов приведены в табл. 9.2.

Электрическая схема и общий вид механизма ПР-1М представлены на рис. 9.3, а, б. Подобно приводу КДУ механизм имеет устройство блокировки, которое осуществляет с помощью ограничителей поворота *KB1* и *KB2* защиту от поломки привода. Для целей дистанционного контроля угла поворота схема предусматривает наличие переменного резистора *I* (см. рис. 9.3, б), который включается в цепь регистрирующего прибора. Электродвигатель *З* привода реверсивный, поэтому в зависимости от команды может вращаться по и против часовой стрелки.

Разновидностью однооборотного исполнительного механизма является привод МЭО.

9.2. Технические характеристики исполнительных однооборотных механизмов ДР, ПР

| Параметры | ДР-М | ДР-1М | ПР-М | ПР-1М |
|---|--|----------|-------------|-------------|
| Питание | Переменный ток частотой 50 Гц, напряжением 220 В | | | |
| Поворот главного валика, град | 180 | 180 | От 0 до 180 | От 0 до 180 |
| Поступательное движение штока, мм | 19 | Не имеет | 20 | Не имеет |
| Масса, кг | 6 | 5 | 6,5 | 5 |
| Крутящий момент на главном валике при настройке за 30 с, кгс/см | 100 | 100 | 100 | 100 |

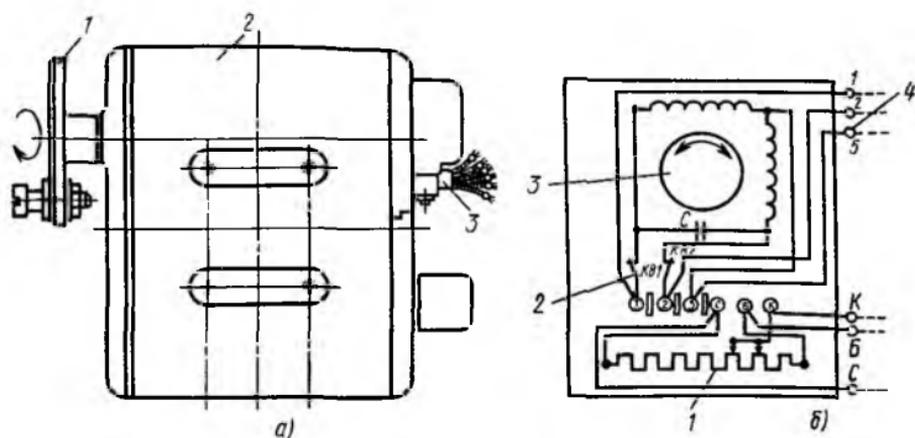


Рис. 9.3. Исполнительный механизм ПР-1М:

а — общий вид: 1 — фланец выходного вала, 2 — корпус с редуктором, 3 — выводы; б — электрическая схема: 1 — резистор обратной связи, 2 — ограничителя поворота, 3 — электродвигатель, 4 — выводы

Данный тип привода отличается большей мощностью на валу, поэтому применяется для более габаритных задвижек. Технические характеристики приводов МЭО приведены в табл. 9.3.

Общий вид привода и его электрическая схема представлены на рис. 9.4, а, б. Электродвигатель М (рис. 9.4, б) имеет две обмотки: сетевую и управления. Двигатель реверсивный, может вращаться по и против часовой стрелки, открывая или закрывая переменное сечение приводной задвижки.

На блок зажима БДИ выведены четыре концевых переключателя $B_1 - B_4$. Переключатели B_1 и B_2 используются для блокировки электропривода для защиты от перегрузки и механической поломки. Два других используются в автомати-

9.3. Технические характеристики приводов МЭО

| Параметры | МЭО-25/ 40-68 | МЭО-63/ 100-68 | МЭО-63/ 250-68 |
|---|------------------|-------------------|-------------------|
| Номинальный крутящий момент на выходном валу, кгс/м | 25 | 63 | 63 |
| Номинальное время одного оборота выходного вала, с | 40 | 100 | 250 |
| Диапазон регулирования, град | 0—24 или 0—90 | | |
| Пусковой момент, кгс/м | Не менее 42,5 | | Не менее 107 |
| Выбег выходного вала, град | Не более 1 | | Не более 0,5 |
| Люфт выходного вала, град | Не более 0,75 | | |
| Мощность электродвигателя, Вт | 320 | 120 | 120 |

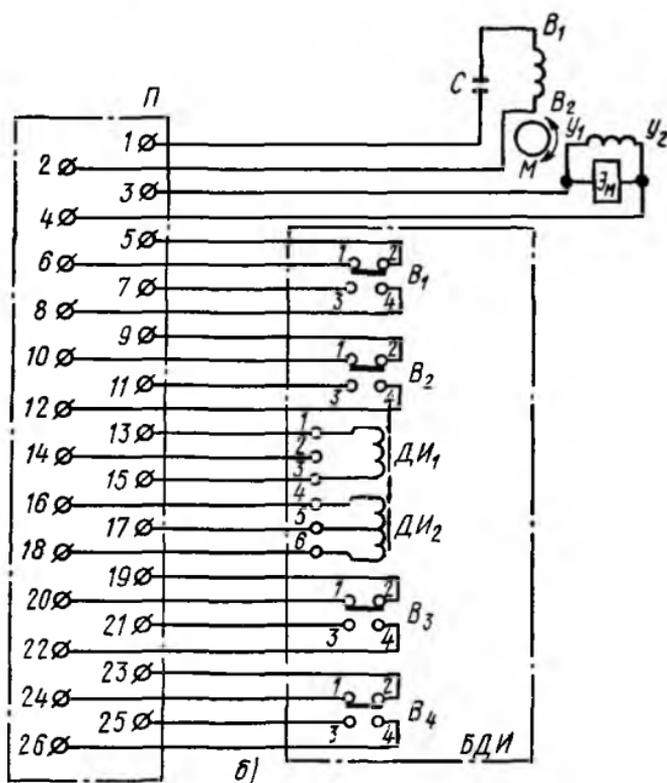
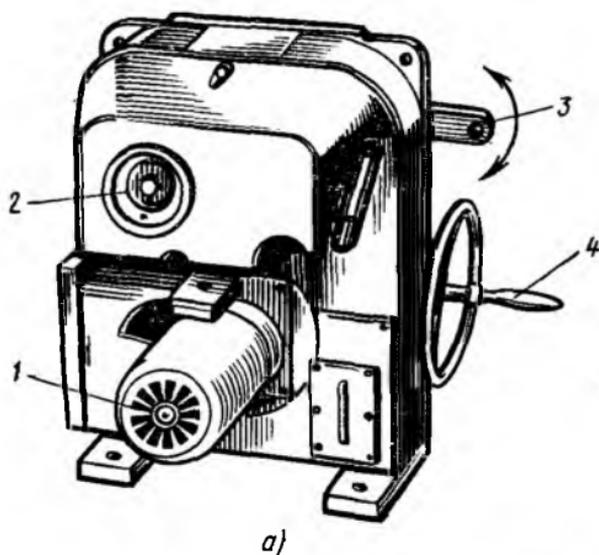


Рис. 9.4. Исполнительный механизм МЭО:
 а — общий вид: 1 — электродвигатель, 2 — указатель поворота, 3 — поворотный кулак, 4 — ручной привод; б — электрическая схема

ческой сигнализации крайних положений: «Открыто», «Закрыто».

Основные неисправности и способы их устранения в исполнительных механизмах типа МЭО представлены в табл. 9.4.

9.4. Основные неисправности и способы их устранения в исполнительных механизмах типа МЭО

| Неисправность | Причина неисправности | Способ устранения |
|------------------------------------|---|---|
| При включении механизм не работает | Нарушена электрическая цепь Рычаг механизма стоит на упоре Нарушена цепь тормоза, обрыв катушки тормоза Велико усилие тормозной пружины Пробит конденсатор в пусковой цепи Большой зазор в электромагните Выпал короткозамкнутый виток на якоре электромагнита Нарушена целостность обмотки электродвигателя | Проверить и устранить неисправность Включить привод в обратную сторону Проверить цепь, устранить обрыв катушки или заменить ее при сгорании Ослабить натяжение пружины Заменить конденсатор Настроить требуемый зазор 2—2,5 мм Установить и зачеканить виток Перемотать обмотку или заменить двигатель |
| Механизм работает вяло | Тормозной шкив заедает за колодку Износилась муфта Заедание в редукторе передачи Велика жесткость тормозной пружины | Отрегулировать тормоз Заменить муфту Разобрать редуктор, проверить шестерни Ослабить затяжку пружины тормоза |
| Увеличен выбег вала привода | Нарушена настройка тормоза Попала смазка на тормозной шкив Поломана тормозная пружина | Отрегулировать затяжку тормозной пружины Удалить смазку со шкива и тормозной колодки Заменить пружину |
| Увеличен люфт вала привода | Большой износ зубчатой передачи Люфт в шпонках рычага механизма | Заменить зубчатые пары Заменить шпонки |

| Неисправность | Причина неисправности | Способ устранения |
|---|---|--|
| Не срабатывает микровыключатель | Вышел из строя микровыключатель Поломана нажимная пружина микровыключателя | Отремонтировать или заменить микровыключатель Заменить пружину |
| Не срабатывает микровыключатель | Проворачивается кулачок микровыключателя | Произвести затяжку кулачка гайкой |
| При работе механизма один из датчиков не работает | Нарушена целостность обмотки датчика Заело сердечник Вывернулся болт сердечника Перетерся контакт токосъемника | Заменить датчик Освободить и настроить ход сердечника Отрегулировать положение болта Заменить токосъемник |
| Не работают оба индукционных датчика | Профильный кулачок сошел с нажимного ролика Износились стопорные втулки валика блока датчиков | Установить с помощью шайб кулачок против ролика Заменить блок датчиков |

Эксплуатация исполнительных механизмов типа МЭО

1. Раз в год произвести осмотр привода; вскрыть крышку механизма, освободить рычаг механизма от тяги, снять упоры.

2. Проверить настройку блока датчиков, произвести регулировку.

3. Отделить электродвигатель от механизма, провернуть вал двигателя, заменить смазку подшипников (смазка ОКБ-122).

4. Очистить полость тормоза от пылевых частиц, грязи.

5. Проверить состояние рабочей поверхности тормозного шкива и тормозной колодки; настроить зазор между шкивом и колодкой не более 3,0 мм. Регулировка производится опусканием кронштейна тормоза специальной гайкой.

6. Настроить усилие тормозной пружины вращением специальной гайки на 1—1,5 оборота.

7. При обнаружении большого износа рабочих поверхностей муфты или тормоза, поломки тормозной пружины выполнить ремонтные работы.

9.5. Технические характеристики исполнительного механизма ИМТ

| Параметр | ИМТ-12/120 | ИМТ-25/120 | ИМТ-12/60 | ИМТ-6/30 |
|---|------------|------------|-----------|----------|
| Номинальный момент на выходном валу, кгс/м | 12 | 25 | 12 | 6 |
| Пусковой момент, кгс/м | 18 | 37,5 | 18 | 9 |
| Опрокидывающий момент, кгс/м | 24 | 50 | 24 | 12 |
| Время одного оборота выходного вала, с | 120 | 120 | 60 | 30 |
| Потребляемая мощность, Вт | 245 | 260 | 260 | 260 |
| Режим работы повторно-кратковременный (ПВ, %) | 25 | 25 | 25 | 25 |
| Масса, кг | 42 | 50 | 50 | 50 |

Подобным исполнительным механизмом является и механизм ИМТ. Технические характеристики основных модификаций ИМТ приведены в табл. 9.5.

Эксплуатация сервоприводов. Перед пуском приводов необходимо выполнить следующие операции: заполнить корпус редуктора маслом типа АК-10; проверить посадку рычагов на выходные валы сервопривода; настроить штанги, сочленяющие сервопривод с задвижкой так, чтобы не создавать дополнительных нагрузок на силовые рычаги; перед пуском сервопривода повернуть его от руки, определить осевой люфт валов (в пределах 0,05—0,15 мм); произвести регулировку зазоров в подшипниках с помощью регулировочного винта и прокладок; при высоком нагреве сервопривода во время работы произвести внеочередной осмотр и контроль смазки.

Планово-предупредительный осмотр сервопривода. Планово-предупредительный осмотр редуктора сервопривода производится не реже одного раза в год. При осмотре необходимо обращать внимание на износ зубьев передачи, измерять величину износа и проверять состояние поверхности по выкрашиванию зубьев.

При значительном износе зубьев необходимо перевернуть червячное колесо на 90°. В результате этого изношенная четверть зубчатого венца заменяется неизношенной и редуктор сохраняет свою работоспособность.

При монтаже редуктора после ППР необходимо сохранить правильное положение червячных колес относительно червяков. Это положение устанавливается с помощью регулировочного винта, гайки и прокладок.

В целом ряде случаев в автоматических схемах необходи-

9.6. Циклы длительности операций прибора КЭП, мин

| Деления шкалы | Положение шестерни (считая от двигателя) | | | |
|---------------|--|----|-----|-----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 10 | — | 3 | 19 | 118 |
| 12 | — | 3 | 19 | 121 |
| 18 | — | 3 | 21 | 133 |
| 20 | — | 3 | 21 | 133 |
| 26 | — | 3 | 23 | 144 |
| 28 | — | 3 | 23 | 148 |
| 34 | — | 4 | 25 | 162 |
| 36 | — | 4 | 26 | 167 |
| 42 | — | 4 | 29 | 184 |
| 44 | — | 4 | 30 | 191 |
| 50 | — | 5 | 34 | 214 |
| 52 | — | 5 | 35 | 223 |
| 58 | 1 | 6 | 40 | 255 |
| 60 | 1 | 6 | 42 | 268 |
| 66 | 1 | 8 | 50 | 315 |
| 68 | 1 | 8 | 53 | 335 |
| 74 | 1 | 10 | 65 | 412 |
| 76 | 1 | 11 | 71 | 446 |
| 82 | 2 | 15 | 95 | 595 |
| 84 | 2 | 17 | 107 | 669 |

мо создавать несколько электрических цепей с различными выдержками времени.

Командоаппарат типа КЭП-12 позволяет создавать до 12 отдельных цепей с выдержкой времени от 30 с до нескольких часов. Прибор имеет электрический двигатель и систему независимых шестеренок, связанных с 12 регулируемым задатчиком времени. Прибор командный электропневматический КЭП-12 предназначен для регулирования продолжительности и последовательности различных технологических процессов по заданной программе управления. Прибор обеспечивает программу операций с длительностью циклов в соответствии с табл. 9.6.

Эксплуатация прибора КЭП должна осуществляться только в вертикальном положении, чтобы распределительный вал занимал горизонтальное положение. Перед пуском необходимо редуктор двигателя заправить маслом типа МВГ (10 см³), проверить и протереть контактные группы прибора, осмотреть кинематические звенья (редуктор, кулачки и распределительный валик).

Электрические контакты цепей управления выдерживают без подрегулировки и зачистки до 150 000 срабатываний при нагрузке до 500 Вт; время нахождения соленоида (электро-

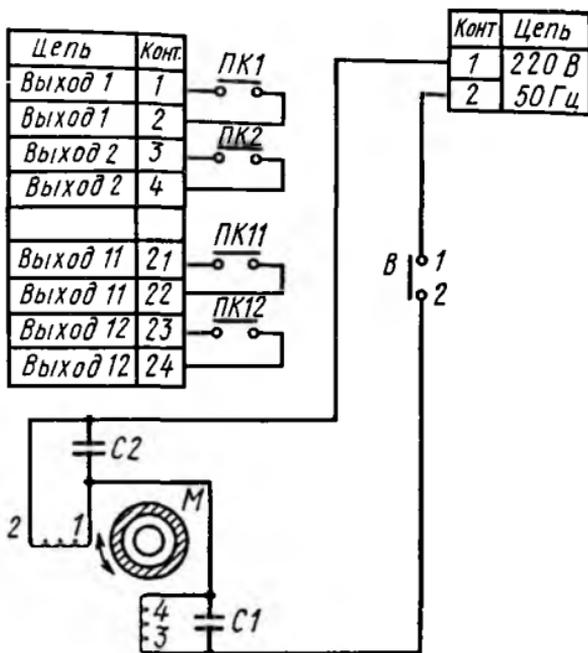


Рис. 9.5. Электрическая схема командоаппарата КЭП-12

магнита) под напряжением не превышает 10 с; максимальное количество команд за цикл 96.

На рис. 9.5 дана электрическая схема прибора КЭП. Двигатель *М* постоянно вращает систему шестеренок, связанных с задатчиком времени *ПК1* — *ПК12*. Через заданный интервал времени соответствующий контакт *ПК* замыкается и его можно использовать в схемах автоматического управления.

Мембранный соленоидный клапан типа СВМ используется для автоматизации работы холодильных установок, для подачи жидкого хладагента (фреона, рассола). Общий вид и устройство клапана СВМ даны на рис. 9.6. Основной поток хладагента через рабочую полость клапана проходит, когда на катушку подано управляющее напряжение. Сердечник *8* втягивается внутрь катушки и открывает рабочую полость — мембрану *5*. При неисправности клапана, отсутствии напряжения клапан СВМ имеет ручное устройство открытия клапана. Для этого надо ослабить колпачок *9* и отверткой плавно вращать шлиц штока *10* до открытия потока хладонотителя.

Терморегулирующий клапан типа ТРВ (рис. 9.7) также широко используется в автоматизации работы холодильных установок. Назначение клапана — изменять

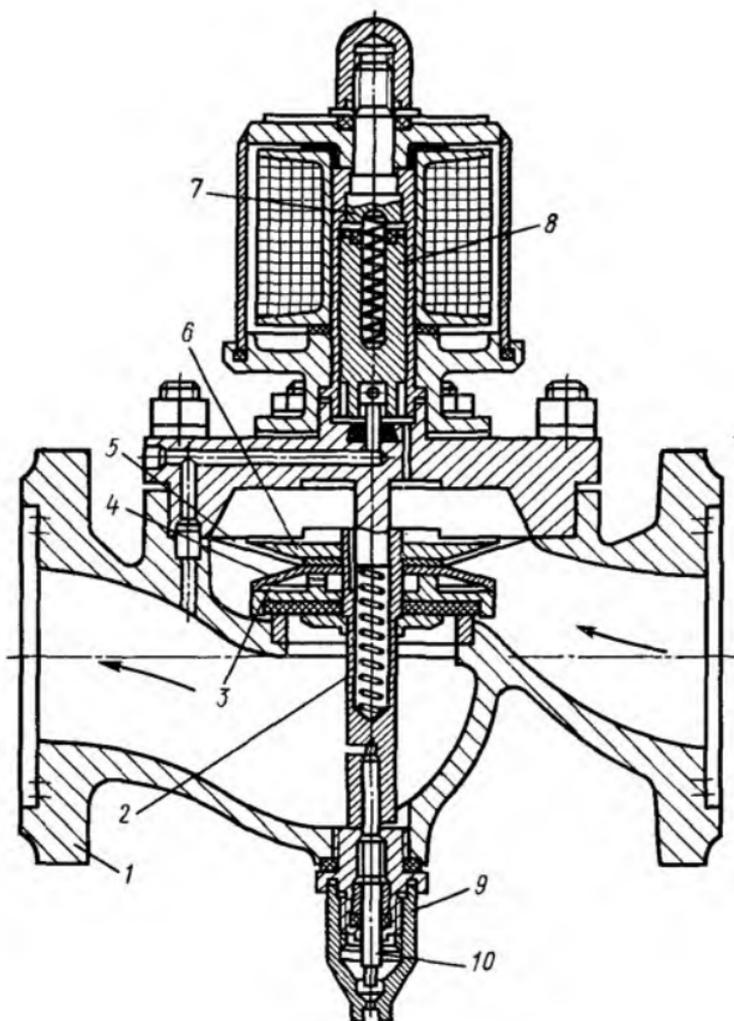


Рис. 9.6. Мембранный соленоидный вентиль СВМ:
 1 — корпус, 2 — основной клапан, 3 — фильтрующая шель, 4 — шайба, 5 — мембрана, 6 — тарелка, 7 — диамагнитная трубка, 8 — сердечник, 9 — колпачок, 10 — шток

проходное сечение клапана при изменении температуры хладагента. Капиллярная трубка 2 и термобаллон 1 являются термочувствительным элементом вентиля. Сам термобаллон 1 заполнен легкокипящей жидкостью.

С повышением температуры термобаллона давление паров внутри капиллярной системы возрастает; на мембрану 3 и на шток 4 действует сила, открывающая клапан 5 для прохода большего количества хладагента. И, наоборот, если

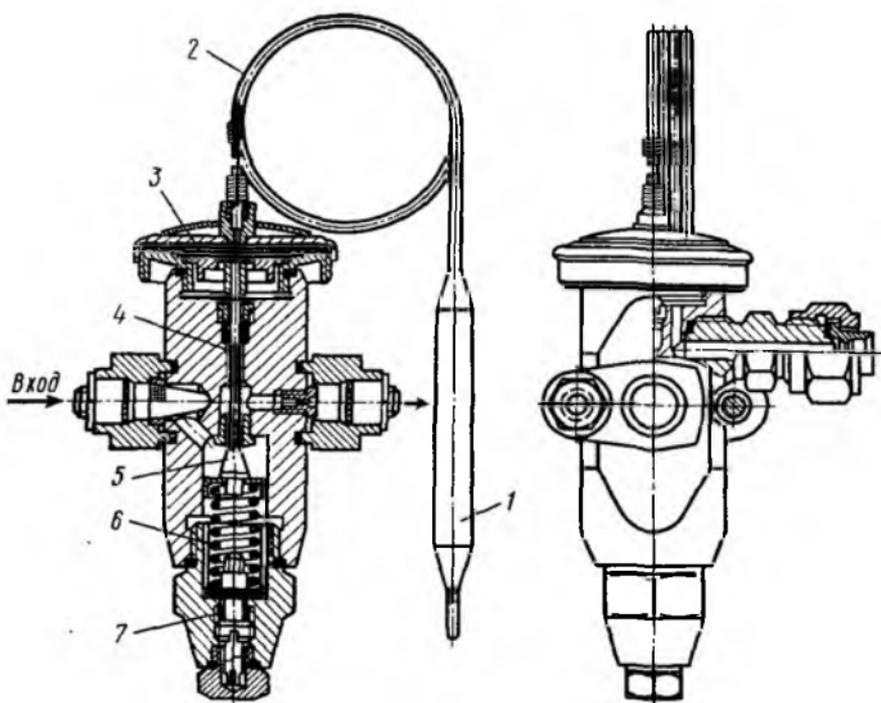


Рис. 9.7. Терморегулирующий вентиль TRV:
 1 — термобаллон, 2 — капилляр, 3 — мембрана, 4 — шток, 5 — клапан, 6 — пружина, 7 — вентиль

температура хладагента ниже, давление внутри капиллярной системы становится меньше, что соответствует меньшей степени открытия сечения клапана.

9.2. ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ МЕМБРАННЫЕ МЕХАНИЗМЫ

Пневматические мембранные исполнительные механизмы используют для автоматизации технологических процессов в химической, газовой промышленности и взрывоопасных производствах, где исключается применение невзрывозащищенных электроприводов.

На рис. 9.8 представлено устройство пневматического клапана. Под действием давления воздуха P , подаваемого на мембранный механизм, шток, преодолевая противодействие пружины, изменяется положение затвора, тем самым изменяется проходное сечение клапана. Степень открытия сечения клапана пропорциональна давлению воздуха P , подаваемого на мембранный механизм.

По своей конструкции подобные клапаны выпускают двух типов: одно- и двухседельчатые. Односедельчатые клапаны (рис. 9.8, а) имеют одностороннее действие давления среды;

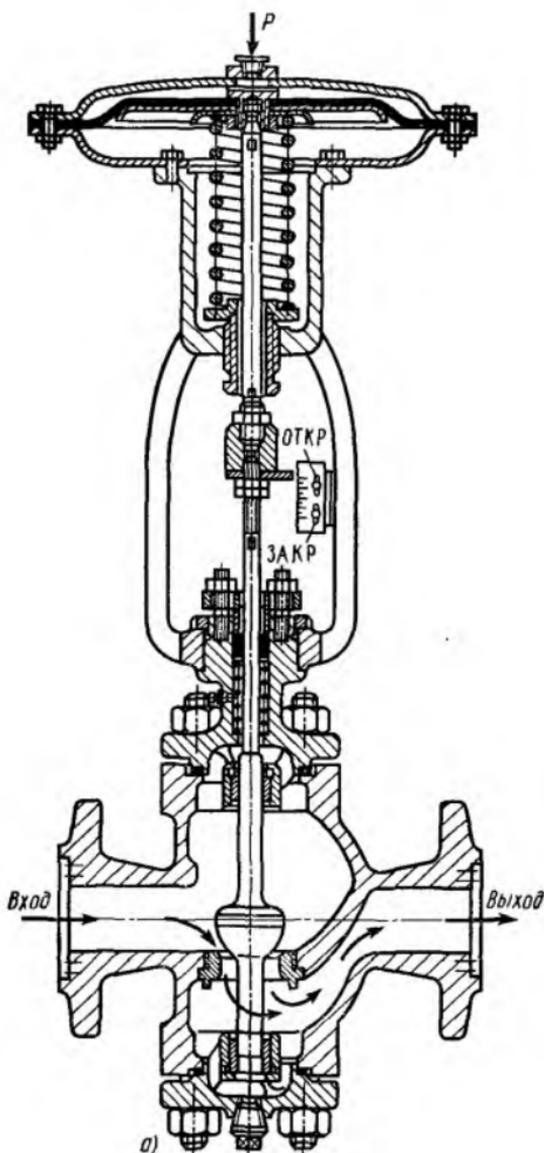


Рис. 9.8. Пневматический исполнительный механизм:

а — односедельчатый, б — двухседельчатый

оно выражается в «затягивании» или «отжатии» самого седла при изменении направления движения среды через регулирующий орган. Такой эффект является нежелательным, так как нарушает процесс регулирования.

Для устранения данного недостатка используют двухседельчатые клапаны (рис. 9.8, б). Два седла и затворы по-

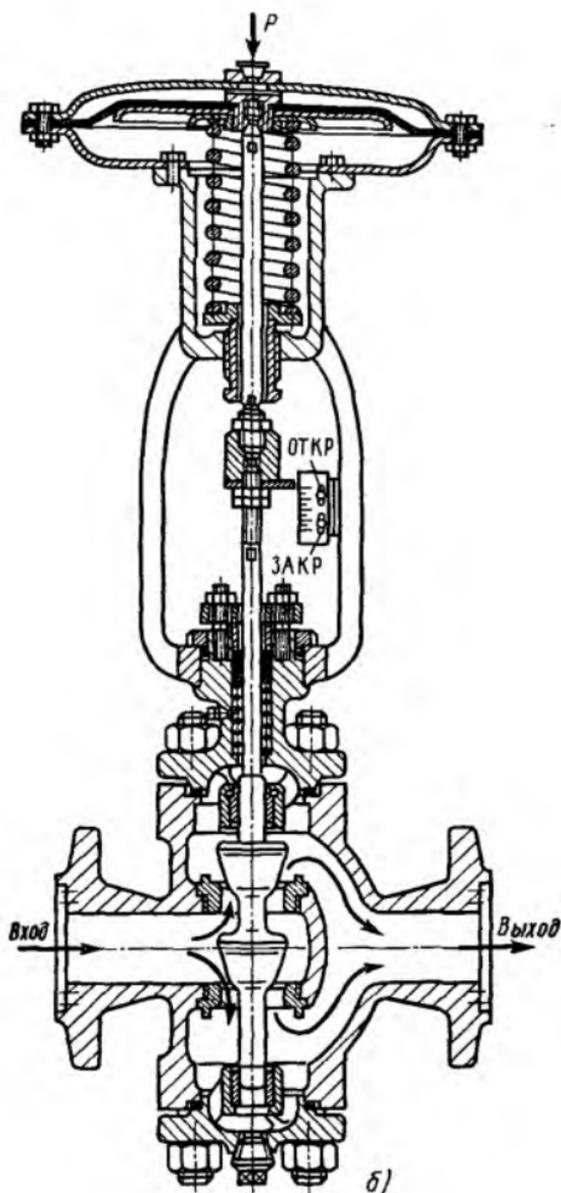


Рис. 9.8. Продолжение

звolyют потоку регулируемого газа или жидкости протекать одновременно в противоположных направлениях, в результате чего регулирующий орган является разгруженным. Его не затягивает потоком, клапан имеет равномерный ход.

Основные неисправности пневматических мембранных исполнительных механизмов и способы их устранения приведены в табл. 9.7.

9.7. Основные неисправности пневматических мембранных исполнительных механизмов и способы их устранения

| Неисправность | Причина неисправности | Способ устранения |
|--|---|--|
| Клапан не изменяет свое сечение при подаче управляющего пневмосигнала | Затираание плунжера из-за попадания окалины, механических включений | Произвести разборку клапана, убрать посторонние включения, осмотреть седло и рабочий затвор |
| Увеличенный пропуск (утечка) среды при закрытии клапана | Коррозия седла или затвора; попадание между ними посторонних частиц | Произвести разборку и ревизию рабочих частей; удалить посторонние включения; при необходимости произвести притирку затвора |
| Неравномерность хода штока клапана | Неправильная регулировка противодействующей пружины; заедание механических частей | Устранить заедания механических частей; настроить натяг противодействующей пружины |
| Вялая работа клапана | Прорыв прорезиненной мембраны; утечка воздуха на мембране | Устранить утечку питающего воздуха; при неудовлетворительных результатах произвести разборку мембранного механизма и заменить мембрану |
| Не перемещается шток клапана при подаче сжатого воздуха в мембранную полость | Разрыв мембраны от высокого давления воздуха | Произвести разборку клапана, заменить мембрану |
| Шток клапана перемещается рывками | Неправильная затяжка сальника; отсутствие смазки | Ослабить затяжку сальника; осуществить смазку штока |
| Протечка регулируемой среды (газа, жидкости) через сальник по штоку | Плохое качество сальниковой набивки, слабая затяжка сальника, отсутствие смазки | Заменить сальник или подтянуть затяжку сальника; произвести смазку сальника и штока |

| Неисправность | Причина неисправности | Способ устранения |
|--|---|---|
| Шток и затвор не полностью производит закрытие клапана | Усилие затяжки противодействующей пружины выше усилия, развиваемого давлением сжатого воздуха | Ослабить и настроить правильный натяг противодействующей пружины |
| Шток и затвор не полностью производят закрытие клапана | Попадание посторонних включений (окалина, песок) под рабочее сечение седла | Разобрать клапан, очистить от посторонних включений; собрать клапан |

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|--|-----------|
| Предисловие | 3 |
| 1. Организация ремонтной службы КИПиА | 4 |
| 1.1. Структура участка ремонта средств КИПиА | 4 |
| 1.2. Организация рабочего места слесаря КИПиА | 5 |
| 1.3. Понятие о погрешностях измерений, классах точности и классификации средств измерений | 7 |
| 2. Электроизмерительные приборы для ремонта и наладки | 9 |
| 2.1. Комбинированные приборы | 9 |
| 2.2. Приборы для измерения электрического сопротивления | 11 |
| 2.3. Приборы для измерения малых напряжений и э. д. с. постоянного тока | 15 |
| 2.4. Приборы для измерения комплексной взаимоиנדук- тивности | 16 |
| 2.5. Узкопрофильные электроизмерительные приборы | 17 |
| 3. Приборы для измерения температуры | 19 |
| 3.1. Понятие о температуре. Единицы измерения темпе- ратуры | 19 |
| 3.2. Жидкостные стеклянные термометры | 19 |
| 3.3. Манометрические термометры | 21 |
| 3.4. Датчики — преобразователи температуры | 24 |
| 3.5. Вторичные приборы для измерения температуры | 35 |
| 3.6. Сигнализаторы температуры | 48 |
| 4. Приборы измерения давления | 54 |
| 4.1. Понятие о давлении | 54 |
| 4.2. Общие сведения о приборах измерения давления | 54 |
| 4.3. Особенности монтажа манометров и преобразовате- лей давления | 55 |
| 4.4. Пружинные манометры | 62 |
| 4.5. Мембранные приборы | 71 |
| 4.6. Электрические преобразователи давления | 72 |
| 4.7. Пневматические преобразователи давления | 77 |
| 4.8. Сигнализаторы давления | 81 |
| 5. Приборы измерения расхода | 84 |
| 5.1. Расходомеры постоянного перепада давления | 84 |
| 5.2. Расходомеры переменного перепада давления | 88 |

| | |
|--|------------|
| 6. Приборы измерения и сигнализации уровня жидкости . . . | 95 |
| 6.1. Поплавковые приборы уровня | 95 |
| 6.2. Электрические реле уровня | 96 |
| 6.3. Электронные реле уровня | 97 |
| 6.4. Уровнемеры с пневмовыходом | 103 |
| 7. Автоматические газоанализаторы | 106 |
| 7.1. Общие сведения о газоанализаторах | 106 |
| 7.2. Основные понятия о газовом анализе и единицы измерения концентрации | 107 |
| 7.3. Терромагнитные газоанализаторы | 109 |
| 7.4. Термокондуктометрические газоанализаторы | 115 |
| 7.5. Термохимические газоанализаторы | 120 |
| 8. Элементы автоматики и автоматические регуляторы . . . | 123 |
| 8.1. Реле и логические элементы | 123 |
| 8.2. Электронные регуляторы | 131 |
| 8.3. Пневматические регуляторы | 137 |
| 9. Исполнительные элементы автоматики | 140 |
| 9.1. Электрические исполнительные механизмы | 140 |
| 9.2. Пневматические мембранные механизмы | 153 |

Учебное издание

Борис Исаакович **Жарковский**
Виктор Васильевич **Шапкин**

**СПРАВОЧНИК МОЛОДОГО СЛЕСАРЯ
ПО КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫМ ПРИБОРАМ
И АВТОМАТИКЕ**

Редактор *Е. Б. Коноплева*
Младший редактор *О. В. Каткова*
Художественный редактор *Л. К. Громова*
Технический редактор *В. М. Романова*
Корректор *Г. А. Четкина*

ИБ № 8450

Изд. № М-429. Сдано в набор 05.06.90. Подп. в печать 11.02.91. Формат 84 × 108¹/₃₂. Бум. тип. № 2. Гарнитура литературная. Печать высокая. Объем 8,40 усл. печ. л. 8,61 усл. кр.-отт., 8,45 уч.-изд. л. Тираж 60 000 экз. Зак. № 683. Цена 1 р. 20 к.

Издательство «Высшая школа», 101430, Москва, ГСП-4, Неглинная ул., д. 29/14.

Ордена Октябрьской Революции, ордена Трудового Красного Знамени Ленинградское производственно-техническое объединение «Печатный Двор» имени А. М. Горького при Госкомпечати СССР. 197136, Ленинград, П-136, Чкаловский пр., 15.

