ОПТ 22(03)
А22

Автоматические приборы, регуляторы и управляющие машины

621.3.078
А22
П93
6П5.82(083)
А22

Б. Д. КОШАРСКИЙ, Т. Х. БЕЗНОВСКАЯ, В. А. БЕК,
М. С. ГОРОХОВА, З. М. КРАСТОШЕВСКИЙ, Г. А. РАБИНОВИЧ,
Ю. А. ШЛИОЗБЕРГ, И. Б. ФРЕНКЕЛЬ

АВТОМАТИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ, РЕГУЛЯТОРЫ И УПРАВЛЯЮЩИЕ МАШИНЫ

Справочное пособие

Издание 2-е,
дополненное и переработанное

Под редакцией канд. техн. наук Б. Д. КОШАРСКОГО

524337
47763
БИБЛИОТЕКА
Сумской филиала
УПИ им. В. И. Ленина
ШКХ
Сумська обласна
БІБЛІОТЕКА
ім. Н. К. Крупської

ИЗДАТЕЛЬСТВО «МАШИНОСТРОЕНИЕ»
ЛЕНИНГРАД 1968

УДК 62.52 (03)

Автоматические приборы, регуляторы и управляющие машины. Справочное пособие. Изд. 2-е, перераб. и доп. Кошарский Б. Д. и др. Изд-во «Машиностроение», 1968. 880 стр. Табл. 226. Илл. 392.

В справочном пособии дано описание аппаратуры автоматического контроля, сигнализации и регулирования технологических процессов. Рассмотрены приборы для контроля температуры, давления, расхода, уровня, физического и химического состояния вещества, а также регуляторы прямого действия, гидравлические, электрогидравлические, пневматические, электропневматические, электромеханические и электронные. Приведено описание их конструкций, технических характеристик и принципиальных схем.

Во втором издании по сравнению с первым (1964 г.) рассмотрены новые комбинированные электрогидравлические и электропневматические регуляторы, ферродинамические датчики, приборы и регуляторы, а также управляющие машины.

Пособие предназначено для инженерно-технических работников, занимающихся проектированием, монтажом и эксплуатацией систем автоматики на промышленных предприятиях.

Рецензент канд. техн. наук *М. Е. Раковский*

3—13—6
48—68

ПРЕДИСЛОВИЕ

Решение задач автоматизации управления промышленным предприятием в целом и его отдельными подразделениями связано с применением широкой номенклатуры различных средств контроля, управления, регулирования, сигнализации и блокировки, устройств диспетчеризации, телемеханики, телевидения, аппаратуры централизованного контроля и вычислительной техники.

В первом издании книги «Автоматические приборы и регуляторы» были помещены в основном справочные материалы по средствам автоматического контроля, регулирования и сигнализации общепромышленного назначения, серийно выпускаемым промышленностью.

Однако темпы роста предприятий и усложнение управления производственными процессами (технологическими и управленческими) настоятельно требуют применения для целей управления средств вычислительной техники и централизованного контроля. Одновременно происходит быстрый процесс модернизации и усовершенствования средств автоматического контроля и регулирования, появление новых типов приборов, регуляторов, комбинированных устройств и т. д. Все это обусловило необходимость подготовки второго издания книги под названием «Автоматические приборы, регуляторы и управляющие машины», в котором авторы попытались расширить круг описываемых средств автоматизации, а также дать необходимый минимум сведений по устройствам централизованного контроля и вычислительной техники, позволяющим комплексно решать задачи автоматизированного управления как отдельными локальными подразделениями промышленного предприятия, так и всем предприятием в целом.

В книге нашли отражение выпускаемые в настоящее время приборы и средства автоматизации, которые входят в общегосударственную систему приборов (ГСП). Общегосударственная система приборов и средств автоматизации — это система унифицированных блоков, приборов и устройств, на базе которых могут быть построены системы управления любой сложности. ГСП имеет три основные ветви: электрическую, пневматическую и гидравлическую, которые различаются по виду энергии, используемой от вспомогательного источника для формирования сигнала. Имеется также ветвь приборов и устройств, не требующих вспомогательных источников энергии. Это — регуляторы прямого действия и измерительные приборы, использующие для образования сигналов энергию контролируемой среды. Кроме деления средств на ветви, в ГСП проводится деление электрической и пневматической ветвей в зависимости от вида сигнала на подветви — аналоговую и дискретную. Все электрические и пневматические сигналы стандартизированы. Установлены ГОСТы на параметры входных и выходных непрерывных электрических сигналов

постоянного и переменного тока, на параметры частотных и частотно-импульсных сигналов и на пневматические сигналы.

Из-за ограниченного объема книги авторы не могли привести необходимые сведения по средствам телемеханики, промышленного телевидения, диспетчерской связи и т. п., а также описать устройства и средства вычислительной техники, которые должны применяться на предприятиях для связи с вышестоящими управляющими системами. Не получили отражение и многочисленные данные по аппаратуре и устройствам, выпускаемым мелкими предприятиями в различных экспериментальных и научно-исследовательских институтах и опытно-конструкторских бюро.

По машинам централизованного контроля и электронным цифровым вычислительным машинам заводы-изготовители не указаны, так как их поставка производится через «Союзглавэлектро» при Государственном Комитете Совета Министров СССР по материально-техническому снабжению.

В тех случаях, когда в тексте не указаны допустимые значения температуры воздуха, при которых могут быть использованы соответствующие приборы и регуляторы, их следует принимать в пределах 5—50° С при влажности 30—80%.

Приведенные в книге сведения по автоматическим устройствам даны по состоянию на 1967 г.

Б. Д. Кошарский

ГЛАВА I

ПРИБОРЫ И ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ

В автоматизированных системах измерение температуры осуществляется, как правило, на основе контроля физических свойств тел, функционально связанных с температурой последних. Приборы для контроля температуры по принципу действия могут быть разделены на следующие группы:

1) термометры расширения для контроля теплового расширения жидкости или твердых тел;

2) манометрические термометры для контроля температуры путем измерения давления жидкости, пара или газа, заключенных в замкнутую систему постоянного объема;

3) приборы с термометрами сопротивления или термисторами для контроля электрического сопротивления металлических проводников (термометры сопротивления) или полупроводниковых элементов (термисторов);

4) термоэлектрические приборы для контроля термоэлектродвижущей силы (т. э. д. с.), развиваемой термопарой из двух различных проводников (величина т. э. д. с. зависит от разности температур спая и свободных концов термопары, присоединяемых к измерительной схеме);

5) пирометры излучения для измерения температуры по яркости, цвету или тепловому излучению накаленного тела:

а) фотоэлектрические яркостные и цветовые пирометры * — действие их основано на использовании зависимости между током фотосопротивления (фотоэлемента) и интенсивностью либо спектральным составом излучения объекта, температура которого измеряется;

б) радиационные пирометры для измерения температуры по тепловому действию лучеиспускания накаленного тела.

К группе термометров расширения относятся стержневые (дилатометрические) и биметаллические термометры, основанные на использовании линейного расширения двух твердых тел с различными температурными коэффициентами.

§ 1. ТЕРМОМЕТРЫ РАСШИРЕНИЯ ЖИДКОСТНЫЕ СТЕКЛЯННЫЕ

Жидкостные термометры применяются для измерения температур в пределах от —100 до +650° С. Технические термометры с ртутным заполнением изготовляются по ГОСТу 2823—59, а с керосиновым или толуоловым по ГОСТу 9177—59. В зависимости от формы нижней части

---

* Цветовые пирометры серийно не производятся.

они подразделяются на прямые (тип А) и угловые (тип Б с углом 90 или 135°). Параметры и основные размеры технических термометров приведены в табл. I.1. Термометры с керосином СП-2А (СП-2Б) выпускаются на пределы по № 1, 3, 4 и 5. Термометры с керосином или толуолом СП-15А (СП-15Б) изготовляются на пределы по № 1, 2, 3 и 4.

Таблица I.1

Технические характеристики технических термометров

№ термометров типов А и Б	Пределы шкалы в °С	Длина нижней части в *мм*		Допуск по длине	Диаметр нижней части
		Тип А	Тип Б	*мм*	
1	0—50	60; 80; 100; 120; 160; 200; 250; 320; 400	110; 130; 150; 170; 210; 250; 300; 370; 450	—10	8
2	—35÷+40				
3	0—100				
4	0—150				
5	0—200	500; 630	550; 680	—20	9
6	0—250				
7	0—300				
8	0—350	800	850	—30	
9	0—400				
10	0—450	1000; 1250; 1600; 2000	1050; 1300	—50	
11	0—500				

Примечания:
1. Термометры выпускаются с длиной верхней части 110±10; 160±10 и 220±10 *мм*.
2. Цена наименьшего деления находится в пределах 0,5—10° С и зависит от длины верхней части, предела шкалы и вида термометрической жидкости.
3. Погрешность показаний термометра не превышает одного деления шкалы.
4. Термометры № 3—11 имеют длину нижней части для типа А 120—400 *мм* и для типа Б 130—370 *мм*.

Для удобства монтажа и предохранения стеклянной оболочки от повреждений термометры помещают в защитную металлическую оправу, изготавливаемую в соответствии с ГОСТом 3029—59.

Изготовитель: «Завод термометров», Клин; Лохвицкий приборостроительный завод.

§ 2. МАНОМЕТРИЧЕСКИЕ ТЕРМОМЕТРЫ

Манометрические термометры изготовляются в соответствии с ГОСТом 8624—64. Термометры с системами, заполненными азотом, называются газовыми, они предназначены для измерения температуры в диапазоне —60÷+400° С. Термометры с системами, заполненными низкокипящей жидкостью, пары которой при измеряемой температуре частично заполняют баллон, называются паровыми. Шкала манометрических газовых термометров — равномерная. Запаздывания показаний не превышают: для газовых термометров 80 *сек*, для паровых — 40 *сек*. На рис. I.1 показана принципиальная схема самопишущего манометрического термометра со спиральной пружиной. В различных модификациях приборов передаточный механизм воздействует на дополнительное пневматическое или электрическое сигнальное устройство. Манометрические термометры выпол-

няются с чувствительным элементом в виде одновитковой, многовитковой и спиральной трубчатой пружины.

Электроконтактные термометры типов ЭКТ-1 (паровые) и ЭКТ-2 (газовые) с одновитковой трубчатой пружиной. Приборы ЭКТ (рис. I.2) предназначены для показания и сигнализации или позиционного регулирования температуры нейтральных сред. Термометр ЭКТ-1 рассчитан на давление измеряемой среды до 25 *кгс/см²*, термометр ЭКТ-2 — до 40 *кгс/см²*. Термометры ЭКТ-1 изготовляются на пределы измерения: —60÷0; —20÷+40; 0—60; 0—100; 50—150; 60—200; 100—250° С; термометры ЭКТ-2 на пределы 0—300 и 0—400° С. Основная погрешность не превышает ±2,5% от диапазона шкалы прибора. Длина капилляра в обоих

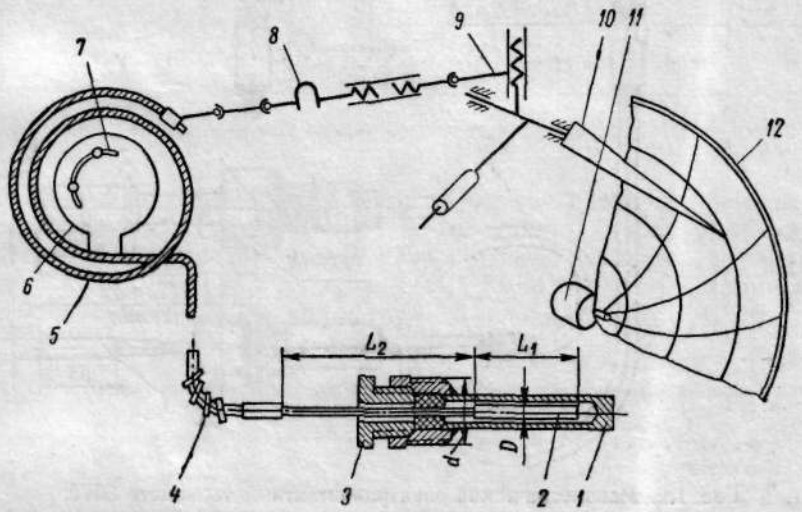


Рис. I.1. *Принципиальная схема самопишущего манометрического термометра:*

1 — защитная гильза; *2* — термобаллон; *3* — зажим; *4* — капилляр в оплетке; *5* — манометрическая трубчатая пружина; *6* — кронштейн; *7* — паз для настройки; *8* — термокомпенсатор; *9* — передаточный механизм; *10* — стрелка (или перо); *11* — двигатель; *12* — диаграмма

типах прибора: 1,6; 2; 2,5; 3; 4; 6; 8 и 10 *м*. Электроконтактное устройство манометрических термометров типа ЭКТ состоит из двух передвижных контактов (минимального и максимального), устанавливаемых на требуемые значения шкалы прибора и замыкаемых его подвижной стрелкой при достижении заданной температуры. Разрывная мощность контактов 10 *в·а* при напряжении до 380 *в*, 50 *гц*.

Изготовитель: завод «Манометр», Томск.

Термометры с многовитковой трубчатой пружиной типа ТС. Паровые термометры ТС являются показывающими и сигнализирующими приборами. Пределы измерений: для термометра ТС-100 0—100° С для ТС-200 100—200° С. Основная погрешность показаний во второй половине шкалы ±2,5%. Диаметр термобаллона 12 *мм*, длина 100 *мм*. Длина: соединительного капилляра 1; 2; 3; 4; 5; 6; 8; 12 *м*; трубчатого хвостовика 105—570 *мм*. Контактная система состоит из минимального и максимального контактов, последовательно замыкающихся при повышении температуры. Допустимый ток контактов 0,2 *а* при напряжении 220 *в*, 50 *гц*. Габаритные размеры приборов 264×200×75 *мм*.

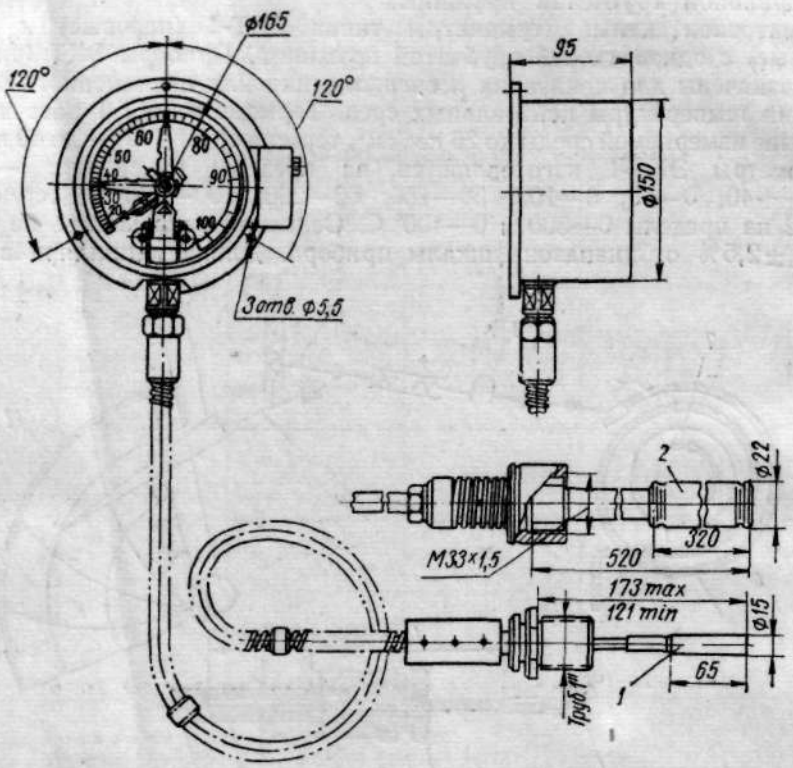


Рис. 1.2. Манометрический электроконтактный термометр ЭКТ:
1 — термобаллон ЭКТ-1; *2* — термобаллон ЭКТ-2

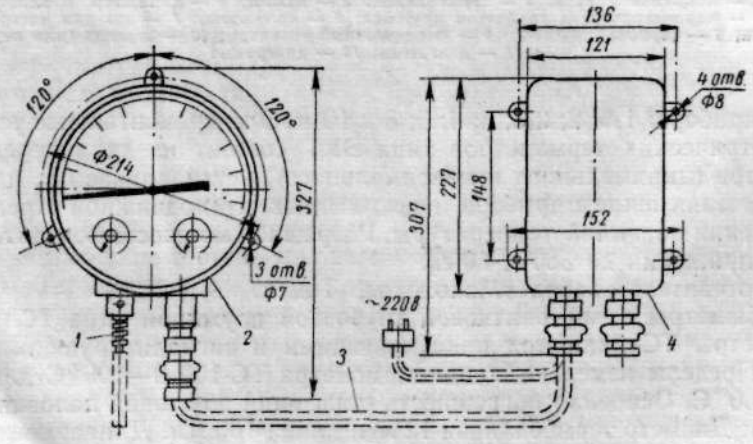


Рис. 1.3. Манометрический термометр ТПГ-188:
1 — капилляр к термобаллону; *2* — термометр; *3* — кабель; *4* — блок-реле (глубина 94 *мм*)

Термометры со спиральной трубчатой пружиной типов ТПГ и ТСГ. Технические характеристики приборов приведены в табл. I.2. Принципиальная схема прибора с записью дана на рис. I.1. Пределы измерений термометров (в °С): 0—100; 0—120; 0—160; 0—200; 0—250; 0—300; 40—200.

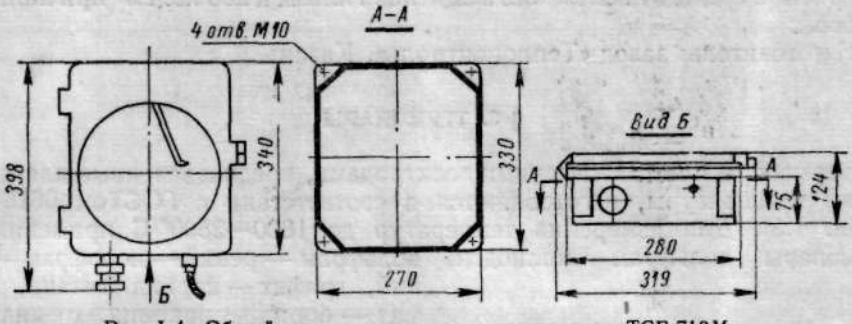


Рис. I.4. Общий вид самопишущего термометра ТСГ-710М

Основная погрешность ±1 и ±1,6%. Габаритные размеры показывающих приборов аналогичны габаритам ТПГ-188 (рис. I.3); глубина корпуса термометра не превышает 80 *мм*. Габаритные размеры самопишущих термометров соответствуют габаритам ТСГ-710М (рис. I.4). Длина термобаллона зависит от длины капилляра. Длина капилляра 4, 10, 16, 25

Таблица I.2

Технические характеристики манометрических термометров завода «Теплоконтроль», Казань

Наименование			Тип	Длина капилляра в *м*
Показывающие		Без дополнительных устройств	ТПГ-180	4; 10; 16; 25; 40
		С сигнальным устройством	ТПГ-188	4; 10
		С пневматическим датчиком	ТПГ-189П	
Самопишущие	Для одного параметра	Без дополнительных устройств	ТСГ-710М ТСГ-710чМ2	4; 10; 16; 25; 40
		С сигнальным устройством	ТСГ-718ПЭ	4; 10
		С пневматическим датчиком	ТСГ-710П ТСГ-710ПчМ	
	Для двух параметров	Без дополнительных устройств	ТСГ-720 ТСГ-720чМ	4; 10; 16; 25; 40

Примечания:
1. Самопишущие приборы с индексом «ч» имеют привод диаграммы от часового механизма с восьмисуточным заводом, а остальные — от синхронного двигателя 220 *в*, 50 *гц*, 12 *в·а*.
2. Время одного оборота диаграммы 24 *ч*.

и 40 *м* соответствует длине термобаллона (L_1 см. рис. I.1) — 230, 285, 340, 395, 450 *мм*. Длина хвостовика L_2 выбирается из ряда: 200, 300 и 500 *мм*. Диаметр термобаллона $D = 23$ *мм*; резьба штуцера d — М33×2. Материал термобаллона: сталь Х18Н10Т. Допустимое давление измеряемой среды 64 *кгс/см²* без защитной гильзы и 250 *кгс/см²* при наличии таковой.

Изготовитель: завод «Теплоконтроль», Казань.

§ 3. ТЕРМОПАРЫ

Термопары с металлическими электродами, предназначенные для измерения температуры, изготовляются в соответствии с ГОСТом 6616—61 (табл. I.3). Для измерения температур до 1800—2500° С применяются термопары вольфрам — молибден, вольфрам — рений — вольфрам — рений, графит — карбид титана, графит — борид циркония с индивидуальной градуировкой. Значения т. э. д. с. различных термопар стандартных градуировок в зависимости

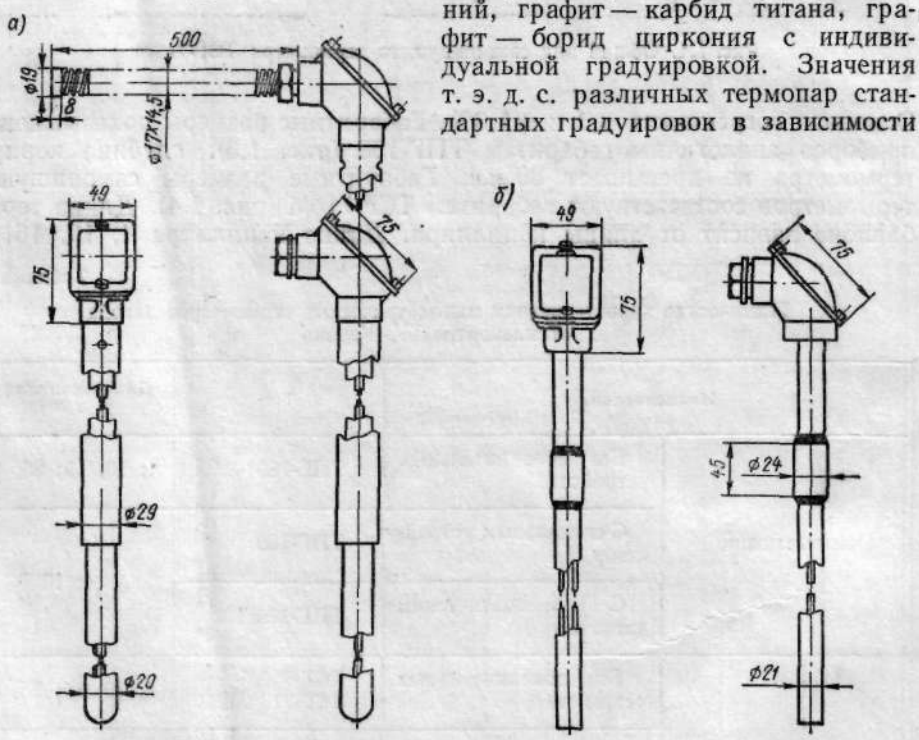


Рис. I.5. Термопары: *а* — ТПП-II (сверху показан вариант с гибким шлангом); *б* — ТХА-XIII и ТХК-XIII (без штуцера)

от температуры (температура свободных концов принята равной 0° С) приведены в табл. I.4. Технические характеристики и область применения часто употребляемых термопар обычного исполнения — в табл. I.5. Примеры конструктивного оформления некоторых термопар показаны на рис. I.5 и I.9. Рабочий или «горячий» конец термопары образуется сваркой двух термоэлектродов, которые изолируются по всей длине. Свободные или «холодные» концы термопары присоединяются к милливольтметру или измерительной схеме. В связи с тем, что в производственных условиях температура свободных концов термопары обычно отличается от температуры,

Таблица 1.3

Технические характеристики термопар

Тип	Градуировка	Материалы термоэлектродов	Пределы измерений в °С	
			при длительном применении	при кратковременном применении
ТПП	ПП-1	Платинородий (10% родия) — платина	—20÷+1300	1600
ТПР	ПР-30/6	Платинородий (30% родия) — платинородий (6% родия)	300÷1600	1800
ТХА	ХА	Хромель — алюмель	—50÷+1000	1300
ТХК	ХК	Хромель — копель	—50÷+600	800
ТНС	НС	Сплав НК-СА	300—1000	—

Примечания:
1. Верхний температурный предел длительного применения указан для проволок с диаметром не менее 0,5 *мм* для термопар с градуировками ПП-1 и ПР-30/6 и не менее 3,2 *мм* для термопар с градуировками ХА, ХК и НС (при измерении температуры в воздушной среде).
2. Положительным электродом в термопаре является электрод, материал которого в наименовании указан первым (например, хромель и т. д.).

Таблица 1.4

Термо-электродвижущая сила различных термопар (*в мв*) в зависимости от температуры их рабочих концов

Температура рабочего конца в °С	ТПП (гр. ПП-1)	ТПР (гр. ПР-30/6)	ТХА (гр. ХА)	ТХК (гр. ХК)
—50	—	—	—1,86	—3,11
—20	—0,109	—	—0,77	—1,27
0	0	—	0	0
100	0,643	—	4,10	6,95
200	1,436	—	8,13	14,66
300	2,314	0,456	12,21	22,91
400	3,249	0,812	16,40	31,49
500	4,218	1,268	20,65	40,16
600	5,220	1,821	24,91	49,02
700	6,256	2,467	29,15	57,77
800	7,325	3,201	33,32	66,42
900	8,428	4,019	37,37	—
1000	9,564	4,913	41,32	—
1100	10,732	5,876	45,16	—
1200	11,923	6,902	48,87	—
1300	13,129	7,982	52,43	—
1400	14,338	9,109	—	—
1500	15,537	10,274	—	—
1600	16,714	11,471	—	—
1700	—	12,691	—	—
1800	—	13,927	—	—

Примечание. Т. э. д. с. термопары ТНС, гр. НС изменяется в пределах 0,38—13,39 *мв* при изменении температуры от 300 до 1000° С.

Таблица 1.5

Технические характеристики и область применения термопар

Тип	Вид крепления	Предел измерения в °С	Монтажная длина * в *мм*	Условное давление в *кгс/см²*	Материал защитной арматуры	Инерционность **	Область применения
			Термопары ТПП (гр. ПП-1)				
ТПП-II	В сплошном чехле, без крепления	1300	500; 320	Атмосферное	Фарфор	Большая	Для измерения температуры в установках, работающих под атмосферным давлением
			Термопары ТХА (гр. ХА) и ТХК (гр. ХК)				
ТХА-II	Коленчатая без штуцера	800	500	Атмосферное	Сталь 1Х18Н9Т		Для измерения температуры жидких и газообразных сред под атмосферным давлением
		1000			Сталь Х25Т		
ТХА-VIII	С неподвижным штуцером, резьба М33×2	800	160; 200; 320; 400; 800; 1250	6	Сталь 1Х18Н9Т		Для установки в трубопроводах и сосудах для жидких и газообразных сред
		1000			Сталь Х25Т		
ТХК-VIII		600		10	Сталь 1Х18Н9Т или сталь 20		
ТХА-XIII	Без штуцера с муфтой	800	320; 500; 800; 1000; 1250; 1600	Атмосферное	Сталь Х18Н9Т		То же, для систем, находящихся под атмосферным давлением
		1000			Сталь Х25Т		
ТХК-XIII		600			Сталь Х18Н9Т или сталь 20		

ТХА-V-XV ТХК-V-XV	С неподвижным штуцером резьба М27×2	600	120; 160; 200; 320	100	Сталь 2Х13	Малая	Для установки в трубопроводах и аппаратах для пара и воды
ТХА-146	Без крепления	800	500; 800; 1000; 1250; 1600; 2000	Атмосферное	Сталь 1Х18Н9Т		Для установок, работающих под атмосферным давлением
ТХК-146		600					
ТХА-284 *** ТХК-284	С неподвижным штуцером, резьба М33×2	600	100; 160; 200; 320	250			Для установки в паропроводах при скорости пара 40—80 *м/сек*
ТХА-621 ****		900	160; 200; 320; 400; 800; 1250	50	Сталь Х25Т	Большая	Для установки в трубопроводах и аппаратуре
ТХК-621 ****		600			Сталь 1Х18Н9Т или сталь 20		
ТХА-631 ****	Без штуцера, с передвижным фланцем	900	500; 800; 1000; 1250; 1600; 2000; 2500; 3200	Атмосферное	Сталь Х25Т		Для замера газообразных сред
ТХК-631 ****		600			Сталь 1Х18Н9Т или сталь 20		
ТХКП-XVIII	Поверхностное	400	100		Сталь 1Х18Н9Т		Для установок на трубопроводах и аппаратуре
ТХАП-551 ТХКП-551	Поверхностное с водозащищенной головкой	600	170		Окись алюминия или двуокись титана		Для установки на трубопроводах высокого давления
ТХКП-711	Поверхностное	350	335; 610		Сталь 1Х18Н9Т или сталь 20	Ненормированная	Для установки на стенках аппаратов

* Монтажная длина *l* (см. рис. 1.9) определяется следующим образом: для термопар с неподвижным штуцером (фланцем) — от конца оболочки до опорной плоскости штуцера (фланца); для термопар с подвижным штуцером (фланцем), а также для термопар без штуцера (фланца) — как расстояние от конца оболочки до головки, а при отсутствии ее — до места заделки выводных концов в арматуре за вычетом минимальной длины наружной части. Полная длина *L* термопары считается от низа головки до конца оболочки.

** По инерционности термопары изготовляются в следующих модификациях: с ненормированной инерционностью (более 3,5 *мин*), с большой инерционностью (до 3,5 *мин*), средней (до 1 *мин*) и малой (до 40 *сек*).

*** Выполняются виброустойчивыми.

**** Двойные.

при которой составлялись градуировочные таблицы, в показания прибора необходимо вводить поправки.

Поправки могут вводиться: расчетным путем, методом переноса свободных концов термопары в зону постоянной температуры при помощи компенсационных проводов (рис. I.6), введением в термоэлектрическую цепь компенсирующего напряжения (см. рис. I.19), термостатированием свободных концов с помощью термостата. В автоматических потенциометрах компенсация температуры свободных концов обеспечивается автоматически.

Изготовитель: Приборостроительный завод, Луцк.

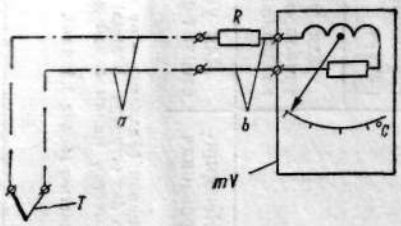


Рис. I.6. Принципиальная схема соединения термопары и милливольтметра:

T — термопара; *mV* — милливольтметр; *R* — подгоночная катушка; *a* — компенсационный провод; *b* — медный провод

§ 4. МИЛЛИВОЛЬТМЕТРЫ

Милливольтметры — приборы магнитоэлектрической системы, предназначенные для показаний, записи и регулирования температуры и других неэлектрических величин, преобразуемых с помощью датчиков в электрическое напряжение. Милливольтметры изготовляются в соответствии с ГОСТом 9736—61. Технические характеристики пирометрических милливольтметров приведены в табл. I.6.

Таблица I.6

Технические характеристики милливольтметров

	Тип	Пределы измерения					Внешнее сопротивление в *ом*	Основная погрешность показаний в %
		°С			%			
		Гр. ХК	Гр. ХА	Гр. ПП-1	CO_2	$CO+H_2$		
Показывающие	МПЩПР-54М	0—300; 0—400; 0—600	0—600; 0—800; 0—1100; 0—1300	0—1600	0—20	0—2	0,6; 5; 15; 25 *	±1,5
	МПП-054				—	—	0,6; 5; 15	±1
	МР1-02М	0—400; 0—600		—	—	—	0,6; 5; 15	±1,5
	МПЩР-53 **	—	—	—	—	—	49 ***	
Самопишущие	МСЩР-010 **	—	—	—	—	—	56 ***	±1 ****
	МСЩПР-00-18	0—300; 0—400; 0—600	0—600; 0—800; 0—1100; 0—1300	0—1300; 0—1600	0—20	0—2	0,6; 5; 15; 25 *	

* Для градуировки ПП-1 внешнее сопротивление только 5 и 15 *ом*.
** Градуировку см. в табл. I.18.
*** Полная величина регулируемого сопротивления.
**** Основная погрешность записи ±1,5%.

Милливольтметр типа МПЩПр-54М — показывающий щитовой прибор с профильной шкалой. Габаритные размеры прибора: 295×125×201 *мм*. Милливольтметр типа МПП-054 является показывающим переносным прибором. Габаритные размеры МПП-054: 210×182×76 *мм*. Милливольтметр типа МПЩР-53 применяется для измерения температуры в комплекте радиационного пирометра РАПИР с телескопом типа ТЕРА-50. По конструкции прибор МПЩР-53 аналогичен милливольтметру МПЩПР-54М, он отличается лишь наличием корректора показаний (кольцевого реостата), рукоятка которого выведена на лицевую сторону корпуса. Сопротивление линии от милливольтметра до панели типа ПУЭС не должно превышать 5 *ом*. На базе милливольтметра МПЩПР-54М выпускается регулирующий милливольтметр типа МР1-02М, имеющий фотоэлектрическое двухпозиционное устройство, характеристика его выходных контактов приведена в гл. XI, § 1. Питание прибора осуществляется от сети 220 *в*, 50 *гц*; потребляемая мощность 2,5 *в·а*. Приборы МПЩПР-54М и МР1-02М заменяются милливольтметрами М-64 и МР-64-02 с аналогичными характеристиками. Габаритные размеры прибора М-64 — 200 × × 100×240 *мм*, а МР-64-02 — 200×100×275 *мм*. Размеры отверстия в щите 180×80 *мм*.

Милливольтметр типа МСЩПр-00-18 (рис. I.7 и I.8) — самопишущий щитовой прибор с профильной шкалой. Милливольтметр выпускается в следующих модификациях: МСЩПр-01-18 — для измерения и записи температуры в одной точке; МСЩПр-02-18 — для измерения, записи и двухпозиционного регулирования в одной точке; МСЩПр-03-18 — для измерения, записи и трехпозиционного регулирования в одной точке; МСЩПр-06-18 — для измерения и записи температуры в двух—шести точках. Для измерения, записи и регулирования CO_2 или $CO + H_2$ применяются следующие модификации прибора: МСЩПр-11-18, МСЩПр-12-18; МСЩПр-13-18 и МСЩПр-16-18. Период записи — 20 *сек*. Запись осуществляется на диаграммной ленте с рабочей шириной 120 *мм*. Скорость движения диаграммной ленты — 20, 40 и 80 *мм/ч*. Питание прибора от сети 220 или 127 *в*, 50 *гц*. Максимальная потребляемая мощность не превышает 15 *в·а*. Данные позиционного устройства указаны в гл. XI, § 1.

Милливольтметр самопишущий щитовой регулирующий типа МСЩР-010 предназначен для работы в комплекте с радиационным пирометром РАПИР с телескопом ТЕРА-50. Конструкция прибора МСЩР-010 аналогична прибору типа МСЩПр-00-18, отличие заключается лишь в наличии корректора показаний, назначение которого соответствует назначению корректора в приборе МПЩР-53. Сопротивление линии от милливольтметра до панели ПУЭС-54 не должно превышать 5 *ом*.

Изготовитель: Ереванский приборостроительный завод, Ереван.

§ 5. ТЕРМОМЕТРЫ СОПРОТИВЛЕНИЯ

Термометры сопротивления по материалу чувствительного элемента подразделяются на платиновые (ТСП) и медные (ТСМ) по ГОСТу 6651—59. Для одновременного измерения температуры одной точки двумя приборами применяются двойные термометры сопротивления, в которых встроены два электрических изолированных друг от друга чувствительных элемента.

Термометры сопротивления применяются лишь для измерения средней температуры какой-либо области из-за значительных размеров чувстви-

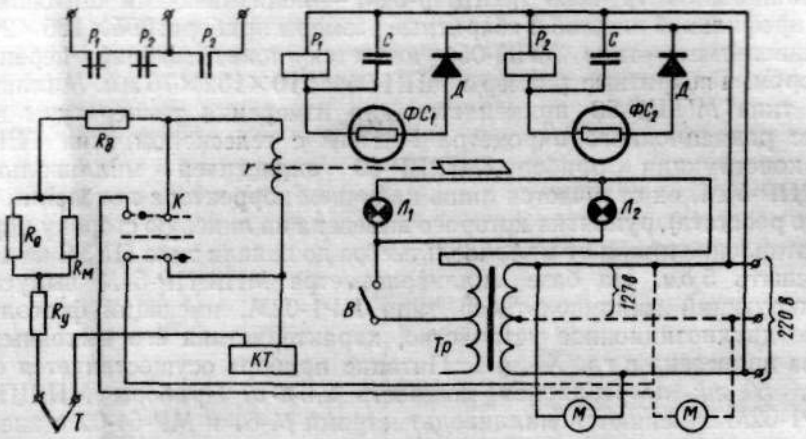


Рис. I.7. Принципиальная электрическая схема одноточечного самопишущего милливольтметра МСЩПр-00-18 с позиционным регулирующим устройством:

$R_д$, $R_м$ и R_0 — сопротивления измерительной схемы; r — рамка прибора; $R_у$ — сопротивление подгоночной катушки; T — термопара; $КТ$ — коробка для автоматической компенсации влияния изменения температуры свободных концов термопары; M — синхронный двигатель; B — выключатель регулирующего устройства; $ФС_1$—$ФС_2$ — фотосопротивления; P_1 и P_2 — реле; C — блокировочный конденсатор; $Д$ — диод; K — контактная группа арретира; $Тр$ — трансформатор; $Л_1$ и $Л_2$ — лампы подсветки

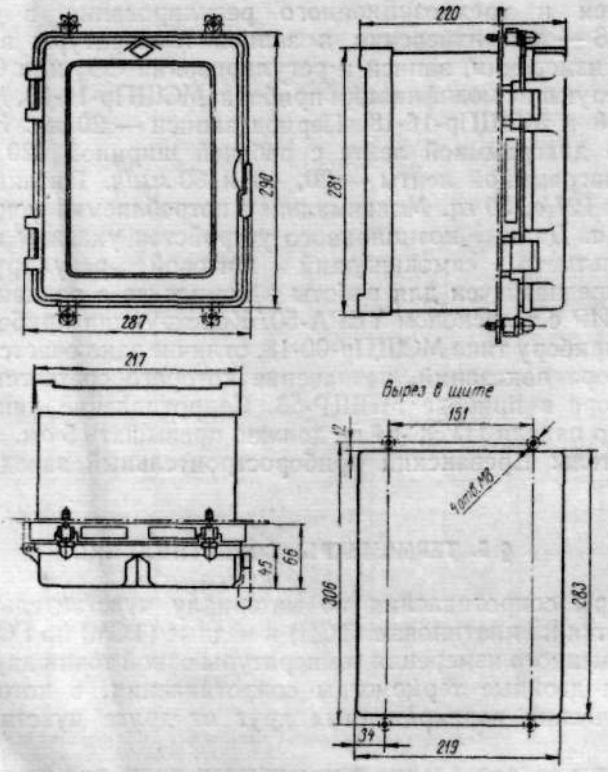


Рис. I.8. Общий вид милливольтметра МСЩПр-00-18

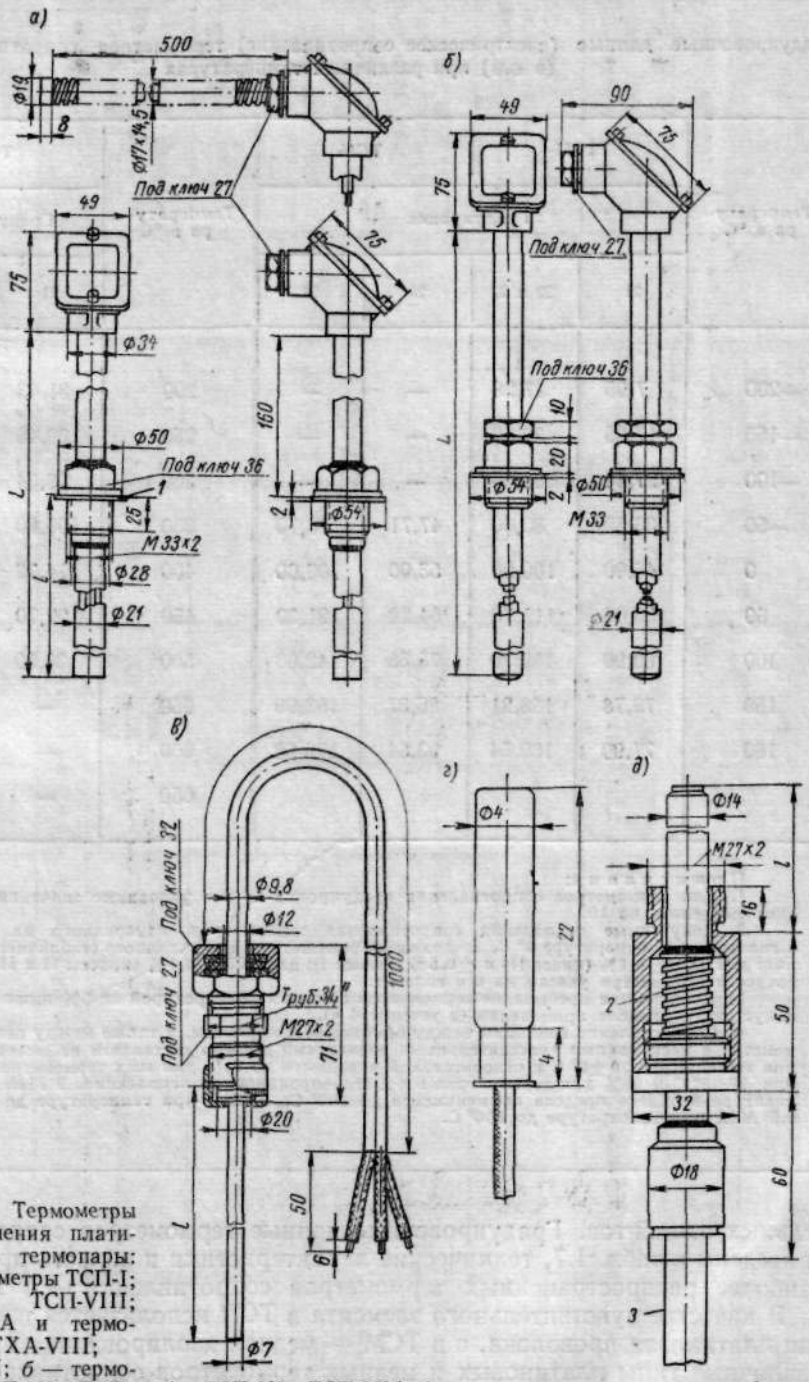


Рис. I.9. Термометры сопротивления платиновые и термопары: *а* — термометры ТСП-I; ТСП-IA; ТСП-VIII; ТСП-VIIIA и термопары ТХА-VIII; ТХК-VIII; *б* — термометры ТСП-III, ТСП-IIIA, ТСП-IX, ТСП-IXA (сверху показан вариант с гибким шлангом); *в* — термометр ТСП-611; *г* — термометры ТСП-138 и ТСМ-138; *д* — термометр ТСП-085

1 — прокладка; *2* — пружина; *3* — кабель

47763 524/337

БИБЛИОТЕКА Сумского филиала ХПИ им. Ленина

Сумська обласна БІБЛІОТЕКА ім. Н.К. Крупської

Таблица I.7

Градуировочные данные (электрическое сопротивление) термометров сопротивления (в *ом*) при различных температурах

Температура в °С	ТСП		ТСМ		Температура в °С	ТСП	
	Градуировка					Градуировка	
	21	20 и 22	23	24		21	20 и 22
—200	7,95	17,28	—	—	200	81,43	177,03
—150	17,85	38,80	—	—	250	89,46	195,56
—100	27,44	59,65	—	—	300	98,34	213,79
—50	36,80	80,00	47,71	78,70	350	106,60	231,73
0	46,00	100,00	53,00	100,00	400	114,72	249,38
50	55,06	119,70	64,29	121,30	450	122,70	266,74
100	63,99	139,10	75,58	142,60	500	130,50	283,80
150	72,78	158,21	86,87	163,90	550	—	300,58
180	77,99	169,54	93,64	176,68	600	—	317,06
					650	—	333,25

Примечания:

1. Для термометров сопротивления градуировки 20 все указанные значения необходимо разделить на 10.
2. Допустимые отклонения сопротивления термометров, измеренного на зажимах в головке при температуре 0° С, не должны превышать от номинального (табличного) значения: для ТСП ±0,1% (класс II) и ±0,5% (класс I); для ТСМ ±0,1% (классы II и III). Класс точности термометра указан на его головке.
3. Допускается пребывание термометров в среде с температурой на 5% выше верхнего допустимого предела применения (в течение 4 *ч*).
4. Сопротивление изоляции между обмотками и корпусом, а также между цепями термометра с несколькими чувствительными элементами должно составлять не менее 20 *Мом* при температуре 20 ±5° С и относительной влажности до 80% для всех термометров, 2 *Мом* при 20±5° С и 98% для термометров в брызгонепроницаемом исполнении, 2 *Мом* при температуре верхнего предела применимости до 300° С, 1 *Мом* при температуре до 500° С и 0,5 *Мом* при температуре до 650° С.

тельных элементов. Градуировочные данные термометров сопротивления приведены в табл. I.7, технические характеристики и область применения наиболее распространенных термометров сопротивления — в табл. I.8.

В качестве чувствительного элемента в ТСП используется изолированная платиновая проволока, а в ТСМ — медная изолированная проволока. Различные типы платиновых и медных термометров сопротивления показаны на рис. I.9.

Изготовители: Приборостроительный завод, Луцк; «Львовприбор», Львов.

Таблица 1.8

Технические характеристики и область применения термометров сопротивления

Тип	Вид крепления	Предел измерения в °С	Градуировка	Монтажная* длина l в *мм*	Условное давление в *кгс/см²*	Материал защитной арматуры	Инерционность **	Область применения и дополнительные данные
Термометры сопротивления платиновые								
ТСП-1	С неподвижным штуцером	0—500	21	160; 200; 320; 400; 800; 1250	40	Сталь 20 или 1Х18Н9Т	Большая	Для установки в трубопроводах и аппаратах
ТСП-1А		—120÷+30						
ТСП-III	С неподвижным штуцером, негерметичный (со стороны измеряемой среды)	0—500		500; 800; 1000; 1250; 1600; 2000	Атмосферное			Для установки в газоходах, воздуховодах, находящихся под давлением или разрежением, близком к атмосферному
ТСП-IIIА		—120÷+30						
ТСП-VIII ***	С неподвижным штуцером	0—500		160; 200; 320; 400; 800; 1250	40			То же, что и для термометров типа ТСП-1 и ТСП-1А
ТСП-VIIIА ***		—120÷+30						
ТСП-IX ***	С передвижным штуцером	0—500		500; 800; 1000; 1250; 1600; 2000	Атмосферное			То же, что и для термометров типа ТСП-III и ТСП-IIIА
ТСП-IXА ***		—120÷+30						
ТСП-XXI	С неподвижным штуцером	0—500		160; 200; 250; 320	250	Сталь 2Х13	Средняя	Для установки в трубопроводах в аппаратах
ТСП-XXII ***								
ТСП-085 ****	С неподвижным штуцером, резьба М27×2	0—100		60; 100; 160	Атмосферное	Сталь 20		Измерение температуры подшипников
ТСП-138	Устанавливается в гнезде подшипника	0—120		22 (при ∅ 4)		Медь М3 или латунь ЛТ-96		

Продолжение табл. 1.8

Тип	Вид крепления	Предел измерения в °С	Градуировка	Монтажная* длина *l* в *мм*	Условное давление в *кгс/см²*	Материал защитной арматуры	Инерционность **	Область применения и дополнительные данные
ТСП-763	С неподвижным штуцером, резьба М 33×2	0÷+100	21	60; 80; 100; 120; 200; 250	Атмосферное	Медь М1	Средняя	Измерение температуры верхних обойм шариковых подшипников
ТСП-280	С передвижным штуцером, резьба М 27×2	—20÷+50	22	260		Латунь Л-62	Малая	Для установки в воздухопроводах и кондиционерах
ТСП-290	С неподвижным штуцером	0÷+100		250	10			В водопроводах, емкостях для воды и установках кондиционирования воздуха
ТСП-611		—200÷+40		100; 120; 140; 180; 220; 270	200		Средняя	Для измерения температуры жидких и газообразных сред при низких температурах
ТСП-591	Поверхностное с резьбой штуцера М 27×2			24	Атмосферное	Алюминий Д16Т	Большая	Для измерения температуры поверхностей трубопроводов
ТСП-23 ****	С неподвижным штуцером, резьба М 20×1,5	—200÷+70		100; 120; 160	10	Латунь Л-62	Средняя	Для измерения температуры потоков воздуха, азота и кислорода при скорости 5 *м/сек*

Термометры сопротивления медные

ТСМ-Х	С неподвижным штуцером, резьба М 33×2	−50÷+100	23	80; 160; 200; 320; 400; 800; 1250	40	Сталь 20 или 1Х18Н9Т	Большая	
ТСМ-ХI	С неподвижным штуцером, резьба М 27×2			100; 250; 300; 380; 480; 550	40	Латунь Л-62Т		То же, что и для термометров типа ТСП-1 и ТСП-1А
ТСМ-ХII	Негерметичный			186	Атмосферное	—		Для установки в помещениях и на открытом воздухе
ТСМ-ХIV	С передвижным штуцером, резьба М 33×2			500; 800; 1000; 1250; 1600; 2000		Сталь 20 или 1Х18Н9Т		То же, что и для термометров типа ТСП-III и ТСП-IIIА
ТСМ-239	Брызгонепроницаемый штепсельный разъем			80; 100; 120; 160; 200; 250; 320	25	Латунь Л-62Т		Для измерения температур различных тепловых процессов
ТСМ-148	Без крепления устанавливается в гнезде подшипника	0—120		22 (при ∅ 4)	Атмосферное	Медь М3 или латунь ЛТ-96		Для измерения температуры подшипников

* Монтажная длина *l* (см. рис. I.9) определяется как расстояние от опорной плоскости штуцера или фланца до рабочего конца. Для термометров сопротивления с передвижным штуцером минимальная монтажная длина составляет 160 *мм*, для термометра ТСП-280—260 *мм*. Полная длина термометра *L* определяется как расстояние от низа головки до рабочего конца.

** По инерционности термометры сопротивления изготовляются в трех модификациях: большой (до 4 *мин*), средней (до 80 *сек*) и малой инерционности (до 9 *сек*).

*** Двойные.

**** Выполняются виброустойчивыми.

§ 6. ЛОГОМЕТРЫ

Логометры представляют собой приборы магнитоэлектрической системы, предназначенные для показаний, записи и регулирования температуры и других неэлектрических величин, преобразуемых с помощью датчиков в функционально изменяющееся электрическое сопротивление. Логометры изготовляются в соответствии с ГОСТом 9736—61. Принципиальная электрическая схема соединения логометров типа ЛПр-53М показана на рис. I.10. Изменение сопротивления термометра приводит к изменению сопротивления одного плеча моста R_1, R_2, R_3 и R_6 и, следовательно, к изменению тока в рамке r, вследствие чего стрелка займет новое положение равновесия. Сопротивления R_4 и R_5 предназначены для температурной компенсации и изменения угла отклонения стрелки; сопротивление R_7 позволяет осуществлять контроль правильности показаний

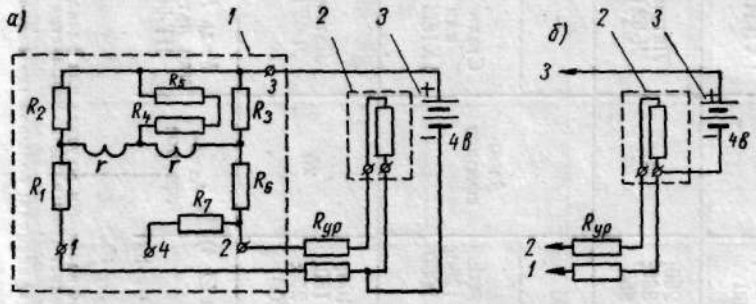


Рис. I.10. Принципиальная электрическая схема соединений логометров типа ЛПр-53М: *а* — двухпроводная схема подключения термометра сопротивления; *б* — трехпроводная схема подключения термометра сопротивления

1 — логометр ЛПр-53М; *2* — термометр сопротивления; *3* — источник питания

логометра. При трехпроводном включении термометров сопротивления каждый из проводов линий, соединяющих термометр с логометром, вместе со своей уравнительной катушкой $R_{ур}$ входит в отдельное плечо мостовой схемы (этим повышается точность измерений) и должен иметь сопротивление, равное половине сопротивления линии, указанного на шкале прибора, т. е. 2,5 или 7,5 *ом*. При двухпроводной схеме включения сопротивление обоих проводов линии связи совместно с уравнительной катушкой $R_{ур}$ должно быть равно 2,5 или 7,5 *ом*; сопротивление второй уравнительной катушки остается без изменений (2,5 или 7,5 *ом*).

Технические характеристики логометров типа ЛПр-53М, ЛПр-54, ЛР1-02М и ЛСЩПр-00-18 приведены в табл. I.9. Логометр ЛПр-53М — показывающий щитовой прибор с профильной шкалой. Логометр профильный показывающий ЛПр-54 предназначен для работы во взрывоопасных помещениях класса В-I и В-Iа *, в том числе в помещениях с водородно-воздушной средой. Логометр ЛР1-02М — показывающий прибор с фотоэлектрическим двухпозиционным регулирующим устройством, характеристика которого приведена в гл. XI, § 1. Показывающие логометры имеют габариты 295×125×201 *мм*.

Взамен приборов ЛПр-53М, ЛПр-54 и ЛР1-02М будут выпускаться логометры Л-64 и ЛР-64-02 с аналогичными характеристиками.

---

* Классификация помещений указана согласно «Правилам устройств электроустановок», гл. VII-3. М., изд-во «Энергия», 1965.

Таблица 1.9

Технические характеристики логометров

	Ти	Пределы измерения в °С				Внешнее сопротивление в *ом*	Основная погрешность показаний в %	Напряжение питания в *в*	Потребляемая мощность в *вт*
		Гр. 20	Гр. 21 и 22	Гр. 23	Гр. 24				
Показывающие	ЛПр-54	—	—200÷—100; —200÷0; —200÷+50;	—50÷+50; —50÷+100; 0—150	—	5	±1	1,5 *	0,06
	ЛПр-53М	—	—150÷0 —150÷+150; —100÷0; —100÷+50;		—	5; 15	±1,5	4	0,9
	ЛР1-02М	—	—100÷+100; —50÷0; —50÷+50;	—50÷0; —50÷+50; —50÷+100;	—	5; 15	±1,5	220, 50 *гц*	2,5
Самопишущий	ЛСЩПр-00-18	0—300; 0—400; 0—500; 0—650; 300—650	—50÷+100; 0—50; 0—100; 0—200; 0—300; 0—400; 0—500; 200—500	0—50; 0—100; 0—150; 0—180; 50—100	—50÷0 —50÷+50 —50÷+100 0—50 0—100 0—150 0—180 50—100	5; 15	±1,0 **	220 (127), 50 *гц*	20 *в·а*

* Питание осуществляется от коробки КОСЭ, которая поставляется комплектно с прибором и должна устанавливаться во взрывобезопасном помещении.

** Основная погрешность записи ±1,5%.

Габаритные размеры прибора Л-64 — 200×100×240 *мм*, а ЛР-64-02 — 200 × 100×275 *мм*. Размеры отверстия в щите 180×80 *мм*.

Логометр типа ЛСЩПр-00-18 — самопишущий щитовой прибор с профильной шкалой. Выпускаемые модификации ЛСЩПр (01-18; 02-18; 03-18; 06-18), внешний вид и система записи аналогичны милливольтметру МСЩПр-00-18. Данные позиционного устройства приведены в гл. XI, § 1.

Изготовитель: Ереванский приборостроительный завод, Ереван.

§ 7. ПОТЕНЦИОМЕТРЫ АВТОМАТИЧЕСКИЕ ЭЛЕКТРОННЫЕ

Потенциометры автоматические электронные предназначены для измерения, записи и регулирования температуры или других неэлектрических величин, преобразуемых с помощью датчиков в напряжение постоянного тока; потенциометры изготовляются по ГОСТу 7164—58. Пределы измерений и градуировки приборов приведены в табл. I.10, технические характеристики — в табл. I.11. Сопротивление входной цепи потенциометра не должно превышать 100 *ом*, за исключением высокоомных потенциометров. Принципиальная схема одноточечного показывающего потенциометра изображена на рис. I.11. Измерение производится компенсационным методом. Измеряемая э. д. с. термопары *1* сравнивается с напряжением в диагонали *AB* мостовой схемы $R_1 - R_4$. В диагональ *CD* включен источник стабилизированного питания постоянным током *3* (типов ИПС, СН). При работе потенциометра разность э. д. с. термопары (или другого датчика) и напряжения, снимаемого с диагонали *AB* мостовой схемы, подается на вход электронного усилителя *4*. Если измеряемая э. д. с. равна этому напряжению, то к усилителю подводится нулевой сигнал, при этом вся система находится в равновесии. При изменении э. д. с. равновесие системы нарушается и на вход усилителя подается напряжение разбаланса. Последнее преобразуется вибропреобразователем в переменное напряжение, усиливается и приводит в действие реверсивный двигатель *5*, который перемещает ползунок реохорда *2* до момента, когда разность между измеряемой э. д. с. и напряжением на диагонали *AB* станет ниже порога чувствительности усилителя. С двигателем также связана стрелка *6*, перемещающаяся относительно шкалы. Градуировка шкалы производится непосредственно в °С (при работе с термопарой или радиационным пирометром) или в других единицах.

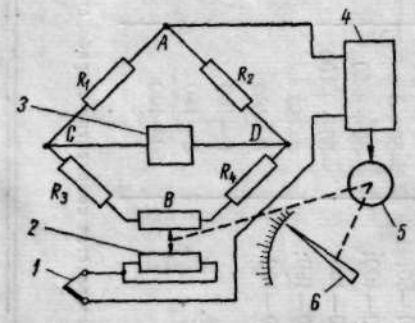


Рис. I.11. Принципиальная схема одноточечного показывающего потенциометра

Самопишущие потенциометры отличаются от показывающих наличием устройства автоматической записи. Запись производится на дисковой или ленточной диаграмме, приводимой в движение синхронным двигателем. В одноточечном приборе запись осуществляется пером, кинематически связанным с реверсивным двигателем потенциометра, в многоточечном приборе — печатающей кареткой, проставляющей точки или номера датчиков.

Для работы со стандартными термопарами, которые установлены во взрывоопасных помещениях классов В-I, В-Iа, В-Iг, содержащих

Таблица 1.10

Пределы измерения и градуировки электронных потенциометров

Градуировка	Пределы измерения в °С	ЭПВ2	ПП4; ППР4; ПСМ2; ПСМР2	ЭПД	ЭП; ПЭД	ЭПП-07; ЭПП-09; ЭПР-09; 09Р; 09РД; ЭПП-15; 15А	ПС1; ПСР1	ЭППМ; ЭПСМ	ПТ-ТП-62
ХА	0—600	+	+	+	+	+	+	+	+
	0—800	+	+	+	+	+	+	+	+
	0—1100	+	+	+	+	+	+	+	+
	200—600	+	+	+	+	+	+	+	+
	400—900	+	+	+	+	+	+	+	+
	600—1100	+	+	+	+	+	+	+	+
	700—1300	—	+	—	+	+	—	+	—
ХК	—50÷+50	+	—	+	+	+	—	—	+
	—50÷+100	+	+	+	+	+	+	+	+
	—50—+150	+	+	+	+	+	+	+	+
	0—100	+	—	+	+	+	—	—	+
	0—150	+	+	+	+	+	+	+	+
	0—200	+	+	+	+	+	+	+	+
	0—300	+	+	+	+	+	+	+	+
	0—400	+	+	+	+	+	+	+	+
	0—600	+	+	+	+	+	+	+	+
	200—600	+	+	+	+	+	+	+	+
ПП1	0—1300	+	+	+	+	+	+	+	+
	0—1600	+	+	+	+	+	+	+	+
ПР-30/6	1000—1500	—	—	—	+	+	—	—	—
	1000—1800	—	+	—	+	+	—	+	—
Датчики э. д. с. или напряжения в *мв*	—100÷+100	+	—	—	+	+	+	+	—
	—10÷+10	+	—	—	+	+	+	+	—
	0—10	+	+	—	+	+	+	+	—
	0—20	+	+	—	+	+	+	+	—
	0—50	+	+	—	+	+	+	+	—
	0—100	+	+	—	+	+	+	+	—

Технические характеристики

Характеристика \ Тип	ЭПВ2 ЭМВ2	ППР4 ПП4 МП4 МПР4	ЭПД ЭМД	ЭП ЭМ	ПЭД-250 МЭД-250	ЭПП ЭМП ЭПР ЭМР
Погрешность показаний в %	±0,5	±0,5	±0,5	±0,5	±0,5	±0,5 и ±1 *
Погрешность записи в %	—	—	±1	±1	±1	±0,5 и ±1 *
Время пробега указателем или кареткой всей шкалы в *сек*	8	3; 5	5; 15	7; 20	5; 15	2,5; 8
Ширина диаграммы или длина оцифрованной части шкалы в *мм*	660	315	700	700	600	275
Скорость диаграммной ленты в *мм/ч* или время оборота диаграммы в *ч*	—	—	24	12; 24; 48	24	20—720 60—1440 60—9600
Напряжение питания в *в*	127; 220	127	127; 220	127; 220	127; 220	220 ***
Потребляемая мощность в *в·а*	50	30	70	60	50	130; 150 *****

* Для узкопредельных приборов погрешность 1%.
** Время пробега 1; 2,5 *сек* должно быть предварительно согласовано с заводом.
*** Для узкопредельных ЭПП необходим разделительный трансформатор 220/220, 150 *в·а*.
**** Необходим разделительный трансформатор.
***** Только для приборов типа ЭПР и ЭМР с уставкой разных заданных значений по
****** Для приборов МФС и МФП время пробега равно 6 или 16 *сек*.

взрывоопасные концентрации смесей 1, 2, 3 и 4-й категорий, групп А, Б, Г и Д, предназначаются искробезопасные потенциометры, устанавливаемые вне взрывоопасного помещения. При наличии сильных магнитных полей включение прибора необходимо осуществлять через разделительный трансформатор, а каждый провод термопары заземлять через конденсатор емкостью 1—5 *мкф*. Для дистанционной передачи показаний в приборы встраивается дополнительный реохорд сопротивлением 90 или 300 *ом*, ползунок которого укреплен на той же оси, что и ползунок измерительного реохорда, таким образом его положение определяется значением измеряемой величины. Потенциометры, предназначенные для работы с электрическими статическими (пропорциональными) и изодромными (пропорционально-интегральными) регуляторами, выпускаются со специальными реостатными задатчиками (зона пропорциональности 10; 20 или 100%), которые описаны в гл. XII, § 3. Для целей позиционного регулирования и сигнализации в приборы встраиваются контактные устройства (см. гл. XI, § 1). Пневматические устройства соответствующих модификаций приборов описаны в гл. IX, § 5. Потенциометры изготовляются в корпусе, приспособленном для настенного или щитового монтажа (допускаемая толщина щита 2—32 *мм*).

Потенциометры показывающие типов ЭПВ2, ПП4 и ППР4. Модификации приборов ЭПВ2, ПП4 и ППР4 приведены в табл. I.12. Потенциометры ЭПВ2 являются показывающими малогабаритными приборами. Показание осуществляется цилиндрической шкалой, перемещающейся от-

Таблица 1.11

потенциометров и мостов

ПС1 ПСР1 МС1 МСР1	ПСМ2 ПСМР2 МСМ2 МСМР2	ЭППМ МФПМ	ЭПСМ МФСМ	КСП1 КПП1 КСМ1 КПМ1	КСП2 КСМ2	КСП4 КСМ4	ЭПС ЭПП МФС МФП
±0,5	±1	±1	±1	±0,5	±0,5	±0,25	±0,5
±1	±1	±1	±1	±1	±1	±0,5	±1
2,5; 8	1 ** 2,5 **; 6	2,5; 8; 18	2,5; 8; 18	2,5; 10	2,5; 8	1; 2,5; 8	2,5; 16 ******
160	100	280	100	100	160	250	100
20; 40; 60; 120; 240; 360	20; 60; 120	—	20; 40; 60; 120	20; 40; 60; 120	20—3600	20—54000 60—7200	10; 20; 40; 60; 120
127; 220	127	127 ****	127 ****	220	220	220	220
60	50	50	50	12	30	40	35

каждому каналу регулирования.

носительно неподвижного указателя. В многоточечных приборах поочередное подключение термопар производится вручную кнопочным переключателем. Габаритные размеры 330×263×435 *мм*.

Изготовитель: завод «Мукачевприбор», Мукачево.

Потенциометры автоматические электронные ПП4 и ППР4 относятся к регулирующим миниатюрным приборам для одной точки измерения. Габаритные размеры 204×198×385 *мм*.

Изготовитель: завод «Автоматика», Кировакан.

Потенциометры самопишущие с записью на дисковой диаграмме типов ЭПД, ЭП и ПЭД-250. Модификации приборов ЭПД приведены в табл. I.13. Общий вид и габаритные размеры потенциометра аналогичны виду и размерам прибора ЭПИД (см. гл. III, § 13).

Изготовитель: завод «Манометр», Москва.

Потенциометры автоматические ЭП-120 и ЭП-107 отличаются друг от друга тем, что время прохождения стрелкой всей шкалы составляет соответственно 20 и 7 *сек*. Кроме модификаций приборов, приведенных в табл. I.13, выпускаются модификации приборов с встроенными феррродинамическими преобразователями ПФ3 — ПФ6 или струнным преобразователем ПС (см. гл. XIV, § 1) или с пневматическим преобразователем ПП. В приборы с программным задатчиком преобразователи не встраиваются.

В буквенное обозначение модификации при установке преобразователя добавляются следующие буквы: Ф — при установке ферродинамиче-

Таблица 1.12

Модификации показывающих потенциометров и мостов в малогабаритном и миниатюрном исполнении

Потенциометры		Мосты			Количество точек измерения	Дополнительные устройства **
		малогабаритные типа ЭМВ2		миниатюрные типов МП и МПР		
малогабаритные типа ЭПВ2	миниатюрные типов ПП4 и ППР4	постоянного тока	переменного тока			
ЭПВ2-01	ПП4-05	ЭМВ2-101	ЭМВ2-201	МП4-05	1	—
ЭПВ2-02	—	ЭМВ2-102	ЭМВ2-202	—	1	1Р
ЭПВ2-03	—	ЭМВ2-103	ЭМВ2-203	—	1	1Р, 1С
ЭПВ2-04	—	ЭМВ2-104	ЭМВ2-204	—	1	1Р, 2С
ЭПВ2-05	—	ЭМВ2-105	ЭМВ2-205	—	1	2Р
ЭПВ2-06	ППР4-01	ЭМВ2-106	ЭМВ2-206	МПР4-01	1	2Р, 1С
ЭПВ2-07	—	ЭМВ2-107	ЭМВ2-207	—	1	Д
ЭПВ2-08А	—	ЭМВ2-108А	ЭМВ2-208А	—	1	3Р
ЭПВ2-10А	ПП4-05	ЭМВ2-110А	ЭМВ2-210А	МПР4-05	1	5Р
ЭПВ2-11А	ППР4-08	ЭМВ2-111А	ЭМВ2-211А	МПР4-08	1	6Р
ЭПВ2-12	—	ЭМВ2-112	ЭМВ2-212	—	6	—
ЭПВ2-13*	—	ЭМВ2-113 *	ЭМВ2-213 *	—	6	—
ЭПВ2-14	—	ЭМВ2-114	ЭМВ2-214	—	12	—
ЭПВ2-15	—	ЭМВ2-115	ЭМВ2-215	—	1	1Р, Д
ЭПВ2-16	—	ЭМВ2-116	ЭМВ2-216	—	1	1Р, 1С, Д
ЭПВ2-17	—	ЭМВ2-117	ЭМВ2-217	—	1	1Р, 2С, Д
ЭПВ2-18	ППР4-03	ЭМВ2-118	ЭМВ2-218	МПР4-03	1	2Р, Д
ЭПВ2-19	ППР4-04	ЭМВ2-119	ЭМВ2-219	МПР4-04	1	2Р, 1С, Д
—	ППР4-02	—	—	МПР4-02	1	3Р, Д
—	ППР4-06	—	—	МПР4-06	1	2Р, 3С
—	ППР4-07	—	—	МПР4-07	1	5Р, Д

* Снабжены устройством для подключения на самопишущий прибор.

** Условные обозначения дополнительных устройств (регулирующих — Р, сигнализирующих — С и устройств дистанционной передачи — Д): 1Р — реостатный задатчик с зоной пропорциональности 10 и 20%; 2Р — реостатный задатчик с зоной пропорциональности 100%; 3Р — однопозиционное; 5Р — двухпозиционное с двумя указателями; 6Р — трехпозиционное одной точки; 1С — одноконтактное аварийное; 2С — одноконтактное аварийное с регулируемой зоной сигнализации; 3С — двухконтактное.

ского преобразователя; С — при установке струнного преобразователя; П — при установке пневматического преобразователя; ОФ, ОС и ОП — при встройке преобразователя в прибор без дополнительных устройств. Примеры обозначения потенциометров без дополнительных устройств со струнным датчиком и временем пробега стрелки 20 *сек* — ЭПОС-120; потенциометр с пневматическим изодромным регулятором, узлом аварийного сигнального устройства, ферродинамическим датчиком и временем пробега стрелки 7 *сек* — ЭПИФ-107-С. Габаритные размеры прибора: 425×462×300 *мм* (по требованию завод выпускает прибор с габаритными размерами приборов завода «Манометр» — 414×500×300 *мм*).

Таблица 1.13

Модификации потенциометров и мостов с записью на дисковой диаграмме

Потенциометры			Мосты				Дополнительные устройства **
			Модели ЭМД		Модели МЭД-250 * постоянного тока	Модификации ЭМ-120 и ЭМ-107	
Модели ЭПД	Модели ПЭД-250*	Модификации ЭП-120 и ЭП-107	переменного тока	постоянного тока			
4801м	1000	ЭП-120; ЭП-107	4804м	4807м	1000	ЭМ-120; ЭМ-107	—
4802м	1300	ЭПД-120; ЭПД-107	4805м	4808м	1300	ЭМД-120; ЭМД-107	4Р или 6Р ***
4803м	—	ЭПИ-120; ЭПИ-107	4806м	4809м	—	ЭМИ-120; ЭМИ-107	7Р
4812м	1100	ЭПП-120; ЭПП-107	4815м	4818м	1100	ЭМП-120; ЭМП-107	1Р ****
4813м	—	—	4816м	4819м	—	—	1Р; 1С
4814м	—	—	4817м	4820м	—	—	1Р; 2С
4823м	—	—	4821м	4822м	—	—	7Р; 1С
4824м	1200	ЭПП-120; ЭПП-107	4827м	4830м	1200	ЭМП-120; ЭМП-107	2Р
4825м	—	—	4828м	4831м	—	—	2Р; 1С
4826м	—	—	4929м	4832м	—	—	2Р; 2С
—	1001	ЭП-120-С; ЭП-107-С	—	—	1001	ЭМ-120-С; ЭМ-107-С	3С
—	1101	ЭПП-120-С; ЭПП-107-С	—	—	1101	ЭМП-120-С; ЭМП-107-С	1Р ****; 3С
—	1201	ЭПП-120-С; ЭПП-107-С	—	—	1201	ЭМП-120-С; ЭМП-107-С	2Р; 3С
—	1301	ЭПД-120-С; ЭПД-107-С	—	—	1301	ЭМД-120-С; ЭМД-107-С	4Р или 6Р; 3С
—	—	ЭПИ-120-С; ЭПИ-107-С	—	—	—	ЭМИ-120-С; ЭМИ-170-С	7Р; 3С
—	—	ЭПЛ-120; ЭПЛ-107	—	—	—	ЭМЛ-120; ЭМЛ-107	8Р или 9Р
—	—	ЭПЛ-120-С; ЭПЛ-107-С	—	—	—	ЭМЛ-120-С; ЭМЛ-107-С	8Р или 9Р, 3С

* Время прохождения указателем шкалы — 15 *сек*; в приборах, у которых это время равно 5 *сек*, номера моделей начинаются с цифры 2, например: 2301, 2000 и т. д.

** 4Р — двухпозиционное с одним указателем; 7Р — пневматический изодромный регулятор; 8Р — программный позиционный регулятор; 9Р — программный реостатный задатчик, а остальные аналогичны приведенным в табл. 1.12.

*** С трехпозиционным устройством 6Р, выпускаются только приборы ЭПД и ЭМД.

**** Приборы ЭПП и ЭМП имеют только 10% или 100% реостатный задатчик (зона оговаривается заказом).

Типы, модели и технические характеристики потен

Потенциометры				Мо
для термопар и датчиков э. д. с.		для радиационных пирометров		постоянного тока
Тип	№ модели	Тип	№ модели	Тип
ЭПП-07М3	07-1	—	—	ЭМП-57ИМ3
ЭПП-07М3	07-2	—	—	—
ЭПП-09М3	09-4	—	—	ЭМП-109ИМ3
ЭПП-09М3	09-1	ЭПП-16АМ3	16А-1	ЭМП-109ИМ3
ЭПП-09М3	09-2	ЭПП-16АМ3	16А-2	ЭМП-109ИМ3
ЭПП-09М3	09-3	ЭПП-16АМ3	16А-4	ЭМП-109ИМ3
ЭПП-09М3	09-20	ЭПП-16АМ3	16А-20	—
ЭПП-09М3	09-12	ЭПП-16АМ3	16А-11	ЭМП-109ИМ3
ЭПП-09М3	09-11	ЭПП-16АМ3	16А-12	ЭМП-109ИМ3
ЭПП-09М3	09-13	ЭПП-16АМ3	16А-15	ЭМП-109ИМ3
ЭПП-09М3	09-14	ЭПП-16АМ3	16А-14	ЭМП-109ИМ3
ЭПП-09М3	09-16	ЭПП-16АМ3	16А-17	ЭМП-109ИМ3
ЭПП-09М3	09-15	ЭПП-16АМ3	16А-18	ЭМП-109ИМ3
ЭПП-09М3	09-17	—	—	ЭМП-109ИМ3
ЭПП-09М3	09-18	—	—	ЭМП-109ИМ3
ЭПП-15М3	15-1	ЭПП-16АМ3	16А-5	—
ЭПП-15М3	15-2	ЭПП-16АМ3	16А-6	—
ЭПП-15М3	15-3	ЭПП-16АМ3	16А-7	—
ЭПП-15АМ3	15А-1	ЭПП-16АМ3	16А-8	ЭМП-55АИМ3
ЭПП-15АМ3	15А-2	ЭПП-16АМ3	16А-9	ЭМП-55АИМ3
ЭПП-15АМ3	15А-3	ЭПП-16АМ3	16А-10	ЭМП-55АИМ3
ЭПР-09М3	Р-09-1	ЭПР-16АМ3	Р-16А-1	ЭМР-109ИМ3
ЭПР-09М3	Р-09-2	ЭПР-16АМ3	Р-16А-2	ЭМР-109ИМ3
ЭПР-09М3	Р-09-3	ЭПР-16АМ3	Р-16А-3	ЭМР-109ИМ3
ЭПР-09М3	Р-09-4	ЭПР-16АМ3	Р-16А-4	ЭМР-109ИМ3
ЭПР-09М3	Р-09-5	ЭПР-16АМ3	Р-16А-5	ЭМР-109ИМ3
ЭПР-09М3	Р-09-6	ЭПР-16АМ3	Р-16А-6	ЭМР-109ИМ3
ЭПР-09М3	Р-09-7	ЭПР-16АМ3	Р-16А-7	ЭМР-109ИМ3
ЭПР-09М3	Р-09-8	ЭПР-16АМ3	Р-16А-8	ЭМР-109ИМ3
ЭПР-09РМ3	Р-09Р-1	ЭПР-16АРМ3	Р-16АР-1	ЭМР-109РИМ3
ЭПР-09РМ3	Р-09Р-2	ЭПР-16АРМ3	Р-16АР-2	ЭМР-109РИМ3
ЭПР-09РМ3	Р-09Р-3	ЭПР-16АРМ3	Р-16АР-3	ЭМР-109РИМ3
ЭПР-09РМ3	Р-09Р-4	ЭПР-16АРМ3	Р-16АР-4	ЭМР-109РИМ3
ЭПР-09РДМ3	Р-09РД-1	ЭПР-16АРДМ3	—	ЭМР-109-РДИМ3
ЭПР-09РДМ3	Р-09РД-2	ЭПР-16АРДМ3	—	ЭМР-109-РДИМ3
ЭПР-09РДМ3	Р-09РД-3	ЭПР-16АРДМ3	—	ЭМР-109-РДИМ3
ЭПР-09РДМ3	Р-09РД-4	ЭПР-16АРДМ3 *****	—	ЭМР-109-РДИМ3
ЭПР-09РДМ3	Р-09РД-5	ЭПР-16АРДМ3	—	ЭМР-109-РДИМ3
ЭПР-09РДМ3	Р-09РД-6	ЭПР-16АРДМ3	—	ЭМР-109-РДИМ3
ЭПР-09РДМ3	Р-09РД-7	—	—	ЭМР-109-РДИМ3
ЭПР-09РДМ3	Р-09РД-8	—	—	ЭМР-109-РДИМ3

* 8Р — трехпозиционное одной точки и программным задатчиком; 9Р — програм всех точек на одну задачу; 11Р — трехпозиционное для всех точек на одну задачу; 12Р — трехпо задачи; 4С — трехконтактное; 5С — одноконтактное аварийное сигнальное устройство с регулиру

** Изготовляются с дополнительной сигнализацией: «Окончание диаграммной ленты».

*** Завод «Электроавтоматика», Йошкар-Ола выпускает приборы ЭПП-09М3 и ЭМП-209М3

**** Завод «Электроавтоматика», Йошкар-Ола, выпускает приборы ЭПП-09М3 и ЭМП-

***** Приборы ЭПР-16АРДМ3 выпускаются только заводом «Электроавтоматика»,

Таблица I.14

циометров и мостов с записью на ленточной диаграмме

сты			Количество точек измерения	Время пробега кареткой всей шкалы в *сек*	Дополнительные устройства *
искробезопасные	переменного тока				
№ модели	Тип	№ модели			
57И-1	ЭМП-67М3	67-1	1	8	8Р
—	ЭМП-67М3	67-2	1	8	9Р
109И-13	—	—	1	1 **	—
109И-1	ЭМП-209М3	209-2	1	2,5 **	Д
109И-2	ЭМП-209М3	209-1	1	8	Д
109И-3	ЭМП-209М3	209-13	1	8	7Р
—	ЭМП-209М3	209-16	1	8	4С *** Д
109И-4	ЭМП-209М3	209-3	3	2,5	—
109И-5	ЭМП-209М3	209-6	3 ****	8	—
109И-7	ЭМП-209М3	209-7	6 ****	8	—
109И-6	ЭМП-209М3	209-4	6	2,5	—
109И-8	ЭМП-209М3	209-5	12	2,5	—
109И-9	ЭМП-209М3	209-8	12 ***	8	—
109И-11	ЭМП-209М3	209-15	24	8	—
109И-10	ЭМП-209М3	209-14	24	2,5	—
—	ЭМП-65М3	65-1	1	8	1Р, Д
—	ЭМП-65М3	65-2	1	8	1Р, 1С, Д
—	ЭМП-65М3	65-3	1	8	1Р, 2С, Д
55АИ-1	ЭМП-65АМ3	65А-1	1	8	2Р, Д
55АИ-2	ЭМП-65АМ3	65А-2	1	8	2Р, 1С, Д
55АИ-3	ЭМП-65АМ3	65А-3	1	8	2Р, 2С, Д
Р-109И-1	ЭМР-209М3	Р-209-1	3	8	10Р, 2С
Р-109И-2	ЭМР-209М3	Р-209-2	3	8	10Р, 5С
Р-109И-3	ЭМР-209М3	Р-209-3	3	8	11Р
Р-109И-4	ЭМР-209М3	Р-209-4	6	8	10Р, 2С
Р-109И-5	ЭМР-209М3	Р-209-5	6	8	10Р, 5С
Р-109И-6	ЭМР-209М3	Р-209-6	6	8	11Р
Р-109И-7	ЭМР-209М3	Р-209-7	12	8	10Р, 2С
Р-109И-8	ЭМР-209М3	Р-209-8	12	8	11Р
Р-109РИ-1	ЭМР-209РМ3	Р-209Р-1	6	2,5	12Р
Р-109РИ-2	ЭМР-209РМ3	Р-209Р-2	6	8	12Р
Р-109РИ-3	ЭМР-209РМ3	Р-209Р-3	12	2,5	13Р
Р-109РИ-4	ЭМР-209РМ3	Р-209Р-4	12	8	13Р
Р-109РДИ-1	ЭМР-209РДМ3	Р-209РД-1	6	2,5	12Р
Р-109РДИ-2	ЭМР-209РДМ3	Р-209РД-2	6	8	12Р
Р-109РДИ-3	ЭМР-209РДМ3	Р-209РД-3	12	2,5	13Р
Р-109РДИ-4	ЭМР-209РДМ3	Р-209РД-4	12	8	13Р
Р-109РДИ-5	ЭМР-209РДМ3	Р-209РД-5	12	2,5	12Р
Р-109РДИ-6	ЭМР-209РДМ3	Р-209РД-6	12	8	12Р
Р-109РДИ-7	ЭМР-209РДМ3	Р-209РД-7	24	2,5	13Р
Р-109РДИ-8	ЭМР-209РДМ3	Р-209РД-8	24	8	13Р

ный задатчик с реостатом, зона пропорциональности 100%; 10Р — двухпозиционное для зиционное для всех точек на разные задачи; 13Р — двухпозиционное для всех точек на разные емой зоной, коммутируемое; остальные аналогичны приведенным в табл. I.12 и I.13.

одноточечные с одноконтактным или двухконтактным устройством.
209М3 с электрическим трехпозиционным регулятором одной точки с блоком реле.
Йошкар-Ола.

Потенциометр ПЭД-250 выполнен в малогабаритном корпусе (рис. I.12). Модификации прибора приведены в табл. I.13, кроме того, выпускаются аналогичные модификации в искробезопасном исполнении.

Изготовитель приборов ЭП-120, ЭП-107 и ПЭД-250: завод «Теплоприбор», Челябинск.

Потенциометры самопишущие с записью на ленточной диаграмме типов ЭПП, ПС1, ПСР1, ПСМ2 и ПСМР2. Потенциометры ЭПП выпускаются различных модификаций (табл. I.14). Приборы градуировки ХК со шкалой от $-50 \div +50°$ С до $0 \div 200°$ С (см. табл. I.10) называются узкопредельными.

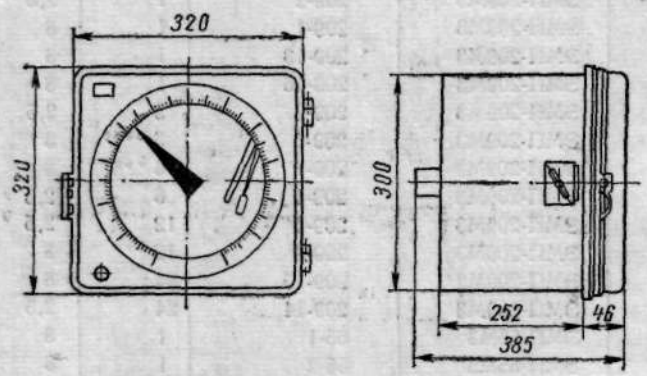


Рис. I.12. Общий вид потенциометра ПЭД-250

Для работы с датчиками, расположенными во взрывоопасных средах, выпускаются потенциометры в искробезопасном исполнении, которые по техническим данным и всем модификациям аналогичны приборам ЭПП-09М3, ЭПР-09М3, ЭПР-09РМ3 и ЭПР-09РДМ3. В обозначении искробезопасного прибора перед буквой «М» имеется буква «И». Например: ЭПП-09ИМ3, ЭПР-09РДИМ3.

Габаритные размеры прибора $475 \times 450 \times 366$ *мм* соответствуют приборам завода «Лентеплоприбор», габаритные размеры $507 \times 483 \times 366$ *мм* — приборам завода «Электроавтоматика», Йошкар-Ола. Вырез в щите для обоих корпусов одинаков и равен 460×435 *мм*.

Электронный потенциометр ЭПП-07М3 характеризуется наличием программного задатчика, представляющего собой профилированный диск, выпиленный по заданному режиму. Время полного оборота программного диска устанавливается в пределах 1,5—144 *ч*.

Многоточечные потенциометры ЭПР-09М3 и ЭПР-16АМ3 снабжены устройством для двух или трехпозиционного регулирования на каждой точке с одним общим заданным значением параметра. В приборах для двухпозиционного регулирования предусмотрена аварийная сигнализация с регулируемой зоной как общая для всех каналов регулирования, так и коммутируемая по каждому каналу. Технические характеристики контактных устройств приведены в гл. XI, § 1. Многоточечные потенциометры ЭПР-09РМ3, ЭПР-16АРМ3 предназначены для двух- или трехпозиционного регулирования на каждой точке с независимым заданием для каждой точки, со встроенным задающим устройством.

Многоточечные потенциометры ЭПР-09РДМ3 отличаются от потенциометров ЭПР-09РМ3 наличием дистанционного задающего устройства — блока задачи БЗ-01. Габаритные размеры БЗ-01 $243 \times 346 \times 157$ *мм*.

Монтаж блока задачи как настенный, так и утопленный. Двенадцатиточечные приборы с трехпозиционным устройством и двадцатичетырехточечные с двухпозиционным устройством комплектуются с двумя блоками БЗ-01.

Изготовитель приборов ЭПП и ЭПР: завод «Лентеплоприбор», Ленинград; завод «Электроавтоматика», Йошкар-Ола.

Потенциометры автоматические электронные ПС1 и ПСР1 — малогабаритные приборы. Модификации приборов приведены в табл. I.15. Внешние габаритные размеры прибора равны 330×287×424 *мм*.

Изготовитель: завод «Львовприбор», Львов.

Потенциометры автоматические электронные ПСМ2 и ПСМР2 представляют собой самопишущие и регулирующие приборы в миниатюрном исполнении. Модификации приборов приведены в табл. I.15. Габаритные размеры прибора аналогичны прибору ДСМ2 (см. гл. III, § 13).

Изготовитель: завод «Автоматика», Кировакан.

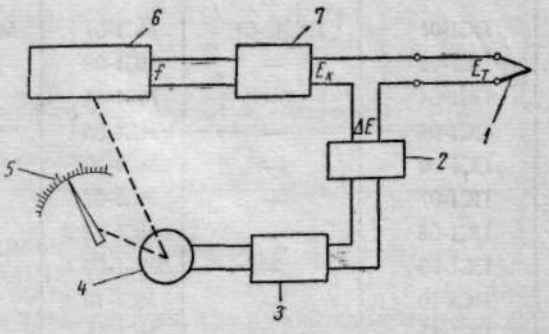


Рис. I.13. Принципиальная схема потенциометра ЭППМ-О:

1 — термопара; *2* — вибропреобразователь; *3* — усилитель; *4* — реверсивный двигатель; *5* — указатель; *6* — компенсирующий струнный преобразователь ПС; *7* — преобразователь частоты в напряжение

Потенциометры со струнным компенсатором типов ЭПСМ и ЭППМ. Приборы ЭПСМ и ЭППМ являются безреохордными одноточечными миниатюрными электронными потенциометрами. Принципиальная схема показывающего потенциометра ЭППМ, основанная на компенсационном методе, представлена на рис. I.13. Разбаланс ($\Delta E = E_к - E_т$) схемы приводит во вращение реверсивный двигатель, который воздействует на струнный преобразователь ПС (см. гл. XIV, § 1). С выхода последнего переменное напряжение с частотой f, пропорциональной углу поворота входной оси, подается на преобразователь частоты в напряжение постоянного тока. Напряжение после преобразователя используется как компенсирующее. Габаритные размеры самопишущего прибора ЭПСМ 200×200×465 *мм*. Приборы могут оснащаться выходными ферродинамическими преобразователями ПФ любой модификации (см. гл. XIV, § 1), струнным преобразователем ПС и позиционным регулирующим устройством (см. гл. XI, § 1). В обозначениях модификаций приборов после буквенного обозначения типа ставится знак 0 в случае отсутствия преобразователя или буква С при использовании струнного датчика или цифры 1—6 в зависимости от модификации ферродинамического преобразователя ПФ1—ПФ6 соответственно. Второй знак после тире — буква Р, характеризующая наличие позиционного регулирующего устройства. Например: самопишущий потенциометр со струнным датчиком и позиционным регулятором — ЭПСМ-СР. Разработаны и осваиваются потенциометры типа ЭПС (самопишущие) и ЭПП (показывающие), принципиальная схема которых аналогична схемам приборов ЭПСМ и ЭППМ. Габаритные размеры прибора 200×160×530 *мм*. Внешний вид аналогичен прибору ВФ (см. рис. XIV.5). Приборы ЭПС (ЭПП) будут выпускаться в искробезопасном исполнении.

Изготовитель: завод КИП, Харьков.

Таблица 1.15

Модификации потенциометров и мостов в малогабаритном и миниатюрном исполнении с записью на ленточной диаграмме

Потенциометры		Мосты		Количество точек измерения	Время пробега кареткой всей шкалы в *сек*	Дополнительные устройства *
ПС1; ПСР1	ПСМ2; ПСМР2	МС1; МСР1	МСМ2; МСМР2			
ПС1-01	ПСМ2-01	МС1-01	МСМ2-01	1	8	—
ПС1-02	—	МС1-03	—	1	2,5	—
ПС1-04	—	МС1-04	—	2	8	—
ПС1-05	—	МС1-05	—	2	2,5	—
ПС1-06	—	МС1-06	—	3	8	—
ПС1-07	—	МС1-07	—	3	2,5	—
ПС1-08	—	МС1-08	—	6	8	—
ПС1-09	—	МС1-09	—	6	2,5	—
ПС1-10	—	МС1-10	—	12	8	—
ПС1-11	—	МС1-11	—	12	2,5	—
ПС1-12	ПСМ2-02	МС1-12	МСМ2-02	1	8	Д **
ПС1-13	—	МС1-13	—	1	2,5	Д **
ПСР1-01	ПСМР2-01	МСР1-01	МСМР2-01	1	8	4Р
ПСР1-02	ПСМР2-02	МСР1-02	МСМР2-02	1	8	5Р
ПСР1-03	ПСМР2-03	МСР1-03	МСМР2-03	1	8	6Р
ПСР1-04	ПСМР2-04	МСР1-04	МСМР2-04	1	8	1Р
ПСР1-05	ПСМР2-05	МСР1-05	МСМР2-05	1	8	1Р, 1С
ПСР1-06	ПСМР2-06	МСР1-06	МСМР2-06	1	8	1Р, 2С
ПСР1-07	ПСМР2-07	МСР1-07	МСМР2-07	1	8	2Р
ПСР1-08	ПСМР2-08	МСР1-08	МСМР2-08	1	8	2Р, 1С
ПСР1-09	ПСМР2-09	МСР1-09	МСМР2-09	1	8	4Р, Д
ПСР1-10	ПСМР2-10	МСР1-10	МСМР2-10	1	8	5Р, Д
ПСР1-11	ПСМР2-11	МСР1-11	МСМР2-11	1	8	6Р, Д
ПСР1-12	ПСМР2-12	МСР1-12	МСМР2-12	1	8	1Р, Д
ПСР1-13	ПСМР2-13	МСР1-13	МСМР2-13	1	8	1Р, 1С, Д
ПСР1-14	ПСМР2-14	МСР1-14	МСМР2-14	1	8	1Р, 2С, Д
ПСР1-15	ПСМР2-15	МСР1-15	МСМР2-15	1	8	2Р, Д
ПСР1-16	ПСМР2-16	МСР1-16	МСМР2-16	1	8	2Р, 1С, Д
ПСР1-17	—	МСР1-18	—	2	8	6Р
ПСР1-18	—	МСР1-19	—	3	8	6Р
ПСР1-19	—	МСР1-20	—	6	8	6Р
ПСР1-20	—	МСР1-21	—	12	8	6Р
ПСР1-48	—	МСР1-116	—	6	8	6С
ПСР1-49	—	МСР1-117	—	12	8	6С
ПСР1-50	—	МСР1-118	—	6	8	7С
ПСР1-51	—	МСР1-119	—	12	8	7С

Продолжение табл. I.15

Потенциометры		Мосты		Количество точек измерения	Время пробега кареткой всей шкалы в *сек*	Дополнительные устройства *
ПС1; ПСР1	ПСМ2; ПСМР2	МС1; МСР1	МСМ2; МСМР2			
ПСР1-52	—	МСР1-120	—	6	8	8С
ПСР1-53	—	МСР1-121	—	12	8	8С

* 6С — одноконтактное всех точек на одну задачу без блокировки сигнала; 7С — одноконтактное всех точек на одну задачу с блокировкой сигнала; 8С — двухконтактное всех точек на одну задачу с одним указателем без блокировки сигнала; остальные аналогичны приведенным в табл. I.12.

** Сопротивление реохорда дистанционной передачи — 300 *ом*

§ 8. БЕСШКАЛЬНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ Т. Э. Д. С. ТИПА ПТ-ТП-62

Бесшкальный преобразователь предназначен для преобразования э. д. с. термопары в унифицированный сигнал постоянного тока 0—5 *ма*. Преобразователь работает следующим образом. Сигнал от термопары усиливается усилителем, выходной ток которого протекает по сопротивлению нагрузки. Стабилизация режима обеспечивается уравновешиванием э. д. с. термопары падением напряжения на сопротивлении отрицательной обратной связи при протекании выходного тока. Высокий коэффициент усиления обеспечивает достаточно точное равенство между указанным падением напряжения и величиной измеряемой э. д. с., что соответствует пропорциональности между э. д. с. и выходным током. Погрешность преобразователей 0,5%. Пределы измерений и градуировки см. в табл. I.10. Сопротивление входной цепи прибора 50 *ом*. Сопротивление нагрузки 3 *ком*. Прибор предназначен для настенного монтажа. Габаритные размеры ПТ-ТП-62 — 274×126×258 *мм*. Питание от сети 220 *в*, 50 *гц*; потребляемая мощность не более 25 *в·а*.

Изготовитель: завод «Энергоприбор», Москва.

§ 9. МОСТЫ УРАВНОВЕШЕННЫЕ АВТОМАТИЧЕСКИЕ ЭЛЕКТРОННЫЕ

Мосты уравновешенные автоматические электронные предназначены для измерения, записи и регулирования температуры и других величин, изменение величины которых приводит к изменению активного сопротивления; автоматические мосты изготовляются по ГОСТу 7164—58. Пределы измерений и градуировки приборов даны в табл. I.16, технические характеристики — в табл. I.11.

Прибор (рис. I.14) работает по принципу автоматического уравновешивания мостовой схемы (R_1, R_2, R_3 и R_4). Изменение сопротивления термометра *1* нарушает равновесие моста. Напряжение разбаланса усиливается усилителем *2* до величины, достаточной для приведения в действие реверсивного двигателя *3*, который, перемещая ползунок реохорда *5*, обеспечивает равновесие мостовой схемы. С двигателем *3* связана показывающая стрелка *4*. Измерительная схема моста питается напряжением 6,3 *в* от усилителя в мостах переменного тока и 1,5 *в* от сухого элемента или

Таблица 1.16

Пределы измерения и градуировки электронных мостов

Градуировка	Пределы измерения в °С	ЭМВ2	ЭМД	ЭМ МЭД	ЭМП ЭМР	МС1 МСР1	МП4 МПР4 МСМ2 МСМР2	МФПМ МФСМ	ПТ-ТС-02
20	0—300	+	+	+	+	—	—	+	—
	0—400	+	+	—	+	—	—	+	—
	0—500	+	+	—	+	—	—	+	—
	0—650	+	+	—	+	—	—	+	—
	300—650	+	+	—	+	—	—	+	—
21	—120÷+30	+	+	+	+	+	+	+	+
	0—100	+	+	+	+	+	+	+	+
	0—150	+	+	+	+	+	+	+	+
	0—200	+	+	+	+	+	+	+	+
	0—300	+	+	+	+	+	+	+	+
	0—400	+	+	+	+	+	+	+	+
	0—500	+	+	+	+	+	+	+	+
	100—500	+	+	+	+	+	+	+	+
22	—200÷+70	+	+	+	+	+	+	+	—
	—120÷+30	+	+	+	+	+	+	+	—
	—90÷+50	+	+	+	+	+	+	+	—
	0—50	+	+	+	+	+	+	+	—
	0—100	+	+	+	+	+	+	+	—
	0—150	+	+	+	+	+	+	+	—
	0—200	+	+	+	+	+	+	+	—
	0—300	+	+	+	+	+	+	+	—
	0—400	+	+	+	+	+	+	+	—
	0—500	+	+	+	+	+	+	+	—
	200—500	+	+	+	+	+	+	+	—
23	—50÷+50	+	+	+	+	+	+	+	+
	—50÷+100	+	+	+	+	+	+	+	+
	0—50	+	+	+	+	+	+	+	+
	0—100	+	+	+	+	+	+	+	+
	0—150	+	—	—	—	+	—	—	—
	0—180	—	+	+	+	—	+	+	+
	0—60,4 *	+	+	+	—	+	—	—	—
24	—50÷+50	—	+	—	+	—	—	+	—
	—50÷+100	—	+	—	+	—	—	+	—
	—25÷+25	—	+	—	+	—	—	+	—
	0—25	—	+	—	+	—	—	+	—
	0—50	—	+	—	+	—	—	+	—
	0—100	—	+	—	+	—	—	+	—
	0—180	—	+	—	+	—	—	+	—

* Для измерения вакуума.

стабилизированного источника питания в мостах постоянного тока. Сопротивления $R_д$ служат для подгонки сопротивления линии связи. Для работы с датчиками, расположенными во взрывоопасных помещениях, предназначены мосты постоянного тока в искробезопасном исполнении, устанавливаемые в нормальных помещениях. Конструкция мостов, встраиваемые дополнительные элементы и т. п. полностью соответствуют автоматическим потенциометрам (см. § 7).

Мосты показывающие типов ЭМВ2, МП4 и МПР4. Модификации приборов приведены в табл. I.12. Габаритные размеры малогабаритного электронного автоматического моста ЭМВ2 $330 \times 263 \times 435$ *мм*.

Изготовитель: завод «Мукачевприбор», Мукачево.

Мосты в миниатюрном исполнении типа МП4 и МПР4 изготовляются заводом «Автоматика», Кировакан. Габаритные размеры $204 \times 198 \times 385$ *мм*.

Мосты самопишущие с записью на дисковой диаграмме типов ЭМД, ЭМ и МЭД. Модификации приборов приведены в табл. I.13. Общий вид и габаритные размеры мостов ЭМД аналогичны прибору ЭПИД (см. гл. III, § 13). Разновидностью мостов ЭМД является электронный автоматический мост ЭМДС модель 4833м, предназначенный для контроля и сигнализации о повышении температуры и аварийном нагреве подшипников различных агрегатов.

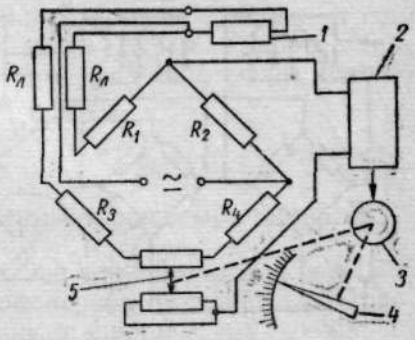


Рис. I.14. Принципиальная схема одноточечного моста

Прибор работает с 12 платиновыми термопарами градуировки 21 на пределы измерения 0—120° С или 0—200° С, а также с медными термометрами градуировки 23 на предел измерения 0—120° С. Цикл измерения 2 *мин*. Питание моста осуществляется от разделительного трансформатора 127 *в*, 50 *гц*, потребляемая мощность 60 $в \cdot а$.

Изготовитель: завод «Манометр», Москва.

Уравновешенные автоматические электронные мосты ЭМ-120 и ЭМ-107 конструктивно аналогичны потенциометрам ЭП-120 и ЭП-107; они имеют модификации с встроенными ферродинамическими, струнными или пневматическим преобразователем и сигнальными устройствами. Мосты как переменного, так и постоянного тока имеют одинаковую индексацию.

Малогабаритные мосты типа МЭД-250 имеют одинаковый внешний вид с потенциометром ПЭД-250 (см. рис. I.12). Модификации МЭД-250 выпускаются в искробезопасном исполнении.

Изготовитель приборов ЭМ-120, ЭМ-107 и МЭД-250: завод «Теплоприбор», Челябинск.

Мосты самопишущие с записью на ленточной диаграмме типов ЭМП, МС1, МСР1, МСМ2 и МСМР2. Модификации электронных мостов ЭМП даны в табл. I.14. Внешний вид электронных мостов ЭМП, способы крепления устройств автоматической записи, дополнительные устройства такие же, как и в потенциометрах ЭПП. Многоточечные мосты ЭМР-109И, ЭМР-209, ЭМР-109РИ, ЭМР-209Р, ЭМР-109РДИ и ЭМР-209РД снабжены устройствами позиционного регулирования идентичными устройствам потенциометров ЭПР-09, ЭПР-09Р и ЭПР-09РД.

Изготовители: завод «Лентеплоприбор», Ленинград; завод «Электроавтоматика», Йошкар-Ола.

Мосты уравновешенные, автоматические, электронные, показывающие, самопишущие и регулирующие МС1 и МСР1 являются малогабаритными приборами с записью на ленточной диаграмме. Модификации мостов приведены в табл. I.15. Одноточечные приборы снабжены уравнительными катушками сопротивлением 2,5 *ом* для подгонки сопротивления линии; многоточечные приборы требуют отдельной установки уравнительных катушек в каждой линии, идущей от термометра сопротивления к зажимам колодки прибора.

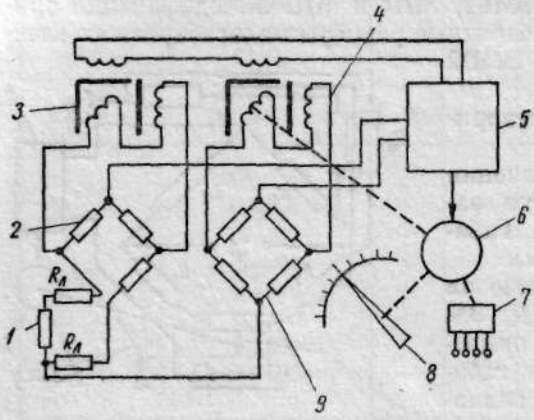


Рис. I.15. Принципиальная схема моста типа МФПМ

Изготовитель: завод «Львовприбор», Львов.

Мосты уравновешенные электронные автоматические МСМ-2 и МСМР-2 являются показывающими, самопишущими и регулирующими приборами в миниатюрном исполнении. Модификации приборов приведены в табл. I.15

Приборы выпускаются в искробезопасном исполнении типа МСМ2И и МСМР2И, модификации которых аналогичны модификациям мостов нормального исполнения. Общий вид прибора такой же, как у прибора ДСМ2 (см. гл. III, § 13).

Изготовитель: завод «Автоматика», Кировакан; завод «Львовприбор», Львов.

Мосты с ферродинамическим компенсатором типов МФСМ и МФПМ. Мосты МФСМ и МФПМ являются безреохордными одноточечными миниатюрными электронными мостами. Работа прибора (рис. I.15) основана на компенсационном методе. Изменение сопротивления термометра сопротивления *1* вызывает изменение напряжения в диагонали моста *2*, который питается постоянным заранее заданным напряжением от ферродинамического преобразователя *3* (см. гл. XIV, § 1). В постоянно разбалансированном мосте *9* напряжение в диагонали пропорционально углу поворота рамки компенсирующего ферродинамического преобразователя *4*. Разность напряжений диагоналей мостов *2* и *9* подается на вход усилителя *5*. Последний приводит в действие реверсивный двигатель *6*, который поворачивает рамку преобразователя *4* до состояния равновесия. Одновременно двигатель воздействует на стрелку указателя *8* и выходной преобразователь *7*.

Мосты МФС и МФП являются миниатюрными приборами с ферродинамическими компенсаторами, которые будут выпускаться взамен мостов МФСМ и МФПМ.

Габаритные размеры прибора 200×160×530 *мм*. Имеются искробезопасные модификации.

Изготовитель: завод КИП, Харьков.

§ 10. БЕСШКАЛЬНЫЙ МОСТОВОЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ТИПА ПТ-ТС-62

Бесшкальный мостовой преобразователь предназначен для преобразования изменения сопротивления термометра сопротивления в унифицированный сигнал постоянного тока 0—5 *ма*. Отличительной чертой бесшкального преобразователя э. д. с. является наличие измерительного моста. В одно из плеч моста включено термосопротивление. Напряжение разбаланса измерительного моста усиливается и компенсируется. Погрешность преобразователя $\pm 0{,}5\%$. Пределы измерений и градуировки см. в табл. I.16. Сопротивление линии связи не более 5 *ом*. Питание от сети 220 *в*, 50 *гц*; потребляемая мощность не более 25 $в \cdot а$. Сопротивление нагрузки, габаритные размеры и условия монтажа аналогичны соответствующим термопарным преобразователям в § 8.

Изготовитель: завод «Энергоприбор», Москва.

§ 11. ВТОРИЧНЫЕ ПРИБОРЫ ГОСУДАРСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ ПРИБОРОВ

В настоящее время начинается выпуск новой серии вторичных приборов (см. табл. I.11) для работы в комплекте с термопарами, термометрами сопротивления, датчиками э. д. с., радиационными пирометрами, дифференциально-трансформаторными датчиками и датчиками с токовым выходом (0—5 и 0—20 *ма*).

Потенциометры, мосты и миллиамперметры выпускаются также в искробезопасном исполнении. Пределы измерения, градуировки и условия внешней среды соответствуют вышеописанным вторичным приборам.

Приборы оснащаются двух- или трехпозиционным контактным устройством; имеются модификации с дистанционной передачей показаний унифицированного сигнала постоянного тока (0—5 *ма*, 0—10 *в*), частотного сигнала (4—8 *кгц*), напряжения переменного тока (—1÷0÷1 и 0—2 *в*) и пневмосигнала (0,2—1 $кгс/см^2$).

Миниатюрные показывающие приборы типа КП1 (КПП1 — автоматический потенциометр, КПМ1 — автоматический мост, КПУ1 — миллиамперметр, КПД1 — вторичный прибор для дифференциально-трансформаторных датчиков) предназначены взамен приборов ПП и МП. Миниатюрные регистрирующие автоматические приборы типа КС1 с ленточной диаграммой заменяют приборы ПСМ и МСМ. Приборы КС1 и КП1 выпускаются одноточечными.

Автоматические регистрирующие приборы типа КС2 с ленточной диаграммой выпускаются взамен приборов ПС и МС. Количество точек измерения в приборах КС2 равно 1; 3; 6 или 12. Цикл печати у многоточечных приборов 1; 3 или 9 *сек*.

Многоточечные приборы КСП2 и КСМ2 могут осуществлять двух- или трехпозиционное регулирование с раздельной задачей на каждую точку.

Автоматические регистрирующие приборы типа КС4 с ленточной диаграммой заменяют приборы ЭПП и ЭМП. Приборы КС4 выпускаются на 1; 3 или 12 точек. Цикл печати у многоточечных приборов 1; 4 или 12 *сек*. Приборы КСП4 (КСМ4) выпускаются с трехпозиционным электрическим регулятором с раздельной задачей и работают в комплекте с блоками БР-01 и БР-02. Габаритные размеры приборов КС1 (КП1), КС2 и КС4 представлены на рис. I.16.

Автоматические регистрирующие приборы типа КСЗ с дисковой диаграммой предназначены для замены приборов ЭПД, ЭМД, ЭП, ЭМ, ПЭД и МЭД и имеют технические характеристики, аналогичные приборам ПЭД и МЭД.

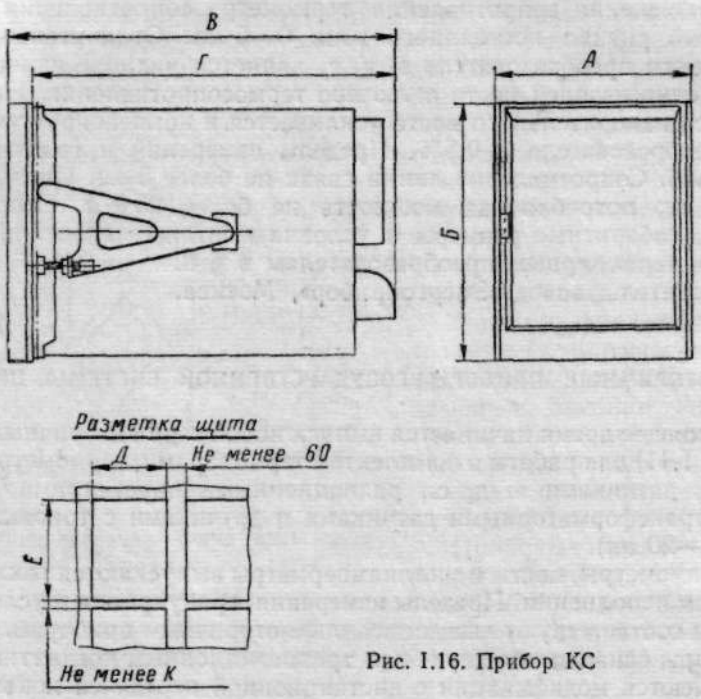


Рис. I.16. Прибор КС

Тип	А	Б	В	Г	Д	Е	К
КС1 (КП1)	160	200	500	468	155	192	20
КС2	240	320	482	450	235	312	20
КС4	400	400	367	335	373	372	35

§ 12. ПИРОМЕТРЫ ИЗЛУЧЕНИЯ

Фотоэлектрический пирометр типа ФЭП-4. Прибор предназначен для автоматического контроля яркостной температуры неподвижных или движущихся тел, нагретых до видимого свечения, например температуры при высокочастотном нагреве, температуры прокатываемого металла и т. п. Принцип действия фотоэлектрического пирометра ясен из рис. I.17. Излучение от накаленного тела *1* через линзу *2* объектива, диафрагму *3* и светофильтр *7* направляется вместе с излучением от эталонной лампы на фотоэлемент *5*. Оба световых потока через отверстия *4* и *6* модулируются вибрационной заслонкой *11* с частотой 50 *гц* в противофазе. Переменная составляющая фототока, пропорциональная разности световых потоков, усиливается, выпрямляется в усилителе *8* и подается на сетку выходного каскада *9*, нагрузкой которого служит эталонная лампа накаливания *10*. Последовательно с лампой, осуществляющей стабилизирующую отрицательную обратную связь, включено калиброванное сопротивление. Падение напряжения на этом сопротивлении, пропорциональное току лампы, измеряется электронным потенциометром, градуированным

в единицах яркостной температуры. Пирометр состоит из пяти отдельных блоков, электрически соединенных между собой: визирной головки в кольцевом кронштейне, силового блока, стабилизатора напряжения, электронного потенциометра, разделительного трансформатора. Допускается работа пирометра одновременно с двумя быстродействующими электронными потенциометрами БП-5164.

Пирометры ФЭП-4 выпускаются на следующие пределы измерения (в °С): 500—900; 600—1000; 600—1100; 800—1300; 850—1400; 900—1500; 950—1600; 1000—1700; 1100—1800; 1200—2000. По особому соглашению к пирометру могут быть изготовлены двухшкальные приборы на следую-

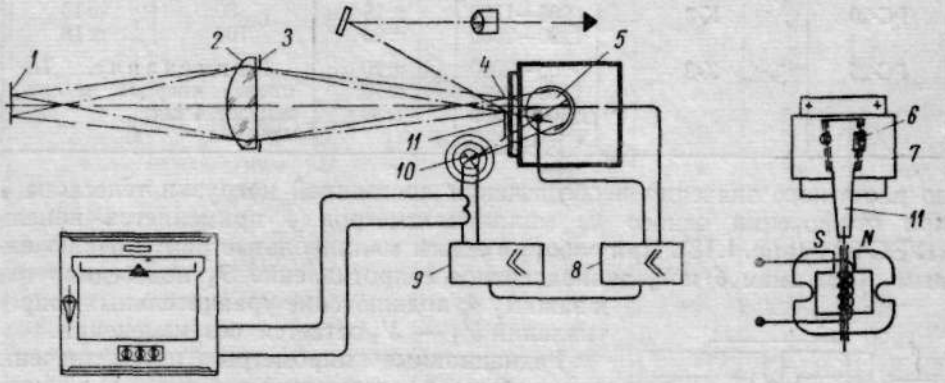


Рис. I.17. Принцип действия фотоэлектрического пирометра ФЭП-4

щие пределы измерения (в °С): 1200—2000 и 1400—2500; 1200—2000 и 1550—3000; 1200—2000 и 1700—3500; 1200—2000 и 1850—4000. Пирометр снабжается объективом одного из трех типов — I, II или III с линзой с фокусным расстоянием 100; 125; 154 или 200. Основная погрешность показаний пирометра не превышает ±1% от верхнего предела измерения при измерении не выше 2000° С и ±1,5% свыше 2000° С.

Изготовитель: Свердловский опытный завод треста «Уралмонтажавтоматика».

Радиационный пирометр типа РАПИР. Пирометр предназначен для измерения температур в диапазоне 100—2500° С неподвижных или перемещающихся с небольшой скоростью объектов по их тепловому излучению. Он может быть также использован для контроля температур при динамических процессах, когда изменение температур происходит не быстрее 100 *град/сек*. Комплект радиационного пирометра РАПИР состоит из телескопа типа ТЕРА-50, панели ПУЭС-64, защитной арматуры, соединительной коробки КС-20 и одного или двух вторичных приборов. Основной частью радиационного пирометра является телескоп ТЕРА-50 с термобатареей, преобразующей излучаемую поверхностью нагретого тела энергию в т. э. д. с., которая измеряется вторичным прибором.

Характеристики телескопов ТЕРА-50 приведены в табл. I.17, а типы, градуировка и пределы измерения вторичных приборов, которые могут с ними работать, — в табл. I.18. Как видно из табл. I.17 и I.18, градуировки телескопов и милливольтметров, работающих с ними, различаются, что обусловлено необходимостью учета падения напряжения на телескопе и измерительной схеме, являющейся внешней нагрузкой по отношению к телескопу. С целью искусственного доведения нагрузочных параметров

Таблица 1.17

Технические характеристики телескопов ТЕРА-50

Градуировка	Материал линзы	Диапазон температур в °С	Основная погрешность в °С	Температура корпуса °С	Дополнительная погрешность °С
Р-5	Фтористый литий	100—500	±8		
		400—500	±8	10	±3
РК-15	Кварц	600—700	±10	20	0
		800—1100	±15	40	±3,5
		1200—1500	±20	60	±8
РС-20	К-8	900—1100	±15	80	±13
		1200—2000	±20	100	±18
РС-25	К-8	1200—2000	±20	Примечание. Тепловая инерция не превышает 4 *сек.*	
		2100—2200	±25		
		2300—2500	±30		

до расчетного значения и обеспечения постоянной нагрузки телескопа *1* при отключении одного из милливольтметров *4* применяется панель ПУЭС-64 *2* (рис. I.18). При работе с одним милливольтметром, подключенным к зажимам *6* и *7*, эквивалентное сопротивление $Э_1$ подсоединяется к зажиму *4*; подключение уравнительных сопротивлений $У_1$ — $У_3$ остается без изменения.

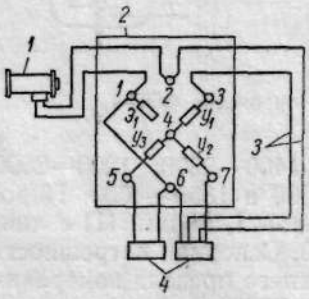


Рис. I.18. Электрическая схема соединения телескопа ТЕРА-50 с двумя милливольтметрами

Радиационные пирометры предназначены для работы в следующих режимах: а) с одним или двумя электронными потенциометрами; б) с одним или двумя пирометрическими милливольтметрами и панелью ПУЭС-64. Включение телескопа радиационного пирометра одновременно с электронным потенциометром и пирометрическим милливольтметром недопустимо. Телескоп ТЕРА-50 подключается непосредственно к потенциометру, а при наличии двух потенциометров подключение осуществляется через соединительную коробку КС-20.

При наличии двух приборов (либо милливольтметров, либо потенциометров) линией связи *3* подключается корректор только одного из приборов.

Для предохранения телескопа от механических повреждений, пыли, действия высоких температур окружающего воздуха, выброса пламени из печи и других вредных воздействий применяют комплект защитной арматуры, в которую входят: а) державка, предназначенная для соединения в один блок телескопа, элементов защитной арматуры и защитной трубы; б) карборундовые визирные трубы с дном для измерения температуры печи в случае сильной загрязненности атмосферы в ней или при наличии пламени, т. е. когда измеряемая среда сильно отличается по излучательным свойствам от абсолютно черного тела; металлические или карборундовые трубы без дна (для наводки телескопа на изделие, находящееся в печи, или на стену печи); в) кожух с водяным охлаждением для предохранения телескопа от механических повреждений и резких колебаний температуры окружающего воздуха; г) узел воздушного охлаждения для предохранения линзы телескопа от загрязнения и перегрева (применяется при установке телескопа на печах с избыточным давлением); д) узел водяного охла-

Таблица 1.18

Пределы измерения и градуировки вторичных приборов радиационных пирометров

Градуировка	Пределы измерения в °С	ЭПД	ЭП ПЭД	ЭПП-16 ЭПР-16 *	ЭППМ ЭПСМ	МСЩР-010 МПЩР-53
РК-15	400—1000	+	+	—/+	—	—
	600—1200	+	+	—/+	+	—
	700—1400	+	+	—/+	+	—
	700—1500	—	+	—/+	+	—
РК-20	600—1200	—	+	—/+	+	—
	700—1400	+	+	+/+	+	—
	700—1500	—	+	—/+	+	—
	800—1600	—	+	—/+	+	—
	900—1800	+	+	—/+	+	—
	1200—2000	—	+	—/+	+	—
РС-20	900—1200	—	—	+/—	—	—
	900—1800	+	+	—/+	+	—
	1100—2000	+	—	—/—	—	—
	1200—2000	—	+	—/+	+	—
РС-25	1100—2000	—	—	+/—	—	—
	1200—2000	—	+	—/+	+	—
	1400—2500	+	—	+/—	—	—
	1500—2500	—	+	—/+	+	—
$Р_2$	700—1500	—	—	—	—	+
$Р_3$	900—1600	—	—	—	—	+
	900—1800	—	—	—	—	+
	1200—2000	—	—	—	—	+
$Р_4$	1200—2000	—	—	—	—	+ **
	1500—2500	—	—	—	—	+

* В числителе градуировка относится к приборам, выпускаемым заводом «Лентеплоприбор», Ленинград, в знаменателе — завода «Электроавтоматика», Йошкар-Ола.

** Градуировка относится только к прибору МСЩР-010.

ждения для предохранения телескопа от чрезмерного нагрева вследствие теплопроводности элементов защитной арматуры; е) защитная заслонка в комплекте с сигнальным устройством СУРП-55, предохраняющая линзу телескопа от возможных выбросов пламени из печи (при температуре 180° С происходит плавление предохранителя, удерживающего заслонку). Параллельно предохранителю включается сигнальная лампа (6,3 *в*), загорающаяся при его расплавлении. Питание сигнального устройства СУРП-55 осуществляется от сети 12, 24 или 36 *в*, 50 *гц*.

Изготовитель: завод «Калугаприбор», Калуга.

§ 13. ВСПОМОГАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЫ

Переключающие устройства типов ПМТ, МГП-10 и ПДП-ТП. Технические характеристики переключающих устройств приведены в табл. I.19. Переключатель ПМТ многоточечный щеточный поворотный предназначен для поочередного подключения к прибору термопар или термометров сопротивления. Переключатели изготовляются с прямым или угловым штепсельным разъемом. Переключатель малогабаритный МГП-10 предназначен для переключения электрических цепей при напряжении до 27 *в* и токе до 0,15 *а*. Панель с роликовыми ключами ПДП-ТП предназначена для поочередного подключения к показывающему прибору термопар и проверки показаний регистрирующих приборов, включенных в схемы измерения температуры с термопарами.

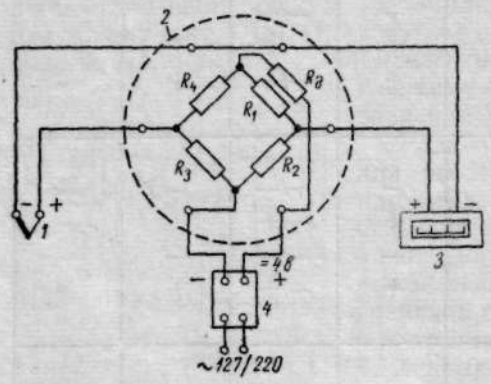


Рис. I.19. Электрическая схема КТ-54:

1 — термопара; *2* — коробка КТ-54; *3* — милливольтметр; *4* — источник питания

Коробка компенсационная типа КТ-54. Компенсация влияния изменения температуры свободных концов термопар на показания милливольтметра обеспечивается для одной из градуировок ПП-1, ХА или ХК при изменении температуры окружающего воздуха от 0 до 40° С. Компенсация (рис. I.19) осуществляется при помощи мостика R_1, R_2, R_3 и R_4, у которого при отклонении температуры окружающей среды от 20° С возникает выходное напряжение. Последнее компенсирует т. э. д. с., возникшую при изменении температуры свободного конца термопары. Напряжение питания подводится через добавочное сопротивление $R_д$. Потребляемый мостиком ток не превышает 6,5 *ма* для гр. ПП-1, 43 *ма* для гр. ХА и 70 *ма* для гр. ХК. Сопротивление, вносимое КТ-54, не превышает 1 ± 0,05 *ом*. Габаритные размеры 150×115×50 *мм*.

Изготовитель: завод «Ужгородприбор», Ужгород.

Устройство питания типа СВ-4. Выпрямитель, смонтированный вместе с понижающим трансформатором, предназначен в качестве источника постоянного тока для питания приборов. Напряжение на зажимах постоянного тока равно 4 ± 0,2 *в* при напряжении сети переменного тока 220 *в* или 127 *в*, 50 *гц* и активной нагрузке во внешней цепи постоянного тока 0,5 *а*. Габаритные размеры 115×100×115 *мм*.

Изготовитель: завод «Камоприбор», Камо.

Таблица 1.19

Технические характеристики переключающих устройств

Тип	Количество точек подключения	Габаритные размеры в *мм*	Завод-изготовитель
ПМТ-4	4	110×110×199	Завод «Электроизмеритель», Житомир
ПМТ-6	6	110×110×205	
ПМТ-8	8	110×110×207	
ПМТ-12	12	110×110×207	
ПМТ-20	20	110×110×205	
МГП-10	10	∅ 105×130	«Камоприбор», Камо
ПДП-ТП-12	12	225×233×330	«Теплоконтроль», Львов
ПДП-ТП-24	24	225×233×330	
ПДП-ТП-36	36	225×233×330	
ПДП-ТП-72	72	355×483×507	

Таблица 1.20

Типы и область применения компенсационных проводов

Тип	Номинальное сечение в *мм*²	Наименование	Область применения
КПО	2,5	С резиновой изоляцией в общей оплетке, пропитанной противогнилостным составом	Для прокладки в сухих помещениях или газовых трубах при температуре не выше 65° С
ПКВ		С полихлорвиниловой изоляцией в общей полихлорвиниловой оболочке	Для прокладки в сырых помещениях и в местах с воздействием химической среды при температуре не выше 65° С
КПС	2,5	С резиновой изоляцией в общей оплетке, пропитанной противогнилостным составом, и в свинцовой оболочке	Для прокладки в сырых помещениях, под открытым небом и в местах, где возможно воздействие химических реагентов
КПП	1,0	С резиновой изоляцией в общей оплетке, пропитанной противогнилостным составом, и в оплетке из стальной проволоки	Для установки на транспорте
ПКВП		То же, что и КПВ, но в оплетке из стальной проволоки	

Продолжение табл. I. 20

Тип	Номинальное сечение в *мм²*	Наименование	Область применения
КПГО	1; 1,5; 1,8; 2,5	С резиновой изоляцией в общей оплетке, пропитанной противогнилостным составом, гибкий	Для переносных установок при температуре не выше 65° С
ПКГВ		То же, что и КПВ, гибкий	
ПКЛ	1,5; 1,8; 2,5	Изоляция стеклообмоткой, общая оплетка из лавсановой пряжи	Для прокладки в условиях повышенной температуры окружающей среды (до 120° С)
ПКЛЭ *	1,5; 2,5		

* Экранированный провод.

Таблица 1.21

Технические характеристики компенсационных проводов

Чувствительный элемент (термопара)	Положительный материал		Отрицательный материал		Обозначение провода	Т. э. д. с. в паре между жилами в *мв* *	Сопротивление проводов длиной 1 *м* (в *ом*) при сечениях (в *мм²*)		
	Наименование	Цвет оплетки компенсационного провода	Наименование	Цвет оплетки компенсационного провода			1	1,5	2,5
Медь — константан, хромель—алюмель	Медь	Красный	Константан	Коричневый	М	4,10± 0,15	0,52	0,35	0,21
Медь—копель	»	»	Копель	Желтый	МК	4,76± 0,15	0,50	0,33	0,20
Платинородий—платина	»	»	Сплав ТП (99,4% Cu, 0,6% Ni)	Зеленый	П	0,64± 0,03	0,05	0,03	0,02
Хромель—копель	Хромель	Фиолетовый	Копель	Желтый	ХК	6,90± 0,3	1,15	0,77	0,46

* При температуре рабочего конца 100° С и свободного конца 0° С.

Провода компенсационные. Компенсационные провода служат для подключения термопар к приборам или для переноса свободных концов термопары в зону с постоянной температурой. Типы двухжильных компенсационных проводов и область применения их приведены в табл. I.20, технические характеристики и конструктивные данные — в табл. I.21. Пример полного обозначения двухжильного компенсационного провода типа КПГО, сечением 2,5 *мм²*, работающего с термопарой хромель — алюмель: КПГО 2×2,5М.

Изготовитель: завод «Уралкабель», Свердловск.

ГЛАВА II

ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ И РАЗРЕЖЕНИЯ

По принципу действия приборы для измерения давления и разрежения разделяются на:

1) жидкостные — давление (разрежение) уравновешивается высотой столба жидкости;

2) пружинные — давление уравновешивается силой упругой деформации чувствительного элемента (мембраны, трубчатой пружины, сильфона и т. п.);

3) поршневые — давление уравновешивается силой (грузом), действующей на поршень определенного сечения;

4) комбинированные (кольцевые и колокольные) — принцип действия носит смешанный характер;

5) электрические — используется изменение ионизации газа (ионизационные, радиоактивные), явление электрического разряда, изменение э. д. с. термопары.

Приборы для измерения избыточного давления называются манометрами; для измерения полного (абсолютного) давления — манометрами абсолютного давления; для измерения давления ниже атмосферного (вакуума) — вакуумметрами; для измерения избыточного давления и вакуума — мановакуумметрами; для измерения разности давлений (перепада) дифференциальными манометрами. Кроме того, по своему назначению они разделяются на рабочие, контрольные и образцовые.

§ 1. МАНОМЕТРЫ, ВАКУУММЕТРЫ И МАНОВАКУУММЕТРЫ ТРУБНЫЕ

Приборы этого типа благодаря своей простоте, дешевизне и относительно высокой точности измерения широко распространены в заводской и лабораторной практике. U-образный манометр (рис. II.1, *а*) может быть использован для измерения давления, разрежения, а также как дифференциальный манометр для измерения разности давлений. В качестве рабочей жидкости обычно применяют воду, ртуть, масло, спирт. Погрешность отсчета показаний U-образных манометров может быть ± 2 *мм* столба рабочей жидкости и не зависит от диаметра трубок.

Отсчет величины h по шкале U-образного манометра затруднителен в связи с колебанием рабочей жидкости в трубах. Поэтому более удобным и простым является однотрубный чашечный манометр (рис. II.1, *б*), в котором одно из колен заменено сосудом с диаметром значительно

бо́льшим, чем диаметр другого колена. Так как понижение уровня h_2 в сосуде незначительно, им можно пренебречь и отсчет вести только по стеклянной трубке h_1, что значительно упрощает измерение. Погрешность отсчета показаний однотрубного чашечного манометра может составлять $\pm 0{,}5$ *мм* столба рабочей жидкости.

Микроманометры с наклонной трубкой (рис. II.1, *в*) применяются для измерения малых давлений, разрежений или разности давлений. Избыточ-

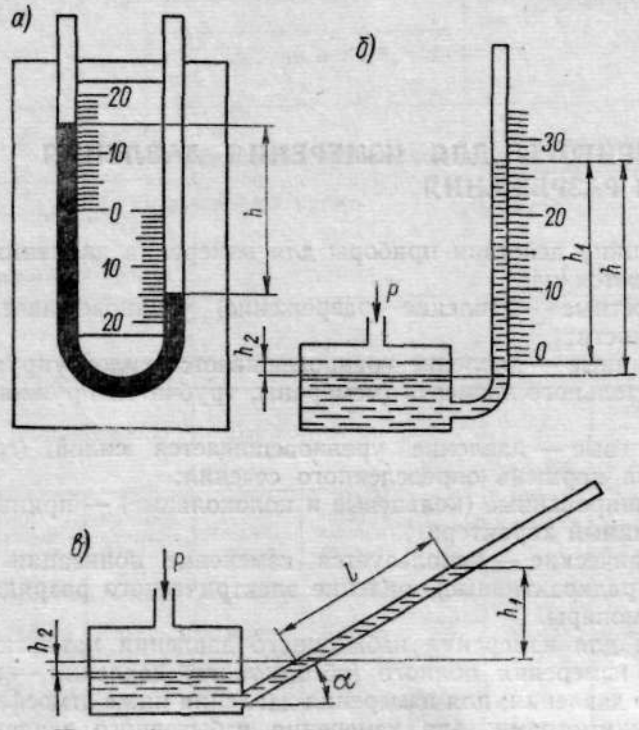


Рис. II.1. Схемы трубных манометров

ное давление подводится к широкому сосуду, а разрежение — к наклонной трубке. Давление, измеряемое прибором, выражается формулой:

$$P = lv \sin \alpha \ кгс/м^2,$$

где l — отсчет по наклонной шкале в *мм*;
α — угол наклона трубки в *град*;
v — плотность рабочей жидкости в $г/см^3$.

Микроманометры выпускаются с переменным и постоянным углом наклона трубки.

Мановакуумметр U-образный. Прибор предназначен для измерения давления или разрежения нейтральных газов; снабжен стеклянной трубкой, укрепленной на деревянном корпусе. В качестве рабочей жидкости применяется вода. Мановакуумметры выпускаются по ГОСТу 9933—61 на следующие верхние пределы измерения в миллиметрах жидкостного столба: 100, 250 и 600.

Изготовитель: завод «Лаборприбор», Клин.

Таблица II.1

Технические характеристики тягонапоромеров типа ТДЖ (рис. II.2)

Модификация	Количество трубок (точек измерения)	Верхние пределы измерения в *кгс/м²*	Основные размеры в *мм*					
			A	*b*	*a*	*b*	*в*	*г*
ТДЖ-1-160	1	160	332	138	324	92	193	106
ТДЖ-1-250		250	411		402		271	
ТДЖ-1-400		400	542		534		403	
ТДЖ-2-160	2	160	332	162	324	114	193	128
ТДЖ-2-250		250	411		402		271	
ТДЖ-2-400		400	542		534		403	
ТДЖ-2-630		630	743		735		603	
ТДЖ-3-160	3	160	332	202	324	154	193	168
ТДЖ-3-250		250	411		402		271	
ТДЖ-4-160	4	160	332	242	324	194	193	208
ТДЖ-4-250		250	411		402		271	
ТДЖ-4-400		400	542		534		403	
ТДЖ-4-630		630	743		735		603	
ТДЖ-6-160	6	160	332	322	324	274	193	288

Тягонапоромер дифференциальный жидкостный типа ТДЖ. Тягонапоромер (рис. II.2 и табл. II.1) применяется для измерения давления, разрежения и разности давлений неагрессивных газов. В зависимости от модификации комплекты тягомеров состоят из 1, 2, 3, 4 или 6 чашечных однотрубных манометров (секций), собранных в одном корпусе. Наибольшее статическое давление 0,5 *кгс/см²*. Рабочая жидкость — дистиллированная вода. Основная погрешность прибора ±1,5%. Прибор предназначен для щитового монтажа. Для удобства пользования тягонапоромером рекомендуется рабочую жидкость окрасить эозином натрия (0,05 *г* на 1 *л* воды).

Изготовитель: Завод счетных машин, Лубны.

Тягонапоромер жидкостный типа ТНЖ-Н. *Тягонапоромер* (рис. II.3 и табл. II.2) предназначен для измерения давления, разрежения или разности давлений воздуха и неагрессивных газов при статическом давлении до 0,2 *кгс/см²* и окружающей температуре 10—55° С. Тягонапоромер ТНЖ-Н применяется для настенного монтажа. В качестве рабочей жидкости используется этиловый спирт с плотностью 0,85 ± 0,005 *г/см³* при температуре 20° С. Основная погрешность прибора при температуре окружающей и измеряемой среды 20° С не превышает ±1,5% от верхнего предела измерений.

Изготовитель: Завод счетных машин, Лубны.

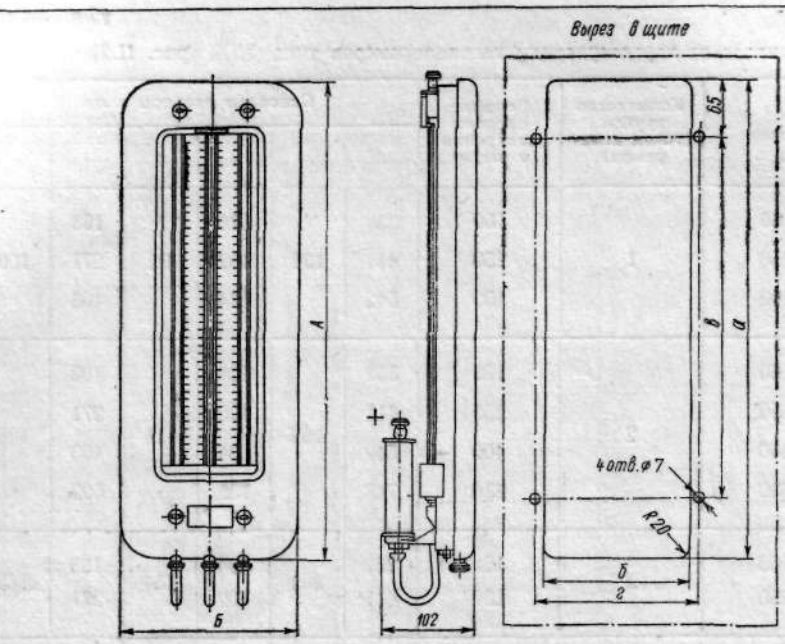


Рис. II.2. Тягонапоромер дифференциальный жидкостный ТДЖ

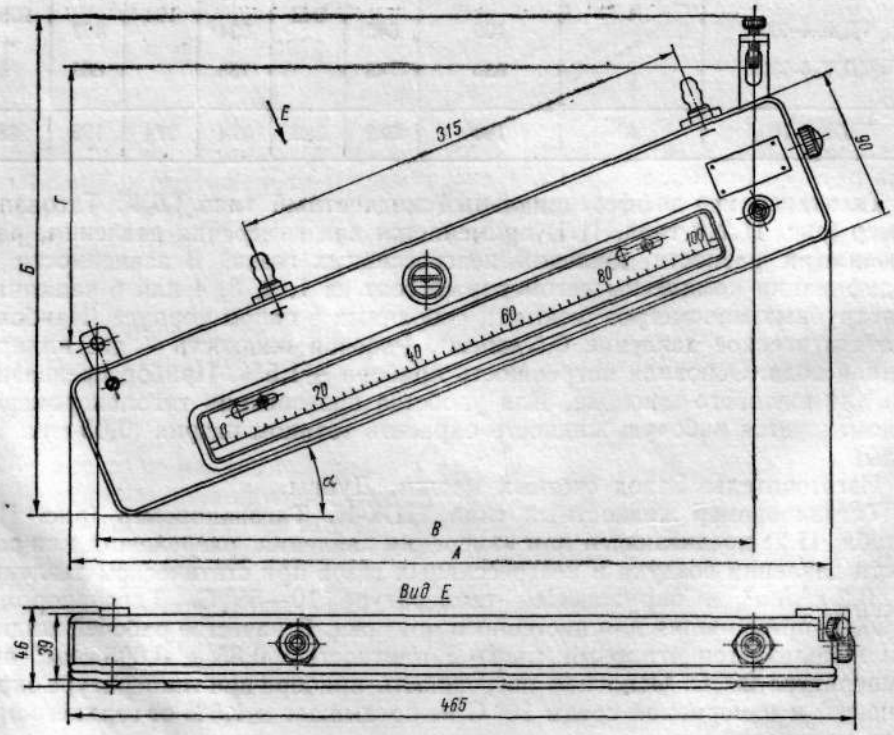


Рис. II.3. Габаритные и монтажные размеры тягонапоромеров ТНЖ-Н

Таблица II.2

Технические характеристики тягонапоромера ТНЖ-Н (рис. II.3)

Пределы измерений в *кгс/м²*	α	Размеры в *мм*			
		А	*Б*	*В*	*Г*
0—25	5° 36′	460	166	348	44
0—40	9° 02′	459	194	346,5	62
0—63	15° 10′	452	241	342	98
0—100	23°05′	444	289	331	147
0—160	39° 00′	405	378,5	286	230

Микроманометр чашечный многопредельный типа ММН. Чашечный однотрубный жидкостный манометр ММН с наклонной трубкой предназначен для измерения давления, разрежения и перепада давления неагрессивных газов. Микроманометр применяется в качестве переносного лабораторного прибора для периодических точных замеров при испытаниях или проверке других приборов. В качестве заполнителя (рабочей жидкости) применяется этиловый спирт с плотностью 0,8095 *г/см³*.

Включение прибора должно производиться так, чтобы абсолютное давление над спиртом в резервуаре было всегда больше, чем в измерительной трубке. Измерительную трубку можно располагать под разными углами и получать различные масштабы показаний. Точная установка трубки обеспечивается посредством дуги с пятью отверстиями, соответствующими определенным углам наклона. У отверстий нанесены значения постоянной прибора.

Пределы измерения для микроманометра ММН 0—200 *кгс/м²* при статическом давлении до 0,1 *кгс/см²*. Микроманометры выпускаются класса точности 0,5 и 1, габаритные размеры прибора равны 385×200×200 *мм*. Длина шкалы, нанесенной на стеклянной трубке, составляет 250 *мм*. Пределы измерения и значения соответствующих постоянных приведены в табл. II.3.

Таблица II.3

Технические характеристики микроманометров ММН

Значения постоянной прибора	0,2	0,3	0,4	0,6	0,8
Верхний предел измерения в *кгс/м²*	50	75	100	150	200
Цена наименьшего деления шкалы в *кгс/м²*	0,2	0,3	0,4	0,6	0,8

Присоединение прибора осуществляется резиновыми трубками, надеваемыми на штуцера трехходового крана, позволяющего соединять прибор с атмосферой без отсоединения трубки от контролируемого пространства.

Изготовитель: Завод счетных машин, Лубны.

§ 2. НАПОРОМЕРЫ, ТЯГОМЕРЫ И ТЯГОНАПОРОМЕРЫ МЕМБРАННЫЕ

Напоромеры, тягомеры и тягонапоромеры стрелочные типов НМ-П1, ТМ-П1 и ТНМ-П1. Приборы предназначены для измерения давления, разрежения и разности давлений незапыленного сухого воздуха или нейтральных по отношению к стали и медным сплавам газов; выпускаются с профильной шкалой модели 2007 на следующие пределы измерения (в *мм вод. ст.*):

Напоромеры НМ-П1	Тягомеры ТМ-П1	Тягонапоромеры ТНМ-П1
0—25	—25÷0	±12,5
0—40	—40÷0	±20
0—63	—63÷0	±31,5
0—100	—100÷0	±50
0—160	—160÷0	±80
0—250	—250÷0	±125
0—400	—400÷0	±200
0—630	—630÷0	±315
0—1000	—1000÷0	±500
0—1600	—1600÷0	±800
0—2500	—2500÷0	±1250

Таблица II.4

Технические характеристики дифтягомеров типа ДТ2

Модификация	Пределы измерений в *кгс/м²*	Крутизна характеристики в *мв/кгс/м²*
ДТ2-50	0—50	10,0
ДТ2-±80	—80÷0÷+80	6,2
ДТ2-100	0—100	5,0
ДТ2-200	0—200	2,5
ДТ2-±200	—200÷0÷+200	1,25
ДТ2-300	0—300	1,6

Чувствительным элементом прибора является герметичная мембранная коробка. Измеряемое избыточное давление подводится к штуцеру, соединенному с внутренней плоскостью мембранной коробки трубкой *1* (рис. II.4, *а*). Разность давлений вызывает перемещение жесткого центра верхней мембраны *5*, которое посредством подводка *8* и рычага *7* передается через тягу *2* на ось *3* стрелки *4*. Стрелка устанавливается на нуль корректором *6*.

Допустимое статическое давление не более 0,25 *кгс/см²*. Основная погрешность прибора не превышает ±2,5% от верхнего предела измерений при односторонней шкале и от суммы абсолютных значений пределов измерений при двухсторонней шкале. Запаздывание показаний прибора не более 4 *сек*. Импульсные линии выполняются трубками с внутренним диаметром не менее 6 *мм*.

Изготовитель: Завод «Энергоприбор», Москва.

Дифференциальный тягомер типа ДТ2. Прибор предназначен для работы в схемах автоматического регулирования (с электронными автоматическими регуляторами МЗТА) в качестве первичного прибора, преобразующего изменения малых давлений, разрежений или разности двух давлений неагрессивных газов в пропорциональный этим изменениям сигнал переменного тока частотой 50 *гц* (табл. II.4). Первичная обмотка катушки дифференциально-трансформаторного датчика питается от трансформатора электронного усилителя или регулирующего прибора напряжением 12 *в*. Габаритные размеры 270×180×190 *мм*.

Максимальное статическое давление 0,5 *кгс/см*². Одностороннее давление среды, поступающей в прибор, не должно превышать максимального перепада давления для каждой модификации. Потребляемая прибором мощность 2 *в·а*.

Изготовитель: Завод тепловой автоматики, Москва.

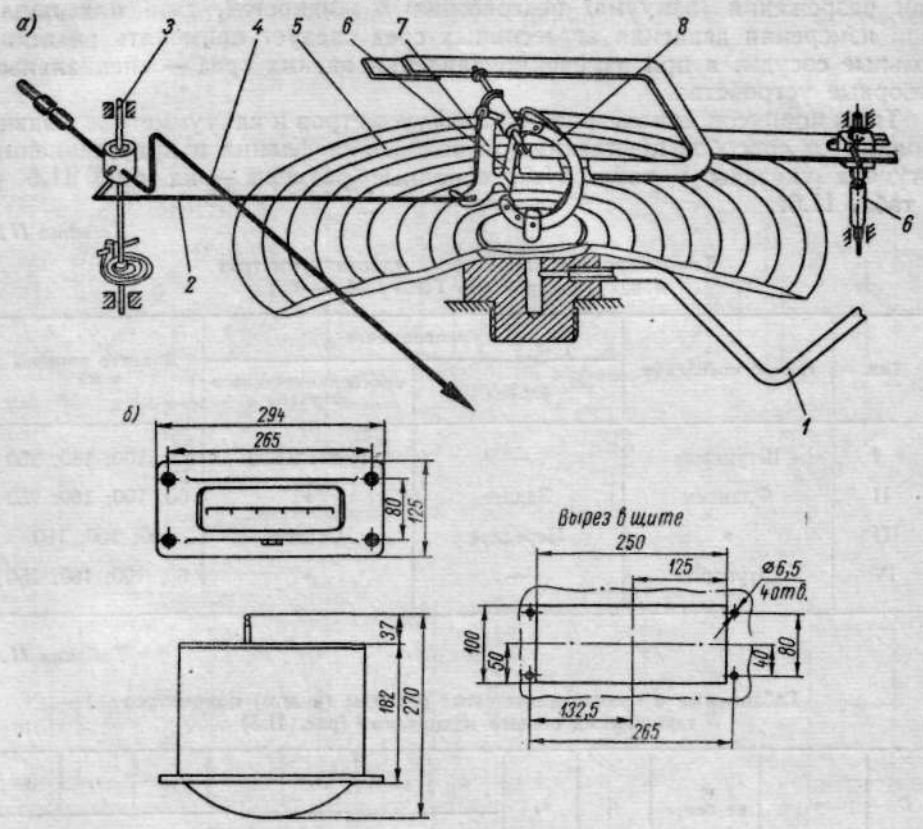


Рис. II.4. Напоромеры, тягомеры и тягонапоромеры НМ-П1, ТМ-П1 и ТНМ-П1: *а* — схема тягонапоромера ТНМ-П1; *б* — общий вид приборов

§ 3. МАНОМЕТРЫ, ВАКУУММЕТРЫ И МАНОВАКУУММЕТРЫ С ТРУБЧАТОЙ ОДНОВИТКОВОЙ ПРУЖИНОЙ

Манометры с трубчатой одновитковой пружиной принадлежат к числу наиболее распространенных пружинных манометров. Действие их основано на использовании зависимости между упругой деформацией чувствительного элемента (одновитковой трубчатой пружины) и внутренним давлением. Один конец трубчатой пружины впаян в держатель, который с помощью ниппеля присоединяется к источнику давления, другой конец соединен с передаточным механизмом, состоящим из поводка, сектора и трубки, на ось которой насажена стрелка. При перемещении свободного конца пружины под действием давления или разрежения поводок, шарнирно соединенный с этим концом, поворачивает зубчатый сектор, находящийся в зацеплении со стрелкой.

К приборам с трубчатой одновитковой пружиной относятся манометры, мановакуумметры и вакуумметры технические общего и специального назначения (газовые), контрольные, образцовые, манометры для сверхвысоких давлений, электроконтактные, с электро- или пневмодатчиком и др. Эти приборы предназначаются для измерения избыточного давления или разрежения (вакуума) неагрессивных жидкостей, газа или пара. При измерении давления агрессивных сред следует применять разделительные сосуды, а при измерении давления вязких сред — специальные отборные устройства.

Типы корпусов манометров, мановакуумметров и вакуумметров в зависимости от способов крепления, расположения фланца и присоединения штуцера указаны в табл. II.5, основные размеры — на рис. II.5 и в табл. II.6.

Таблица II.5

Типы корпусов манометров, мановакуумметров и вакуумметров (по ГОСТу 8625—65)

Тип	Способ крепления	Расположение		Диаметр корпуса в *мм*
		фланца	присоединительного штуцера	
I	Штуцером	—	Радиальное	60; 100; 160; 250
II	Фланцем	Заднее	»	60; 100; 160; 250
III	»	Переднее	Осевое	60; 100; 160
IV	Штуцером	—	»	60; 100; 160; 250

Таблица II.6

Габаритные и присоединительные размеры (в *мм*) манометров технических общего назначения (рис. II.5)

D	d	A не более	K	d_1	a	B	B_1	b	c	H	h
					не более						
60	М12×1,5	63	48	4,5	20	60	70	4	—	40	6
100	М20×1,5	106	80	5,5	25	100	105	5	35	60	8
160	М20×1,5	170	128	7,0	30	125	120	5	60	70	8
250	М20×1,5	265	200	7,0	35	165	120	—	100	70	8

При выборе приборов для измерения давления и разрежения необходимо руководствоваться следующим:

а) для установки на стене надо применять приборы с бортом или задним расположением фланца; для установки на щите — приборы без борта и фланца или с передним расположением фланца; для установки непосредственно на трубопроводе или аппарате — приборы без борта;

б) предельно допустимое рабочее давление не должно превышать $^3/_4$ верхнего предела измерений при постоянном давлении и $^2/_3$ верхнего предела измерений при переменном давлении измеряемой среды;

в) для отсчета на близком расстоянии приборы должны иметь диаметр не более 100 *мм*, для отсчета на расстоянии, превышающем 2—3 *м*, — диаметр 160 и 250 *мм*;

г) для установок, где превышение давления сверх заданного недопустимо и превышение давления подлежит контролю и фиксированию, следует выбирать манометры с контрольной стрелкой или с красной чертой.

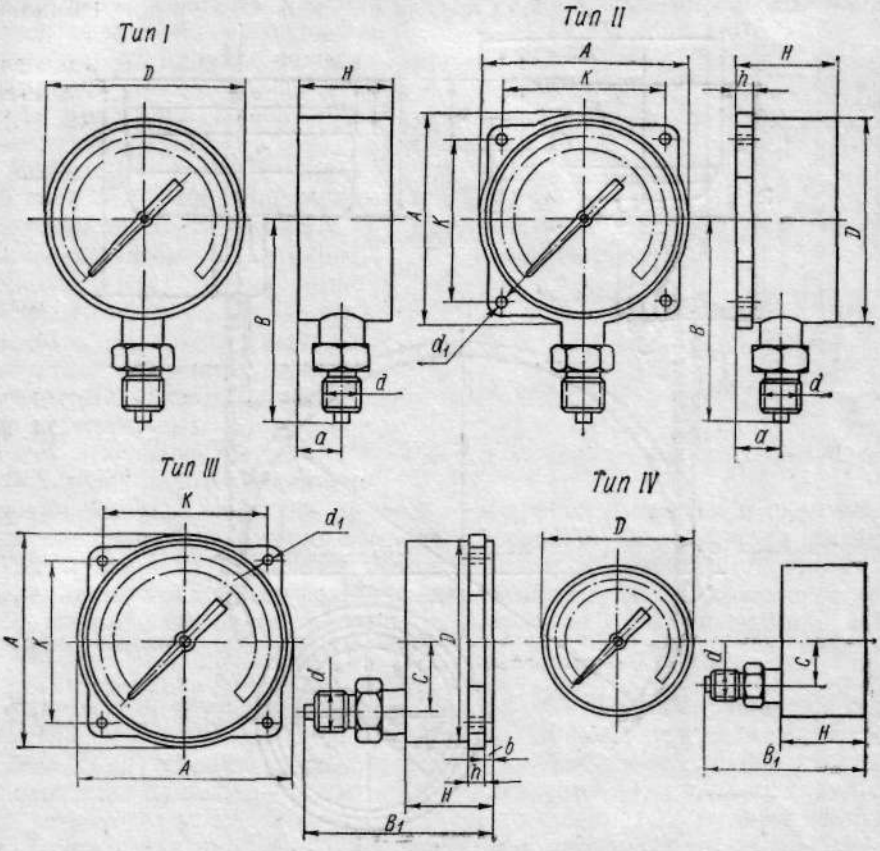


Рис. II.5. Типы манометров, вакуумметров и мановакуумметров показывающих общего назначения

Манометры, вакуумметры и мановакуумметры технические общего и специального назначения. Эти приборы, имеющие основную погрешность: 0,6; 1; 1,6; 2,5 и 4% (ГОСТы 8625—65 и 2405—63), предназначены для работы при температуре окружающей среды в пределах $-50 \div +60°$ С. Приборы специального назначения (газовые) применяются для измерения давления различных газов (кислорода, ацетилена и др.). В зависимости от рода газа корпуса приборов окрашиваются в следующие цвета:

Род газа	Кислород	Водород	Ацетилен	Хлор и фосген	Остальные горючие газы	Остальные негорючие газы
Цвет корпуса . .	Голубой	Темно-зеленый	Белый	Серовато-зеленый	Красный	Черный

Технические характеристики манометров, мановакуумметров и вакуумметров приведены в табл. II.7.

Манометр технический дистанционный типа МТС-16. Манометр (рис. II.6) предназначен для дистанционного измерения избыточного давления жидких и газообразных сред в тех случаях, когда требуется применение разделительного устройства между измеряемой средой и чувствительным элементом.

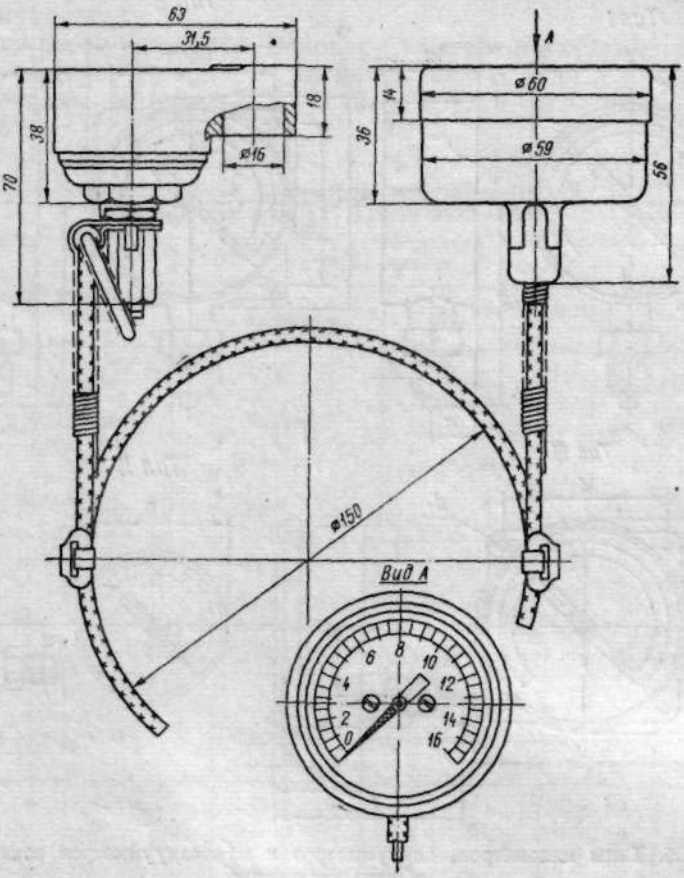


Рис. II.6. Манометр технический дистанционный МТС-16

У манометра МТС-16 одновитковая трубчатая пружина соединена с разделительным устройством (сильфоном) капилляром длиной до 12 *м*. Приборы МТС-16 применяются при температуре окружающей среды —45÷+60° С и устанавливаются в вертикальном положении. Предел показаний по шкале 0—16 *кгс/см*². Основная погрешность прибора ±2,5% от верхнего предела измерения.

Изготовитель: Завод «Манометр», Томск.

Манометр для сверхвысокого давления типа СВ. Манометр применяется для измерения избыточного давления таких жидкостей и газов, которые неагрессивны по отношению к стали, взрывобезопасны, не кристаллизуются и не затвердевают при измеряемых давлениях. При работе

прибор должен быть надежно защищен от вибрации, тряски и резких изменений давления. Во избежание травм обслуживающего персонала при разрыве элементов, находящихся под действием сверхвысокого давления, следует применять дополнительные защитные устройства. Верхние пределы измерений: 1600, 2500, 4000, 6000, 10 000 *кгс/см²*. Основная погрешность прибора ±1% от верхнего предела измерения. По требованию заказчика на одном из делений шкалы в пределах рабочего участка может быть нанесена красная черта. Корпус диаметром 260 *мм* выполнен из алюминиевого сплава и имеет откидную заднюю стенку.

Изготовитель: Завод «Манометр», Москва.

Манометр дифференциальный типа МДФ-100. Дифференциальным манометром (рис. II.7) можно одновременно измерять давление в двух средах и производить отсчет разности этих давлений. Манометр имеет две трубчатые пружины, каждая из которых связана с секторным передаточным механизмом и имеет отдельный штуцер. На трубке оси одного механизма насажена стрелка, а на оси другого (оси трубок выведены в один центр) диск со шкалой и указателем. По стрелке и указателю на внешней шкале определяют величину давления сред; одновременно стрелка на шкале диска показывает разность давлений. Пределы показаний от 0 до 10 *кгс/см²*. Основная погрешность прибора 1,6% от предела измерения.

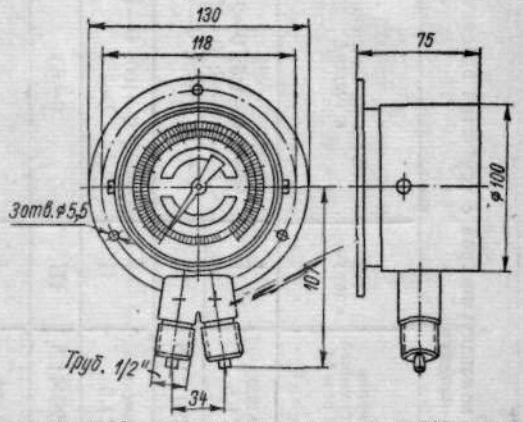


Рис. II.7. Манометр дифференциальный МДФ-100

Изготовитель: Завод «Манометр», Томск.

Манометр на внешнее давление типа МС-160. В приборе подвод к одновитковой трубчатой пружине заглушен; применяется для измерения давления окружающей среды. Манометр снабжен контрольной стрелкой для фиксации наибольшего достигнутого давления. При помощи специального устройства можно контрольную стрелку вернуть в нулевое положение, не открывая прибор. Шкала манометра имеет градуировку в *кгс/см²* и в *м вод. ст.* Диаметр корпуса 160 *мм*. Приборы изготовляются с пределами измерения 0—16 и 0—25 *кгс/см²*. Основная погрешность ±1,6% от предела измерения.

Изготовитель: Завод «Манометр», Томск.

Манометры, вакуумметры и мановакуумметры для точных измерений типов МТИ и ВТИ. Приборы предназначены для точных лабораторных измерений избыточного давления или разрежения неагрессивных жидких и газообразных сред; могут также применяться в промышленности при условии защиты их от вибрации, тряски и ударов, а также от резких изменений давления (табл. II.8).

Приборы, имеющие основную погрешность ±0,6%, должны нормально работать при температуре окружающего воздуха 5—35° С, а имеющие погрешность ±1% в пределах —50÷+60° С. Корпус прибора диаметром 160×60 *мм*; присоединительный штуцер радиальный М20×1,5.

Изготовитель: Завод «Манометр», Москва.

Таблица 11.7

Технические характеристики показывающих манометров, вакуумметров и мановакуумметров с трубчатой одновитковой пружиной общего и специального назначения

Наименование	Тип	Основная погрешность в % от верхнего предела измерения	Диаметр корпуса в *мм*	Расположение присоединительного штуцера и резьба	Тип корпуса	Пределы измерения в *кгс/см²*	Завод-изготовитель
Манометры технические обыкновенные	ОБМ-100 ОБМ-100б	2,5	100	Радиальное, М20×1,5	I II	0—1; 0—1,6; 0—2,5; 0—4; 0—6; 0—10; 0—16; 0—25; 0—40	
	МОШ-100			Осевое, М20×1,5	III		
	ОБМГн-100 ОБМГн-100б			Радиальное, М20×1,5	I II	0—60; 0—100; 0—160; 0—250	
	МГнОШ-100			Осевое, М20×1,5	III	0—60	
	ОБМ-160 ОБМ-160б	1,6	160	Радиальное, М20×1,5	I II	0—1; 0—1,6; 0—2,5; 0—4; 0—6; 0—10; 0—16; 0—25; 0—40	
	МОШ-160			Осевое, М20×1,5	III		
	ОБМГн-160 ОБМГн-160б			Радиальное, М20×1,5	I II	0—60; 0—100; 0—160; 0—250; 0—400; 0—600	
	МГнОШ-160			Осевое, М20×1,5	III		
	ОБМГв-160 ОБМГв-160б			Радиальное, М20×1,5	I II	0—1000; 0—1600; 0—1000; 0—1600	
	М-250		250		I	0—10; 0—16; 0—25; 0—40	
	МГн-250					0—60; 0—100; 0—160; 0—250; 0—400; 0—600	

Мановакуумметры технические обыкновенные	ОБМВ-100 ОБМВ-100б	2,5	100	Радиальное, М20×1,5	I II	(—1)÷0÷0,6; (—1)÷0÷ ÷1,5; (—1)÷0÷3; (—1)÷0÷5; (—1)÷0÷9; (—1)÷0÷15; (—1)÷0÷ ÷24	«Манометр» Томск
	МВОШ-100			Осевое, М20×1,5	III		
	ОБМВ-160 ОБМВ-160б		160	Радиальное, М20×1,5	I II		
	МВОШ-160			Осевое, М20×1,5	III		
Вакуумметры технические обыкновенные *	ОБВ-100 ОБВ-100б	2,5	100	Радиальное, М20×1,5	I II	0÷—1	
	ВОШ-100			Осевое, М20×1,5	III		
	ОБВ-160 ОБВ-160б	1,6	160	Радиальное, М20×1,5	I II		
	ВОШ-160			Осевое, М20×1,5	III		
Манометры для газовых сред	ГМ-100	2,5	100	Радиальное, М20×1,5	I	0—100; 0—160; 0—250;	
	ГМ-160	1,6	160			0—100; 0—160; 0—250; 0—400; 0—600	
	ГМОШ-160	1,6	160	Осевое, М20×1,5	III	0—100; 0—160; 0—250; 0—400; 0—600	
Манометры для измерения давления аммиака **	АМ-1	1,6	160	Радиальное, М20×1,5	I	0—6; 0—10; 0—16; 0—25; 0—40; 0—60	
	АМ-2					0—100; 0—160; 0—250; 0—400; 0—600	
Мановакуумметры для измерения давления аммиака **	АМ-1	2,5				(—1)÷0÷5; (—1)÷0÷9; (—1)÷0÷15; (—1)÷0÷ ÷24	

Продолжение табл. 11.7

Наименование	Тип	Основная погрешность в % от верхнего предела измерения	Диаметр корпуса в *мм*	Расположение присоединительного штуцера и резьба	Тип корпуса	Пределы измерения в *кгс/см²*	Завод-изготовитель
Манометр для измерения давления воздуха, кислорода, нейтральных горючих и негорючих сред ***	МТ-1 МТ-2	4	60	Радиальное, М12×1,5	I II	0—1,6; 0—2,5; 0—4; 0—6; 0—10; 0—16; 0—25; 0—40; 0—60; 0—100; 0—160; 0—250; 0—400	«Теплоконтроль», Казань
	МТ-3 МТ-4			Осевое, М12×1,5	III IV		
Специальные манометры для измерения давления воздуха	МВ-4 МВ-10М МВ-30 МВ-60М	4	60	Центральное, М14×1,5	—	4 10 30 60	
	МВ-80м			Центральное, М10×1		80	
	МВ-100М МВ-250М			Центральное, М14×1,5		100 250	
Манометр специальный для измерения давления воздуха двухстрелочный	МВ-12	4	60	Осевое, М10×1	—	12	
Манометры специальные для измерения давления жидкости	МГ-60М МГ-100М МГ-160М МГ-250М МГ-250П	4	60 60 57 60 60	Центральное, М14×1,5		60 100 160 250 250	

Манометры специальные для измерения давления кислорода	МК-6	4	60	Центральное, Труб. $^1/_4$"	—	6	«Манометр», Москва
	МК-10		60	Радиальное, Труб. $^1/_4$"		10	
	МК-18		60	Центральное,		16	
	МК-18М		57	К внутр. $^1/_8$"		50	
	МК-12М		60	Центральное, Труб. $^1/_4$"		250	
Манометр для воздуха	МТ-40	4	40	Центральное, М10×1	IV	1,6; 2,5	
Манометр специальный для воздуха	В-600	2,5	100	Радиальное, М14×1,5	—	600	
Манометр для кислорода	МТ-50	4	50	Центральное, Труб. внутр. $^1/_4$"	—	300	
Манометр специальный для кислорода	МК-16	4	40	Центральное, М10×1	IV	40	

* Допускается поставка вакуумметров, градуированных в *мм рт. ст.*

** По требованию заказчика аммиачные манометры на пределы измерения 0—16 *кгс/см²* и 0—25 *кгс/см²* и мановакуумметры —1÷0÷15 *кгс/см²* и —1÷0÷24 *кгс/см²* могут изготовляться с дополнительной температурной шкалой.

*** Манометры в тропическом исполнении имеют обозначение МТ-1-Т; МТ-2-Т; МТ-3-Т; МТ-4-Т.

Таблица II.8

Технические характеристики приборов типов МТИ и ВТИ

Наименование	Тип	Модель	Основная погрешность в %	Пределы измерения в *кгс/см²*
Манометр	МТИ	1218	0,6; 1	0—0,6; 0—1; 0—1,6; 0—2,5; 0—4
Мановакуумметр			1	(—1)÷0÷0,5; (—1)÷0÷1,5; (—1)÷0÷3
Вакуумметр	ВТИ		0,6; 1	0÷ (—1)
Манометр	МТИ	1216	0,6; 1	0—6; 0—10; 0—16; 0—25
Мановакуумметр			1	(—1) ÷0÷5; (—1)÷0÷9; (—1)÷0÷15; (—1)÷0÷24
Манометр	МТИ	1511	0,6;	0—2,5; 0—4; 0—6; 0—10; 0—16; 0—25; 0—40; 0—60
		1512		0—100; 0—160; 0—250; 0—400
		1217		0—40; 0—60; 0—100; 0—160; 0—250; 0—400; 0—600
			1	0—1000; 0—1600

Манометры и вакуумметры контрольные типов МКО и ВКО. Приборы однострелочные, предназначены для проверки исправности действия рабочих манометров, вакуумметров и мановакуумметров на месте их установки, а также для контрольных измерений избыточного давления или разрежения неагрессивных газов, паров и жидкостей. Технические характеристики контрольных приборов приведены в табл. II.9. Приборы снабжены корректором нуля. Основная погрешность ±0,6% от предела измерения. Диаметр корпуса 160 *мм*. Манометры и вакуумметры могут работать при температуре окружающего воздуха 5—35° С и относительной влажности до 80%.

Изготовитель: Завод «Манометр», Москва.

Манометры и вакуумметры образцовые типов МО и ВО. Приборы пружинные, предназначены для проверки манометров, вакуумметров и мановакуумметров, а также для измерения в лабораторных условиях давления или разрежения неагрессивных жидкостей и газов (табл. II.10). Шкала прибора условная, разделенная на 250 делений. В аттестате прибора дается переводная таблица — «деление шкалы — давление». Прибор

Таблица II.9

Технические характеристики приборов типов МКО и ВКО

Наименование	Тип	Модель	Пределы измерения в *кгс/см²*
Манометр контрольный однострелочный	МКО	1312	0—0,6; 0—1; 0—1,6; 0—2,5; 0—4
		1311	0—6; 0—10
		1308	0—16; 0—25
		1309	0—40; 0—60; 0—100; 0—160; 0—250; 0—400; 0—600
Вакуумметр контрольный однострелочный	ВКО	1310	0÷—1

снабжен корректором нуля, посредством которого стрелка устанавливается против нулевой отметки шкалы. Основная погрешность ±0,4% от предела измерения. Корпус прибора диаметром 160×60 *мм*; присоединительный штуцер радиальный М20×1,5.

Изготовитель: Завод «Манометр», Москва.

Таблица II.10

Технические характеристики приборов типов МО и ВО

Наименование	Тип	Модель	Пределы измерения в *кгс/см²*	Материал трубчатой пружины
Манометр образцовый	МО	1213	0—6; 10; 16; 25	Бронза
		1214	0—40; 60; 100; 160; 250; 400; 600	Сталь
		1215	0—1; 1,6; 2,5; 4	Бронза
Вакуумметр образцовый	ВО		0÷—1	

Манометры, вакуумметры и мановакуумметры электроконтактные. Двухпозиционные электроконтактные приборы ЭКМ, ЭКВ, ЭКМВ и ВЭ-16рб (рис. II.8 и табл. II.11) предназначены для измерения и сигнализации или позиционного регулирования давления или разрежения нейтральных по отношению к латуни и стали, некристаллизующихся жидкостей и газов. Приборы типа ВЭ-16рб выполняются во взрывонепроницаемом корпусе, их можно устанавливать в помещениях, где возможно наличие взрывчатых сред 3-й категории, 1-й группы по воспламеняемости.

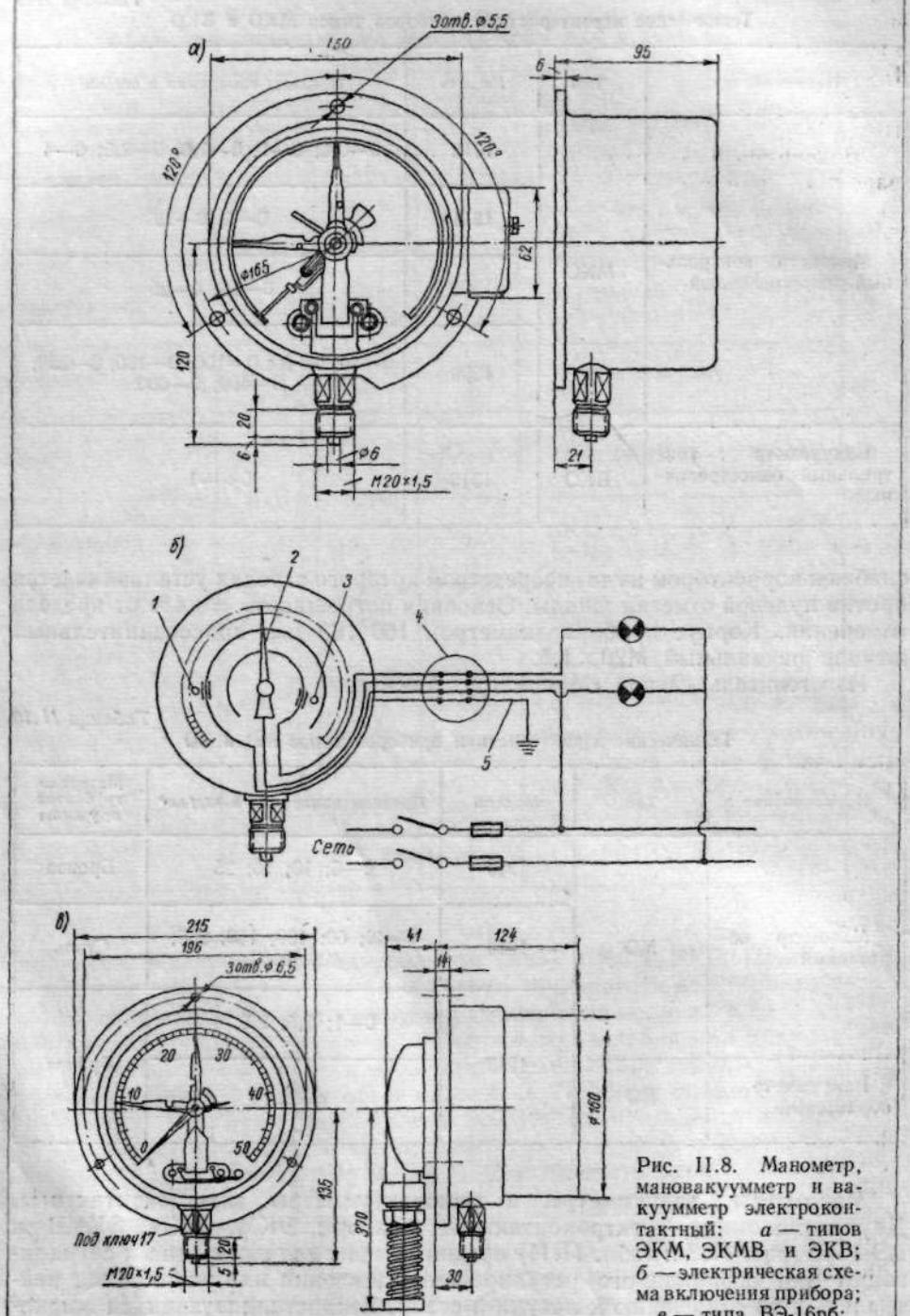


Рис. II.8. Манометр, мановакуумметр и вакуумметр электроконтактный: *а* — типов ЭКМ, ЭКМВ и ЭКВ; *б* — электрическая схема включения прибора; *в* — типа ВЭ-16рб:

1 — минимально подвижный контакт; *2* — контакт стрелки; *3* — максимально подвижный контакт; *4* — клеммная коробка; *5* — присоединительный кабель

Таблица II.11

Технические характеристики электроконтактных приборов

Наименование	Тип	Пределы измерения в *кгс/см²*
Манометр	ЭКМ-160-1	0—1; 0—1,6; 0—2,5; 0—4; 0—6; 0—10; 0—16; 0—25; 0—40; 0—60
	ЭКМ-160-2	0—100; 0—160; 0—250; 0—400; 0—600; 0—1000; 0—1600
	ВЭ-16рб	0—1; 0—1,6; 0—2,5; 0—4; 0—6; 0—10; 0—16; 0—25; 0—40; 0—60; 0—100; 0—250; 0—400; 0—600; 0—1000; 0—1600
Мановакуумметр	ЭКВМ-160 ВЭ-16рб	(—1)÷0÷0,6; (—1)÷0÷1,5; (—1)÷0÷3; (—1)÷0÷5; (—1)÷0÷9; (—1)÷0÷15; (—1)÷0÷24
Вакуумметр	ЭКВ-160 ВЭ-16рб	0÷—1

Электроконтактное устройство приборов аналогично контактному устройству манометрического термометра ЭКТ. Рабочее напряжение электроконтактного устройства до 380 *в* переменного тока или 220 *в* постоянного тока. Разрывная мощность контактов 10 *в·а* при максимальной силе тока 1 *а*. Основная погрешность приборов ±1,6% от предела измерения.

Изготовитель: Завод «Манометр», Томск.

Манометры, вакуумметры, мановакуумметры типа МЭД с электрическим индукционным датчиком. Приборы типа МЭД в комплекте с вторичным прибором дифференциально-трансформаторной схемы применяются для дистанционного измерения, записи и регулирования давления или разрежения жидкостей и газов, неагрессивных по отношению к стали и медным сплавам. Прибор МЭД имеет круглый корпус диаметром 200 *мм*, в котором помещается держатель с трубчатой пружиной, передаточный механизм и индукционная катушка. Давление (разрежение) измеряемой среды через штуцер держателя подводится к пружине, впаянной или ввинченной в держатель, и деформирует ее, вследствие чего свободный конец пружины перемещается и передвигает сердечник индукционной катушки. Индукционная катушка датчика и катушка вторичного прибора включены в дифференциально-трансформаторную схему (см. гл. III, § 13). Приборы МЭД выпускаются на пределы измерения, указанные в табл. II.12.

Приборы МЭД поставляются комплектно с приборами ЭПИД или с другими вторичными приборами дифференциально-трансформаторной системы, например ЭПВИ, ДС, ДСР и др. Указанные приборы можно применять во взрывобезопасных помещениях при температуре окружающей среды 0—50° С и относительной влажности не свыше 80%. Основная погрешность в комплекте с вторичным прибором не более ±2,5%. Питание МЭД осуществляется со стороны вторичного прибора; потребляемая мощность 75 *в·а*.

Изготовитель: Завод «Манометр», Москва.

Манометры показывающие и самопишущие типов МТО, МСТО и МТС. Приборы относятся к крупногабаритным приборам и предназначены для

Таблица II.12

Технические характеристики приборов МЭД

Наименование	Модель	Пределы измерения в *кгс/см²*
Манометр	2306	0—1; 0—1,6; 0—2,5; 0—4; 0—6; 0—10; 0—16; 0—25; 0—40
Вакуумметр		—1÷0
Мановакуумметр		(—1)÷0÷0,6; (—1)÷0÷1,5; (—1)÷0÷3; (—1)÷0÷5; (—1)÷0÷9; (—1)÷0÷15; (—1)÷0÷24
Манометр	2307	0—60; 0—100; 0—160; 0—250; 0—400; 0—600; 0—1000; 0—1600

измерения давления неагрессивных газов, паров и жидкостей. Модификации этих приборов приведены в табл. II.13. Действие приборов основано на уравновешивании измеряемого давления силой упругой деформации трубчатой пружины. Раскручивание пружины, вызванное изменением величины давления, передается при помощи передаточного механизма на указывающую стрелку или на перо прибора, записывающее на дисковой диаграмме величину измеряемого давления.

Таблица II.13

Модификации приборов МТО, МСТО и МТС

Показывающие манометры			Самопишущие манометры		
			Привод диаграммы от синхронного двигателя		Привод диаграммы от часового механизма
без дополнительных устройств	с пневмодатчиком	с сигнальным устройством	С сигнальным устройством	Без дополнительных устройств	
МТО-270 *	МТОП-270М*	МТО-278 *	МСТО-618 *	МТС-710	МТС-710ч

* Манометры, намеченные к снятию с производства.

Манометры типа МТО-270, МТО-278, МТОП-270М и МСТО-618 выпускаются на пределы измерения: 0—250; 0—400; 0—600 и 0—1000 *кгс/см²*. Основная погрешность ±1,5% от верхнего предела измерения. Манометры типа МТС-710 и МТС-710ч выпускаются на пределы измерения: 0—6; 0—10; 0—16; 0—25; 0—40; 0—60; 0—100; 0—160; 0—250; 0—400; 0—600; 0—1000 и 0—1600 *кгс/см²*. Основная погрешность ±1%. У самопишущих манометров значение измеряемого давления наносится на дисковую диаграмму, вращаемую часовым механизмом или синхронным двигателем. Время одного оборота диаграммы МТС-710 и МТС-710ч — 12 и 24 *ч*, МСТО-618 только 24 *ч*. Синхронный двигатель привода диаграммы потребляет мощность не более 20 *в·а* и питается от сети 220 *в*, 50 *гц*. Часовой механизм имеет восьмисуточный завод.

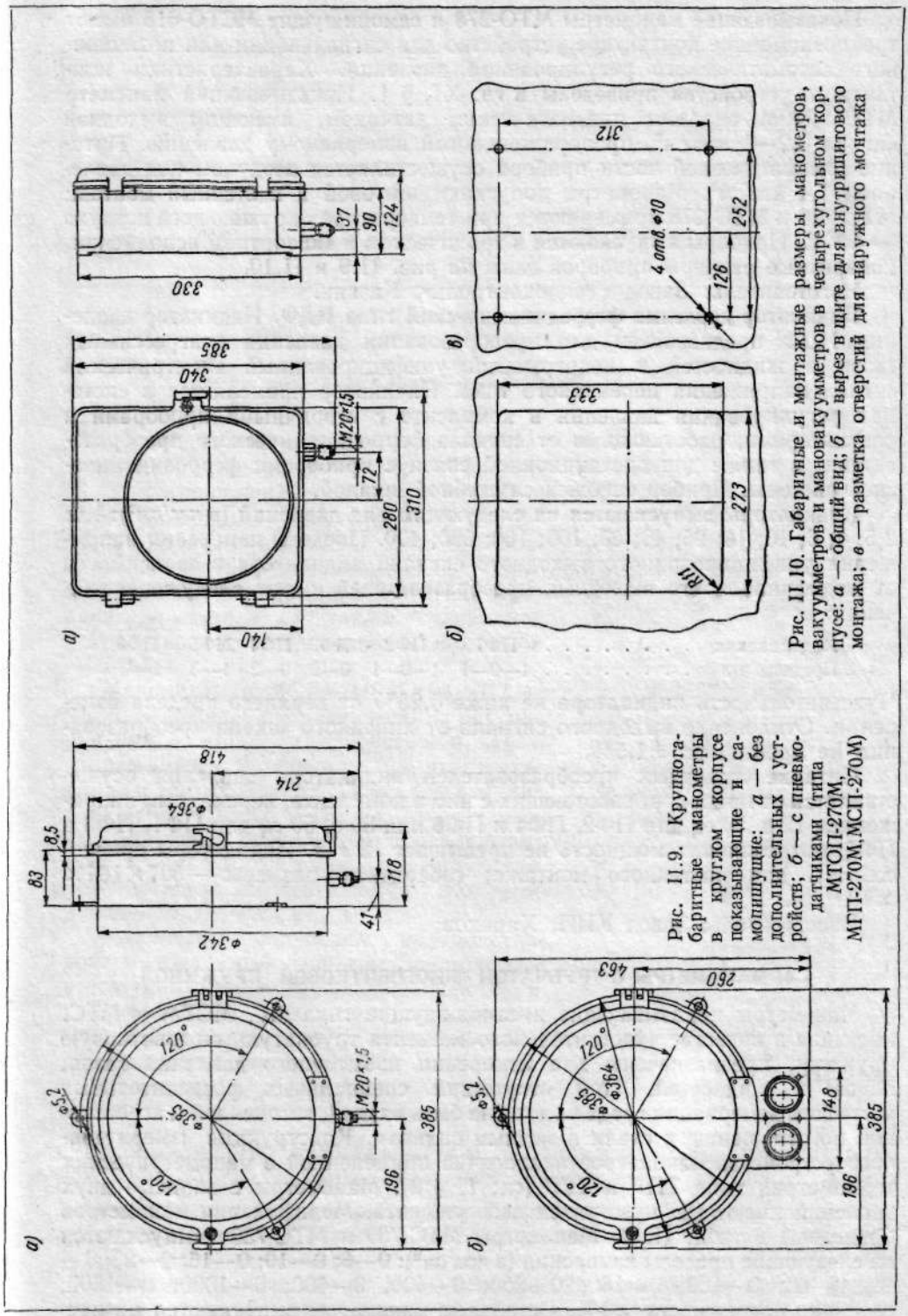


Рис. 11.9. Крупногабаритные манометры в круглом корпусе показывающие и самопишущие: *а* — без дополнительных устройств; *б* — с пневмодатчиками (типа МТОП-270М, МГП-270М, МСП-270М)

Рис. 11.10. Габаритные и монтажные размеры манометров, вакуумметров и мановакуумметров в четырехугольном корпусе: *а* — общий вид; *б* — вырез в щите для внутрищитового монтажа; *в* — разметка отверстий для наружного монтажа

Показывающие манометры МТО-278 и самопишущие МСТО-618 имеют трехпозиционное контактное устройство для сигнализации или позиционного автоматического регулирования давления. Характеристики контактного устройства приведены в гл. XI, § 1. Показывающий манометр МТОП-270М снабжен пневматическим датчиком, имеющим выходной сигнал 0,2—1 *кгс/см²*, пропорциональный измеряемому давлению. Питание пневматической части прибора осуществляется воздухом под давлением 1,4 *кгс/см²*. Манометры допускают щитовой и настенный монтаж; МТО-270 и МТО-278 применяются при температуре окружающего воздуха 0—60° С. Приборы выпускаются в тропическом и экспортном исполнении. Габаритные размеры приборов даны на рис. II.9 и II.10.

Изготовитель: Завод «Теплоконтроль», Казань.

Индикатор давления ферродинамический типа ИДФ. Индикатор давления ИДФ предназначен для преобразования давления неагрессивных газов и жидкостей в непрерывный унифицированный электрический сигнал напряжения переменного тока. Индикатор применяется в системах регулирования давления в комплекте с вторичными приборами и регуляторами, работающими от сигнала ферродинамического преобразователя, а также для дистанционной связи с приборами ферродинамической системы. Прибор снабжен служебной шкалой.

Индикаторы выпускаются на следующий ряд давлений (в *кгс/см²*): 1,6; 2,5; 4; 6; 10; 16; 25; 40; 60; 100; 160; 250; 400. Пределы изменения напряжения унифицированного выходного сигнала индикатора в зависимости от модификации его выходных преобразователей имеют следующие значения:

Модификация	ПФ1	ПФ2	ПФ3	ПФ4	ПФ5	ПФ6
Пределы в *в*	1—0—1	1—0—1	0—2	0—2	1—3	1—3

Чувствительность индикатора не ниже 0,25% от верхнего предела измерения. Отклонение выходного сигнала от линейного закона преобразования не превышает ±1,5%.

Питание выходных преобразователей индикатора давления осуществляется от приборов, работающих с ним в комплекте, переменным напряжением 12 *в*, 50 *гц* для ПФ2, ПФ4 и ПФ6 или 60 *в*, 50 *гц* для ПФ1, ПФ3 и ПФ5; потребляемая мощность не превышает 12 *в·а*. Индикаторы приспособлены для настенного монтажа; габаритные размеры — 307×184×192 *мм*.

Изготовитель: Завод КИП, Харьков.

§ 4. МАНОМЕТРЫ С ТРУБЧАТОЙ МНОГОВИТКОВОЙ ПРУЖИНОЙ

Манометры показывающие и самопишущие типа МГ, МСТМ и МТС, имеющие в качестве чувствительного элемента трубчатую многовитковую пружину, предназначены для измерения избыточного давления газов, паров и жидкостей. При отсутствии специальных разделительных устройств измеряемая среда не должна быть вязкой, засоренной и агрессивной по отношению к стали и медным сплавам. Конструкция измерительного устройства манометров аналогична примененной в манометрических термометрах типа ТПГ и ТСГ (гл. I, § 2). Манометры с записью двух давлений имеют два чувствительных элемента. Модификации манометров приведены в табл. II.14. Манометры МТС-730 и МТС-730ч выпускаются на следующие пределы измерения (в *кгс/см²*): 0—6; 0—10; 0—16; 0—25; 0—40; 0—60; 0—100; 0—160; 0—250; 0—400; 0—600; 0—1000; 0—1600; основная погрешность ±1%. Остальные манометры выпускаются на пре-

Таблица II.14

Модификации манометров с трубчатой многовитковой пружиной

Показывающие манометры		Самопишущие манометры				
		Привод диаграммы от часового механизма		Привод диаграммы от синхронного двигателя		
с сигнальным устройством	с пневмодатчиком	с записью двух давлений	с пневматическим регулирующим устройством с записью одного давления	с записью двух давлений	с пневматическим регулирующим устройством с записью одного давления	с сигнальным устройством
МГ-278 *	МГП-270М *	МТС-730ч	04-МСТМ-410М	МТС-730	04-МСТМ-610М	МСТМ-618 *

* Манометры, намеченные к снятию с производства.

делы измерения (в *кгс/см²*): 0—6; 0—10; 0—16; 0—25; 0—40; 0—100; 0—160; основная погрешность ±1,5% от предела измерения.

У самопишущих приборов МТС-730 и МТС-730ч время одного оборота диаграммы составляет 12 и 24 *ч*, у остальных манометров 24 *ч*. Часовой механизм привода диаграмм имеет восьмисуточный завод. Данные питания синхронного двигателя привода диаграммы, а также сигнальное устройство те же, что у приборов МСТО-618.

Манометры 04-МСТМ-410М и 04-МСТМ-610М снабжены пневматическим регулирующим изодромным устройством и, кроме записи значений давления, предназначены для его регулирования. Описание регулятора типа 04 давно в гл. IX, § 5. Питание приборов, снабженных пневмодатчиком и пневматическим регулирующим устройством, осуществляется воздухом давлением 1,4 *кгс/см²*.

Манометры допускают внутрищитовой и настенный монтаж. Все приборы этого типа, кроме МТС, выпускаются в тропическом и экспортном исполнении. Общий вид манометров и их габаритные размеры даны на рис. II.9 и II.10.

Изготовитель: завод «Теплоконтроль», Казань.

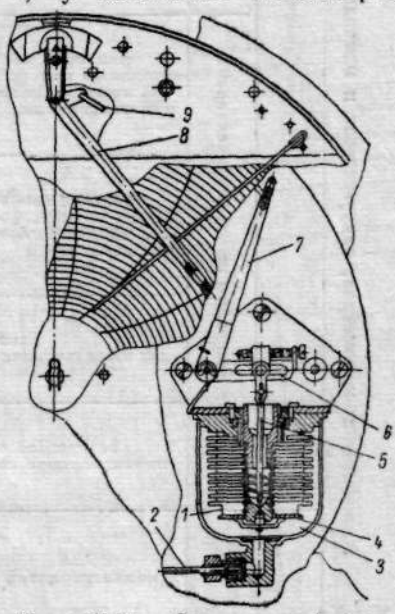


Рис. II.11. Схема сильфонного прибора

§ 5. МАНОМЕТРЫ, ВАКУУММЕТРЫ И МАНОВАКУУММЕТРЫ СИЛЬФОННЫЕ ТИПА МСТМ, МСС, МВСС И ВСС

Манометры, вакуумметры и мановакуумметры сильфонные предназначены для измерения, записи и регулирования избыточного давления или разрежения неагрессивных газов.

Действие приборов (рис. II.11) основано на зависимости между давлением и упругой деформацией сильфона с винтовой цилиндрической

Таблица 11.15

Модификации манометров, вакуумметров и мановакуумметров сильфонных

Наименование	Показывающие приборы			Самопишущие приборы								
				Привод диаграммы от часового механизма				Привод диаграммы от синхронного двигателя				
	без дополнительного устройства	с сигнальным устройством	с пневмодатчиком	без дополнительного устройства	с записью двух давлений	с пневматическим регулирующим устройством с записью одного давления	с пневматическим регулирующим устройством с записью двух давлений	без дополнительного устройства	с сигнальным устройством	с записью двух давлений	с пневматическим регулирующим устройством с записью одного давления	с пневматическим регулирующим устройством с записью двух давлений
Манометр	МС-270	МС-278	МПС-270М	МСС-710ч	МСС-730ч	04-МСС-410М	04-МСС-430М	МСС-710	МСС-618	МСС-730	04-МСС-610М	04-МСС-630М
Вакуумметр	—	—	ВСП-270М *	ВСС-710ч	ВСС-730ч	04-ВСС-410М	—	ВСС-710	—	ВСС-730	04-ВСС-610М	—
Мановакуумметр	—	—	МВСП-270М *	МВСС-710ч	МВСС-730ч	—	—	МВСС-710	—	МВСС-730	—	—

* Приборы, намеченные к снятию с производства.

пружиной. Измеряемое давление или разрежение подводится через капилляр *2* в полость *3* кожуха сильфона *1*. При этом дно *4* сильфона перемещает вверх или вниз иглу *5*, которая воздействует на рычаги *6* и *7*. Рычаг *7* при помощи тяги *9* поворачивает рычаг пера *8* (в самопишущих приборах). В показывающих приборах тяга *9* через поводок и тягу связана с зубчатым сектором, вращающим триб, на конце которого крепится стрелка. Таким образом, отклонение стрелки или рычага пера на некоторый угол пропорционально изменению давления или разрежения. Показания прибора отсчитываются по дуговой шкале или записываются на дисковой диаграмме.

Модификации выпускаемых приборов приведены в табл. II.15. Приборы выпускаются на следующие пределы измерения: манометры 0—0,25; 0—0,4; 0—0,6; 0—1; 0—1,6; 0—2,5; 0—4 *кгс/см²*; вакуумметры ВСС-710, ВСС-710ч, ВСС-730 и ВСС-730ч на $0 \div -0{,}6$ и $0 \div -1$ *кгс/см²*, остальные — на 0—760 *мм рт. ст.*; мановакуумметры МВСС-710, МВСС-710ч, МВСС-730 и МВСС-730ч на $-1 \div 0 \div 0{,}6$; 0—1,5; 0—3 *кгс/см²*, остальные — на 0—1; 0—2,5 *кгс/см²* по давлению и 0—760 *мм рт. ст.* по вакууму. Основная погрешность приборов:

а) манометров — в круглом корпусе $\pm 1{,}5\%$, в четырехугольном корпусе $\pm 1\%$;

б) вакуумметров и мановакуумметров — в круглом корпусе $\pm 2{,}5\%$; в 4-угольном корпусе $\pm 1{,}6\%$.

Характеристики приводов диаграмм и сигнального устройства те же, что у приборов с трубчатой пружиной (§ 3 и 4). Манометры допускают щитовой и настенный монтаж. Приборы в круглом корпусе выпускаются в экспортном и тропическом исполнении. Приборы, не имеющие электрического привода, можно применять во взрывоопасных помещениях всех категорий. Общий вид приборов и их габаритные размеры даны на рис. II.9 и II.10.

Изготовитель: Завод «Теплоконтроль», Казань.

§ 6. ПРИБОРЫ УНИФИЦИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ГСП

Система взаимозаменяемых датчиков, разработанная институтом «НИИтеплоприбор» совместно с московским заводом «Манометр», построена по блочно-модульному принципу и делится на три ветви, объединяющие приборы с пневматическим, электрическим токовым и электрическим частотным выходными сигналами дистанционной передачи. Унифицированная система объединяет приборы для измерения различных теплотехнических параметров, в том числе абсолютного давления, избыточного давления, вакуума, уровня и др.

Приборы состоят из двух основных элементов: измерительного блока, преобразующего измеряемый параметр в усилие, и преобразователя этого усилия в выходной стандартный сигнал — пневматический (0,2—1 *кгс/см²*), токовый (0—20 *ма*, 0—5 *ма* или 0—10 *в*) или частотный (1500—2500 *гц*).

Унифицированный пневмосиловой преобразователь (рис. II.12, *а*). В измерительном блоке *9* измеряемый параметр преобразуется в усилие P, уравновешиваемое усилием сильфона обратной связи $P_{о.с}$. При изменении усилия P происходит незначительное перемещение рычажной системы *1* и заслонки *4*. Сопло-заслонка *5* преобразует это перемещение в управляющий сигнал давления сжатого воздуха, поступающий на усилитель *6*. Выходной сигнал усилителя поступает в линию дистанционной передачи

и в сильфон обратной связи 7, где преобразуется в усилие обратной связи $P_{о.с}$, уравновешивающее входное усилие P. Предел изменения выходного сигнала датчика 0,2—1 *кгс/см²*. Настройка датчика производится корректором 2. Начальное значение выходного сигнала (0,2 *кгс/см²*) производится при помощи пружины корректора нуля 3. Питание датчика осуществляется воздухом под давлением 1,4 *кгс/см²*. Предельное расстояние передачи пневматического сигнала по трассе 300 *м*.

Унифицированный электросиловой преобразователь (рис. II.12, *б*). В измерительном блоке 9 измеряемый параметр преобразуется в усилие P, уравновешиваемое усилием обратной связи $P_{о.с}$ магнитоэлектрического устройства. При изменении усилия P происходит малое перемещение рычажной системы 1 и управляющего флажка 4 дифференциально-трансформаторного индикатора рассогласования 5. Последний преобра-

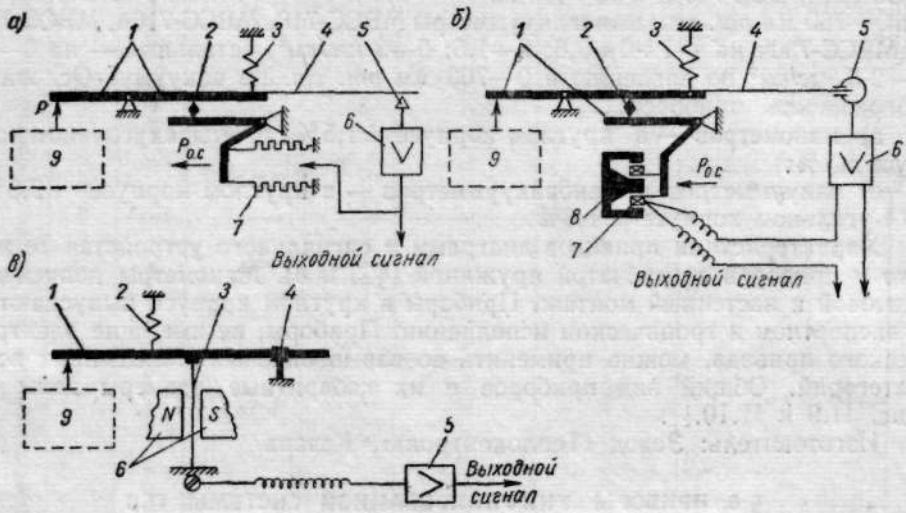


Рис. II.12. Принципиальная схема унифицированного преобразователя: *а* — пневмосилового; *б* — электросилового; *в* — частотно-силового

зует это перемещение в напряжение переменного тока, поступающее на вход электронного усилителя 6. Выходной сигнал постоянного тока усилителя поступает в линию дистанционной передачи и в последовательно соединенную обмотку рамки 7 магнитоэлектрического устройства 8, где преобразуется в усилие обратной связи $P_{о.с}$, уравновешивающее входное усилие P. В квадратичном преобразователе выходной сигнал постоянного тока преобразуется в усилие обратной связи по закону $P_{о.с} = kI^2$. Пределы измерения выходного сигнала постоянного тока 0—20 или 0—5 *ма*. Настройка датчика производится изменением передаточного отношения рычажной системы путем перемещения корректора 2. Установка начального значения выходного сигнала датчика производится при помощи пружины корректора нуля 3.

Электрические токовые датчики работают в комплекте с полупроводниковым усилителем (рис. II.13 и II.14), в зависимости от его типа они имеют различные пределы изменения выходного сигнала: 0—20 *ма* с усилителем УП-20 и 0—5 *ма* с усилителем УП-20-5. Конструктивно усилитель УП-20-5 выполнен из двух жестко сочлененных блоков: унифицированного усилителя УП-20 и копирующего усилителя УК-5, заключенных

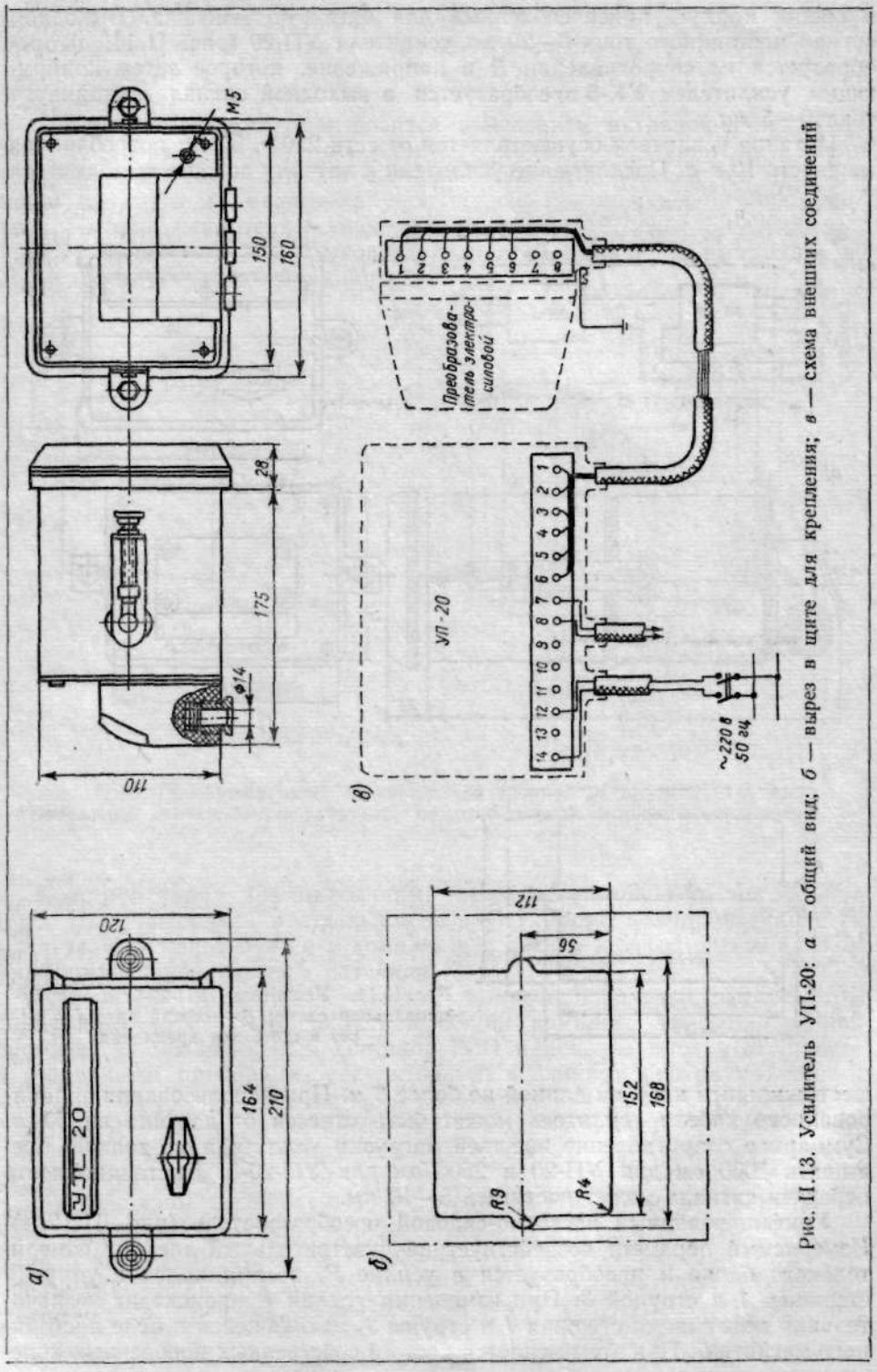


Рис. II.13. Усилитель УП-20: *а* — общий вид; *б* — вырез в щите для крепления; *в* — схема внешних соединений

в общий корпус, приспособленный для щитового монтажа. Выходной сигнал постоянного тока 0—20 *ма* усилителя УП-20 (рис. II.14, *а*) преобразуется на сопротивлении R в напряжение, которое затем копирующим усилителем УК-5 преобразуется в выходной сигнал постоянного тока 0—5 *ма*.

Питание усилителя осуществляется от сети 220 *в*, 50 *гц*; потребляемая мощность 10 *в·а*. Подключение усилителя к датчику должно выполняться

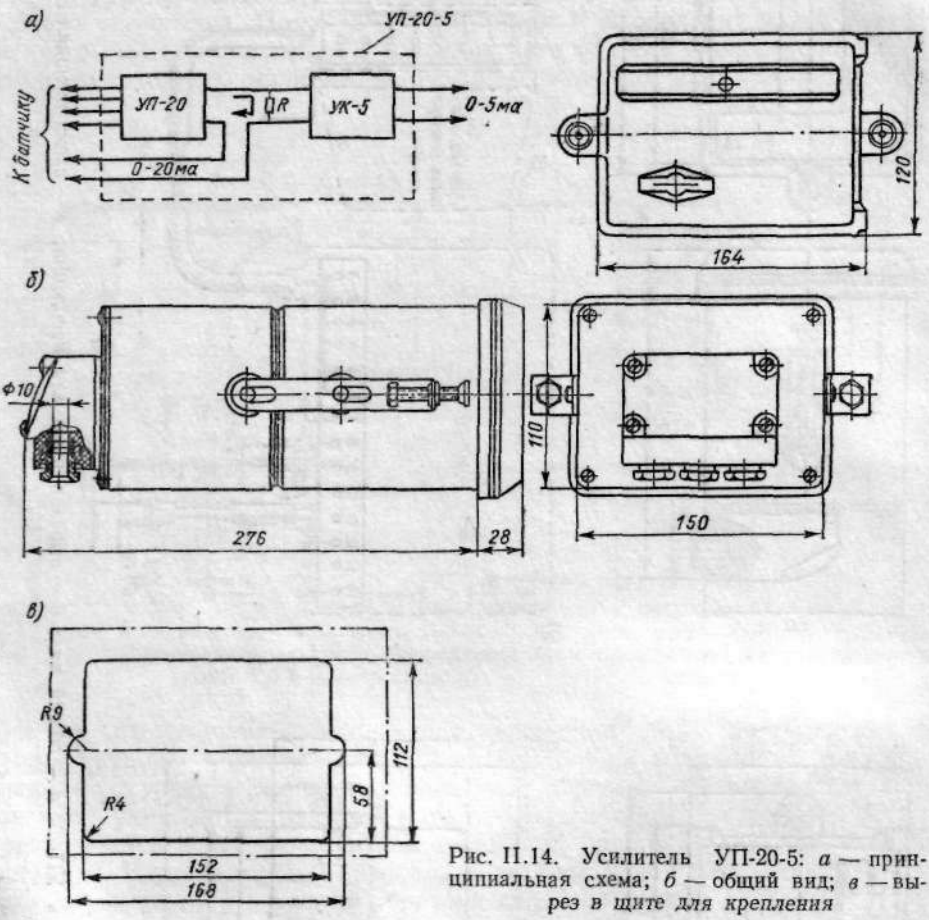


Рис. II.14. Усилитель УП-20-5: *а* — принципиальная схема; *б* — общий вид; *в* — вырез в щите для крепления

шестижильным кабелем длиной не более 3 *м*. При использовании экранированного кабеля усилитель может быть отнесен от датчика на 50 *м*. Суммарное сопротивление внешней нагрузки усилителя не должно превышать 1000 *ом* для УП-20 и 2500 *ом* для УП-20-5. Дистанционность передачи сигнала может достигать 5—10 *км*.

Унифицированный частотно-силовой преобразователь (рис. II.12, *в*). Измеряемый параметр воздействует на чувствительный элемент измерительного блока и преобразуется в усилие P, воспринимаемое упругим стержнем *1* и струной *3*. При изменении усилия P происходит незначительная деформация стержня *1* и струны *3*, находящейся в поле постоянного магнита *6*. При этом меняется частота собственных поперечных коле-

баний струны и преобразуется усилителем *5* в частоту переменного тока. Мерой измеряемого усилия *P* является значение частоты переменного тока выходного сигнала датчика. Пределы изменения выходного сигнала 1500—2500 *гц*.

Настройка датчика производится изменением активной длины стержня *1*, закрепленного в основании *4*. Точная установка начального значения выходного сигнала датчика (1500 *гц*) производится при помощи пружины *2*. Усилитель смонтирован под кожухом преобразователя. Питание усилителя осуществляется от сети 127/220 *в*, 50 *гц*; потребляемая мощность 1 *в·а*. Выходной сигнал передается на расстояние до 10 *км* по двухпроводной линии связи.

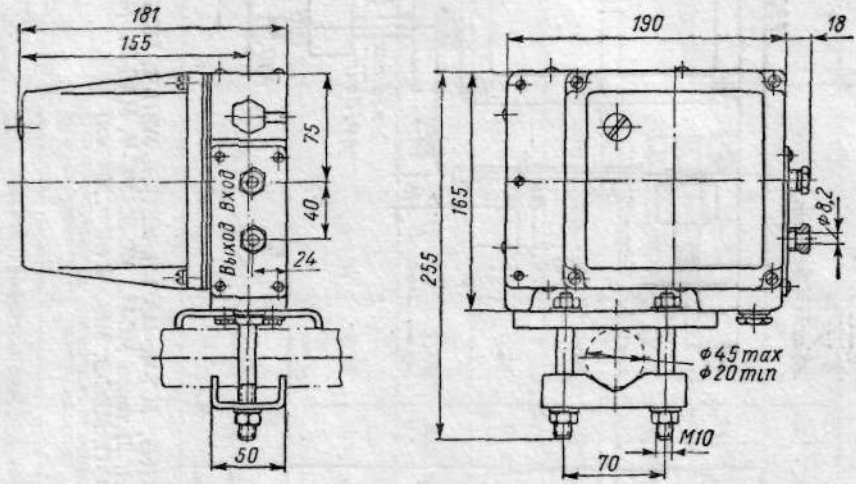


Рис. II.15. Преобразователи: пневмосиловой (корпус со штуцерами) и электросиловой линейный, квадратичный, частотно-силовой (корпус без штуцеров)

Конструктивно унифицированный преобразователь — датчик усилия (рис. II.15) выполнен в отдельном корпусе (кроме полупроводникового усилителя) и используется в комплекте с любым измерительным блоком унифицированной системы датчиков.

Манометры пружинные, манометры, тягонапоромеры, вакуумметры сильфонные (рис. II.16) входят в общий комплекс унифицированной системы взаимозаменяемых датчиков ГСП и используются в комплекте с вторичными приборами, регуляторами, машинами централизованного контроля и другими устройствами автоматики и системами управления, работающими от входных сигналов: пневматических (ГОСТ 9468—60), постоянного тока или напряжения (ГОСТ 9895—61), а также частоты переменного тока.

Модификации выпускаемых приборов (датчиков) и их техническая характеристика приведены в табл. II.16.

Для измерения давления агрессивных сред, а также сред с высокой температурой приборы применяются в комплекте с разделительными устройствами. Приборы пневматической ветви могут быть использованы во взрывоопасных помещениях.

Изготовитель: Завод «Манометр», Москва.

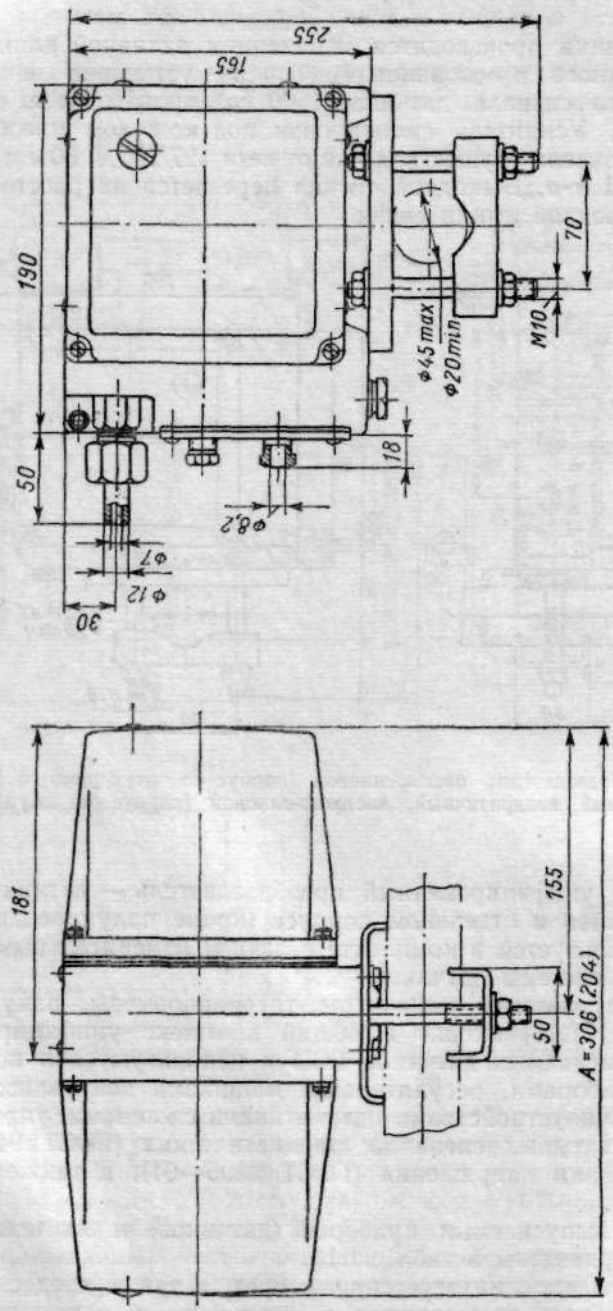


Рис. II.16. Датчики давления: 1) типов МП-П, МП-Э, МП-Ч, МВП-П, МВП-Э, МВП-Ч, НС-П, НС-Э, НС-Ч, ТС-П, ТС-Э, ТС-Ч, ТНС-П, ТНС-Э, ТНС-Ч ($A = 306$ мм); 2) типов МС-П, МС-Э, МС-Ч, МАС-П, МАС-Э, МАС-Ч, ВС-П, ВС-Э, ВС-Ч, МВС-П, МВС-Э, МВС-Ч ($A = 204$ мм)

Таблица 11.16

Модификации приборов унифицированной системы ГСП

Наименование		С пневматическим сигналом		С электрическим токовым сигналом		С электрическим частотным сигналом		Пределы измерения	
		Тип	Модель	Тип	Модель	Тип	Модель	*кгс/м²*	*кгс/см²*
Пружинные	Манометр	МП-П2	9112	МП-Э2	9212	МП-Ч2	9412	—	0—40; 0—60; 0—100
		МП-П3	9113	МП-Э3	9213	МП-Ч3	9413	—	0—160; 0—250; 0—400
		МП-П4	9114	МП-Э4	9214	МП-Ч4	9414	—	0—600; 0—1000
	Манометр (сверхвысокого давления)	МСв-П1	9181	МСв-Э1	9281	МСв-Ч1	9481	—	0—1000
		МСв-П2	9182	МСв-Э2	9282	МСв-Ч2	9482	—	0—1600
		МСв-П3	9183	МСв-Э3	9283	МСв-Ч3	9483	—	0—2500
		МСв-П4	9184	МСв-Э4	9284	МСв-Ч4	9484	—	0—4000
		МСв-П5	9185	МСв-Э5	9285	МСв-Ч5	9485	—	0—6000
		МСв-П6	9186	МСв-Э6	9286	МСв-Ч6	9486	—	0—10 000

Продолжение табл. II.16

Наименование		С пневматическим сигналом		С электрическим токовым сигналом		С электрическим частотным сигналом		Пределы измерения	
		Тип	Модель	Тип	Модель	Тип	Модель	кгс/м²	кгс/см²
Сильфонные	Напоромер	НС-П1	9143	НС-Э1	9243	НС-Ч1	9443	0—40; 0—63; 0—100; 0—160; 0—250	—
		НС-П2	9144	НС-Э2	9244	НС-Ч2	9444	0—400; 0—630; 0—1000; 0—1600; 0—2500; 0—4000	0—0,4
	Манометр	МС-П1	9121	МС-Э1	9221	МС-Ч1	9421	0—4000	0—0,4; 0—0,6; 0—1; 0—1,6; 0—2,5; 0—4
		МС-П2	9124	МС-Э2	9224	МС-Ч2	9424	—	0—6; 0—10; 0—16; 0—25
	Тягомер	ТС-П1	9141	ТС-Э1	9241	ТС-Ч1	9441	0—40; 0—63; 0—100; 0—160; 0—250	—
		ТС-П2	9142	ТС-Э2	9242	ТС-Ч2	9442	0—400; 0—630; 0—1000; 0—1600; 0—2500; 0—4000	0—0,4
	Вакуумметр	ВС-П1	9123	ВС-Э1	9223	ВС-Ч1	9223	0—4000	0—0,4; 0—0,6; 0—1

Наименование		С пневматическим сигналом		С электрическим токовым сигналом		С электрическим частотным сигналом		Пределы измерения	
		Тип	Модель	Тип	Модель	Тип	Модель	*кгс/м²*	*кгс/см²*
Сильфонные	Тягонапоромер	ТНС-П1	9143	ТНС-Э1	9243	ТНС-Ч1	9443	—20÷+20; —31,5÷+31,5; —50÷+50; —80÷+80; —125÷+125	—
		ТНС-П2	9144	ТНС-Э2	9244	ТНС-Ч2	9444	—200÷+200; —315÷+315; —500÷+500; —800÷+800; —1250÷+1250; —2000÷+2000	—
	Мановакуумметр	МВС-П1	9121	МВС-Э1	9221	ВМС-Ч1	9421	—	(—1)÷0÷0,6; (—1)÷0÷1,5; (—1)÷0÷3
		МВС-П2	9124	МВС-Э2	9224	—	—	—	(—1)÷0÷+5; —1÷0÷9; —1÷0÷÷15; —1÷0÷24
	Манометр абсолютного давления	МАС-П1	9131	МАС-Э1	9231	—	—	—	0—0,25; 0—0,4; 0—0,6; 0—1; 0—1,6; 0—2,5; 0—4
		МАС-П2	9132	МАС-Э2	9232	—	—	—	0—6; 0—10; 0—16; 0—25

Примечания:
1. Основная погрешность приборов с электрическим частотным выходным сигналом только ± 1,6% от верхнего предела измерения, с электрическим токовым ± 1%; ± 1,6%; с пневматическим ± 0,6; ±1; ± 1,6%.
2. Приборы с погрешностью ± 0,6 и ± 1% поставляются по согласованию с заводом-изготовителем.
3. Приборы с электрическими частотными выходными сигналами намечены к освоению.

§ 7. ВАКУУММЕТРЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ

Вакуумметр магнитный блокировочный типов ВМБ-2 и ВМБ-2П. Прибор представляет собой измерительную установку, состоящую из магнитного (электроразрядного) манометра типа ММ-8 и измерительного блока, обеспечивающего питание манометра, измерение его разрядного тока и вакуумную блокировку. Вакуумметр может быть использован для работы в лабораторных и производственных условиях. Вакуумметр выполняется в двух вариантах: ВМБ-2 — переносный прибор настольного типа; ВМБ-2П — панельный. Оба варианта вакуумметра аналогичны по принципиальный (электрической) схеме и техническим параметрам, за исключением размеров и внешнего вида.

Пределы измерения давлений $1—5\cdot10^{-5}$ *мм рт. ст.* Весь диапазон измеряемых давлений разделен на три поддиапазона: $1—5\cdot10^{-3}$; $8\cdot10^{-3}$ — $8\cdot10^{-4}$; $8\cdot10^{-4}—5\cdot10^{-5}$ *мм рт. ст.* Градуировка вакуумметра в диапазоне $1—5\cdot10^{-5}$ *мм рт. ст.* сделана по сухому воздуху в соответствии с типовым графиком манометра ММ-8, выражающим зависимость разрядного тока манометра от давлений, путем непосредственного нанесения этой зависимости на шкалу измерительного прибора в *мм рт. ст.* Кроме трех шкал давления в *мм рт. ст.* нанесена шкала, разделенная на 50 равномерных делений и необходимая для коррекции градуировки манометров при работе с различными газами.

Вакуумметр обеспечивает точность измерения давления: в поддиапазоне $1—5\cdot10^{-3}$ *мм рт. ст.* $\pm100\%$, в поддиапазонах $8\cdot10^{-3}—8\cdot10^{-4}$ и $8\cdot10^{-4}—5\cdot10^{-5}$ *мм рт. ст.* $\pm60\%$.

Питание вакуумметра производится от сети 220 *в*, 50 *гц*; потребляемая мощность не более 130 *в·а*.

В комплект вакуумметра входят: измерительный блок вакуумметра ВМБ-2 (ВМБ-2П) с комплектом рабочих ламп; магнитный манометр типа МИ-8; гибкий кабель длиной 1,5 *м* для подключения ММ-8 к измерительному блоку. В магнитном манометре для измерения давления газа используется явление электрического разряда в разреженном газе при наличии магнитного поля. В магнитном поле электроны двигаются по спирали, благодаря чему сильно увеличивается длина свободного пробега их в манометре, а следовательно, вероятность столкновения их с нейтральными молекулами и вероятность ионизации этих молекул, что приводит к возникновению разряда. Мерой давления служит разрядный ток между электродами манометра, к которым приложено высокое напряжение (800—2500 *в* в зависимости от диапазона измеряемых давлений). Последовательно с манометром ММ-8 включается стрелочный магнитоэлектрический прибор, измеряющий разрядный ток манометра и сопротивление, с которого снимается напряжение (сигнал на электронное реле вакуумной блокировки). Манометр ММ-8 (рис. II.17) состоит из вакуумноплотной камеры *1*, выполняющей роль катода; анода *4*, имеющего вид прямоугольной рамки и находящегося в центре камеры; коллектора *2* в виде коробочки, окружающей анод и имеющей два окна против анода; постоянного магнита *3*, размещенного вне вакуумной камеры манометра. Манометр через патрубок *5* с помощью специального грибкового уплотнения соединяется с измеряемой средой.

Измерительный блок вакуумметра ВМБ-2 состоит из блока питания с феррорезонансным стабилизатором напряжения, схемы измерения давления и электронного реле блокировки по давлению.

Схема измерения давления работает следующим образом. Прибор, измеряющий разрядный ток манометра, при помощи переключателя $БП_{39}$

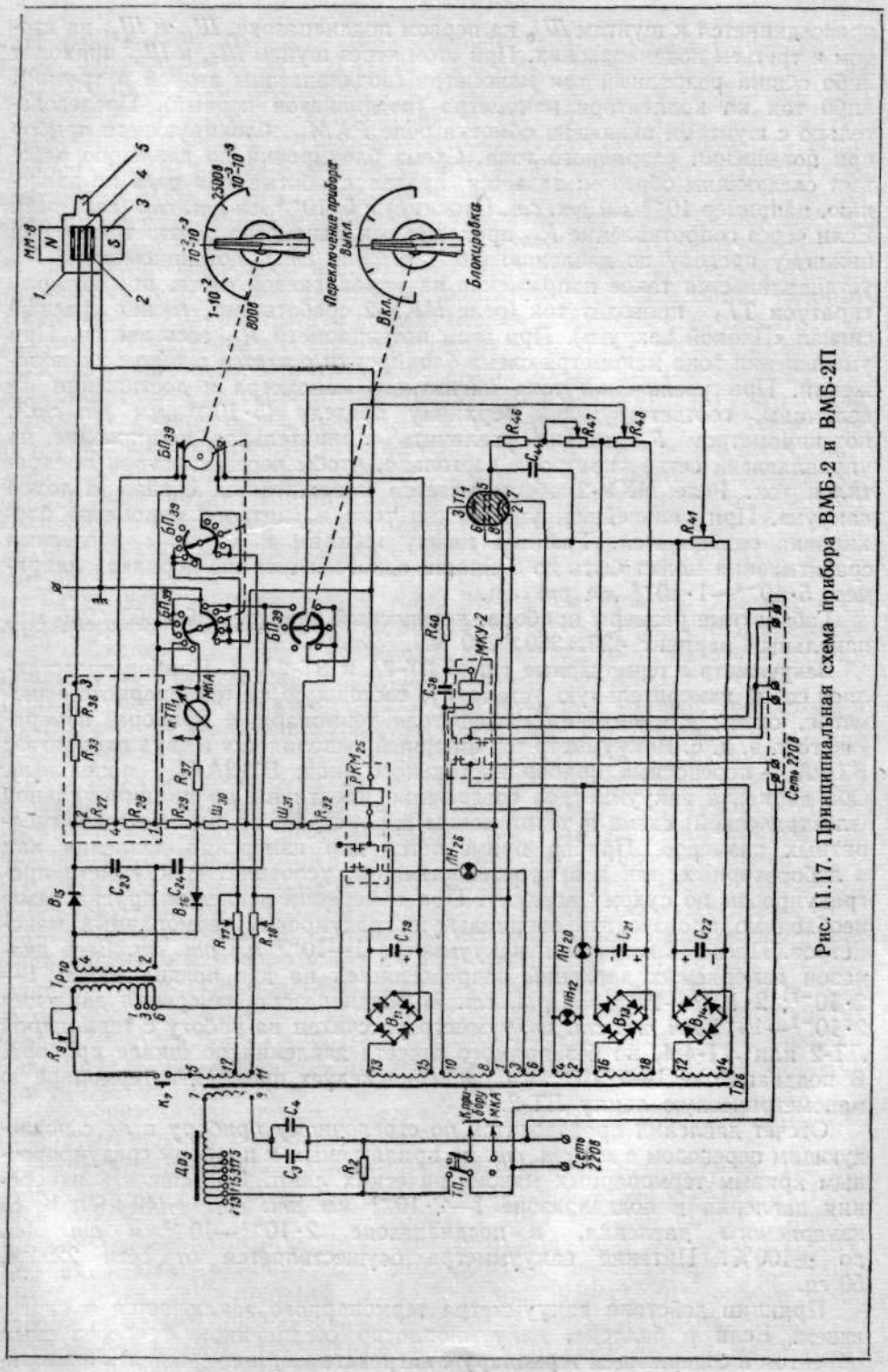


Рис. 11.17. Принципиальная схема прибора ВМБ-2 и ВМБ-2П

присоединяется к шунтам $Ш_{30}$ на первом поддиапазоне, $Ш_{30}$ и $Ш_{31}$ на втором и третьем поддиапазонах. При этом через шунты $Ш_{30}$ и $Ш_{31}$ проходит либо общий разрядный ток манометра (поддиапазоны второй и третий), либо ток на коллекторе манометра (поддиапазон первый). Последовательно с шунтами включена обмотка реле $РКМ_{25}$, блокирующего прибор при повышении разрядного тока. Схема блокировки по давлению работает следующим образом: задается предел срабатывания реле по давлению, например 10^{-4} *мм рт. ст.* (нижний) и $5 \cdot 10^{-4}$ *мм рт. ст.* (верхний). Если через сопротивление R_{32} проходит ток манометра, соответствующий нижнему пределу по давлению (10^{-4} *мм рт. ст.*), потенциометром R_{48} устанавливается такое напряжение на управляющей сетке, при котором тиратрон $ТГ_1$ проводит ток (реле МКУ-2 срабатывает, гаснет красный сигнал «Плохой вакуум»). При этом потенциометр R_{47} весь введен. При уменьшении тока манометра схема блокировки остается в таком же положении. При увеличении тока магнитного манометра и достижении им величины, соответствующей верхнему пределу ($5 \cdot 10^{-4}$ *мм рт. ст.*), потенциометром R_{47} можно увеличить отрицательное напряжение на управляющей сетке тиратрона настолько, чтобы через тиратрон прекратился ток. Реле МКУ-2 обесточивается и зажигается сигнал «Плохой вакуум». При дальнейшем увеличении тока магнитного манометра блокировка сохраняется. Разница между нижним и верхним пределами срабатывания может быть до 5 единиц одного и того же порядка, например, $5 \cdot 10^{-4}$—$1 \cdot 10^{-4}$ *мм рт. ст.*

Габаритные размеры прибора: переносный вариант $396 \times 260 \times 246$ *мм*, панельный вариант $430 \times 260 \times 220$ *мм*.

Вакуумметры термопарные типов ВТ-2А и ВТ-2А-П. Прибор представляет собой измерительную установку, состоящую из термопарного манометра, схемы для питания нагревателя термопары и прибора, измеряющего т. э. д. с. Вакуумметр термопарный выполняется в двух вариантах: ВТ-2А — переносный прибор настольного типа; ВТ-2А-П — панельный. Оба варианта вакуумметров совершенно идентичны по принципиальной (электрической) схеме и техническим параметрам, за исключением габаритных размеров. Прибор применяется для измерения давления как в лабораторных, так и в производственных условиях. Вакуумметр проградуирован по сухому воздуху. При измерении давления других газов необходимо производить специальную градуировку термопарных манометров. Пределы измерения вакуумметра 1—10^{-3} *мм рт. ст.* Весь диапазон измеряемых давлений подразделяется на два поддиапазона: 1—$2 \cdot 10^{-1}$; $2 \cdot 10^{-1}$—10^{-3} *мм рт. ст.* В поддиапазоне измерения давления $2 \cdot 10^{-1}$—10^{-3} *мм рт. ст.* вакуумметр рассчитан на работу с термопарой ЛТ-2 или ЛТ-4М, но без прямого отсчета давления по шкале прибора. В поддиапазоне 1—$2 \cdot 10^{-1}$ *мм рт. ст.* следует применять термопарную манометрическую лампу ЛТ-2.

Отсчет давления производится по стрелочному прибору в *мв* с последующим переводом в *мм рт. ст.* по прилагаемым к прибору градуировочным кривым термопарных манометрических ламп. Погрешность измерения давления в поддиапазоне 1—$2 \cdot 10^{-1}$ *мм рт. ст.* $\pm(40 \div 60)$ % от измеряемого давления, в поддиапазоне $2 \cdot 10^{-1}$—10^{-3}*мм рт. ст.* до ± 100%. Питание вакуумметра осуществляется от сети 220 *в*, 50 *гц*.

Принцип действия вакуумметра термопарного заключается в следующем. Если в баллоне, вакуумноплотно соединенном с обследуемым объектом и содержащем термопару с нагревателем, поддерживать постоян-

ным ток нагревателя, то э. д. с. термопары будет определяться давлением окружающего газа, так как изменение температуры нагревателя зависит от теплопроводности окружающего газа. Следовательно, при понижении давления теплопроводность газа уменьшится, температура нагревателя и т. э. д. с. увеличатся. Если известна зависимость величины т. э. д. с. от давления, то прибор может быть проградуирован не в милливольтах, а в *мм рт. ст.* Измерительный блок вакуумметра имеет блок питания с феррорезонансным стабилизатором напряжения, обеспечивающим стабильное переменное напряжение для питания селенового выпрямителя. Нагрузкой выпрямителя является нагреватель термопары; последовательно с ним включены балластные сопротивления, которые в сумме в 80—100 раз больше сопротивления нагревателя. Следовательно, изменение сопротивления самого нагревателя мало скажется на изменении полного сопротивления нагрузки на выпрямитель, что обеспечивает стабилизацию тока нагревателя термопары при изменении вакуума во всем диапазоне измеряемых давлений. Ток нагревателя и э. д. с. термопары измеряются милливольтметром М-24-18, который при помощи переключателя подключается либо к концам термопары (положение «Измерение»), либо в цепь нагревателя (положение «Ток накала»). Регулирование тока нагревателя термопары осуществляется реостатом.

Габаритные размеры: ВТ-2А — 266×248×257 *мм*, ВТ-2А-П — 430×
×220×146 *мм*.

Вакуумметр ионизационный типа ВИ-12. Вакуумметр предназначен для измерения давления в диапазоне 10^{-4}—10^{-10} *мм рт. ст.* и представляет собой измерительную установку, рассчитанную на работу с ионизационным манометрическим преобразователем ИМ-12.

Для измерения давления газа при большой степени разрежения с помощью ионизационного манометрического преобразователя ИМ-12 используется явление изменения ионного тока ИМ-12 при изменении давления, когда ток эмиссии остается постоянным. Измеряя ионный ток преобразователя, можно определить давление газа в вакуумной системе. При большой степени разрежения (до 10^{-10} *мм рт. ст.*) ионный ток преобразователя очень мал ($2 \cdot 10^{-7}$—$2 \cdot 10^{-13}$ *а*) и непосредственно измерен быть не может. Поэтому в вакуумметре ВИ-12 использован косвенный метод измерения тока. Ионный ток, пропускаемый через известное высокомегомное сопротивление, создает на нем некоторое падение напряжения. Это напряжение подается на вход усилителя постоянного тока со 100-процентной отрицательной обратной связью и измеряется на выходе усилителя в компенсационной схеме стрелочным прибором, градуированным по входному току. Измеряемое давление определяется по градуировочной кривой преобразователя, отражающей зависимость давления от ионного тока.

Преобразователь представляет собой триод с осевым коллектором, смонтированным в стеклянной колбе.

Вакуумметр состоит из измерительного и выносного блоков. На передней панели размещены все ручки управления и два стрелочных прибора для измерения тока коллектора и тока эмиссии ИМ-12. Прибор позволяет производить запись давления, для чего на задней стенке имеется разъем «Запись» для подключения самопишущего прибора. Погрешность измерительной установки при измерении ионного тока манометрического преобразователя должна быть не более: основная приведенная ±15%, систематическая ±20%. Погрешность манометрического преобразователя ИМ-12 не более ±30%.

Прибор рассчитан для работы при температуре окружающего воздуха 10—35° С. Питание вакуумметра осуществляется от сети 220 *в*, 50 *гц*. Потребляемая мощность не более 280 *в·а*.

Габаритные размеры прибора 420×300×232 *мм*.

§ 8. РАЗДЕЛИТЕЛИ МЕМБРАННЫЕ

Разделители предназначены для предохранения внутренних полостей чувствительных элементов манометров, мановакуумметров и дифманометров от попадания в них агрессивных, полимеризующихся, кристаллизирующихся и загрязненных сред.

Принцип действия разделительных устройств основан на изменении объема надмембранного пространства под действием измеряемого давления (разрежения). Измеряемое давление (разрежение) поступает к разделительной мембране и через разделительную жидкость передается к чувствительному элементу прибора.

Разделители мембранные типа РМ. Модификации и технические характеристики выпускаемых разделителей приведены в табл. II.17. В комплекте мембранные разделители выпускаются только с приборами, указанными в табл. II.17. В качестве заполнительной жидкости у всех комплектов разделителей с приборами применяется кремнеорганическая жидкость № 2 по ТУ 2416—54. При измерении давления среды с температурой более 60° С, но менее 110° С прибор с разделителем может комплектоваться гибким рукавом. Общий вид разделителей приведен на рис. II.18.

Изготовитель: Завод «Манометр», Москва.

Таблица II.17

Технические характеристики разделителей типа РМ

Модель	Верхние пределы измерения в *кгс/см²*	Присоединение к магистрали	Прибор, комплектуемый с разделителем	Основная погрешность комплекта в %	Температура окружающего воздуха в месте установки разделителя в °С	Материал нижнего фланца
5319	—1; 1; 1,6; 2,5; 4	Резьба наружная М20×1,5	МТК-100 МЭД	±2,5; ±4 ±2,5	—40÷+60 0÷+50	Сталь Х18Н9Т
5320	6; 10; 16; 25	Фланцевое (без ответного фланца)	МТИ	+1,6; ±2,5	—40÷+60	Без фланца
5321	40; 60; 100; 160	Резьба наружная М20×1,5	МТК-100 МЭД	±2,5; ±4 ±2,5	—40÷+60 0—50	Сталь Х18Н9Т
5322	250; 400; 600	Фланцевое (без ответного фланца)	МТИ	±1,6; ±2,5	—40÷+60	Без фланца

Примечание. Материал мембраны — сталь ЭИ702, корпуса — сталь Х18Н9Т, прокладки — полиэтилен.

Устройство для отбора импульса от вязких сред типа УВС-1. Устройство УВС-1 обеспечивает отбор импульса по давлению от вязкой или кристаллизующейся среды путем передачи давления от вязкой среды на среду вязкостью 2·10° Е (глицерин, трансформаторное масло). Устройство выпускается в трех модификациях с диаметром условного прохода

(в *мм*): 50; 80; 100. Допустимое давление измеряемой среды 25 *кгс/см²*; температура окружающего воздуха должна быть в пределах 5—40° С.

Изготовитель: Завод «Теплоавтомат», Харьков.

Устройство для отбора импульса от агрессивных сред типа УАС-1. Устройство УАС-1 обеспечивает восприятие импульса по давлению от

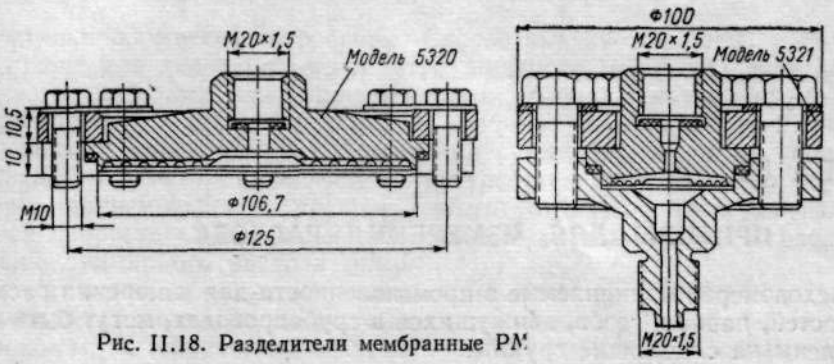


Рис. II.18. Разделители мембранные РМ

агрессивной среды неагрессивной относительно стали Х18Н9Т и поливинилхлоридного пластиката. Допустимое давление измеряемой среды — до 25 *кгс/см²*; нечувствительность устройства ±0,05 *кгс/см²*. Устройство следует монтировать при температуре окружающего воздуха, обеспечивающей температуру промежуточной среды, в пределах 5—40° С. Габаритные размеры устройства 180×170×235 *мм*.

Изготовитель: Завод «Теплоавтомат», Харьков.

ГЛАВА III

ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ РАСХОДА

Расходомеры, применяемые в промышленности для измерения расхода жидкостей, паров и газов, движущихся в трубопроводах, могут быть подразделены на следующие группы.

1. Тахометрические расходомеры. Основным элементом этих расходомеров является крыльчатка или другое тело, совершающее под действием потока непрерывное движение (чаще всего вращательное), скорость которого пропорциональна измеряемому расходу. Выпускаются скоростные и объемные тахометрические расходомеры. В первых в качестве приемного преобразователя используются крыльчатки или вертушки, во вторых — различные элементы, применяемые в объемных измерителях количества (например, пара овальных колес).

2. Расходомеры обтекания. Чувствительным элементом этих расходомеров является какое-либо тело (поплавок, шарик, диск), воспринимающее динамическое давление потока, который обтекает его и перемещает в зависимости от величины расхода.

3. Расходомеры переменного уровня. В комплект этих расходомеров входит сосуд с отверстием истечения. Уровень в сосуде, являющийся функцией расхода, измеряется с помощью прибора.

4. Электромагнитные (индукционные) расходомеры. Принцип действия этих расходомеров основан на измерении электродвижущей силы, образующейся в поперечном сечении потока при протекании его в магнитном поле.

5. Ультразвуковые расходомеры. Принцип их действия основан на смещении ультразвуковых колебаний движущейся средой.

6. Расходомеры переменного перепада давления. Эти расходомеры являются измерительными комплектами и состоят из приемного преобразователя, образующего перепад давления в зависимости от величины расхода, соединительных трубок со вспомогательными устройствами и дифференциального манометра. Применяются различные приемные преобразователи и дифманометры. Среди первых наиболее широко распространены стандартные сужающие устройства. Кроме них находят применение нестандартизированные сужающие устройства, напорные устройства, измеряющие динамическое давление потока, а также приемные преобразователи в виде участка трубопровода, сопротивление которого изменяется в зависимости от расхода. Среди дифманометров до недавнего времени широко применялись поплавковые, кольцевые и колокольные; эти приборы надежны и достаточно точны, но имеют неблагоприятные динамические характеристики. Кроме того, недостатком этих приборов яв-

ляется наличие во многих из них ртути. Сейчас все большее распространение получают пружинные дифманометры с компенсационной схемой измерения.

§ 1. ТАХОМЕТРИЧЕСКИЕ РАСХОДОМЕРЫ

Счетчики жидкостей скоростные. Скоростные расходомеры, измеряющие прошедшее через них количество жидкости, называют счетчиками количества жидкости или жидкостемерами, обычно именуемыми по роду контролируемой жидкости (например, водомерами, масломерами). Принцип действия этих счетчиков основан на суммировании числа оборотов помещенного в поток вращающегося устройства за какой-либо отрезок времени, причем скорость вращения этого устройства пропорциональна средней скорости протекающей жидкости, а следовательно, и расходу. Значение суммарного расхода получают, связывая подвижную часть прибора через редуктор со счетным механизмом. К скоростным счетчикам относятся водомеры типа ВВ, УВТ с винтовой вертушкой, расположенной в потоке аксиально, и водомеры типа ВКОС, ВКМС, ВКМ с крыльчаткой, расположенной тангенциально к потоку. Первые применяются для измерения больших расходов жидкости, вторые — для измерения малых расходов. Счетчики с крыльчатками, имеющие вертикальную ось, в зависимости от подвода жидкости к крыльчатке, делятся на счетчики одноструйные (ВКОС) и многоструйные (ВКМ и ВКМС).

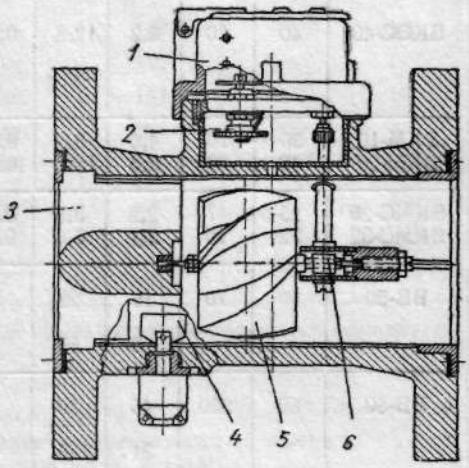


Рис. III.1. Водомер скоростной с горизонтальной вертушкой

Для удобства сравнения различных типов счетчиков принята условная величина, называемая характерным расходом. Характерный расход — это количество вещества, которое проходит через счетчик в 1 *ч* при установившемся потоке и потере напора в 10 *м вод. ст.* Кроме того, счетчики характеризуются нижним и верхним пределами измерения и номинальным расходом. Нижний предел измерений — наименьший расход, при котором счетчик начинает давать показания с допустимой погрешностью. Верхний предел измерений — наибольший расход, при котором обеспечивается кратковременная работа счетчика (не более 1 *ч* в течение суток). Номинальный расход — наибольший длительный расход, при котором погрешность показаний не выходит из установленных норм, а потеря напора не создает в приборе усилий, приводящих к быстрому износу трущихся деталей. Технические характеристики и заводы-изготовители скоростных водомеров приведены в табл. III.1.

На рис. III.1 показано устройство счетчика с горизонтальной вертушкой. Поток жидкости, поступая в прибор, выравнивается струевыпрямителем *3* и направляется на лопатки вертушки *5*, которая выполнена в виде многозаходного винта. Вращение вертушки через червячную пару *6* и передаточный механизм *2* передается счетному устройству *1*. Для

Таблица III.1

Технические характеристики скоростных водомеров

Тип	Калибр (диаметр) условного прохода в *мм*	Характерный расход в $м^3/ч$	Пределы измерения по расходу в $м^3/ч$			Завод-изготовитель
			номинальный	верхний	нижний	
ВКОС-15	15	3	1,0	2,0	0,1	«Водоприбор», Москва; Луцкий приборостроительный завод
ВКОС-20	20	5	1,6	3,2	0,15	«Водоприбор», Москва; «Светотехника», Лихославль; Луцкий приборостроительный завод
ВКОС-30	30	10	4,0	8,0	0,35	«Водоприбор», Москва; «Светотехника», Лихославль
ВКОС-40	40	20	6,3	12,6	0,50	«Водоприбор», Москва; Луцкий приборостроительный завод; «Светотехника», Лихославль
ВКМ-10	30	10	4,0	8,0	0,35	«Ленводоприбор», Ленинград
ВКМ-20	40	20	6,3	12,6	0.5	
ВКМС-25	25	7	2,2	3,5	0,20	Таллинский завод измерительных приборов
ВКМС-32	32	10	3,2	5,0	0,35	
ВВ-50	50	70	15	22	3	«Водоприбор», Москва; Луцкий приборостроительный завод; «Ленводоприбор», Ленинград
			9	35		
ВВ-80	80	250	45	80	6	«Водоприбор», Москва; Луцкий приборостроительный завод; «Ленводоприбор», Ленинград
			31	125		
ВВ-100	100	440	75	140	8	«Водоприбор», Москва; «Ленводоприбор», Ленинград
			55	220		
ВВ-150	150	1000	160	380	12	«Водоприбор», Москва; Луцкий приборостроительный завод; «Ленводоприбор», Ленинград
			125	500		
ВВ-200	200	1700	265	550	18	«Водоприбор», Москва; «Ленводоприбор», Ленинград
			250	850		
УВТ-100	100	440	75	140	8	Кировабадский приборостроительный завод

возможности регулировки перегородка *4* струевыпрямителя делается поворотной и короче других.

Температура среды, расход которой измеряется скоростными счетчиками, не должна превышать 30° С, давление не должно быть больше 10 *кгс/см*^{2}. Счетчики для горячей воды могут работать при температуре воды до 90° С, такие счетчики выпускаются заводом «Ленводоприбор» (ВКМ-10Г, ВКМ-20Г, ВВ-50Г, ВВ-80Г, ВВ-100Г) и Луцким приборостроительным заводом (ВВГ-50, ВВГ-80). Основная погрешность счетчиков

равна, как правило, ±5% при 10-процентном расходе от номинального, ±3% при 15-процентном расходе и ±2% при номинальном расходе. Основные габаритные размеры скоростных счетчиков приведены в табл. III.2 и III.3, присоединительные фланцы выполняются по ГОСТу 1234—54.

Таблица III.2

Основные габаритные и присоединительные размеры (в *мм*) скоростных водомеров типов ВКМ, ВВ, УВТ

Тип	Длина с присоединительными фланцами		Высота		Ширина	
	«Водоприбор», Москва; Луцкий приборостроительный завод	«Ленводоприбор», Ленинград	«Водоприбор», Москва; Луцкий приборостроительный завод	«Ленводоприбор» Ленинград	«Водоприбор», Москва, Луцкий приборостроительный завод	«Ленводоприбор», Ленинград
ВКМ-10	—	295	—	149	—	105
ВКМ-20	—	295	—	149	—	112
ВВ-50	155	155	196	193	165	165
ВВ-80	200	205	226	225	200	200
ВВ-100	480	215	291	248	272	220
ВВ-150	500	262	350	303	312	285
ВВ-200	520	268	412	358	368	340
УВТ-100	480	—	255	—	220	—

Примечание. Длина водомеров ВКМ-10 и ВКМ-20 с присоединительными штуцерами 358 *мм*; резьба штуцеров соответственно труб. $1^1/_4''$ и $1^1/_2''$.

Таблица III.3

Основные габаритные и присоединительные размеры (в *мм*) скоростных водомеров типов ВКОС и ВКМС

Тип	Длина	Резьба присоединительных штуцеров	Высота	Ширина
ВКОС-15	220	Труб. $^3/_4''$	132	100
ВКОС-20	250	Труб. $^3/_4''$	132	100
ВКОС-30	300	Труб. $1^1/_4''$	145	100
ВКОС-40	330	Труб. $1^1/_2''$	145	100
ВКМС-25	315	Труб. $1''$	160	115
ВКМС-32	340	Труб. $1^1/_4''$	160	115

Для обеспечения правильной работы счетчиков необходимо их устанавливать таким образом, чтобы все сечение счетчика было полностью заполнено жидкостью. Перед установленным счетчиком необходимо иметь прямой участок трубы длиной (8—10) D, а за ним — прямой участок длиной (3—5) D, где D — диаметр трубопровода. До и после прямого участка устанавливаются запорные устройства. За водомером перед запорным устройством устанавливается кран для спуска воды.

Счетчики жидкостей объемные. Принцип действия объемных счетчиков основан на отсчете количества определенных объемов, вытесняемых из измерительной камеры прибора под действием разности давлений на счетчике. По характеру движения измерительных элементов объемные счетчики подразделяются на поршневые с прямолинейным возвратно-поступательным движением, дисковые со сложным движением и счетчики с овальными шестернями, ротационные и др., имеющие вращательное движение. Объемные счетчики сложнее скоростных, но обеспечивают малую погрешность измерения. Типы, назначение, технические характеристики и заводы-изготовители объемных счетчиков приведены в табл. III.4.

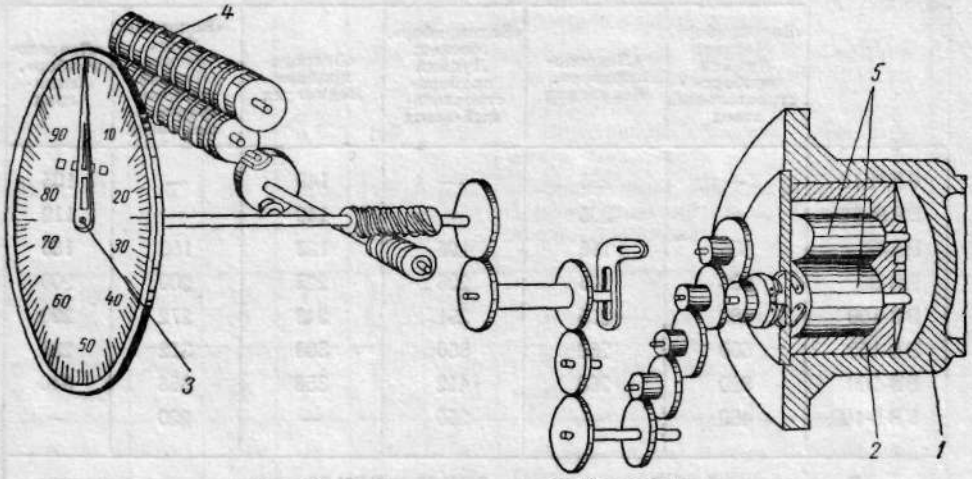


Рис. III.2. Схема счетчика СВШ-5 16/40

В качестве примера устройства счетчика с овальными шестернями на рис. III.2 приведена схема счетчика СВШ-5 16/40. В полость корпуса *1* вставлена измерительная камера *2* с двумя овальными шестернями *5*, которые находятся друг с другом в зацеплении и при вращении под действием потока измеряемой жидкости непрерывно обкатывают друг друга. Измерение объемного количества жидкости происходит за счет периодического отсекания определенных ее объемов, заключенных в полостях между цилиндрической поверхностью измерительной камеры и овальными поверхностями шестерен. Вращение овальных шестерен передается стрелочному *3* и роликовому *4* счетным указателям с помощью магнитной муфты, состоящей из двух полумуфт, и системы зубчатых колес. Счетчики должны монтироваться так, чтобы оси вращения овальных шестерен располагались горизонтально.

Счетчик СЖШ-1000 имеет на крышке реверсивный механизм, служащий для обеспечения постоянного направления вращения роликового и стрелочного указателей независимо от направления потока жидкости.

Номинальный расход контролируемой среды через счетчики типа ШЖУ и ШЖУА в зависимости от вязкости приведен в табл. III.5.

На счетчиках ШЖО и ШЖАО может устанавливаться блок-датчик типа БДВ, обеспечивающий дистанционную передачу показаний количества, мгновенного расхода и дозирования жидкости. В зависимости от исполнения блока-датчика БДВ счетчики могут устанавливаться во взрывоопасных помещениях.

Таблица III.4

Технические характеристики объемных счетчиков для жидкости

Тип прибора	Тип измерительного элемента	Калибр (диаметр условного прохода) в *мм*	Контролируемая среда	Расход контролируемой среды в $м^3/ч$		Параметры контролируемой среды			Габаритные размеры в *мм*	Изготовитель
				минимальный	максимальный	температура в °С	давление в $кгс/см^2$	вязкость в *сст*		
ШЖУ-15-16	Овальные шестерни	15	Бензин, толуол, ксилол, ацетон, бензол, пентан, амилен, изопентан	—	—	—	16	До 300	300×180×196	Завод жидкостных счетчиков, Ливны
ШЖУ-25-16		25							325×250×196	
ШЖУ-40-16		40							392×325×255	
ШЖУ-60-16		60							418×380×305	
ШЖУ-80-16		80							460×520×430	
ШЖУА-15-16		15	Щелочные растворы, ацетальдегид, уксусная кислота, формальдегид						300×180×196	
ШЖУА-25-16		25							325×250×196	
ШЖУА-40-16		40							392×325×255	
ШЖУА-60-16		60							418×380×305	
ШЖУА-80-16		80							460×520×430	
2-СВШС-25		25	Бензин, керосин, нефтепродукты	0,800 0,600	4	—20÷+40 0—40	3	— 6—60	221×186×148	
СВШ-5 16/40		40		2,5 1	15 12	—20÷+40 0—60	6	— 6—60	341×274×265	

Продолжение табл. III. 4

Тип прибора	Тип измерительного элемента	Калибр (диаметр условного прохода) в *мм*	Контролируемая среда	Расход контролируемой среды в $м^3/ч$		Параметры контролируемой среды			Габаритные размеры в *мм*	Изготовитель
				минимальный	максимальный	температура в °С	давление в $кгс/см^2$	вязкость в *сст*		
СВШС-40	Овальные шестерни	40	Бензин, керосин, нефтепродукты	3 2	20 16	—30÷+40 0—40	3	— 6—60	270×303×257	Министерство приборостроения, средств автоматизации и систем управления
СШМ-80		80		6	60	—20÷+40 0—40	6	— 6—60	594×445×400	
СЖШ-1000		80	Светлые нефтепродукты	6	60	—40÷+40	6		594×445×420	
ШЖО-40-16 ШЖО-60-16		40 60	Сырой парафин, дистиллированный и возвратный парафин I и II фракции, второй остаток парафина после дистилляции	1,5 3	6 15	— —	16	До 60	440×354×295 (с блоком БДВ) 470×402×352 (с блоком БДВ)	
ШЖАО-40-16 ШЖАО-60-16		40 60	Жирные кислоты, непромытые жирные кислоты, окисленный парафин, оксидат, разные фракции дистиллированных жирных кислот	1,5 3	6 15	— —			440×354×295 (с блоком БДБ) 470×402×352 (с блоком БДВ)	

Тип прибора	Тип измерительного элемента	Калибр (диаметр условного прохода) в *мм*	Контролируемая среда	Расход контролируемой среды в *м³/ч*		Параметры контролируемой среды			Габаритные размеры в *мм*	Изготовитель
				минимальный	максимальный	температура в °С	давление в *кгс/см²*	вязкость в *сст*		
ДБ-40	Дисковый поршень	40	Бензин	1,2	10	—30÷ +40	3	—	300×260×370	Завод аналитических приборов, Киев
ЛЖ-100-8	Выдвижные лопасти	100	Авиационные топлива и бензин	—	—	—50÷ +50	8	—	480×430×685	
КцЖУ-40-6	Кольцевой поршень	40	Бензин, керосин, нефтепродукты	1,5 1,2	15 12	—20÷ +40 0—60	6	— 6—60	315×306×400	
МП	Поршень	15	Темные нефтепродукты	0,01; 0,04; 0,07;	0,05; 0,25; 0,50;	10—100	10	20—90	214×235×622	Приборостроительный завод, Ивано-Франковск
		30		0,12; 0,19; 0,3; 0,5; 0,6	0,8; 1,25; 2; 3,2; 4	10—100	10	20—90	336×295×758	

Примечание. Основная погрешность счетчиков равна ±0,5%; погрешность счетчика ДБ-40 при расходе менее 2 *м³/ч* равна ±1%, при расходе более 2 *м³/ч* ±0,5% погрешность мазутомеров МП приведена в табл. III.7.

Таблица III.5

Номинальный расход (в $м^3/ч$) контролируемой среды через счетчики типа ШЖУ и ШЖУА в зависимости от вязкости

Тип	Вязкость жидкости в *сст*			
	До 6	6—60	60—150	150—300
ШЖУА-15-16 ШЖУ-15-16	1,4	1,1	1,0	0,8
ШЖУА-25-16 ШЖУ-25-16	3,0	2,5	2,2	1,8
ШЖУА-40-16 ШЖУ-40-16	7,0	5,6	5,0	4,0
ШЖУА-60-16 ШЖУ-60-16	16,0	12,5	11,0	9,0
ШЖУА-80-16 ШЖУ-80-16	36,0	28,0	25,0	20,0

На рис. III.3 приведена конструкция бензосчетчика ДБ-40. В измерительной камере *2* установлена радиальная перегородка *1*, исключающая возможность непосредственного протекания жидкости от входного отверстия камеры к выходному. Дисковый поршень *3* состоит из диска, двух пулушарий и оси. Диск имеет прорезь, в которую входит радиальная перегородка, являющаяся направляющей поршня. При протекании жидкости через прибор дисковый поршень совершает колебательное движение, которое передается на роликовый *4* и стрелочный *5* указатели.

Конструкция счетчика жидкости лопастного типа ЛЖ-100-8 приведена на рис. III.4. В корпусе *9* под действием потока измеряемой жидкости вращается на шарикоподшипниках *7* барабан *11* с четырьмя лопастями *8*, расположенными в диаметрально противоположных направлениях под углом 90° друг к другу. В приливе каждой лопасти на осях *5* установлены ролики *4*, которые при вращении обкатываются по кулаку *6*, неподвижно закрепленному на оси *10*. Благодаря этому при вращении барабана с лопастями последние совершают возвратно-поступательные движения, отсекая за один оборот четыре строго определенных объема измеряемой жидкости. Движение барабана через пару зубчатых шестерен *3*, радиальную магнитную муфту *12*, передаточный механизм *13*, коническую пару *14* и систему зубчатых колес *15* передается большой и малой стрелкам *1* и валикам цифровых барабанов *2*. Для приведения показаний счетчика в соответствие с действительным количеством пропущенной жидкости в передаточном механизме *13* предусмотрен блок сменных шестерен. Номинальный расход контролируемой среды через счетчик ЛЖ-100-8 в зависимости от вязкости приведен в табл. III.6. Пределы измерения расхода равны 25—150% от номинального.

Конструкция счетчика жидкости кольцевого унифицированного типа КцЖУ-40-6 приведена на рис. III.5. Корпус счетчика *3*, являющийся одновременно измерительной камерой, закрыт промежуточной крышкой *2*, в которой предусмотрены два серповидных отверстия для входа и выхода жидкости. Измерительная камера имеет два внутренних цилиндрических

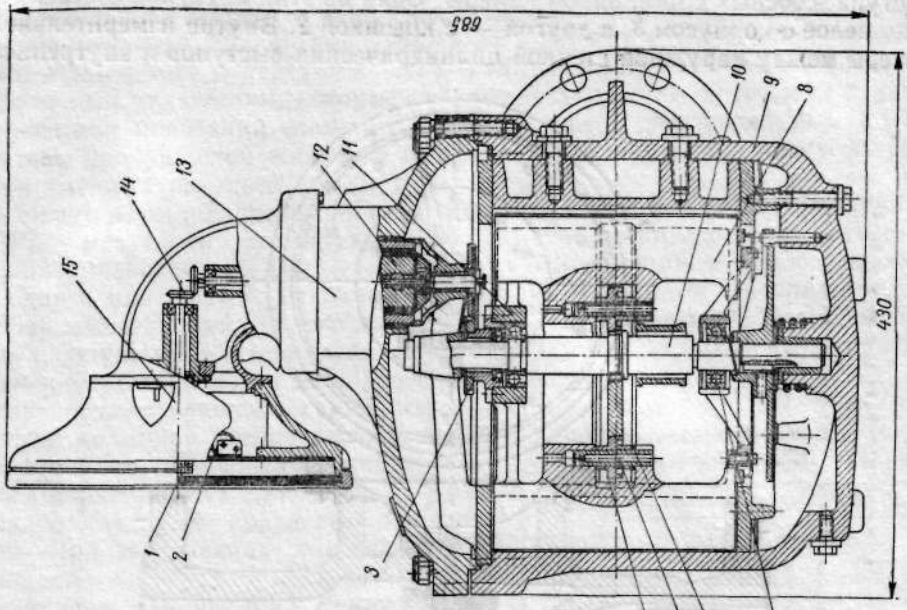


Рис. III.4. Счетчик лопастной ЛЖ-100-8

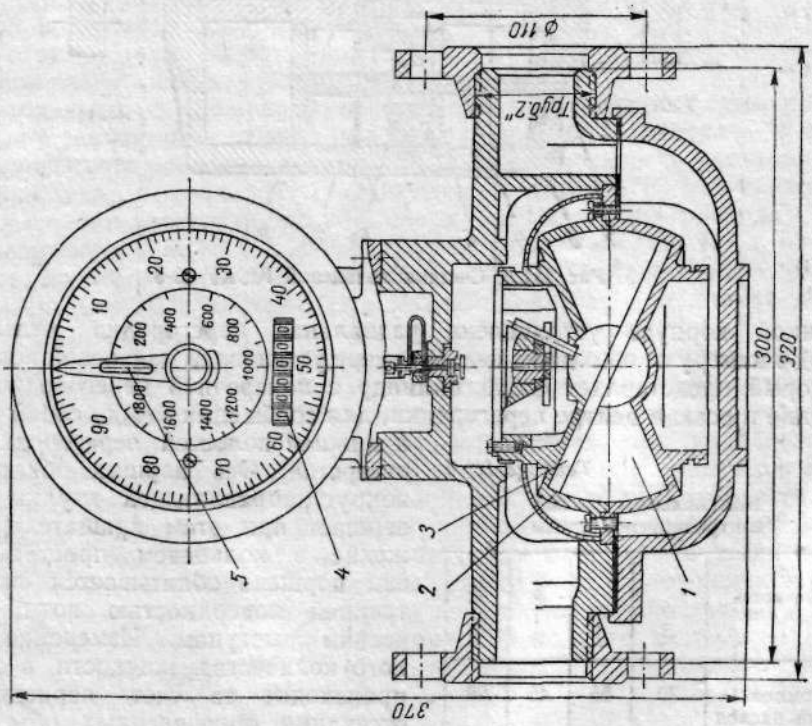


Рис. III.3. Бензосчетчик ДБ-40

выступа, соосных с цилиндром камеры. Один из этих выступов составляет одно целое с корпусом *3*, а другой — с крышкой *2*. Внутри измерительной камеры между наружной стенкой цилиндрических выступов и внутренней

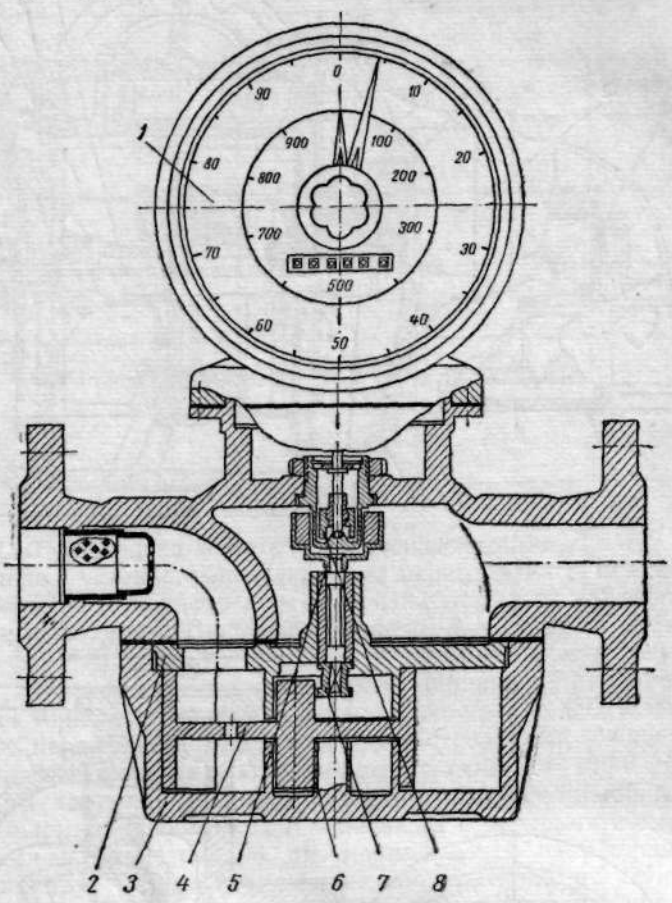


Рис. III.5. Счетчик кольцевой КцЖУ-40-6

стенкой корпуса установлена радиальная перегородка, отделяющая вход в камеру от выхода из нее. В камере установлен кольцевой поршень *4*, который представляет собой цилиндр с поперечной перегородкой посередине и осью в центре перегородки, для сообщения между собой верхней и нижней полостей перегородка имеет отверстие. Ось поршня обкатывается вокруг направляющей втулки *6* и совершает при этом вращательное движение в кольцевом пространстве, а сам поршень обкатывается своей внутренней поверхностью по цилиндрическим выступам. Измерение объемного количества жидкости в счетчике происходит за счет периодического отсекания определенных объемов, заключенных в серповидных полостях

Таблица III.6

Номинальный расход контролируемой среды

Вязкость в *сст*	До 6	6—60	60—150	150—300
Номинальный расход в $м^3/ч$	70	56	45	28

измерительной камеры и кольцевого поршня. Движение поршня с помощью поводка *7*, магнитной муфты, состоящей из ведущего *5* и ведомого *8* магнитов, и передаточного механизма передается барабанному и стрелочным указателям, которые расположены на счетной головке *1*. Для приведения показаний счетчика в соответствие с действительным количеством пропущенной жидкости в передаточном механизме предусмотрен блок сменных шестерен.

Мазутомеры поршневые МП выпускаются в следующих модификациях: МПС — мазутомер суммирующий; МПСП — мазутомер суммирующий и показывающий; МПСФ — мазутомер суммирующий и показывающий с одним или двумя выходными ферродинамическими датчиками ДФ любой модификации для дистанционной передачи показаний. Преобразование величины объема протекающей через мазутомер жидкости в пропорциональное число оборотов выходного валика осуществляется гидромотором, четыре цилиндра которого поочередно наполняются измеряемой жидкостью. Последовательность заполнения цилиндров задается кольцевым золотником. При заполнении очередных цилиндров жидкостью поршни в этих цилиндрах опускаются. Усилие, развиваемое опускающимися поршнями, используется для выталкивания жидкости из цилиндров, подключенных к выходному трубопроводу, а также для вращения кольцевого золотника и выходного валика. Число оборотов последнего с помощью кинематической передачи преобразуется в головке мазутомера в показания счетчика суммарного расхода и в зависимости от типа прибора с помощью тахометра — в значения мгновенного расхода жидкости. Основная погрешность мазутомеров МП приведена в табл. III.7. Мазутомеры типа МПС допускают не более 6 *ч* в сутки перегрузку до 20% сверх максимального расхода. Питание мазутомеров МПСП и МПСФ осуществляется от сети 127 *в*, 50 *гц*; мощность, потребляемая этими приборами, 12 *в·а*. По требованию заказчика в мазутомер МПСФ может быть встроен делитель для снятия доли выходного напряжения с одного ферродинамического датчика *.

Таблица III.7

Основная погрешность мазутомеров МП

Диаметр условного прохода в *мм*	Основная погрешность в %		
	показаний мгновенного расхода	показаний по шкале вторичного прибора	суммирования
15	±2	±3	±2
30	±1,5	±2,5	±1

На трубопроводе перед объемными счетчиками жидкости должен быть установлен фильтр или фильтр-воздухоотделитель. При пропускании через счетчик маловязких жидкостей (до 6 *сст*) перед счетчиком должен быть установлен фильтр-воздухоотделитель для улавливания взвешенных в жидкости твердых частиц и для отделения пузырьков воздуха, газа, паров воды и паров измеряемой жидкости, отрицательно влияющих на точность измерения. При пропускании через счетчик жидкостей вязкостью выше 6 *сст* перед счетчиком может быть установлен фильтр без воздухоотделителя. Счетчик должен быть смонтирован таким образом, чтобы он всегда был заполнен измеряемой жидкостью.

Шариковый расходомер типа «Сатурн». Расходомер состоит из датчика типа ДРШС (табл. III.8) и электронного преобразователя типа ПИРС-5УД.

* Ферродинамические датчики описаны в гл. XIV.

Таблица III.8

Технические характеристики датчиков ДРШС

Тип	Верхние пределы измерения в $м^3/ч$	Максимальный размер твердых включений	Строительная длина	Присоединительные фланцы			
				Наружный диаметр	Диаметр окружности присоединительных отверстий	Диаметр присоединительных отверстий	Количество отверстий
		мм					
ДРШС-32	2,5; 3,15; 4	2	180	150	110	23	4
ДРШС-40	4; 5; 6,3; 8; 10	2	190	165	125	23	4
ДРШС-50	8; 10; 12,5; 16; 20; 25	2	220	175	135	23	4
ДРШС-70	20; 25; 31,5; 40; 50; 63;	3	250	200	160	23	8
ДРШС-100	40; 50; 63; 80; 100; 125	4	280	250	200	25	8
ДРШС-125	80; 100; 125; 160; 200	5	330	295	240	30	8
ДРШС-150	160; 200; 250; 315; 400	6	370	340	280	34	8

Под действием движущейся жидкости в датчике расхода вращается свободно расположенный шар. Скорость вращения шара пропорциональна скорости потока в трубопроводе и, следовательно, расходу. Вращение шара бесконтактным способом преобразуется в частоту следования электрических импульсов, подаваемых на электронный преобразователь. Последний преобразует входную частоту в выходной сигнал 0—5 *ма*.

Прибор предназначен для измерения расхода жидкости вязкостью 0,3—5 *сст* с удельным весом 0,7—1,4 $г/см^3$, неагрессивной по отношению к стали 1Х18Н9Т и резинам, стойким к щелочам, кислотам, нефтепродуктам и солевым растворам (марка резины выбирается в зависимости от контролируемой среды). Давление жидкости — до 64 $кгс/см^2$, допустимое содержание твердых включений — до 30 *г/л*, максимальный размер твердых включений указан в табл. III.8. Температура среды, окружающей датчик от —30 до +60° С. Датчик может быть выполнен во взрывозащищенном исполнении.

Габаритные размеры преобразователя ПИРС-5УД равны 160×160×270 *мм*, он может устанавливаться на расстоянии до 100 *м* от датчика и предназначен для работы во невзрывоопасных помещениях. Основная погрешность расходомеров в диапазоне измерения 30—100% расхода не превышает ±1,6%, питание 220 *в*, 50 *гц*; потребляемая мощность — до 30 *в·а*.

Изготовитель: Смоленский опытный завод НИИтеплоприбора.

Счетчики газа ротационные типа РС. Счетчики предназначены для учета объемного количества очищенных неагрессивных горючих газов (природный, смешанный, светильный, масляный, пропан-бутон).

Модификации счетчиков и их технические характеристики приведены в табл. III.9, конструкция — на рис. III.6. В корпусе *1* находятся два ротора *2*, которые при вращении обкатываются своими боковыми поверх-

Таблица III.9

Технические характеристики ротационных газовых счетчиков типа РС

Модификация	Диаметр условного прохода в *мм*	Номинальный расход в $м^3/ч$	Погрешность показаний при расходах		Габаритные размеры в *мм*
			10—20% от номинального	20—120% от номинального	
РС-40М	56	40	±3	±2	300×180×210
РС-100М	80	100	±2	±2	332×250×240
РС-250М	125	250	±2	±2	510×410×360
РС-400	150	400	±2	±2	592×410×360
РС-600М	175	600	±2	±2	663×485×440
РС-1000	225	1000	±2	±2	773×550×500

ностями, соприкасаясь с внутренней поверхностью корпуса. Механизм их вращения аналогичен механизму вращения овальных шестерен у описанных выше счетчиков жидкости. Выведенный из корпуса вал ротора связан кулачковой муфтой с валом редуктора, а через него — со счетным механизмом.

Счетчики работают при температуре газа в пределах 0—50° С и давлении до 1 *кгс/см²*. Для давления газов свыше 1 *кгс/см²* счетчики могут быть изготовлены по специальному заказу. Потеря напора на счетчике при номинальном расходе для всех типоразмеров приборов не превышает 30 *мм вод. ст.* Для контроля в процессе эксплуатации за величиной потери напора на счетчике имеется дифференциальный манометр, показания которого позволяют определять степень засорения счетчика. Наименьший расход через счетчик равен 10% от номинального, наибольший (не более 6 *ч* в сутки)— 120% от номинального. Счетчики РС-40М и РС-100М монтируются непосредственно на трубопроводе, приборы остальных модификаций устанавливаются на фундаменте. Счетчики типа РС могут поставляться на экспорт в обычном и в тропическом исполнении.

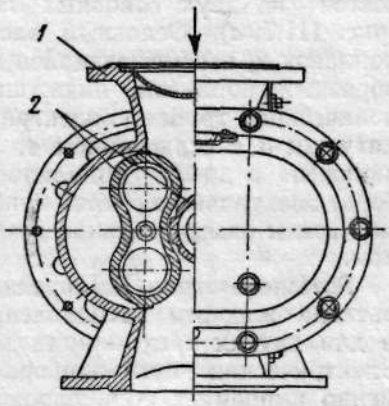


Рис. III.6. Счетчик газовый ротационный РС

Изготовитель: Приборостроительный завод, Ивано-Франковск.

§ 2. РАСХОДОМЕРЫ ОБТЕКАНИЯ

Расходомеры постоянного перепада. Из этих расходомеров наибольшее распространение получили ротаметры, принцип действия которых заключается в том, что при движении жидкости или газа снизу вверх через конусную трубку поплавок поднимается или опускается до тех пор, пока сила тяжести не уравновешивается разностью давлений до и после поплавка и выталкивающей силой. Благодаря этому каждой величине расхода при определенной плотности и кинематической вязкости среды соответствует

строго определенное положение поплавка. Ротаметры выпускаются для местного измерения расхода без дистанционной передачи показаний, с электрической дистанционной передачей показаний без местной шкалы, с электрической дистанционной передачей и местной шкалой показаний, с пневматической дистанционной передачей показаний без местной шкалы, с пневматической дистанционной передачей и местной шкалой показаний. На заводе-изготовителе ротаметры тарируются по воде или воздуху. Для других сред ротаметры можно применять как расходомеры при условии индивидуальной тарировки.

Ротаметры для местного измерения (табл. III.10) имеют конические трубки из стекла или органического стекла для непосредственного наблюдения за поплавком, верхняя кромка которого показывает по шкале величину расхода. Ротаметры типа РСН предназначены для измерения расхода агрессивных, а РСФ — высокоагрессивных сред. Предельное рабочее давление для ротаметров, перечисленных в табл. III.10, равно 6 *кгс/см*^{2}, температура окружающего воздуха $-30 \div +50°$ С, температура контролируемой среды для ротаметров типа РС и РСН $-30 \div +50°$ С, для ротаметров типа РСФ $-30 \div +100°$ С. Нижний предел измерения равен 20% от верхнего. Приборы, перечисленные в табл. III.10, выпускаются Министерством авиационной промышленности.

Ратаметры с электрической дистанционной передачей (табл. III.11) состоят из двух основных частей — ротаметрической и электрической (рис. III.7, *а*). Основным элементом ротаметрической части является поплавок *2*, перемещающийся внутри кольцевой диафрагмы *1*, или грибообразный поплавок, движущийся внутри вертикально расположенной конической трубки. Электрическая часть состоит из индукционной катушки *3* с сердечником *4*, жестко связанным с поплавком. Катушка включена в дифференциально-трансформаторную схему вторичного прибора. Электрическая часть прибора защищена от попадания в нее измеряемой среды разделительной трубкой *5*, снаружи катушка защищена кожухом.

Ротаметры типа РН предназначены для измерения и регулирования расхода жидкого расплавленного нафталина, они могут применяться и для других сред, кристаллизующихся при нормальной температуре. Электрическая часть прибора закрывается кожухом, который одновременно выполняет роль паровой рубашки; из кожуха через переходник пар поступает в корпус датчика, максимальная температура греющего пара 140° С, максимальное давление пара 4 *кгс/см*^{2}. Габаритные размеры ротаметра РН равны $278 \times 340 \times 400$ *мм*.

У ротаметров, перечисленных в табл. III.11, материал деталей, соприкасающихся с контролируемой средой, — сталь Х18Н9Т. Наименьший предел измерения — 20% от наибольшего. Присоединение ротаметров с диаметром условного прохода 6 *мм* — ниппельное, остальных моделей — фланцевое. Ротаметры (кроме приборов типа РДР) поставляются со вторичными приборами типа ЭПИД, они могут работать и с другими приборами дифференциально-трансформаторной системы, наибольшее расстояние до вторичного прибора 250 *м*. Технические характеристики этих ротаметров приведены в табл. III.12.

Ротаметры типа РДР выпускаются московским опытным предприятием КБ «Цветметавтоматика», остальные — Министерством авиационной промышленности.

Ротаметры с электрической дистанционной передачей и местной шкалой показаний типа РЭВ-0,16Ж — РЭВ-63Ж предназначены для

Таблица III.10

Технические характеристики стеклянных ротаметров для местного измерения расхода

Тип	Наибольший предел измерения по воде в м³/ч	Диаметр условного прохода в мм	Присоединение	Погрешность измерения в %	Габаритные размеры в мм	Материал деталей, соприкасающихся с измеряемой средой
РС-0,025Ж РС-0,04Ж	0,025 0,04	6	Резьба М10		∅ 29×360	
РС-0,063Ж РС-0,1Ж	0,063 0,1	10	Резьба М14		∅ 32×410	
РС-0,16Ж РС-0,25Ж РС-0,4Ж	0,16 0,25 0,4	15	Фланцевое (ГОСТ 1255—54)		∅ 80×460	Стекло и сталь Х18Н9Т
РС-0,63Ж РС-1Ж РС-1,6Ж	0,63 1 1,6	20 25 32			∅ 90×576 ∅ 100×640 ∅ 120×650	
РС-2,5Ж РС-4Ж	2,5 4	40			∅ 130×785	
РСН-0,025Ж РСН-0,04Ж	0,025 0,04	6	Резьба М10	±1,5	∅ 29×360	
РСН-0,063Ж РСН-0,1Ж	0,063 0,1	10	Резьба М14		∅ 32×410	
РСН-0,16Ж РСН-0,25Ж РСН-0,4Ж	0,16 0,25 0,4	15	Фланцевое (ГОСТ 1255—54)		∅ 80×460	Стекло, сталь Х17Н13М2Т, кислотощелочестойкая резина
РСН-0,63Ж	0,63	20			∅ 90×576	
РСН-1Ж	1	25			∅ 100×640	
РСН-1,6Ж	1,6	32			∅ 120×650	
РСН-2,5Ж РСН-4Ж	2,5 4	40			∅ 130×785	
РСФ-0,016Ж РСФ-0,025Ж РСФ-0,04Ж	0,016 0,025 0,04	6	Резьба М10		∅ 29×360	
РСФ-0,063Ж РСФ-0,1Ж	0,063 0,1	10	Резьба М14		∅ 32×410	
РСФ-0,16Ж РСФ-0,25Ж РСФ-0,4Ж	0,16 0,25 0,4	15		±2,5	∅ 80×460	Фторопласт-4, стекло
РСФ-0,63Ж	0,63	20	Фланцевое (ГОСТ 1255—54)		∅ 90×576	
РСФ-1Ж	1	25			∅ 100×640	
РСФ-1,6Ж	1,6	32			∅ 120×650	
РСФ-2,5Ж РСФ-4Ж	2,5 4	40 40			∅ 130×785	

Таблица III.11

Технические характеристики ротаметров с электрической дистанционной передачей показаний

Тип	Наибольший предел измерения по воде в $м^3/ч$	Рабочее давление в $кгс/см^2$	Диаметр условного прохода в *мм*	Габаритные размеры датчика в *мм*
РЭМ-0,025Ж	0,025	64	6	270×120×50
РЭМВ-0,025Ж	0,025			290×190×50
РЭМ-0,04Ж	0,04			270×120×50
РЭМВ-0,04Ж	0,04			290×190×50
РЭМ-0,063Ж	0,063			270×120×50
РЭМВ-0,063Ж	0,063			290×190×50
РЭМ-0,1Ж	0,1		20	385×166×112
РЭМВ-0,1Ж	0,1			396×220×150
РЭМ-0,16Ж	0,16			385×166×112
РЭМВ-0,16Ж	0,16			396×220×150
РЭМ-0,25Ж	0,25			385×166×112
РЭМВ-0,25Ж	0,25			396×220×150
РЭМ-0,4Ж	0,4			385×166×112
РЭМВ-0,4Ж	0,4			396×220×150
РЭМ-0,63Ж	0,63		40	438×194×136
РЭМВ-0,63Ж	0,63			443×235×164
РЭМ-1Ж	1			438×194×136
РЭМВ-1Ж	1			443×235×164
РЭМ-1,6Ж	1,6			438×194×136
РЭМВ-1,6Ж	1,6			443×235×164
РЭМ-2,5Ж	2,5			438×194×136
РЭМВ-2,5Ж	2,5			443×235×164
РЭМ-4Ж	4			438×194×136
РЭМВ-4Ж	4			443×235×164
РЭМ-6,3Ж	6,3	16	70	538×300×212
РЭМВ-6,3Ж	6,3			540×300×212
РЭМ-10Ж	10			538×300×212
РЭМВ-10Ж	10			540×300×212
РЭМ-16Ж	16			538×300×212
РЭМВ-16Ж	16			540×300×212
РЭМ-25Ж	25			538×300×212
РЭМВ-25Ж	25			540×300×212
РЭМ-40Ж	40		125	590×312×245
РЭМВ-40Ж	40			565×312×245
РЭМ-63Ж	63			590×312×245
РЭМВ-63Ж	63			565×312×245
РН-100-4	0,1	4	25	400×340×280
РН-160-4	0,16			
РН-250-4	0,25			
РН-400-4	0,40			
РДР-304	0,04; 0,063; 0,1; 0,125; 0,32	16	16	268×170×96
РДР-306	0,03; 0,063	6	10	226×138×54

измерения расхода жидкого фосгена и других сред, нейтральных к стали марки Х17Н13М2Т и фторопласту-4, из которых изготовляются детали, соприкасающиеся с измеряемой средой. У остальных ротаметров, пере-

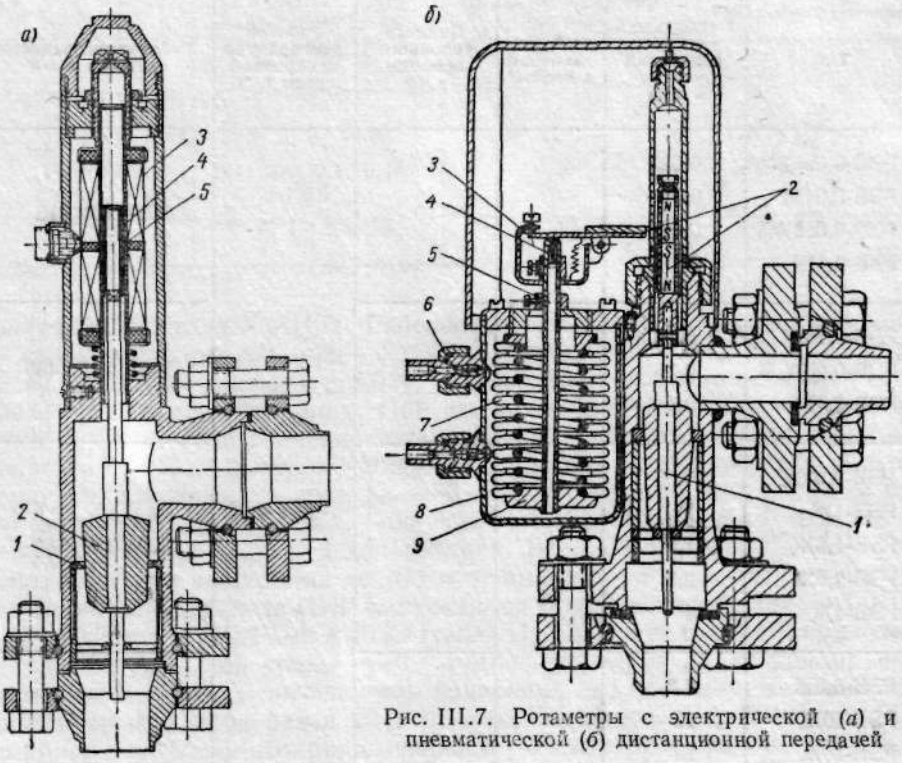


Рис. III.7. Ротаметры с электрической (*а*) и пневматической (*б*) дистанционной передачей

численных в табл. III.13, материал деталей, соприкасающихся с измеряемой средой, — сталь Х18Н9Т и стекло. Ротаметр РЭВ-0,05Ж предназначен для измерения расхода водорода, он так же, как остальные ротаметры этой группы, имеет взрывозащищенное исполнение категории ВЗГ. Ротаметры поставляются со вторичными приборами типа ЭПИД, они могут работать и с другими приборами дифференциально-трансформаторной системы. Наименьший предел измерения — 20% от наибольшего, погрешность измерения не превышает ±2,5%, присоединение — фланцевое. Ротаметры типа РЭВ выпускаются Министерством авиационной промышленности.

Ротаметры с пневматической дистанционной передачей состоят из двух основных частей — ротаметрической и пневматической. На рис. III.7, *б* приведена конструкция пневматического индикатора расхода типа ПИР.

Таблица III.12

Температура контролируемой среды, исполнение по взрывобезопасности и основная погрешность измерения ротаметров с электрической дистанционной передачей показаний

Тип	Температура контролируемой среды в °С	Исполнение по взрывобезопасности	Основная погрешность измерения в %
РЭМ	0—100	—	±2,5
РЭМВ	0—100	ВЗГ	±2,5
РН	До 140	В2А	±4
РДР-304	10—40	—	±2,5
РДР-306	10—80	—	±2,5

Таблица III.13

Технические характеристики ротаметров с электрической дистанционной передачей и местной шкалой показаний

Тип	Наибольший предел измерения по воде в $м^3/ч$	Рабочее давление в $кгс/см^2$	Диаметр условного прохода в *мм*	Рабочая температура измеряемой среды в °С	Габаритные размеры датчика в *мм*
РЭВ-0,025Ж РЭВ-0,04Ж РЭВ-0,063Ж РЭВ-0,1Ж	0,025 0,04 0,063 0,1	5	10	−40÷+70	202×72×415
РЭВ-0,16Ж РЭВ-0,25Ж РЭВ-0,4Ж	0,16 0,25 0,4	64	20		227×141×495
РЭВ-0,63Ж РЭВ-1Ж РЭВ-1,6Ж РЭВ-2,5Ж РЭВ-4Ж	0,63 1 1,6 2,5 4		40		225×150×540
РЭВ-6,3Ж РЭВ-10Ж РЭВ-16Ж РЭВ-25Ж РЭВ-40Ж РЭВ-63Ж	6,3 10 16 25 40 63		70		307×212×638
РЭВ-0,05Ж	0,05 *	5	6	20	110×160×400

* Расчетный расход по водороду 5 $м^3/ч$.

Движение поплавка *1* через магнитную муфту *2* передается заслонке *3*, регулирующей выход воздуха из сопла *4*, которое трубкой *5* жестко соединено с донышком *9* сильфона *7*. Сильфон помещен в герметичном кожухе *8*, к которому через дроссель *6* подводится воздух из линии питания. В зависимости от положения заслонки *3* относительно сопла *4* под кожухом *8* создается давление, сжимающее или разгружающее сильфон. Перемещения сильфона и соединенного с ним сопла *4* обеспечивают жесткую обратную связь. Различные пределы измерения (табл. III.14) обеспечиваются за счет сменных поплавков у индикаторов расхода типа ПИР-6М и ПИР-8М и сменных конических стаканов у индикатора типа ПИР-7М. Детали индикатора расхода, соприкасающиеся с контролируемой средой, изго-

Таблица III.14

Технические характеристики ротаметров с дистанционной пневматической передачей показаний

Тип	Наибольший предел измерения по воде в $м^3/ч$	Диаметр условного прохода	Габаритные размеры
		мм	
ПИР-6М	1; 2; 3; 4; 5	24	285×235×135
ПИР-7М	0,1; 0,2; 0,3; 0,45; 0,6	20	285×200×105
ПИР-8М	6; 8; 10; 13; 16	36	310×270×170

товляются из стали Х18Н9Т. Рабочее давление контролируемой жидкости 64 *кгс/см²*, температура —30÷+120° С, вязкость не более 1000 *сп*. Погрешность измерения расхода ±4,5%, минимальный контролируемый расход равен 15% от максимального. При изменении расхода жидкости от минимума до максимума давление воздуха на выходе пневмосистемы прибора меняется от 0,2 до 1 *кгс/см²*. Индикатор расхода может работать при температуре окружающего воздуха —30÷+35° С. В комплект поставки входят вторичный прибор МСС-710ч или О4МСС-410, панель дистанционного управления и фильтр для воздуха. Вторичный прибор может устанавливаться на расстоянии до 100 *м* от индикатора расхода.

Индикаторы расхода ПИР выпускаются Воронежским филиалом ОКБА.

Ротаметры РПМ, РПФ и РПО (табл. III.15) могут работать при температуре окружающей среды —40÷+50° С, температура контролируемой жидкости 5—100° С, погрешность измерения ±1,5%, минимальный контролируемый расход равен 20% от максимального. У ротаметров РПМ материал деталей, соприкасающихся с контролируемой средой, — сталь Х18Н9Т, у ротаметров РПФ — фторопласт-4.

Ротаметры типа РПО выпускаются с обогревом корпуса и предназначены для измерения расхода кристаллизующихся агрессивных сред; материал деталей, соприкасающихся с контролируемой средой, — сталь Х17Н13М2Т и фторопласт-4 (уплотнение).

Стрелка шкалы местных показаний у этих ротаметров связана с пневмосистемой с помощью канатика. При изменении расхода от минимума до максимума давление воздуха на выходе пневмосистемы меняется от 0,2 до 1 *кгс/см²*. Присоединение ротаметров — фланцевое. В комплект поставки входят редуктор давления воздуха и воздушный фильтр, вторичный прибор может устанавливаться на расстоянии до 300 *м* от ротаметра. Ротаметры изготовляются Министерством авиационной промышленности.

Расходомеры гидродинамические типов 906 и 907. Принцип действия основан на измерении динамического напора на тело, находящееся в потоке. Орджоникидзевским опытным предприятием Северо-Кавказского филиала КБ «Цветметавтоматика» выпускаются датчики типа 906 и 907, работающие на этом принципе. Датчики предназначены для измерения расхода пульп, их технические характеристики приведены в табл. III.16. Чувствительным элементом датчика является диск, отклонения которого под действием потока преобразуются в приборе в пропорциональное давление сжатого воздуха.

Таблица III.15

Технические характеристики ротаметров с дистанционной пневматической передачей и местной шкалой показаний

Тип	Наибольший предел измерения по воде в $м^3/ч$	Рабочее давление в $кгс/см^2$	Диаметр условного прохода в *мм*	Габаритные размеры в *мм*
РПМ-0,1Ж РПМ-0,16Ж РПМ-0,25Ж	0,1 0,16 0,25	64	10	364×135×198
РПМ-0,4Ж РПМ-0,63Ж РПМ-1Ж	0,4 0,63 1		20	364×135×198
РПМ-1,6Ж РПМ-2,5Ж РПМ-4Ж	1,6 2,5 4		40	364×165×218
РПМ-6,3Ж РПМ-10Ж РПМ-16Ж	6,3 10 16		70	364×195×253
РПМ-25Ж РПМ-40Ж	25 40	16	125	364×245×303
РПМ-63Ж	63		150	364×280×338
РПФ-0,1Ж РПФ-0,16Ж РПФ-0,25Ж	0,1 0,16 0,25		10	344×173×200
РПФ-0,4Ж РПФ-0,63Ж РПФ-1Ж	0,4 0,63 1		20	344×173×200
РПФ-1,6Ж РПФ-2,5Ж РПФ-4Ж	1,6 2,5 4		40	344×185×235
РПФ-6,3Ж	6,3		50	344×185×235
РПФ-10Ж РПФ-16Ж	10 16		70	440×230×256

Продолжение табл. III.15

Тип	Наибольший предел измерения по воде в *м³/ч*	Рабочее давление в *кгс/см²*	Диаметр условного прохода в *мм*	Габаритные размеры в *мм*
РПО-0,1 РПО-0,16 РПО-0,25	0,1 0,16 0,25	64	10	455×216×175
РПО-0,4 РПО-0,63 РПО-1	0,4 0,63 1		20	455×216×175
РПО-1,6 РПО-2,5 РПО-4	1,6 2,5 4		40	445×234×175
РПО-6,3 РПО-10 РПО-16	6,3 10 16		70	445×280×215

Таблица III.16

Технические характеристики индикаторов расхода типов 906 и 907

Тип датчика	Материал деталей, соприкасающихся с контролируемой средой	Диаметр трубопровода в *мм*	Максимальный предел измерения (по воде) в *м³/ч*	Тип датчика	Материал деталей, соприкасающихся с контролируемой средой	Диаметр трубопровода в *мм*	Максимальный предел измерения (по воде) в *м³/ч*
906-1	Сталь Х18Н9Т	50	45	907-7	Титан ВТ1-1	150	180
906-3	Титан ВТ1-1	50	45	907-3	Сталь Х18Н9Т	200	250
906-2	Сталь Х18Н9Т	70	75	907-8	Титан ВТ1-1	200	250
906-4	Титан ВТ1-1	70	75	907-4	Сталь Х18Н9Т	250	300
907-1	Сталь Х18Н9Т	100	120	907-9	Титан ВТ1-1	250	300
907-6	Титан ВТ1-1	100	120	907-5	Сталь Х18Н9Т	300	360
907-2	Сталь Х18Н9Т	125	150	907-10	Титан ВТ1-1	300	360

Давление контролируемой среды не должно превышать 4 *кгс/см²*, а температура 150° С, погрешность измерения ±1,5%. Выходной сигнал датчика меняется от 0,2 до 1 *кгс/см²*, длина пневматической линии связи — до 300 *мм*. Датчик типа 906 устанавливается в разъем трубопровода, датчик типа 907 монтируется на специальном патрубке. Длина прямого участка трубопровода до датчика должна быть не меньше 10, после датчика — 6 диаметров трубопровода.

§ 3. РАСХОДОМЕРЫ ПЕРЕМЕННОГО УРОВНЯ

Датчик регулятора расхода РМ. Прибор предназначен для измерения расхода жидкости, текущей по трубопроводу к сосуду или баку, работающему без давления. Датчик (рис. III.8) представляет собой прямоугольный корпус с двумя патрубками. Боковой патрубок *1* предназначен для входа жидкости, а патрубок *2*, расположенный на днище датчика, — для слива. Внутри корпус разделен перегородкой *3* на две части. Расход в каждый данный момент определяется по величине уровня жидкости перед сливной щелью *4* специального профиля, обеспечивающего прямолинейную зависимость уровня от расхода. Уровень измеряется с помощью

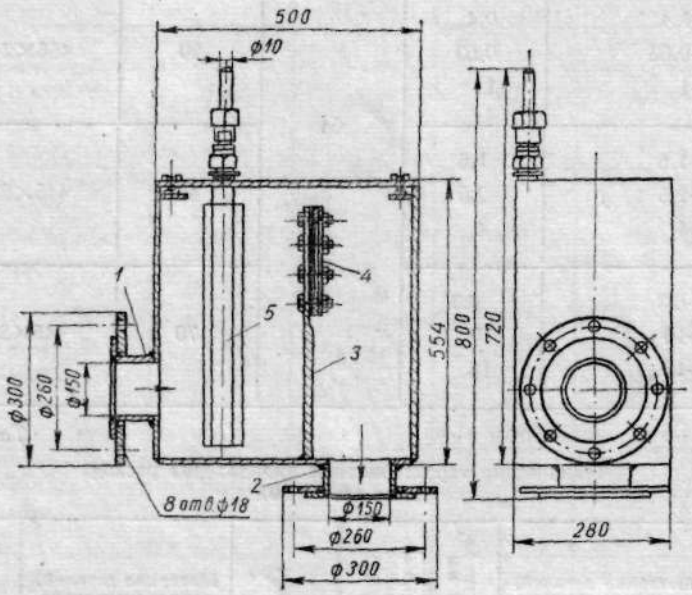


Рис. III.8. Датчик регулятора расхода РМ-I

пьезометрической трубки *5*, погруженной в жидкость перед сливной щелью и непрерывно продуваемой воздухом. Давление в пьезометрической трубке пропорционально уровню, а следовательно, и расходу жидкости. Датчик изготовляется двух модификаций: типа РМ-1 из стали 1Х18Н9Т в основном для измерения расхода слабой азотной кислоты, и типа РМ-3 из углеродистой стали с футеровкой из свинца для измерения расхода серной кислоты. На рис. III.8 изображен датчик типа РМ-1; конструкция датчика РМ-3 аналогична, габаритные размеры его равны 630×300×965.

Воздух для пьезометрической трубки подается от воздушной магистрали с давлением 2—10 *кгс/см*^{2} через фильтр типа ФВ-10 и блок питания воздухом типа БПВЩ-1, которые входят в комплект поставки. Датчик расхода может быть изготовлен на максимальный расход 10, 20, 30 и 50 *м*^{3}*/ч*. Основная погрешность измерения ±3,5% от максимального расхода.

Датчик предназначен для работы в таком температурном диапазоне, при котором измеряемая среда не оказывает корродирующего воздействия на его материал. По требованию заказчика датчик доукомплектовывается вторичными приборами типа ЭМИД-7 или приборами системы АУС.

Датчик регулятора расхода ДРЩ-Т. Датчик предназначен для измерения расхода 60—70% серной кислоты при температуре 60—70° С или других жидкостей, не вызывающих коррозию материала датчика. По конструкции, принципу действия, пределам измерения и комплектности поставки датчик ДРЩ-Т аналогичен датчику РМ. При изменении расхода кислоты через датчик от нуля до максимального значения пневматический сигнал на выходе датчика меняется от 0 до 320 *мм вод. ст.*, погрешность пневматического сигнала не превышает ±3 *мм вод. ст.* Датчик ДРЩ-Т может работать в условиях тропического климата. Габариты датчика ДРЩ-Т равны 580×280×800 *мм*, материал — сталь ЭИ-943.

Датчики РМ и ДРЩ-Т выпускаются Харьковским филиалом ОКБА.

Щелевой датчик расхода типа ЩР-1875. Северо-Кавказским филиалом КБ «Цветметавтоматика» выпускается щелевой датчик расхода типа ЩР-1875 для измерения расхода агрессивных и кристаллизующихся растворов. Датчик выпускается в трех модификациях:

а) датчик расхода со щелью типа ЩР предназначен для измерения расхода агрессивных некристаллизующихся растворов и пульп, а также растворов и пульп, содержащих абразивные твердые взвеси, он изготовляется из сталей марки Х17, Х18, 1Х18Н9Т;

б) датчик расхода со щелью типа ЩРП предназначен для измерения расхода кристаллизующихся растворов, защита от кристаллизации осуществляется путем обогрева поверхностей прибора паром;

в) датчик расхода со щелью типа ЩРВ предназначен для измерения расхода агрессивных некристаллизующихся растворов, температура которых не превышает 50° С, щель и пьезотрубка изготовляются из винипласта.

Технические характеристики датчика ЩР-1875 приведены в табл. III.17. Датчик может работать в комплекте с дифманометрами-уровнемерами системы АУС и ЭАУС, с дифманометрами-уровнемерами типа ДМ, ЭМИД и др., по особому требованию он может комплектоваться дифманометрами типа 901 КБ ЦМА. Основная погрешность измерения ±3,5%, питание датчика осуществляется сжатым воздухом, очищенным от пыли, масла и влаги, давлением 1,4 *кгс/см²*.

В комплект датчика входят расходомерная щель, пьезометрическая трубка, тройник и дроссель со штуцерами; расходомерный бак в комплект поставки не входит.

Таблица III.17

Технические характеристики датчика расхода типа ЩР-1875

Тип	Весовой расход в *т/ч*	Объемный расход в *м³/ч*	Перепад дифманометра при измерении весового расхода	Габаритные размеры в *мм* при подаче раствора со скоростью	
				более 1 *м/сек*	менее 1 *м/сек*
ЩР, ЩРВ	80	63	400 *мм вод. ст.*	1100×400×650	1140×400×700
ЩР, ЩРВ	125	100	400 » » »	1560×480×700	1260×480×700
ЩР, ЩРВ, ЩРП	200	160	40 *мм рт. ст.*	2400×770×960	1480×770×900
ЩР, ЩРВ, ЩРП	250	200	630 *мм вод. ст.*	3000×960×1200	1800×960×1150
ЩР, ЩРВ, ЩРП	320	250	63 *мм рт. ст.*	3700×1200×1500	2200×1200×1300

§ 4. ИНДУКЦИОННЫЕ РАСХОДОМЕРЫ

Принцип действия индукционных расходомеров основан на измерении пропорциональной расходу э. д. с., индуктированной в потоке электропроводной жидкости под действием внешнего магнитного поля. Электромагнит *1* (рис. III.9) создает внутри участка немагнитной трубы *2*, покрытой изоляционным материалом, равномерное магнитное поле. Э. д. с., образующаяся в жидкости, пересекающей магнитное поле, снимается двумя электродами *3*, введенными диаметрально противоположно в одном поперечном сечении в стенки трубопровода датчика, и подается на измерительный усилитель *4*. Величина э. д. с. является мерой расхода жидкости. Сигнал, поступающий от датчика, содержит, кроме полезной составляющей, э. д. с. помехи (так называемую трансформаторную э. д. с.), которая наводится полем датчика в витке, состоящем из соединительных проводов, электродов, жидкости и нагрузки, как во вторичном витке трансформатора. Трансформаторная э. д. с. смещена по фазе относительно э. д. с. полезного сигнала на 90° и компенсируется с помощью специальных устройств.

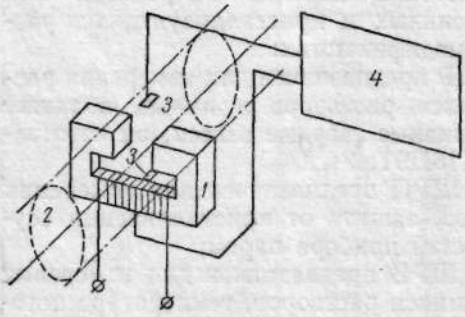


Рис. III.9. Принципиальная схема индукционного расходомера

Расходомер ИР-1М. Таллинским заводом измерительных приборов выпускается индукционный расходомер типа ИР-1М. Конструктивно расходомер выполнен в виде двух отдельных блоков — датчика и измерительного блока; расстояние между ними не должно превышать 100 *м*. В измерительный блок встроен показывающий прибор со 100-процентной шкалой. Компенсация трансформаторной э. д. с. производится на самом датчике. Для этого выводы от одного из электродов монтируются симметрично расположенными проводниками, замкнутыми на низкоомный потенциометр. Напряжение, получаемое от датчика, снимается с движка потенциометра и другого электрода; при этом движок потенциометра устанавливается в такую точку, потенциал которой равен потенциалу второго электрода. Э. д. с. полезного сигнала подается по экранированному кабелю на вход измерительного блока. Усилитель напряжения собран на двух лампах 6Н2П, выходной каскад — на лампе 6Н3П. Выходным сигналом измерительного блока является постоянный ток 0—5 *ма*. Для периодической проверки точности расходомера предусмотрен источник калиброванного напряжения. Труба датчика изготовляется из немагнитной нержавеющей стали 1Х18Н9Т, внутренняя поверхность ее покрывается изоляционным материалом.

Пределы измерения расходомеров ИР-1М приведены в табл. III.18. Основная погрешность измерения не превышает 1,6% для скорости жидкости до 1,5 *м/сек* и 1% для скорости жидкости свыше 1,5 *м/сек*. Электропроводность контролируемой среды должна быть в пределах 10^{-1}—10^{-5} $ом^{-1} \cdot см^{-1}$, твердая фаза пульпы не должна содержать ферромагнитных частиц. Допустимая агрессивность контролируемой среды определяется материалом покрытия датчика (табл. III.19). Питание комплекта расходомера осуществляется от сети 220 *в*, 50 *гц*.

Датчик может устанавливаться в любом положении при условии заполнения всего объема трубы контролируемой жидкостью; для жидкостей

Таблица III.18

Пределы измерения расходомеров ИР-1М

Диаметр условного прохода в *мм*	Потребляемая мощность в *в·а*, не более	Верхние пределы измерений (в *м³/ч*) при средних скоростях движения измеряемой среды (в *м/сек*), не более									
		1,25	1,6	2,0	2,5	3,2	4,0	5,0	6,0	8,0	10,0
10	400	0,32	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0	1,25	1,6	2,0	2,5
15	400	0,8	1,0	1,25	1,6	2,0	2,5	3,2	4,0	5,0	6,0
25	400	2,0	2,5	3,2	4,0	5,0	6,0	8,0	10,0	12,5	16,0
40	500	5,0	6,0	8,0	10,0	12,5	16,0	20,0	25,0	32,0	40,0
50	500	8,0	10,0	12,5	16,0	20,0	25,0	32,0	40,0	50,0	60,0
80	500	20,0	25,0	32,0	40,0	50,0	60,0	80,0	100,0	125,0	160,0

Таблица III.19

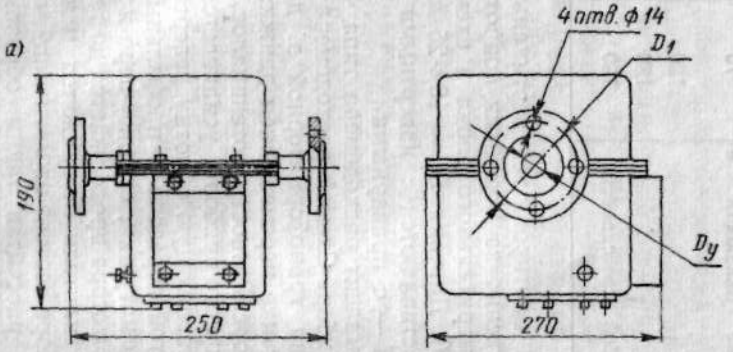
Допустимая агрессивность контролируемой среды

Тип покрытия	Среда	Максимальная рабочая температура в °С	Максимальное давление в *кгс/см²*
Резина	Абразивные жидкости и пульпы	70	25
Эпоксидная смола	Щелочи	120	25
Кислотостойкая эмаль	Кислоты	180	25
Фторопласт	Среда любой агрессивности	180	10

выпадающих в осадок, он должен монтироваться вертикально. Датчик может устанавливаться непосредственно за местными сопротивлениями. Габаритные размеры датчиков, измерительного блока и схема внешних соединений показаны на рис. III.10. Датчики $D_y = 10 \div 25$ *мм* с покрытием фторопластом и эмалью поставляются с навертными фланцами, с покрытием эпоксидом и резиной — с приварными.

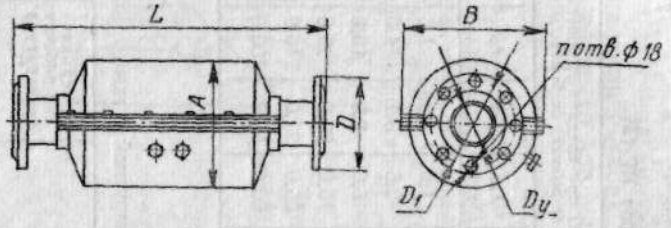
Расходомеры 4РИ и 5РИ. В комплект расходомера типа 4РИ входят датчик типа ДРИ и вторичный прибор. Схемой расходомера предусмотрена грубая и точная компенсация трансформаторной э. д. с. Грубая компенсация осуществляется в датчике перемещением движка потенциометра, точная — во вторичном приборе. Разность потенциалов, снимаемая с электродов, попадая на вход вторичного прибора, усиливается электронным усилителем и подается на управляющую обмотку реверсивного двигателя, который с помощью зубчатой передачи и профильных кулачков перемещает плунжер индукционной катушки, стрелку-перо и подвижную щетку интегратора. Движение вала мотора продолжается до тех пор, пока напряжение разбаланса на входе усилителя не окажется меньше порога чувствительности. Интегратор прибора состоит из магнитной муфты с контактной системой и счетчика; он рассчитан таким образом, что при положении стрелки на максимальной отметке шкалы число изменений

а)



D_y	D_1	
	Навертные фланцы	Приварные фланцы
10	75	60
15	75	65
20	75	75
25	75	85

б)



D_y	A	B	L
32	264	302	544
40	264	302	544
50	264	302	544
70	272	302	660
80	272	310	660

D_y	D	D_1	n
32	135	100	4
40	145	110	4
50	160	125	4
70	180	145	8
80	195	160	8

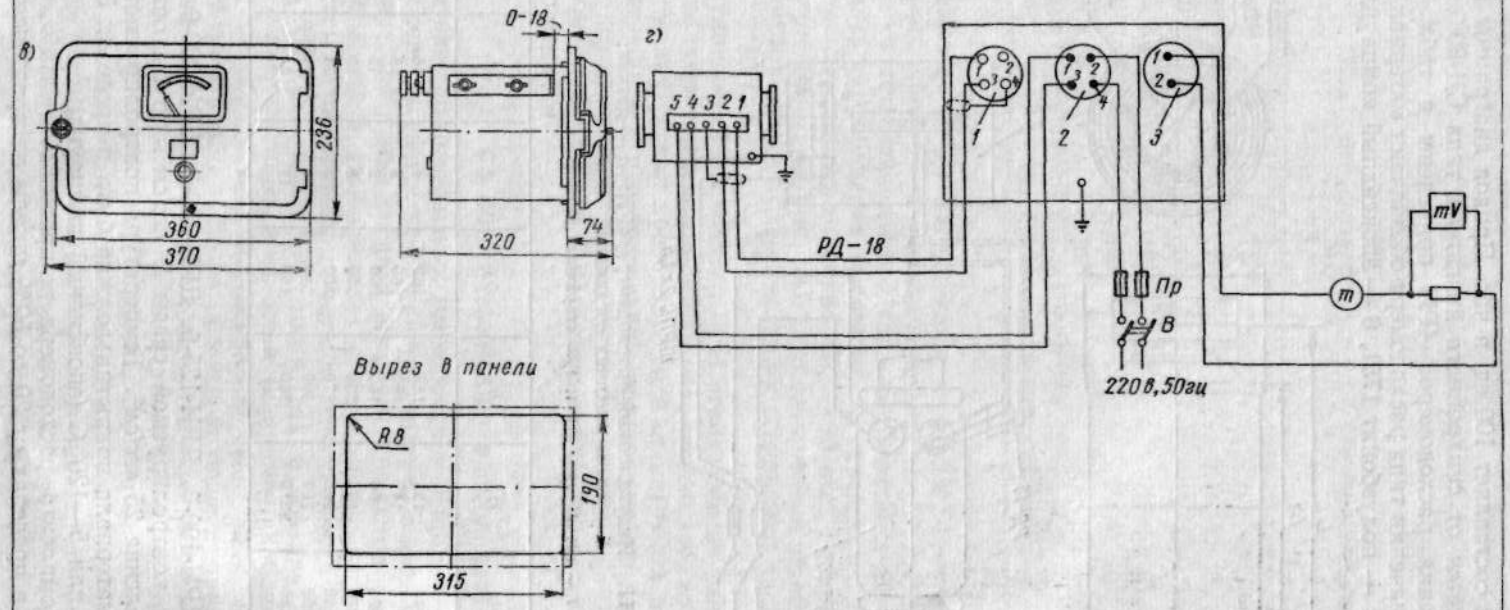


Рис. III.10. Индукционный расходомер ИР-1М: *а* — датчик на $D_y = 10 \div 25$ *мм*; *б* — датчик на $D_y = 32 \div 80$ *мм*; *в* — вторичный прибор; *г* — схема внешних соединений

1 — сигнал; *2* — силовая колодка; *3* — внешняя нагрузка

показаний счетчика составляет 100 ед. в час. Привод диаграммы и интегратора осуществляется от синхронного двигателя типа СД-60.

Пределы измерения расходомеров 4РИ приведены в табл. III.20. Цифры 1 и 6 в обозначении типа расходомера обозначают материал покрытия труб датчика: 1 — полуэбонит 1751, 6 — эпоксидный компаунд ЭД-5.

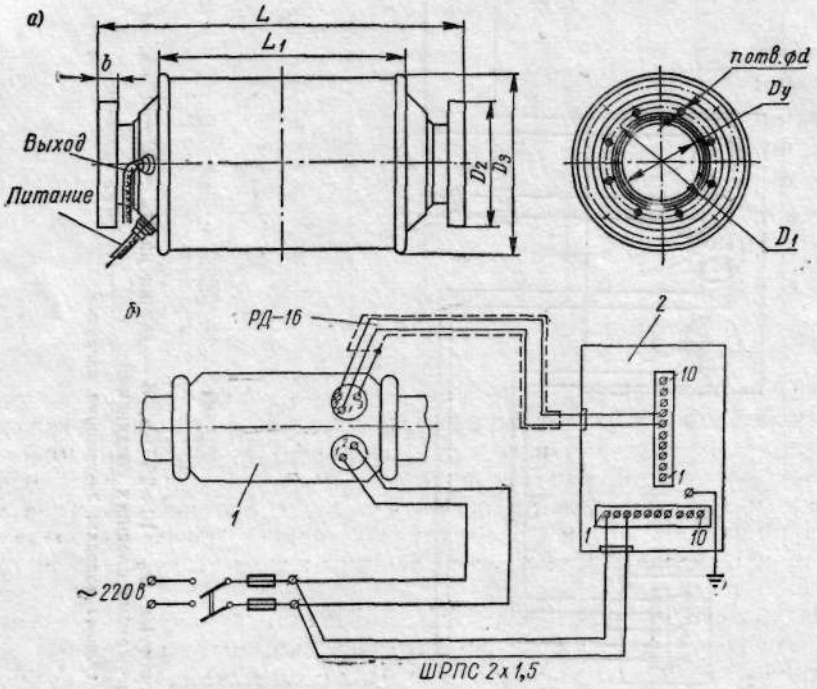


Рис. III.11. Индукционный расходомер 4РИ: *а* — датчик; *б* — схема внешних соединений

1 — датчик типа ДРИ; *2* — вторичный прибор

D_y	L	L_1	D_1	D_2	D_3	n	d	b
50	420	244	125	165	260	4	18	20
70	500	324	145	180	260	8	18	24
80	500	324	150	190	260	8	18	24
100	560	370	190	230	300	8	18	24
125	650	430	220	270	330	8	24	30
150	710	490	250	300	380	8	24	30
200	830	580	310	360	460	12	24	32

Трубы датчиков ДРИ-100-6, ДРИ-125-6, ДРИ-150-6, ДРИ-200-6 рассчитаны на давление контролируемой среды 6 *кгс/см²*, трубы остальных датчиков — на давление 25 *кгс/см²*. Температура контролируемой среды в зависимости от материала покрытия должна быть в пределах 5—50° С (полуэбонит 1751) или 5—120° С (эпоксидный компаунд).

Погрешность комплекта расходомера не превышает ± 1,5%, погрешность интегратора в пределах от 20 до 50% шкалы не превышает ±1%,

Таблица III.20

Пределы измерения расходомеров 4РИ

Тип	Внутренний диаметр трубы датчика в *мм*	Верхние пределы измерения в $м^3/ч$
4РИ-50-1,6	50	10; 12,5; 16; 20; 25
4РИ-70-1,6	70	16; 20; 25; 31,5; 40
4РИ-80-1,6	80	25; 31,5; 40; 50; 63
4РИ-100-1,6	100	40; 50; 63; 80; 100
4РИ-125-1,6	125	63; 80; 100; 125; 160
4РИ-150-1,6	150	100; 125; 160; 200; 250
4РИ-200-1,6	200	160; 200; 250; 315; 400

в пределах от 50 до 100% шкалы — ±0,5%. Расстояние от датчика до вторичного прибора не должно превышать 100 *м*. Прибор рассчитан на питание от сети переменного тока напряжением 220 *в*, частотой 50 *гц*. Мощность, потребляемая датчиком, не превышает 500 *в·а*, мощность, потребляемая вторичным прибором, — 75 *в·а*. Габаритные размеры датчиков приведены на рис. III.11, *а*, вторичный прибор выполняется на базе прибора ЭПИД. Схема внешних соединений расходомера приведена на рис. III.11, *б*.

Индукционный расходомер 5РИ отличается от расходомера 4РИ тем, что с помощью пневмопреобразователя, встроенного во вторичный прибор, электрический сигнал преобразуется в стандартный пневматический сигнал, погрешность преобразования электрического сигнала в пневматический не превышает ±1%.

Расходомеры 4РИ и 5РИ выпускаются Министерством авиационной промышленности.

§ 5. УЛЬТРАЗВУКОВЫЕ РАСХОДОМЕРЫ

Действие ультразвуковых расходомеров основано на том, что фактическая скорость распространения ультразвука в движущейся среде равна геометрической сумме средней скорости движения среды и собственной скорости звука в этой среде.

Трестом «Уралмонтажавтоматика» изготовляется ультразвуковой расходомер ИРУ-63, предназначенный для измерения объемного расхода вязких и загрязненных жидкостей (например, каменноугольной смолы, мазута), не обладающих агрессивными свойствами. Прибор состоит из датчика, электронного блока, регистрирующего прибора и стабилизатора напряжения. Ультразвуковые импульсные колебания излучаются датчиком по и против течения контролируемой жидкости. Частота излучения в обоих направлениях одинакова при стоячей жидкости и изменяется в противоположные стороны с началом движения жидкости, т. е. с появлением расхода. Образующаяся разность частот излучения ультразвуковых импульсов по и против течения, преобразованная электронной схемой в соответствующий электрический сигнал, является мерой расхода.

Приборы могут быть изготовлены с верхним пределом измерения 1—5 $м^3/ч$ и 30—100 $м^3/ч$ на любой предел по стандартной шкале расходомеров. Погрешность измерения $\pm 2{,}5$ от верхнего значения шкалы. Датчики рассчитаны на работу при избыточном давлении до 25 $кгс/см^2$ и температуре до 120° С. Контролируемая жидкость не должна содержать газовых или паровых пузырей. Содержание твердых частиц допускается не более 10% от объема.

§ 6. КОМПЛЕКТУЮЩИЕ ИЗДЕЛИЯ ДЛЯ ДИФМАНОМЕТРОВ

Стандартные сужающие устройства. Сужающие устройства в комплекте с дифманометрами-расходомерами применяются для измерения расхода жидкости, газа или пара по методу переменного перепада давления. Для измерения по этому методу в трубопроводе, по которому протекает жидкое или газообразное вещество, устанавливается устройство, создающее местное сужение потока. Вследствие перехода части потенциальной энергии давления в кинетическую энергию средняя скорость потока в суженном сечении повышается. В результате этого статическое давление потока после сужающего устройства становится меньше, чем перед ним. Разность этих давлений (перепад давления) зависит от расхода протекающего вещества и может служить мерой расхода.

Методика и формулы расчета стандартных сужающих устройств, основные требования к расходомерам, методика их поверки, а также методика определения погрешности измерения расхода установлены Правилами 28—64 Государственного Комитета стандартов, мер и измерительных приборов СССР. Правила распространяются на измерения расхода однофазных жидкостей и газов, а также перегретых паров с помощью стандартных сужающих устройств, установленных внутри трубопровода диаметром не менее 50 *мм*, при условии, что поток является установившимся, числа Рейнольдса превышают определенные значения и отношение давлений перед и за сужающим устройством не достигает критической величины.

К стандартным сужающим устройствам относятся диафрагмы, сопла и сопла Вентури, которые удовлетворяют требованиям Правил, благодаря чему обеспечивается возможность изготовления и применения таких устройств по результатам расчета без индивидуальной градуировки. Остальные сужающие устройства (трубы Вентури, сегментные и эксцентричные диафрагмы, специальные сопла и др.) не стандартизованы.

Измерение перепада давления в сужающем устройстве производится через отдельные цилиндрические отверстия или через две кольцевые камеры, каждая из которых соединяется с внутренней полостью трубопровода кольцевой щелью (сплошной или прерывистой) или группой равномерно распределенных по окружности отверстий.

Конструкция диафрагмы приведена на рис. III.12. На рисунке приняты следующие обозначения: D_{20} — внутренний диаметр трубопровода перед сужающим устройством при температуре 20° С, d_{20} — внутренний диаметр диафрагмы при температуре 20° С, C — диаметр отдельного отверстия, диаметр отверстия или ширина кольцевой щели, соединяющей камеру с трубопроводом. При $m \leqslant 0{,}45$* размер C не должен превышать $0{,}03D_{20}$,

---

* m — модуль сужающего устройства, равный отношению площадей отверстий сужающего устройства и трубопровода при рабочей температуре, $m = \left(\frac{d}{D}\right)^2$.

а при $m > 0{,}45$ — должен находиться в пределах $0{,}01D_{20} \leqslant C \leqslant 0{,}02D_{20}$. Одновременно должны соблюдаться следующие условия: для чистых жидкостей и газов 1 *мм* $\leqslant C \leqslant$ 10 *мм*; для паров, влажных газов и жидкостей, которые могут испаряться в соединительных линиях, при измерении перепада давления через отдельные отверстия 4 *мм* $\leqslant C \leqslant$ 10 *мм*, при измерении перепада давления через камеры 1 *мм* $\leqslant C \leqslant$ 10 *мм*.

При измерении перепада давления в бескамерном сужающем устройстве через отдельные отверстия наилучшие результаты обеспечивает установка сужающего устройства не непосредственно между фланцами, а в промежуточной обойме. Кольцевые камеры обеспечивают выравнивание давления (что позволяет более точно измерять перепад давления при коротких прямых участках трубопровода), правильный монтаж и надежную эксплуатацию сужающего устройства. Кольцевая камера выполняется либо непосредственно в сужающем устройстве, либо в каждом из фланцев, между которыми оно зажимается, либо в специальной промежуточной детали — корпусе. При малых давлениях в трубопроводах диаметром свыше 400 *мм* кольцевая камера может быть образована полостью трубки, согнутой вокруг трубопровода в кольцо или прямоугольник.

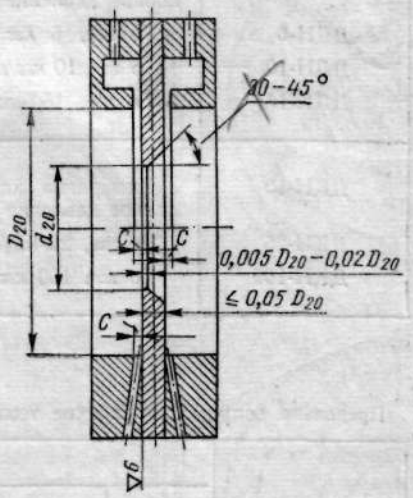


Рис. III.12. Диафрагма:

Вверху — измерение перепада давления через кольцевые камеры; внизу—измерение перепада давления через отдельные отверстия

При выборе сужающего устройства необходимо иметь в виду следующее:

1) сопло Вентури устанавливается в тех случаях, когда потеря давления имеет решающее значение;

2) при одних и тех же значениях расхода и перепада давления потеря давления в диафрагме и сопле приблизительно одинакова, однако при этих условиях для сопла требуются более короткие прямые участки трубопровода;

3) при одних и тех же значениях модуля и перепада давления сопло позволяет измерять бóльший расход, чем диафрагма, а при $D_y \leqslant 300$ *мм* обеспечивает также более высокую точность измерения в сравнении с диафрагмой (особенно при малых модулях);

4) при одних и тех же значениях модуля и расхода потеря давления в сопле значительно меньше, чем в диафрагме;

5) точность измерения расхода газов и пара при применении сопла выше, чем при применении диафрагмы;

6) изменение или загрязнение входного профиля сужающего устройства в процессе эксплуатации влияет на коэффициент расхода диафрагмы в значительно большей степени, чем на коэффициент расхода сопла.

Диафрагмы могут применяться для трубопроводов диаметром не менее 50 *мм* при условии $0{,}05 \leqslant m \leqslant 0{,}7$. Диафрагмы на условное давление до 100 *кгс/см*^{2} изготовляются заводами «Манометр» и «Тизприбор» (Москва), «Теплоконтроль» (Казань), КИП (Харьков), «Гориприбор» (Гори), «Теплоприбор» (Рязань) в соответствии с нормалью машиностроения МН 137—59.

Технические характеристики диафрагм приведены в табл. III.21, а предельно допустимые рабочие температуры и давления — в табл. III.22.

Таблица III. 21

Технические характеристики нормальных диафрагм на условные давления до 100 *кгс/см²*

Тип	Наименование	Диаметр условного прохода (ГОСТ 355—52) в *мм*
ДДН-2,5	Диафрагма дисковая нормальная на условное давление 2,5 *кгс/см²*	450—1600
ДДН-6	То же, 6 *кгс/см²*	450—1400
ДДН-10	То же, 10 *кгс/см²*	450—1200
ДДН-16	То же, 16 *кгс/см²*	450—1200
ДКН-10	Диафрагма камерная нормальная на условное давление до 10 *кгс/см²*	50—500
ДКН-25	То же, 25 *кгс/см²*	50—500
ДКН-100	То же, 100 *кгс/см²*	50—400

Таблица III.22

Предельно допустимые рабочие температуры и давления для диафрагм

Тип	Температура в °С						
	До 200	250	300	350	400	425	450
	Давление в *кгс/см²*						
ДКН-10	10	9,2	8,2	—	—	—	—
ДКН-25	25	23	20	18	16	14	11
ДКН-100	100	92	82	73	64	58	45
ДДН-2,5	2,5	2,3	2,0	—	—	—	—
ДДН-6	6	5,5	5,0	—	—	—	—
ДДН-10	10	9,2	8,2	—	—	—	—
ДДН-16	16	15	13	—	—	—	—

Примечание. Допускается линейная интерполяция как по давлениям, так и по температурам.

Дисковые диафрагмы представляют собой круглый металлический диск с концентрическим отверстием. По оси диска отверстие имеет коническую форму. На образующей диска на петле прикреплена металлическая табличка с нанесенными на ней паспортными данными диафрагмы.

Камерные диафрагмы (рис. III.13) — это комплект, состоящий из собственно диафрагмы *1*, подобной описанной выше, и двух кольцевых камер *2* и *3*. Сочленение диафрагмы с кольцевыми камерами уплотняется прокладкой *4*.

В зависимости от диаметра условного прохода трубопровода, величины перепада давления и значения m диафрагмы выпускаются толщиной: 6; 8; 10; 12 *мм* (дисковые) и 2,5; 3; 6; 8 *мм* (камерные). Строительная длина камерных диафрагм равна 65 *мм* для трубопроводов всех размеров.

Диски камерных и дисковых диафрагм изготовляются из стали Х17 для работы при температуре контролируемой среды до 400° С и из стали Х18Н9Т для работы при температуре свыше 400° С; корпуса кольцевых камер — из углеродистой стали. Для работы в условиях агрессивных сред и тропического климата диафрагмы и камеры изготовляются из стали Х18Н9Т. Диафрагмы крепятся в трубопроводе фланцами.

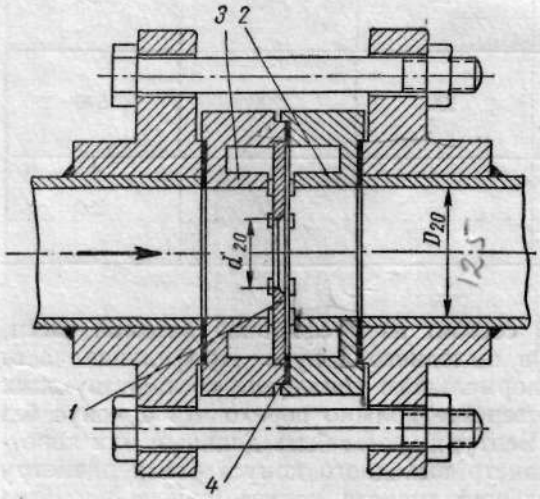


Рис. III.13. Диафрагма камерная

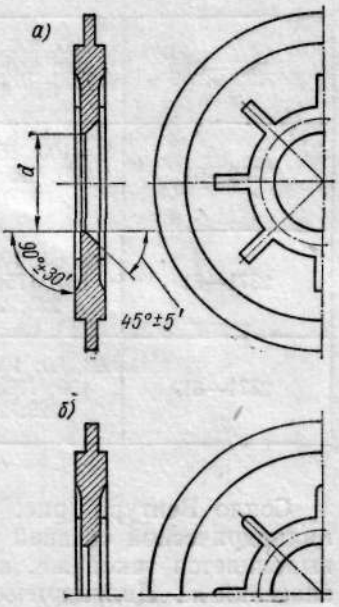


Рис. III.14. Диафрагма высокого давления: *а* — нормальное выполнение пазов; *б* — допускаемое выполнение пазов

Диафрагмы на условное давление 200 и 250 *кгс/см*^{2} (рис. III.14) выпускаются заводом «Манометр» (Москва) по междуведомственным нормалям МВН 287—58, МВН 652—58 и МВН 2040—58 «Оргэнергостроя» на диаметр условного прохода до 300 *мм*. Эти диафрагмы устанавливаются между специальными фланцами, изготовляемыми заводами — поставщиками арматуры.

Сопла могут применяться для труб диаметром не менее 50 *мм* при условии $0{,}05 \leqslant m \leqslant 0{,}65$. Сопла должны соответствовать схемам, показанным на рис. III.15. На рис. III.15, *а* вверху показан отбор статических давлений через кольцевые камеры, внизу — через отдельные отверстия. На рис. III.15, *б* дуга, равная $0{,}2d_{20}$, доходит только до точки на торце сопла, лежащей на диаметре D_{20}.

$$X = 0{,}2d_{20} - \sqrt{0{,}75d_{20}D_{20} - 0{,}25D_{20}^2 - 0{,}5225d_{20}^2}.$$

Сопла выпускаются заводами «Манометр» (Москва) и «Теплоконтроль» (Казань), их технические характеристики приведены в табл. III.23. Установка сопел производится между специальными фланцами, которые изготовляются заводами — поставщиками арматуры. Материал сопла — сталь 1Х18Н9Т.

Таблица III.23

Технические характеристики сопел

МВН сопла в сборе	Диаметр условного прохода в *мм*	Рабочее давление в *кгс/см²*	Условное давление в *кгс/см²*	Рабочая температура в °С
2367—61	100; 175; 225; 250; 300	140	—	570
2368—61	200; 225; 250; 300; 350; 400; 450; 475	40	—	570
2369—61	50; 100; 150; 175; 200; 225; 250; 300	230	250	230
2371—61	60; 80; 100; 125; 150; 175; 200; 225; 250	100	200	540
2371—61	60; 80; 100; 125; 150; 175; 200; 225; 250	185	200	230

Сопло Вентури (рис. III.16) состоит из профильной входной части, цилиндрической средней части и выходного конуса. Профильная часть выполняется такой же, как у нормального сопла для соответствующих значений m. Цилиндрическое отверстие должно переходить в конус без радиусного сопряжения. Сопло Вентури может быть длинным или коротким, у первого наибольший диаметр выходного конуса равен диаметру трубопровода, у второго наибольший диаметр конуса меньше диаметра трубопровода. На рис. III.16 показано сопло Вентури для $m \leqslant 0{,}444$; при $m > 0{,}444$ профиль сопла Вентури выполняется так, как показано на рис. III.15, *б*. Сопло Вентури можно применять для труб диаметром свыше 50 *мм* при условии $0{,}05 \leqslant m \leqslant 0{,}6$. Отбор статических давлений должен осуществляться через кольцевые камеры. Задняя (минусовая) камера соединяется с цилиндрической частью сопла Вентури группой отверстий, диаметр которых должен быть не более $0{,}13d$, но не менее 3 *мм*. Сопла Вентури на давление до 10 *кгс/см²* выпускаются заводом «Водоприбор» (Москва).

Нестандартизованные сужающие устройства. Труба Вентури (рис. III.17) состоит из входного конуса, цилиндрической средней части и выходного конуса. Обычно перед входным конусом помещается дополнительный цилиндрический патрубок с внутренним диаметром D. Переход от переднего цилиндра к входному конусу и от входного конуса к среднему цилиндру должен быть плавным. Переход от среднего цилиндра к выходному конусу осуществляется без закругления. Труба Вентури называется длинной, если наибольший диаметр выходного конуса равен диаметру трубопровода, и короткой, когда указанный диаметр меньше диаметра трубопровода. Отбор статических давлений должен производиться через кольцевые камеры, соединенные не менее чем шестью отверстиями с внутренней полостью трубопровода. Отверстия располагаются

на расстоянии $D/2$ и $d/2$ соответственно от начала и конца входного конуса. Диаметр отверстия $\delta \geqslant 4$ *мм*. Длина выходного конуса короткой трубы Вентури должна быть не менее d. Трубы Вентури на давление до 10 *кгс/см*^{2} изготовляются заводом «Водоприбор» (Москва).

Кроме труб Вентури, находят применение ряд других сужающих устройств. Для измерения расхода запыленных газов и загрязненных жидкостей применяют сегментные диафрагмы, имеющие отверстия в виде сегмента или сектора. Отверстие располагается в нижней части сечения трубы, выводы импульсных трубок делаются в верхней части трубы вне пределов отверстия. Для измерения малых расходов применяются сдвоенная

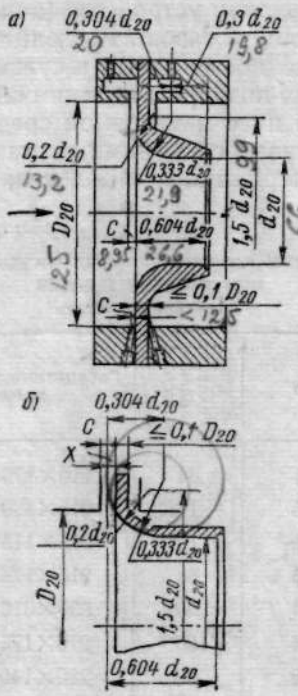


Рис. III.15. Сопло: *а* — для $m \leqslant 0{,}444$; *б* — для $m > 0{,}444$

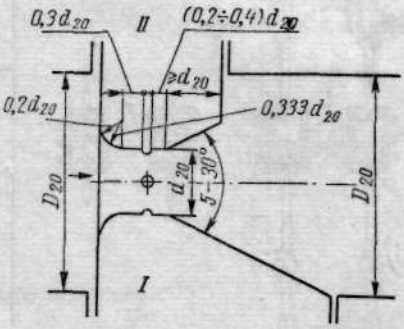


Рис. III.16. Сопло Вентури для $m \leqslant 0{,}444$:
I — длинное; *II* — короткое

диафрагма ($Re_{пред} = 3000 \div 300\,000$), сопло с профилем «четверть круга» ($Re_{пред} = 200 \div 200\,000$), сопло с профилем «половина круга» ($Re_{пред} = 300 \div 10\,000$). Вместо сужающего устройства возможно исполь-

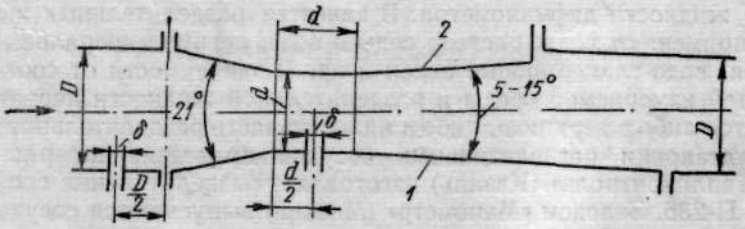


Рис. III.17. Труба Вентури:
1 — длинная; *2* — короткая

зование изгиба трубопровода с выводами импульсных трубок с внутренней и наружной части петли. Перепад давления в этом случае образуется за счет действия центробежных сил.

Разделительные и конденсационные сосуды. Передача давления к дифманометру через разделительную жидкость, заливаемую в дифманометр

и в участки соединительных линий между разделительными сосудами и дифманометром, производится в тех случаях, когда свойства измеряемой среды или условия эксплуатации не позволяют осуществить непосредственное подключение дифманометра к сужающему устройству (например, при измерении расхода агрессивных жидкостей и газов). Разделительные сосуды должны располагаться в непосредственной близости к сужающему устройству. Разделительная жидкость должна подбираться таким образом, чтобы она химически не взаимодействовала ни с измеряемой средой, ни с уравновешивающей жидкостью, не смешивалась с ними, а также не давала отложений и не воздействовала на материал соединительных линий,

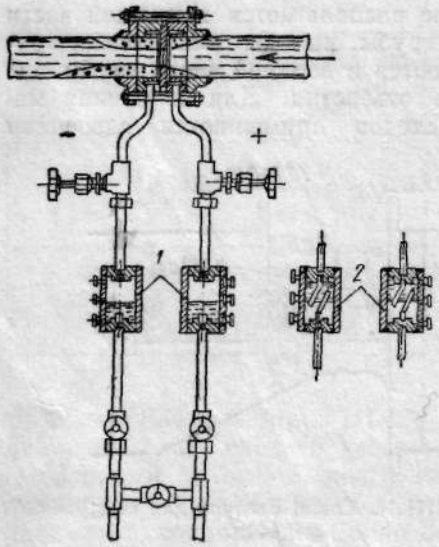


Рис. III.18. Схема установки разделительных сосудов:

1 — плотность разделительной жидкости больше плотности измеряемой среды; 2 — плотность разделительной жидкости меньше плотности измеряемой среды

Таблица III.24

Типы конденсационных сосудов, выпускаемых заводом «Теплоконтроль»

Тип	Условное давление в *кгс/см²*	Габаритные размеры в *мм*
П-211	64	216×175×130
П-355	16	215×190×132
П-419 *	16	216×175×130
П-475 *	64	216×175×130
П-564	500	330×310×310
П-844	100	216×175×130
П-852	200	280×140×200

* С запорными вентилями.

разделительных сосудов и внутренней полости дифманометра. Плотность разделительной жидкости должна быть меньше плотности уравновешивающей жидкости дифманометра. В качестве разделительных жидкостей обычно применяют воду, раствор соды в воде, легкие минеральные масла, глицерин, водо-глицериновые смеси и др. В зависимости от соотношения плотностей измеряемой среды и разделительной жидкости первая из них подводится либо в верхнюю, либо в нижнюю часть разделительного сосуда. Схема установки разделительных сосудов приведена на рис. III.18. Завод «Теплоконтроль» (Казань) изготовляет разделительные сосуды типа П-241 и П-236. Заводом «Манометр» (Москва) выпускаются сосуды типа А и типа Б. Сосуды П-236 и типа Б применяются, если плотность измеряемой среды больше плотности разделительной жидкости, сосуды П-241 и типа А применяются, если плотность измеряемой среды меньше плотности разделительной жидкости. Сосуды рассчитаны на давление до 160 *кгс/см²*, габаритные размеры сосуда — 170 × ⌀115 *мм*.

Конденсационные сосуды входят в комплект дифманометра при измерении расхода пара и горячих жидкостей ($t > 100°$ С), они устанавливаются в непосредственной близости от диафрагмы и предназначены для поддержания постоянного уровня конденсата над уровнем заполняющей дифма-

нометр жидкости. Оба сосуда, а также боковые отверстия в них должны находиться строго на одной высоте; для этого они выполняются спаренными и жестко соединяются между собой. Конденсационные сосуды должны иметь достаточный объем с тем, чтобы при изменении расхода уровень конденсата всегда был в пределах сосудов. Типы конденсационных сосудов, выпускаемые заводом «Теплоконтроль» (Казань), приведены

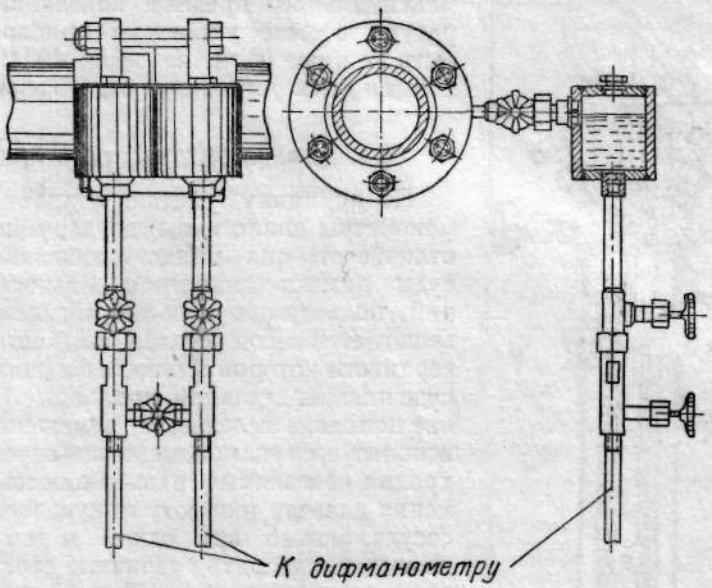


Рис. III.19. Схема установки конденсационных сосудов

в табл. III.24, схема установки сосудов — на рис. III.19. Заводом «Манометр» (Москва) выпускаются конденсационные сосуды трех типов: литые чугунные на условное давление 16 *кгс/см²*, стальные сварные — на 100 *кгс/см²*, стальные из молибденовой стали — на 200 *кгс/см²*. Заводом «Теплоавтомат» (Харьков) выпускаются конденсационные сосуды типа СК-1 на давление до 160 *кгс/см²*.

§ 7. ДИФМАНОМЕТРЫ ДВУХТРУБНЫЕ ДТ

Двухтрубные дифманометры предназначены для измерения расхода неагрессивных жидкостей, паров и газов путем определения величины перепада давления на сужающем устройстве, а также для измерения

Таблица III.25

Технические характеристики двухтрубных дифманометров (рис. III.20)

Тип	Статическое давление в *кгс/см²*	Пределы показаний	Основные размеры в *мм*				
			A	*B*	*C*	*Д*	*E*
ДТ-5	5	0—250 *мм вод. ст.*	790	635	430	110	165
ДТ-50	50	0—700 *мм рт. ст.*	1280	1180	850	110	170

уровня. Лубенским заводом счетных машин выпускаются двухтрубные дифманометры ДТ-5 с водяным заполнением и ДТ-50 с ртутным заполнением. На рис. III.20 показана конструкция дифманометра ДТ-50. Технические характеристики приборов и габаритные размеры их приведены в табл. III. 25. Основная погрешность приборов ±0,5% от максимального предела показаний. Температура в месте установки прибора должна быть не ниже 0° и не выше 40° С. Прибор должен быть установлен строго вертикально.

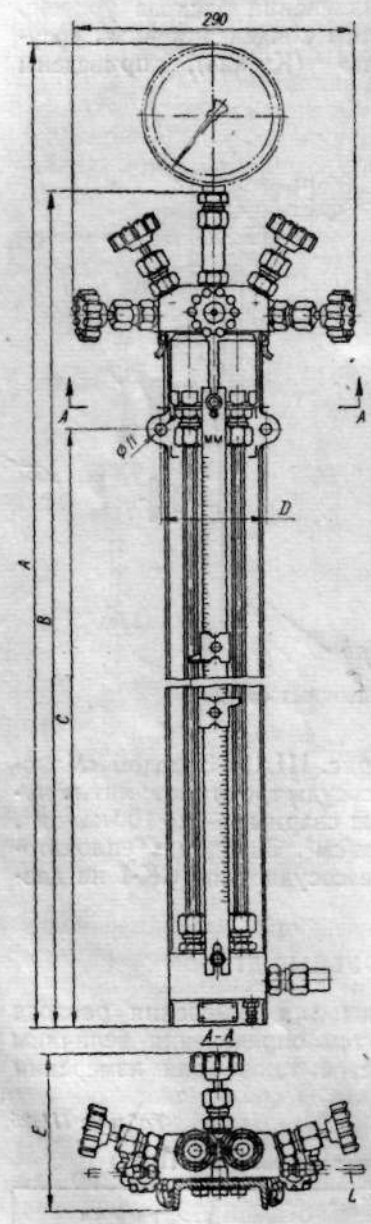


Рис. III.20. Дифференциальный манометр ДТ-50
L — трубв красномедная ⌀ 8×6 *мм*

§ 8. ДИФМАНОМЕТРЫ ПОПЛАВКОВЫЕ

По принципу действия поплавковые дифманометры аналогичны двухтрубным, но в отличие от них имеют сообщающиеся сосуды разных диаметров. Разность давлений, подводимых к обоим сосудам, уравновешивается весом столба жидкости, на поверхности которой в плюсовом (широком) сосуде плавает стальной поплавок. Перемещение поплавка вследствие изменения уровня используется для измерения перепада. Сохраняя постоянный размер плюсового и изменяя диаметр и высоту минусового (узкого) сосуда, можно при одном и том же ходе поплавка измерять различные величины предельных перепадов. Типы поплавковых дифманометров приведены в табл. III.26. Технические характеристики — в табл. III.27. Приборы выпускаются заводом «Теплоконтроль» (Казань).

Верхний предел измерений по шкале дифманометров-расходомеров выбирается из ряда $A = a \cdot 10^n$, где $a = 1$; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,2; 4; 5; 6,3; 8, n — целое (положительное или отрицательное) число или нуль. Единицы измерения: *кг/ч*; *т/ч*; *м³/ч*; *нм³/ч*; *л/ч*. Допускаются единицы измерения, выраженные в массе или объеме и отнесенные к минуте или секунде. Нижний предел измерений дифманометров с односторонней шкалой (диаграммой) равен нулю. Питание самопишущих дифманометров с приводом диаграммы от синхронного двигателя, а также дифманометров с интегратором и с сигнальным устройством осуществляется от сети переменного тока напряжением 220 *в*. Все приводы диаграмм имеют две скорости: 1 оборот за 12 или за 24 *ч*. На рис. III.21, *а* приведена конструкция дифманометра типа ДППМ-280М. Прибор состоит из трех основных частей — измерительной системы, механизма, передающего перемещение поплавка на стрелку прибора, и пневматического датчика.

Таблица III.26

Типы поплавковых дифманометров

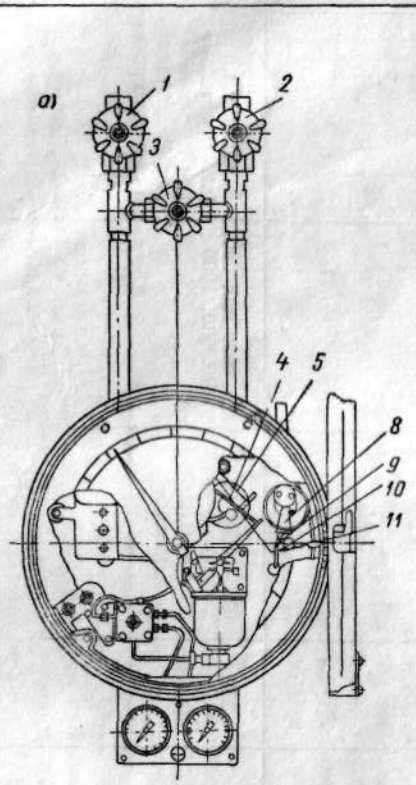
Тип прибора	Без дополнительного устройства	С интегратором	С сигнальным устройством	С пневмодатчиком	С электрическим датчиком
Бесшкальные	—	—	—	—	ДПЭМ-2
Показывающие	ДПМ-780, ДПМ-780Р, ДПМ-280, ДП-780, ДП-780Р	ДП-781Р	ДП-778, ДП-778Р	ДППМ-280М ДП-787, ДП-787Р ДПМ-787, ДПМ-787Р	—
Самопишущие	ДПМ-710; ДП-710, ДПМ-710Р; ДП-710ч ДПМ-710ч; ДП-710Р ДПМ-710чР; ДП-710чР	ДП-712Р	—	—	—

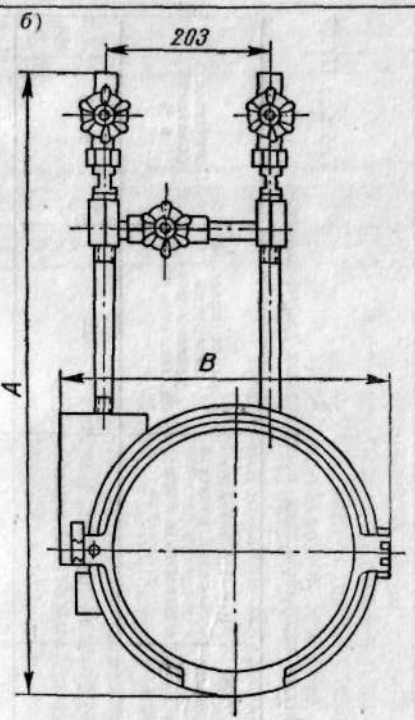
Примечание. Буква «Р» означает, что дифманометр-расходомер; буква «ч», что прибор имеет привод диаграммы от часового механизма, у остальных приборов — привод диаграммы от синхронного двигателя

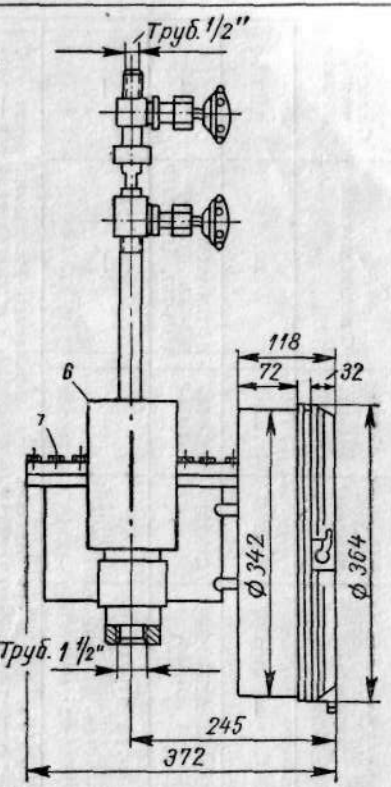
Таблица III.27

Технические характеристики поплавковых дифманометров

Тип	Статическое давление измеряемой среды в *кгс/см²*	Верхние пределы измерений разности давлений расходомеров и перепадомеров	Верхние пределы измерений уровнемеров в *см. ст. изм. жидк.*	Погрешность показаний в %
ДПМ-280, ДПЭМ-2, ДППМ-280М	2,5	40; 63; 100; 160; 250; 400 *кгс/м²*	—	±1,5
ДПМ-710; ДПМ-710ч; ДПМ-710Р; ДПМ-710чР; ДПМ-780 ДПМ-780Р ДПМ-787 ДПМ-787Р	2,5	63; 100; 160; 250; 400 *кгс/м²*	—	±1 и ±1,5
ДП-710; ДП-710ч, ДП-710Р, ДП-710чР, ДП-712Р; ДП-778, ДП-778Р, ДП-780, ДП-780Р, ДП-781Р, ДП-787, ДП-787Р	250	630; 1000; 1600; 2500 *кгс/м²* 0,4; 0,63; 1,0 *кгс/см²*	63; 100; 160; 250; 400; 630; 1000	±1 и ±1,5 (для перепадомеров и уровнемеров); ±1 (для расходомеров)







Перепад давления в кгс/м²	A	B	Перепад давления в кгс/м²	A	B
40	602	575	160	721	392
63	608	465	250	816	383
100	628	408	400	985	373

Рис. III.21. Дифманометр типа ДППМ-280М: *а* — конструкция; *б* — общий вид

В поплавковом сосуде *7* на поверхности жидкости плавает поплавок, шарнирно соединенный с рычагом, укрепленным на оси уплотнительной (сальниковой) муфты. Через муфту ось выводится из поплавкового сосуда в корпус, в котором помещается механизм прибора. Поплавковый *7* и сменный *6* сосуды соединяются с трубками для подвода давления при помощи двух запорных вентилей *1* и *2*, которые вместе с уравнительным вентилем *3* входят в вентильную головку. Маховичок запорного вентиля *2*, к которому подводится большее давление, окрашен в красный цвет. Запорные вентили имеют устройство для продувки соединительных линий.

Для уменьшения влияния температуры окружающей среды на показания прибора поплавок и уплотнительная муфта дифманометра соединены через биметаллический компенсатор. При увеличении температуры объем жидкости увеличивается и поплавок получает дополнительное перемещение вверх. Это перемещение компенсируется биметаллической пластинкой, изгибающейся от нагревания. Для контроля уровня жидкости в приборе к поплавковому сосуду прикреплена масломерная трубка. На крышке поплавкового сосуда укреплен уровень для правильной установки прибора при монтаже.

В корпусе на оси укреплен рычаг *8*, в прорези которого закреплена кулиса *9*. В прорези кулисы винтом *10* крепится ползун *11*, с которым шарнирно связана тяга *4*. Другой конец тяги соединен с рычагом, передающим с помощью сектора движение на ось стрелки. Второй рычаг тягой *5* соединен с узлом пневмодатчика. Последний описан в гл. IX. Прибор может быть использован во взрывоопасном помещении.

Габаритные размеры дифманометра ДППМ-280М приведены на рис. III.21, *б*. Выпускаются модификации прибора, предназначенные для измерения параметров кислорода (ДППМ-280К) и аммиака (ДППМ-280А).

Поплавковый показывающий дифманометр типа ДПМ-280 не имеет дистанционной передачи показаний. Движение поплавка при помощи передаточной системы, аналогичной описанной выше, передается только на стрелку прибора. Габаритные размеры дифманометра ДПМ-280 приведены на рис. III.22. Выпускаются модификации прибора, предназначенные для измерения параметров кислорода (ДПМ-280К) и аммиака (ДПМ-280А).

На рис. III.23 приведена конструкция бесшкального дифманометра типа ДПЭМ-2. Прибор состоит из двух основных частей — измерительной системы и электрического датчика. Поплавковый (плюсовой) сосуд *5* и сменный (минусовой) сосуд *1* соединены трубкой и залиты маслом.

В сосуде *5* на поверхности масла плавает поплавок *6*, к которому через биметаллическую пластину и тягу подвешен плунжер *8* датчика. При изменении перепада давления поплавок, следуя за изменением уровня масла, перемещается вверх или вниз, одновременно перемещается и плунжер.

Поплавковый и сменный сосуды соединяются с трубками для подвода давления при помощи двух запорных вентилей *2* и *4*, вентиль *3* является уравнительным.

Электрический датчик дифманометра работает по дифференциально-трансформаторной схеме и состоит из индукционной катушки *7* и плунжера *8* со вспомогательными деталями. Индукционная катушка надета на изготовленную из немагнитной стали разделительную трубку, которая крепится ко дну поплавкового сосуда и изолирует катушку от масла.

Вращением резьбовой втулки *9* можно перемещать катушку, изменяя положение ее относительно плунжера датчика, что используется при установке на нуль вторичного прибора. Индукционная катушка заключена в кожух *10*, в приливе которого установлена клеммная панель.

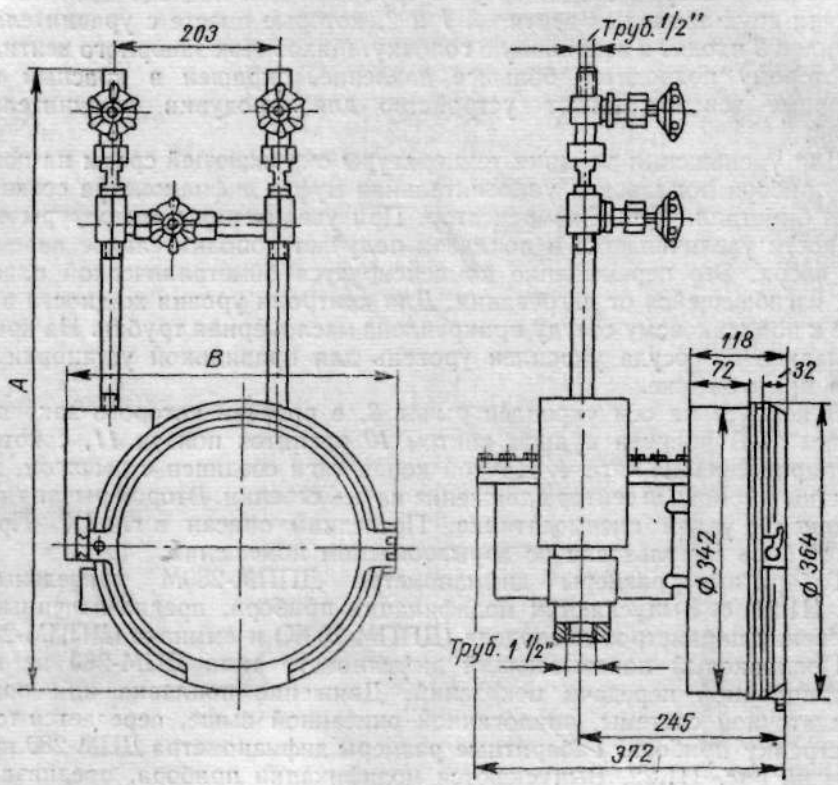


Рис. III.22. Дифманометр типа ДПМ-280

Перепад давления в кгс/м²	A	B	Перепад давления в кгс/м²	A	B
40	524	575	160	643	392
63	530	465	250	738	383
100	550	408	400	907	373

Принцип действия дифференциально-трансформаторной системы описан в гл. III, § 13. Имеются модификации прибора ДПЭМ-2, предназначенные для измерения параметров аммиака (ДПЭМ-2А) и кислорода (ДПЭМ-2К). Габаритные размеры дифманометра ДПЭМ-2 указаны на рис. III.23.

Измерительная часть дифманометров ДП-710, ДП-712, ДП-778, ДП-780, ДП-781, ДП-787 (рис. III.24, *а*) состоит из двух стальных сосудов, смонтированных на чугунном кронштейне *2* и соединенных между собой трубкой *1*. В поплавковом сосуде *5* на поверхности ртути плавает стальной поплавок *4*, при любом максимальном перепаде перемещение поплавка вместе со ртутью равно 35,25 *мм*. Сменный сосуд *12* в зависимости от измеряемого перепада давления имеет семь модификаций. Во избежание выброса ртути в трубопровод при случайном превышении величины максимального перепада давления в днище поплавкового сосуда смонтирован предохранительный клапан *3*. Движение поплавка *4* передается шарнирно связанным с ним рычагом *6* на ось *7*, на которой жестко укреплен сектор *8*, находящийся в зацеплении с шестерней магнитной муфты. На оси последней находится магнитопровод, отделенный стенкой специального стакана-разделителя от постоянного магнита, вращающегося синхронно с магнитопроводом. На линиях подвода давлений к сосудам установлены запорные вентили *9* и *11* с устройством для продувки соединительных линий и уравнительный вентиль *10*.

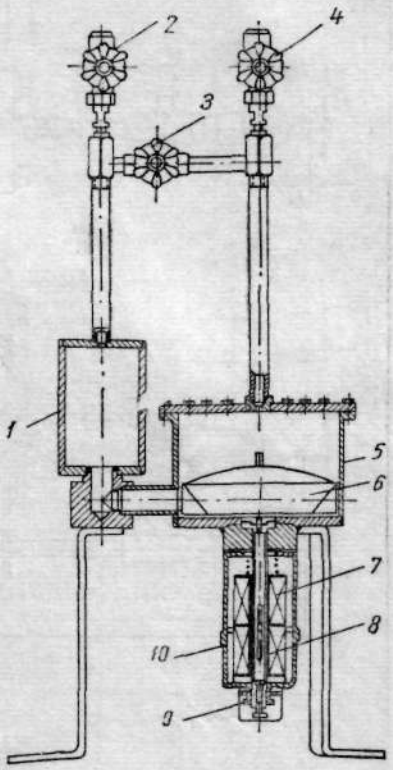


Рис. III. 23. Дифманометр типа ДПЭМ-2

У дифманометров-расходомеров на выходной оси магнитной муфты насажено лекало с профилем, выполненным по квадратичной зависимости. По профилю лекала скользит щуп, на ось которого жестко насажено перо; на этой же оси закреплен кривошип для передачи движения к трибко-секторному механизму показывающего прибора. У дифманометров-перепадомеров и уровнемеров на выходной оси магнитной муфты насажена шестерня, вращение которой через сектор и четырехзвенник передается перу.

У дифманометров с интегратором (ДП-712Р и ДП-781Р) поворот оси пера передается суммирующему устройству ИПЭ-3-6, которое имеет две модификации: ИПЭ-3-6С — для самопишущих приборов и ИПЭ-3-6 — для показывающих. Период интеграции суммирующего устройства, равный 6 *сек*, задается движением кулачка, вал которого делает 10 *об/мин*. Вращение кулачка вызывает качательное движение рычага, причем угол качания, определяемый положением и профилем лекала интегратора, пропорционален расходу. Качательное движение рычага передается на муфту обратного хода, которая суммирует углы только в одном направлении и с помощью зубчатой передачи передает их на счетчик и стрелку счетчика. Привод интегратора и диаграммы у этих приборов — от

Перепад давления в *кгс/см²*	Высота	Наибольшая ширина
40	720	565
63	729	457
100	789	400
160	871	383
250	977	375
400	1086	366

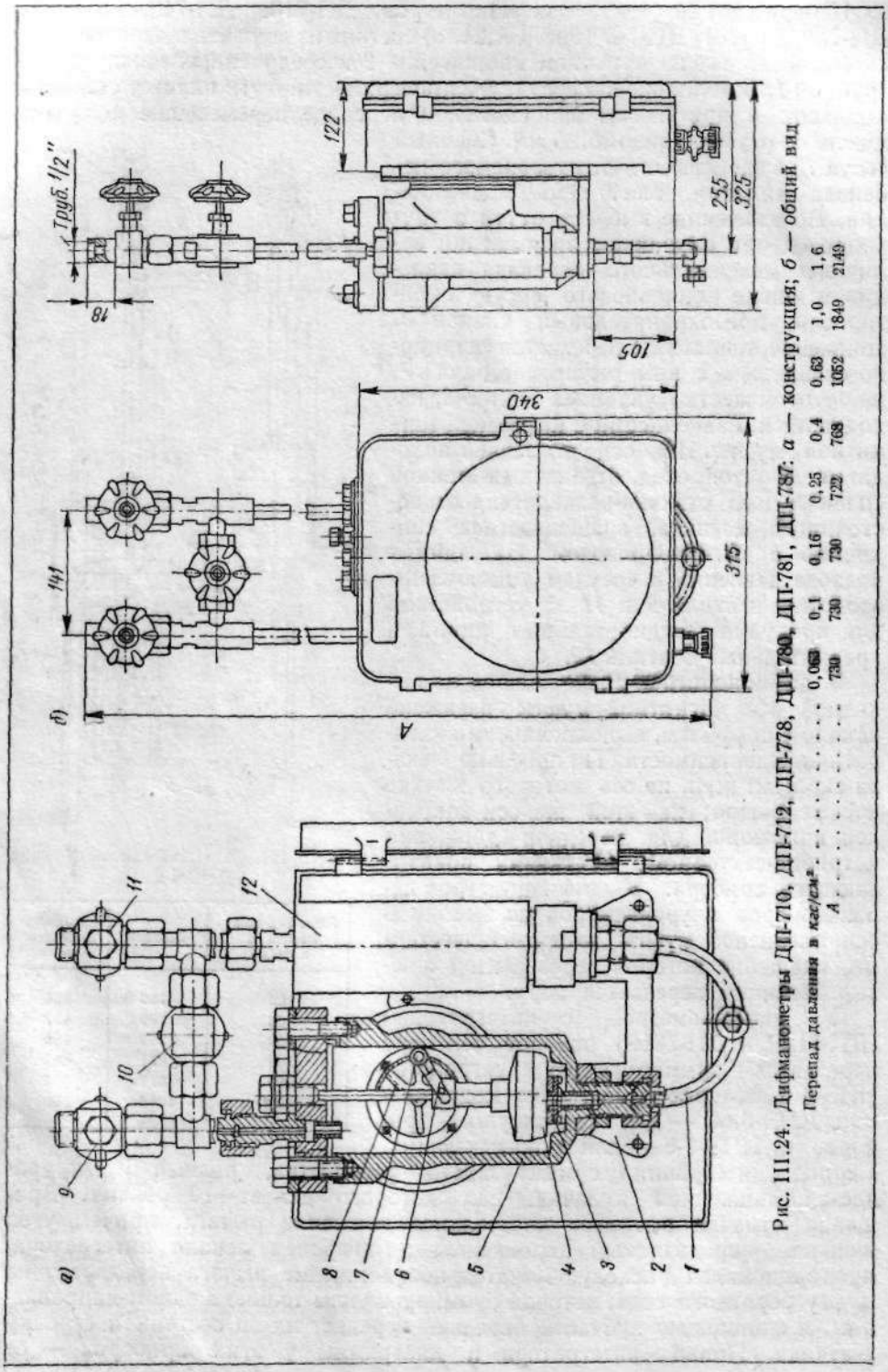


Рис. III.24. Дифманометры ДП-710, ДП-712, ДП-778, ДП-780, ДП-781, ДП-787: *а* — конструкция; *б* — общий вид

Перепад давления в кгс/см²	0,063	0,1	0,16	0,25	0,4	0,63	1,0	1,6
A	730	730	730	722	768	1052	1849	2149

синхронного двигателя, погрешность показаний счетчика интегратора в диапазоне 30—100% шкалы (диаграммы) не более 0,5%.

Измерительная часть дифманометров ДПМ-710Р, ДПМ-710чР, ДПМ-780Р, ДПМ-787Р, ДПМ-710, ДПМ-710ч, ДПМ-780, ДПМ-787 идентична измерительной части дифманометров ДП-710. Движение поплавка передается шарнирно связанным с ним рычагом на ось уплотнительной муфты, на конце которой насажен кривошип. Перемещение кривошипа с помощью кинематической передачи передается на стрелку (показывающие приборы), на перо (самопишущие приборы) или на выполненное по квадратичной зависимости лекало, по профилю которого скользит щуп с закрепленной на его оси стрелкой или пером (дифманометры-расходомеры). Общий вид дифманометров ДПМ-710ч, ДПМ-710чР, ДПМ-780, ДПМ-780Р приведен на рис. III.25. Габаритные размеры остальных приборов этой группы не отличаются от приведенных на рис. III.25.

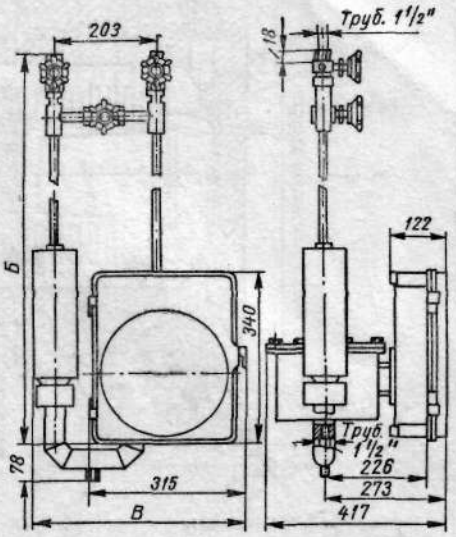


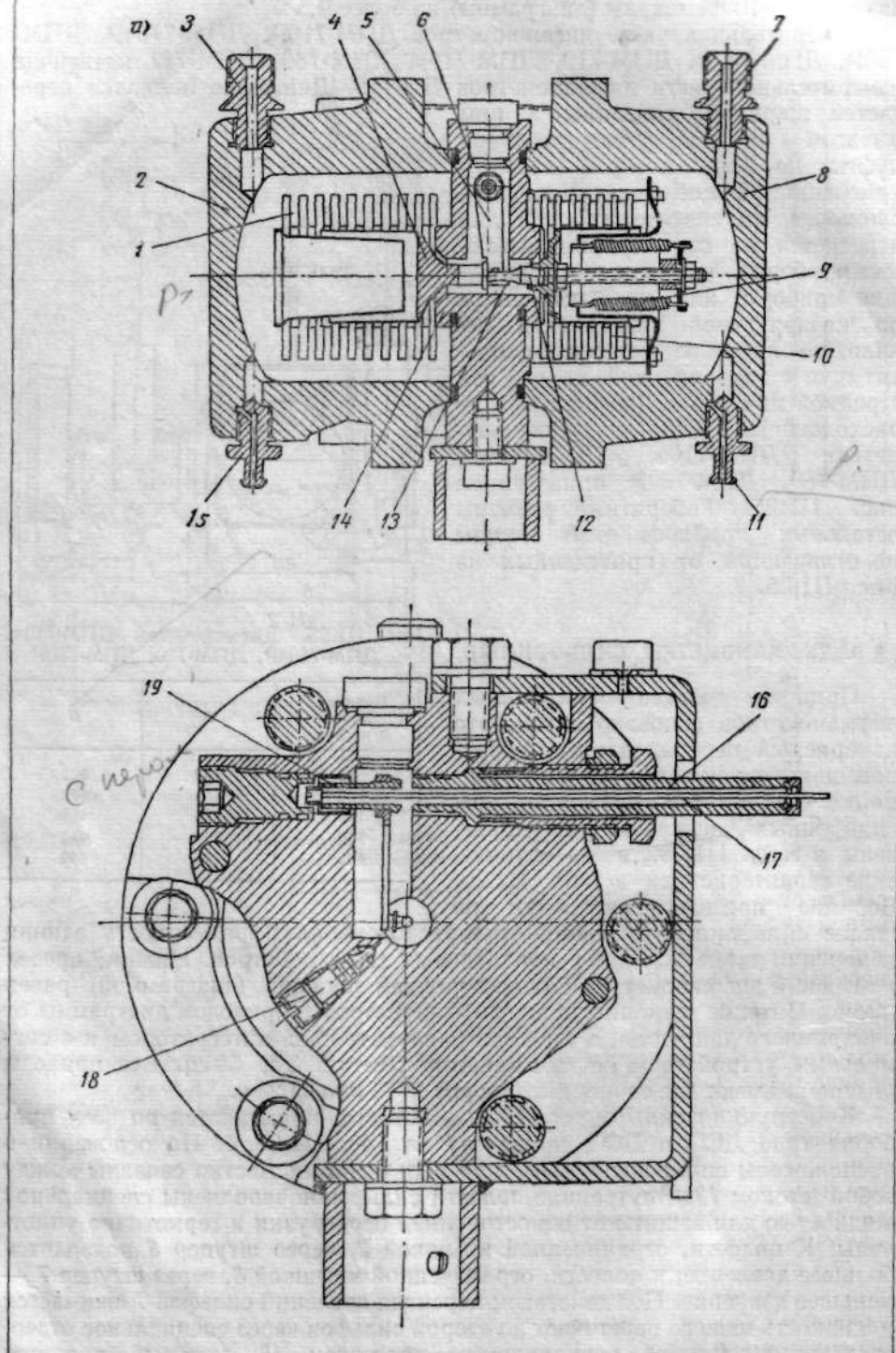
Рис. III.25. Дифманометры ДПМ-710ч, ДПМ-710чР, ДПМ-780, ДПМ-780Р

Перепад давления в *кгс/м²*	*Б*	*В*
63	460	562
100	484	478
160	554	458
250	664	445
400	844	439

§ 9. ДИФМАНОМЕТРЫ СИЛЬФОННЫЕ

Принцип действия сильфонных дифманометров основан на том, что измеряемый перепад давлений уравновешивается силами упругих деформаций сильфонов и пружин. Типы сильфонных дифманометров приведены в табл. III.28, а их технические характеристики в табл. III.29. Верхние пределы измерений по шкале сильфонных дифманометров-расходомеров и размерность единиц измерения такие же, как у поплавковых дифманометров. Нижний предел измерений дифманометров с односторонней шкалой (диаграммой) равен нулю. Питание самопишущих дифманометров с приводом диаграммы от синхронного двигателя, а также дифманометров с интегратором и с сигнальным устройством осуществляется от сети 220 *в*, 50 *гц*. Все приводы диаграмм имеют две скорости: 1 оборот за 12 или за 24 *ч*.

Конструкция сильфонного блока, который применяется во всех приборах типа ДСП и ДСС, приведена на рис. III.26, *а*. На основании *6* расположены сильфоны *1* и *10*, донышки которых жестко связаны между собой штоком *12*. Внутренние полости сильфонов заполнены специальной жидкостью для защиты от односторонней перегрузки и герметично уплотнены. К полости, ограниченной крышкой *2*, через штуцер *3* подводится большее давление; к полости, ограниченной крышкой *8*, через штуцер *7* — меньшее давление. Под действием перепада давлений сильфон *1* сжимается и жидкость из него перетекает во второй сильфон через специальное отверстие, перекрываемое регулируемым дросселем *18*, который является


а)
3
4
5
6
7
2
1
8
9
10
15
14
13
12
11
19
16
17
18

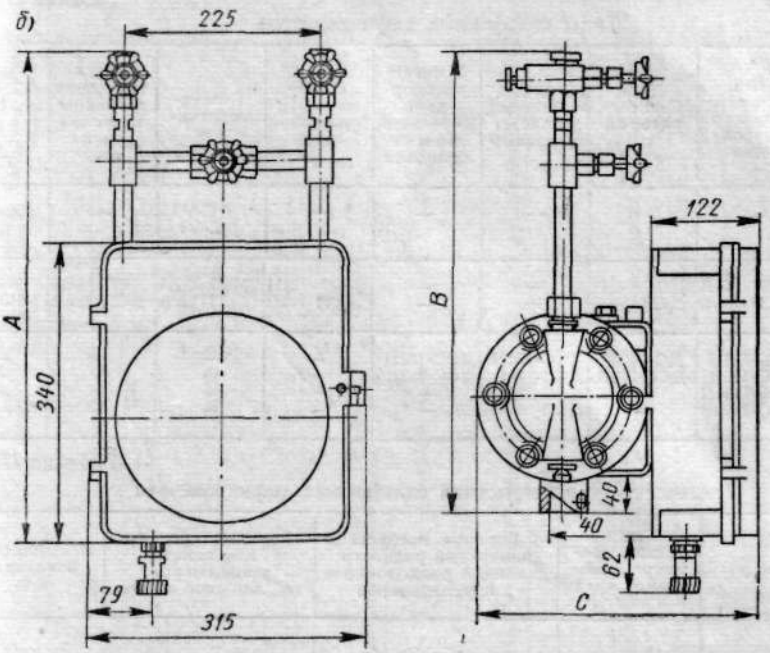


Рис. III.26. Дифманометры типа ДСП и ДСС: *а* — сильфонный блок; *б* — общий вид

Статическое давление в *кгс/см²*	*A*	*B*	*C*
160	600	590	335
320	583	555	315

демпфером. При этом перемещается вся система сильфоны — шток. Последний через шарикоподшипник *13* поворачивает рычаг *5*, который закручивает торзионную трубку *16* и поворачивает ось *17*, связанную кинематической передачей со стрелкой (пером, лекалом интегратора) прибора. Внутренний конец торзионной трубки лежит на роликовой опоре *19*. При закрытом демпфере *18* жидкость может перетекать через зазор между плавающим кольцом *14* и основанием *6*. Сильфон *1* имеет температурный компенсатор в виде трех добавочных гофр, полость которых сообщается через отверстия в стакане с рабочей частью сильфона. При изменении температуры окружающей среды избыточный объем жидкости перетекает в температурный компенсатор. Оба сильфона имеют клапанные устройства. При односторонней перегрузке конический клапан сильфона с уплотнительным кольцом *4* садится на конусное седло основания *6* и перекрывает проход для перетекания жидкости из сильфона, предохраняя его от разрушения. Пробки *15* и *11* служат для плавного сброса давления в измерительных полостях, для заполнения системы разделительной жидкостью и для слива промывочной жидкости. Пружины *9* устанавливаются в зависимости от предела измерения прибора.

Таблица III.28

Типы сильфонных дифманометров

Тип прибора	Без дополнительного устройства	С интегратором	С дополнительной записью давления	С интегратором и дополнительной записью давления	С сигнальным устройством	С пневмодатчиком	С электрическим датчиком постоянного тока	С дифференциально-трансформаторным датчиком
Бесшкальные	—	—	—	—	—	ДС-V ДС-VI	—	ДС-IV
Показывающие	ДСП-780Н ДСП-780В	ДСП-781Н ДСП-781В	— —	— —	ДСП-778Н ДСП-778В	ДСП-787Н ДСП-787В	ДСП-786Н ДСП-786В	— —
Самопишущие	ДСС-710Н ДСС-710В ДСС-710чН ДСС-710чВ	ДСС-712Н ДСС-712В — —	ДСС-734Н ДСС-734В ДСС-734чН ДСС-734чВ	ДСС-732Н ДСС-732В — —	— — — —	— — — —	— — — —	— — — —

Таблица III.29

Технические характеристики сильфонных дифманометров

Тип	Статическое давление измеряемой среды в *кгс/см²*	Верхние пределы измерений разности давлений расходомеров и перепадомеров	Верхние пределы измерений уровнемеров, *см. ст. изм. жидк.*	Погрешность показаний в %
ДСС-710Н ДСС-710чН ДСС-712Н ДСС-732Н ДСС-734Н ДСС-734чН ДСП-778Н ДСП-780Н ДСП-781Н ДСП-786Н ДСП-787Н	160	0,063; 0,1; 0,16; 0,25; 0,4; 0,63 *кгс/см²*	63; 100; 160; 250; 400; 630; 1000; 1600	±1 ±1,5
ДСС-710В ДСС-710чВ ДСС-712В ДСС-732В ДСС-734В ДСС-734чВ ДСП-778В ДСП-780В ДСП-781В ДСП-786В ДСП-787В	320	0,63; 1; 1,6 *кгс/см²*		
ДС-IV	320	0,063; 0,1; 0,16; 0,25; 0,4; 0,63; 1; 1,6 *кгс/см²*	—	±1,5
ДС-V	320	0,063; 0,1; 0,16; 0,25; 0,4; 0,63; 1; 1,6 *кгс/см²*	—	±1
ДС-VI	4	25; 40; 63; 100; 160; 250; 400 *кгс/м²*	—	

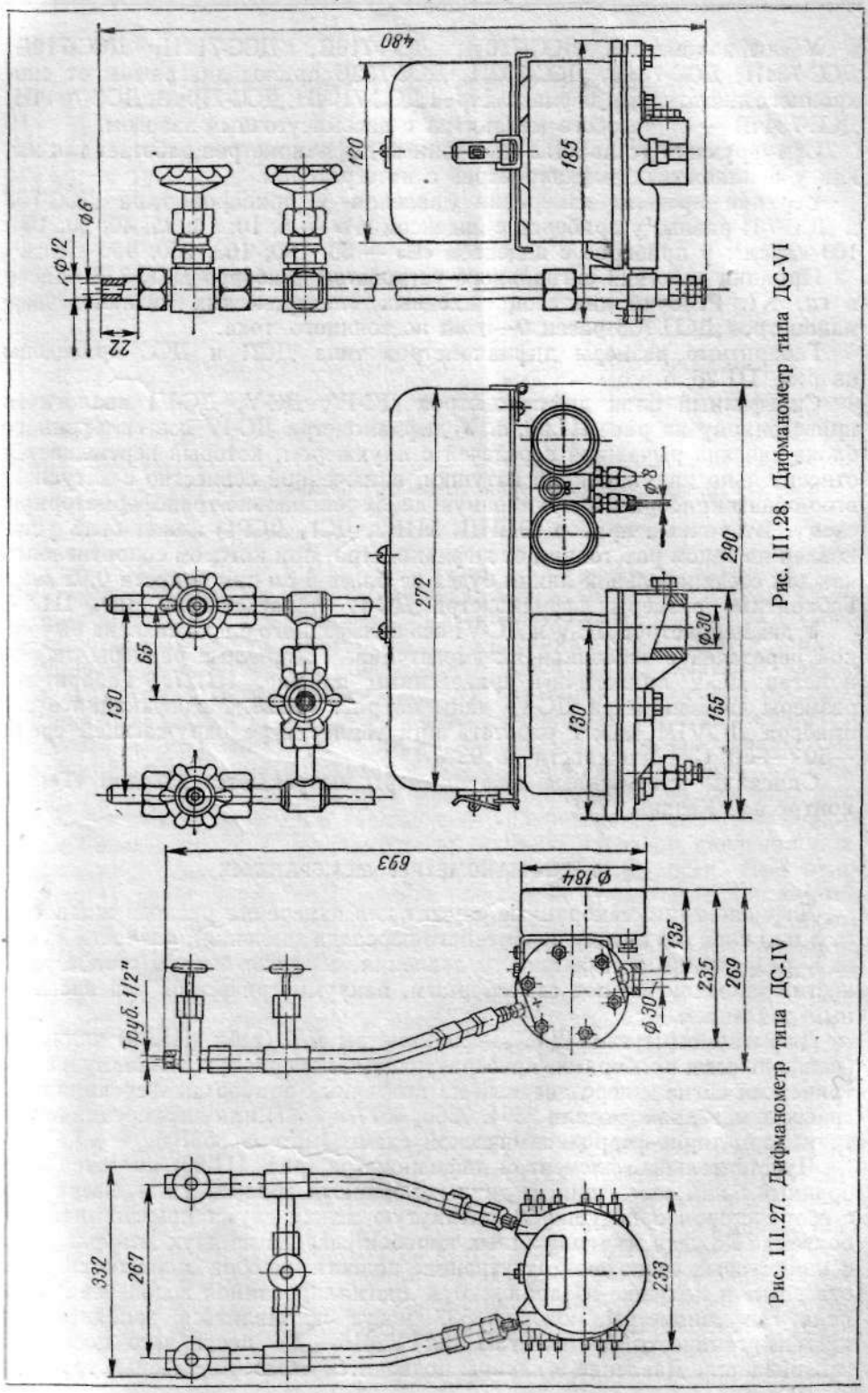


Рис. III.28. Дифманометр типа ДС-VI

Рис. III.27. Дифманометр типа ДС-IV

У дифманометров ДСС-710Н, ДСС-710В, ДСС-712Н, ДСС-712В, ДСС-734Н, ДСС-734В, ДСС-732Н, ДСС-732В привод диаграммы от синхронного двигателя, у дифманометров ДСС-710чН, ДСС-710чВ, ДСС-734чН, ДСС-734чВ — от часового механизма с восьмисуточным заводом.

Суммирующее устройство сильфонных дифманометров работает так же, как у поплавковых дифманометров с интегратором.

Верхние пределы измерения давления у приборов типа ДСС-732 и ДСС-734 равны: у приборов с индексом «Н» — 6; 10; 16; 25; 40; 60; 100; 160 *кгс/см²*; у приборов с индексом «В» — 60; 100; 160; 250; 400 *кгс/см²*.

Принцип действия сигнального устройства приборов ДСП-778 описан в гл. XI. Рабочий диапазон выходных электрических сигналов дифманометров ДСП-786 равен 0—5 *ма* постоянного тока.

Габаритные размеры дифманометров типа ДСП и ДСС приведены на рис. III.26, *б*.

Сильфонный блок дифманометров ДС-IV, ДС-V, ДС-VI аналогичен приведенному на рис. III.26, *а*. У дифманометра ДС-IV ось сильфонного блока связана рычажной передачей с плунжером, который перемещается относительно индукционной катушки, включенной совместно с катушкой вторичного прибора в индукционную дифференциально-трансформаторную схему. Вторичный прибор (ЭПИД, ЭИВ2, ДС1, ДСР1) может быть установлен на таком расстоянии от дифманометра, при котором сопротивление каждой соединительной линии будет не более 5 *ом* при емкости 0,02 *мкф*. Габаритные размеры дифманометра ДС-IV приведены на рис. III.27.

У дифманометров ДС-V и ДС-VI ось сильфонного блока связана рычажной передачей с заслонкой пневмодатчика. Габаритные размеры дифманометра ДС-V аналогичны приведенным на рис. III.27. Габаритные размеры дифманометра ДС-VI даны на рис. III.28. Модификация этого прибора ДС-VIМ может работать при температуре окружающей среды $-50 \div +50°$ С и влажности до 95%.

Описанные сильфонные дифманометры выпускаются заводом «Теплоконтроль», Казань.

§ 10. ДИФМАНОМЕТРЫ МЕМБРАННЫЕ

Дифманометры мембранные служат для измерения расхода жидкости, газа или пара (по методу переменного перепада давления), разности давлений, разрежения и избыточного давления, а также высоты столба жидкости, находящейся под атмосферным, вакуумметрическим или избыточным давлением.

Дифманометры типа ДМ. Дифманометры ДМ (табл. III.30) являются бесшкальными приборами, преобразующими измеряемую величину в электрический сигнал, передаваемый на вторичный прибор дифференциально-трансформаторной (модели 3564, 3566, 3577 и 3537) или дифференциально-трансформаторно-ферродинамической схемы (модель 3537ф).

Чувствительным элементом дифманометра (рис. III.29) является мембранный блок, состоящий из двух мембранных коробок *2* и *4*, ввернутых с обеих сторон в подушку *3*, затянутую между двумя крышками *1* и *5* болтами. Каждая из мембранных коробок сварена из двух мембран, профили которых совпадают. Внутренние полости коробок сообщаются через отверстие в подушке и заполняются дистиллированной водой через ниппель (дифманометры модели 3537 могут поставляться заполненными кремнеорганической жидкостью Ж2ТУ2416—54), после чего последний заваривается. Давление в камеры подводится через импульсные трубки *6*

Таблица III.30

Технические характеристики дифманометров типа ДМ

Модель	Верхние пределы измерения разности давлений	Допустимое рабочее избыточное давление в *кгс/см²*	Габаритные размеры в *мм*
3564	160; 250; 400; 630; 1000; 1600; 2500 *кгс/м²*	63	200×575×200
3566		250	
3537 3537ф	0,4; 0,63; 1; 1,6; 2,5; 4; 6,3 *кгс/см²*	250	218×510×200
3577	0,4; 0,63; 1; 1,6; 2,5; 4; 6,3 *кгс/см²*	630	200×575×200

Примечание. Дифманометры с перепадом 160 и 250 *кгс/м²* предназначены только для измерения разности давлений газов.

и *14* с установленными на них запорными вентилями *9* и *10* и уравнительным вентилем *11*. С центром верхней мембраны связан сердечник *13* дифференциального трансформатора *7*. Сердечник перемещается внутри разделительной трубки *12*. Дифференциальный трансформатор *7* закрыт колпаком *8*. Под воздействием разности давлений в плюсовой (нижней) и минусовой (верхней) камерах нижняя мембранная коробка сжимается, жидкость из нее перетекает в верхнюю коробку, вызывая перемещение сердечника трансформатора и этим изменение напряжения и фазы на выходе первичного прибора. Деформация мембран происходит до тех пор, пока силы, вызванные перепадом давления, не уравновесятся упругими силами мембранных коробок. В зависимости от величины перепада давления устанавливаются мембранные коробки определенной жесткости. При односторонних перегрузках повреждение коробок не происходит, так как обе мембраны складываются по профилю, вытесняя при этом всю жидкость во вторую коробку. Дифманометры снабжены температурной компенсацией. Подсоединение кабеля производится через штепсельный разъем. Питание прибора осуществляется со стороны вторичного прибора. Основная допустимая погрешность в комплекте ±1,5%.

Изготовители: завод «Манометр», Москва (модели 3564, 3566 и 3577), Приборостроительный завод, Кировабад (модель 3564), Приборостроительный завод, Ивано-Франковск модели 3537 и 3537Ф).

Дифманометры типа ДМПК. Дифманометры мембранные, пневматические компенсационные ДМПК являются первичными бесшкальными измерительными приборами, снабженными телеметрическим пневматическим устройством, и предназначены для непрерывного измерения контролируемого перепада давления и преобразования его в пропорциональные импульсы давления сжатого воздуха в пределах от 0,2 до 1 *кгс/см²*. В комплекте с вторичными пневматическими приборами они могут быть использованы для измерения или регулирования: ДМПК-4 — перепада давлений, расхода, избыточного давления и разрежения неагрессивных газов; ДМПК-100 — перепада давлений, расхода, избыточного давления, разрежения неагрессивных парообразных, газообразных и жидких сред,

а также уровня жидкости; ДМПК-100А — перепада давлений, расхода, избыточного давления, разрежения азотной кислоты концентрации 47—55% вес. и нитрозных газов, а также уровня азотной кислоты и ее соединений.

Принципиальная схема дифманометра ДМПК-4 приведена на рис. III.30. Прибор состоит из двух основных частей: измерительного

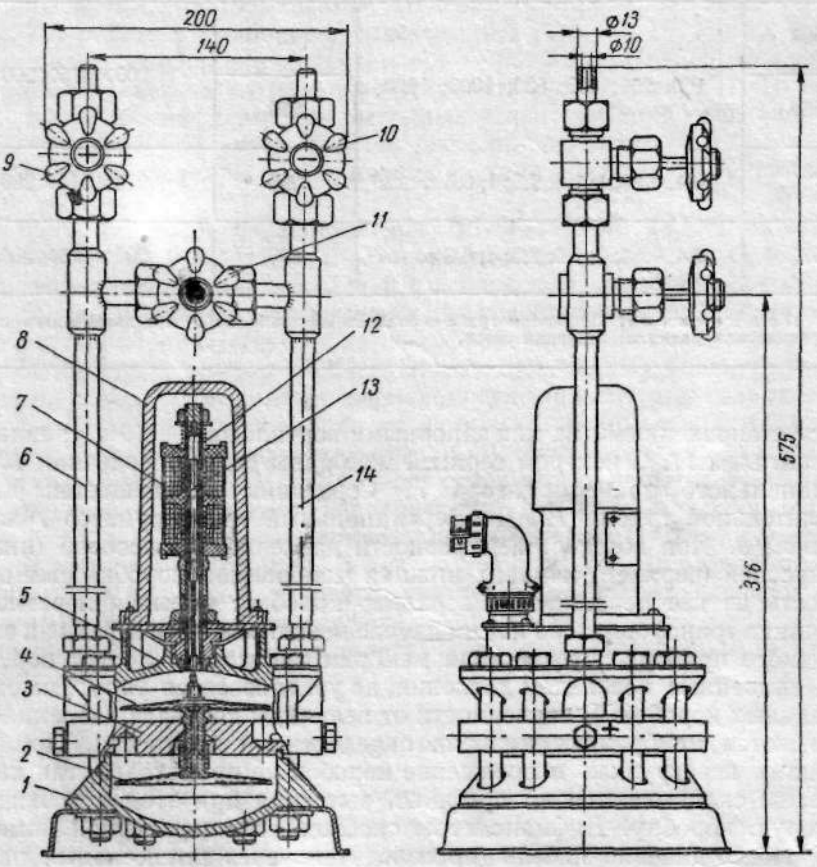


Рис. III.29. Дифманометр типа ДМ, модель 3564

узла и пневмопреобразователя. Под действием изменения разности давления на вертикальной резинотканевой мембране *1* возникает усилие, которое через систему рычагов изменяет положение заслонки *7* относительно сопла *8*. При изменении зазора между соплом и заслонкой давление воздуха, поступающего к соплу через постоянный дроссель *11* из выходной линии, меняется. Так как проходное сечение дросселя *11* меньше проходного сечения сопла *8*, то даже незначительное перемещение заслонки вызывает резкое изменение давления в пневмолинии перед соплом *8*, что, в свою очередь, вызывает изменение давления на выходе пневмореле *10* (о работе последнего см. гл. IX, § 3). Изменение давления продолжается до тех пор, пока заслонка *7* под действием сильфона обратной связи *5* не займет такого положения относительно сопла *8*, при котором усилие на сильфоне *5* обратной связи уравновесит усилие мембраны *1*. Рычаг *3*

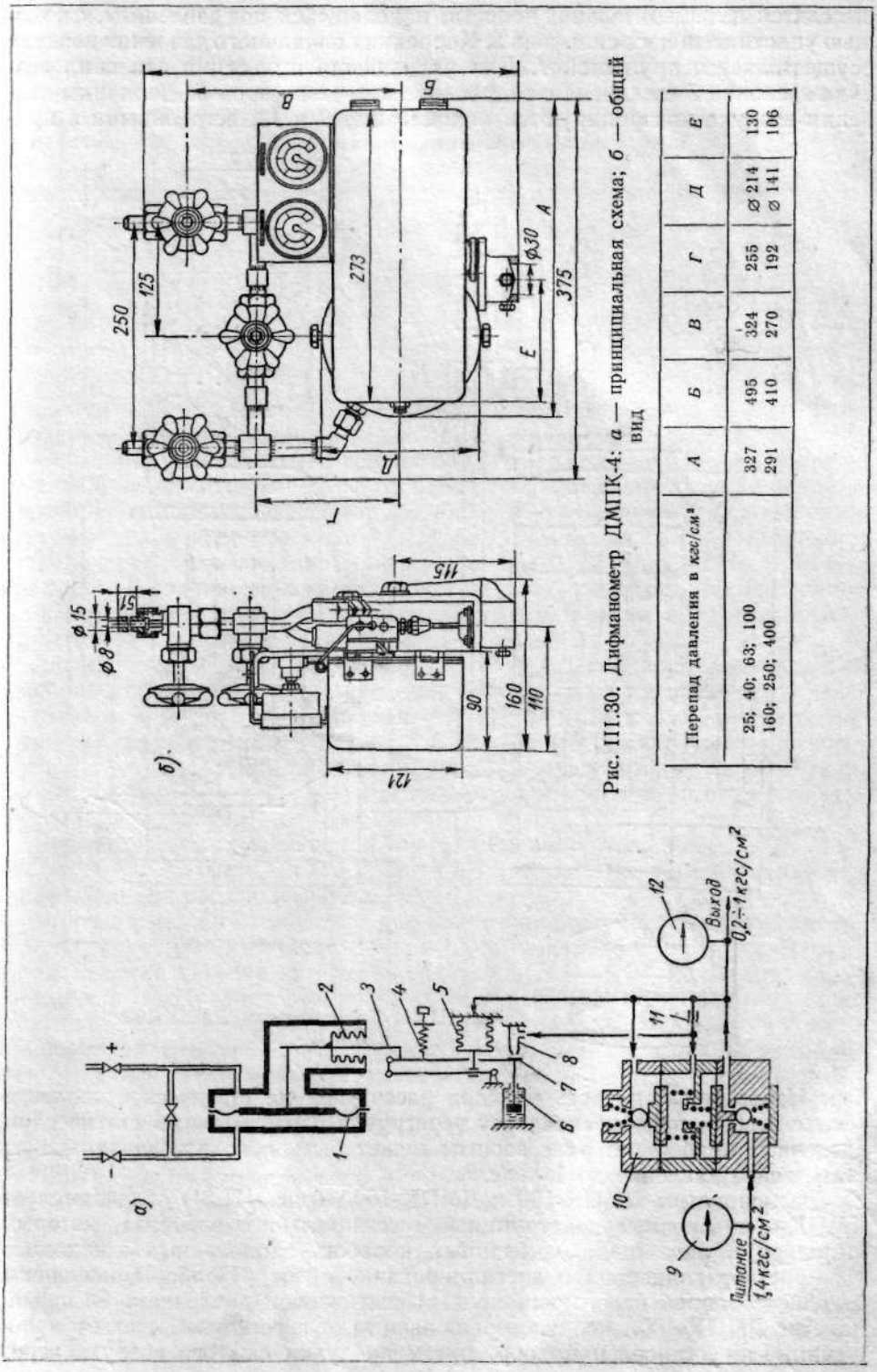


Рис. III.30. Дифманометр ДМПК-4: *а* — принципиальная схема; *б* — общий вид

Перепад давления в *кгс/см²*	*А*	*Б*	*В*	*Г*	*Д*	*Е*
25; 40; 63; 100	327	495	324	255	⌀ 214	130
160; 250; 400	291	410	270	192	⌀ 141	106

выводится из измерительной полости, находящейся под давлением, с помощью уплотнительного сильфона *2*. Коррекция начального давления воздуха осуществляется пружиной *4*. Для уменьшения пульсации давления воздуха заслонка *7* соединена с гидравлическим демпфером *6*. Величины давления воздуха контролируются манометрами *9* и *12*, встроенными в при-

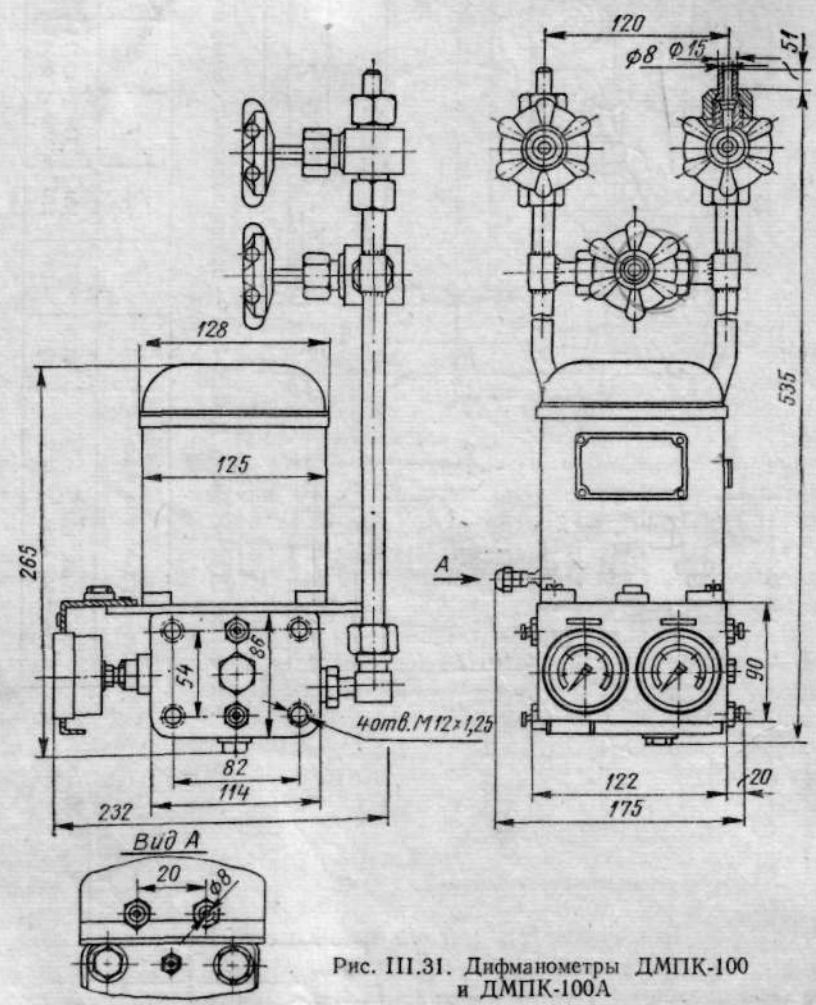


Рис. III.31. Дифманометры ДМПК-100 и ДМПК-100А

бор. Измерительная часть прибора рассчитана на статическое давление 4 *кгс/см²*. Для предохранения от перегрузки односторонним статическим давлением прибор без реле защиты может быть использован только на статическое давление до 1 *кгс/см²*.

Дифманометры ДМПК-100 и ДМПК-100А (рис. III.31) отличаются от ДМПК-4 в основном конструкцией чувствительного элемента, который выполнен в виде двух мембранных коробок, заполненных жидкостью (4% раствор глицерина в дистиллированной воде). Приборы защищены от односторонней перегрузки полным статическим давлением. В дифманометре ДМПК-100А предусмотрена защита от агрессивной среды в помещении, где установлен прибор, путем продувки сжатого воздуха через

Таблица III.31

Технические характеристики дифманометров ДМПК

Тип	Пределы измерения перепада давления	Допустимое статическое давление в *кгс/см²*
ДМПК-4	0—25; 0—40; 0—63; 0—100; 0—160; 0—250; 0—400 *кгс/м²*	4
ДМПК-100	0—630; 0—1000; 0—1600; 0—2500 *кгс/м²*	100
ДМПК-100А	0—0,4; 0—0,63; 0—1 *кгс/см²*	100

защитный кожух. Дифманометр работает без разделительных сосудов. Пределы измерений дифманометров приведены в табл. III.31.

Основная погрешность приборов при температуре окружающей среды 20 ± 5° С не превышает ±1% от рабочего диапазона давления воздуха дистанционной передачи. Питание приборов осуществляется очищенным воздухом давлением 1,4 *кгс/см²*. Приборы выполняются в нормальном и тропическом исполнении (температура 5—60° С, влажность до 95%). Приборы обеспечивают передачу результатов измерения на расстояние до 300 *м* по пневмотрассе с внутренним диаметром трубопровода 6 *мм*.

Изготовитель: завод «Теплоприбор», Рязань.

Дифманометры типа ДМ-66. Дифманометры ДМ-66 предназначены для преобразования изменений давления, перепада давлений жидких неагрессивных сред в пропорциональный этим изменениям сигнал переменного тока промышленной частоты. Система преобразования сигнала дифференциально-трансформаторная. Приборы применяются в качестве первичных приборов в схемах регулирования с электронными автоматическими регуляторами МЗТА.

Дифманометры выпускаются на номинальные перепады: 160; 630; 1000; 1600 *кгс/м²*; 0,4; 0,63; 1; 1,6; 2,5; 4 и 6,3 *кгс/см²*. Максимальное рабочее давление среды 63, 250 и 350 *кгс/см²*.

Минимальная крутизна преобразования при работе на внешнюю активную нагрузку 500 *ом* не менее 5 *мв* на 1% номинального перепада. Напряжение питания датчика 12 *в* переменного тока, 50 *гц*. Потребляемая мощность 2 *в·а*. Габаритные размеры 200×510×200 *мм*.

Изготовитель: Завод тепловой автоматики, Москва.

Дифманометры типа ДМИ. Дифманометры мембранные с индукционным датчиком являются бесшкальными приборами, предназначенными для измерения давления, разрежения или разности давлений неагрессивных жидкостей, газов и паров и преобразования измеренной величины в пропорциональный ей электрический сигнал.

Принципиальная схема прибора ДМИ показана на рис. III.32. Чувствительным элементом дифманометра служит вялая мембрана *1*. При изменении разности давлений, действующей на мембрану, мембрана и жестко связанный с ней плунжер *3* индукционного датчика *2* перемещаются, занимая положение, при котором усилие от приложенной к мембране разности давлений уравновешивается силой пружины *4*. Перемещение плунжера *3* преобразуется индукционным датчиком в э. д. с., пропорциональную по величине измеряемой разности давлений. Дистанционная

передача электрического сигнала осуществляется компенсационным методом.

Дифманометры выпускаются двух модификаций: расходомеры ДМИ-Р и тягомеры (напоромеры) ДМИ-Т. Применяются дифманометры в комплекте со вторичным миниатюрным прибором ВФСМ, снабженным ферродинамическим преобразователем ПФ-1.

Предельные номинальные перепады давления расходомеров: 63; 100; 160; 250; 400; 630; 1000; 1600; 2500 *кгс/м²*. Верхние пределы измерения

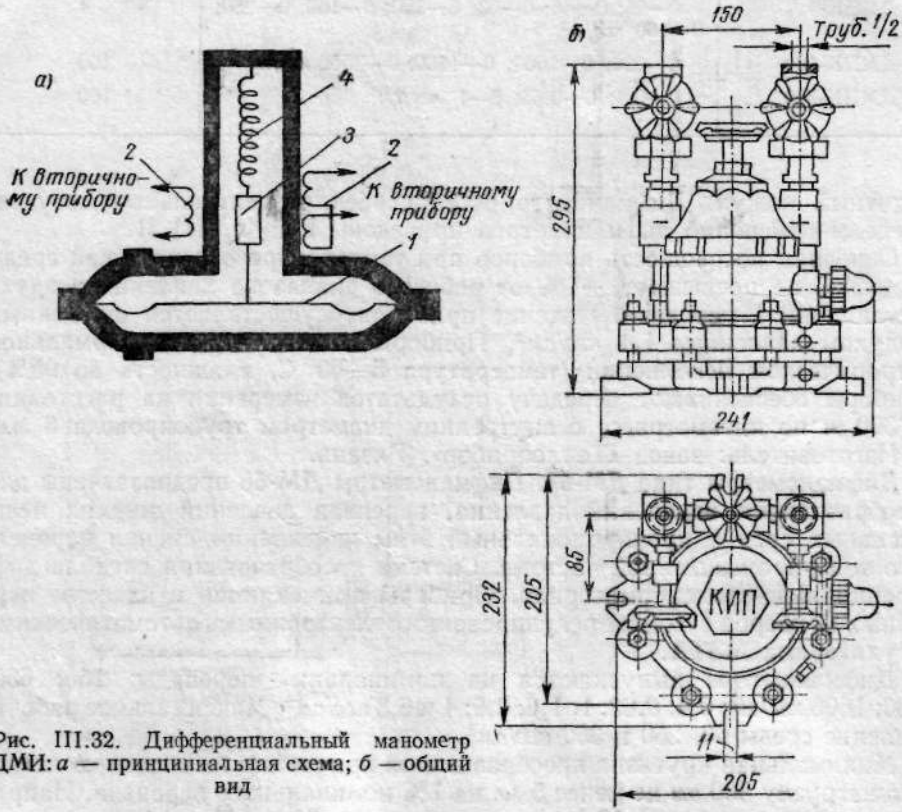


Рис. III.32. Дифференциальный манометр ДМИ: *а* — принципиальная схема; *б* — общий вид

перепадомеров: 0,4; 0,63; 1 *кгс/см²*. Максимально допустимое рабочее давление измеряемой среды 63 *кгс/см²*. Основная допустимая погрешность показаний по шкале вторичного прибора ±1,5%. Питание индукционного датчика дифманометра осуществляется напряжением 127 *в*, 50 *гц* со стороны вторичного прибора.

Изготовитель: завод КИП, Харьков.

Дифманометры типа ДМК. Дифманометры мембранные компенсационные являются первичными бесшкальными приборами, предназначенными для измерения перепада давлений газа и преобразований измеренной величины в электрический сигнал, пропорциональный ей или корню квадратному из нее. Дифманометры работают в комплекте со вторичными приборами ВФСМ и другими приборами ферродинамической или частотной системы.

На рис. III.33 приведена принципиальная схема дифманометра ДМК. При изменении разности давлений, действующей на вялую мембрану *3*,

перемещается связанный с ней плунжер *2* индукционного датчика. Возникшее вследствие перемещения плунжера напряжение разбаланса поступает на вход электронного усилителя *1*. Конденсаторный двигатель *8*, управляемый электронным усилителем, поворачивает лекало *6* и через рычаг *5* действует на уравновешивающую пружину *4*. Процесс компенсации оканчивается, когда плунжер *2* возвращается в прежнее поло-

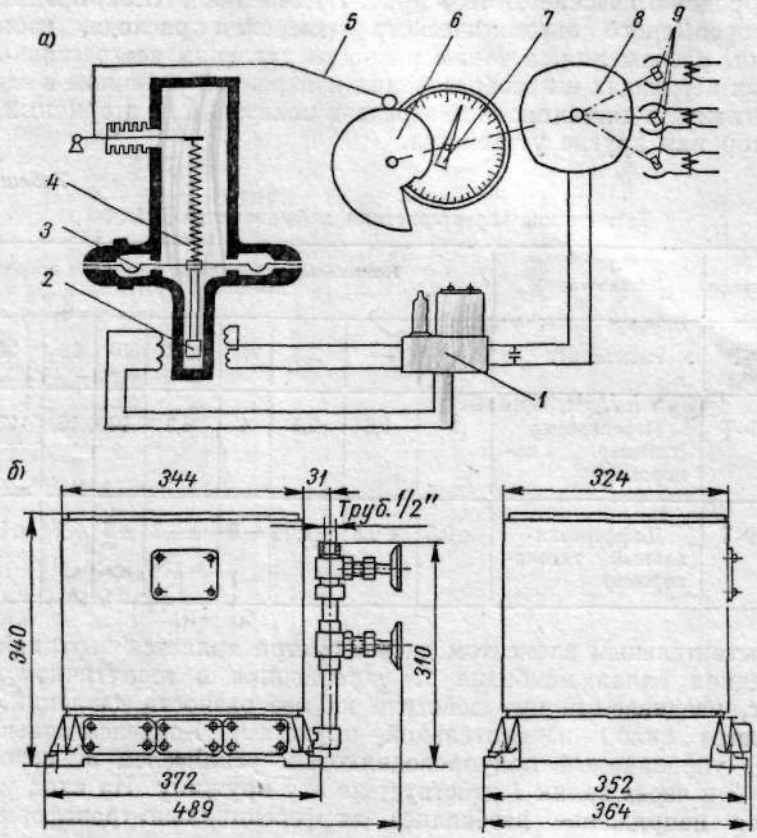


Рис. III.33. Дифференциальный манометр ДМК: *а* — принципиальная схема; *б* — общий вид

жение и усилие, развиваемое мембраной, уравновешивается силой пружины. Ось лекала *6* и стрелка *7* поворачиваются на угол, соответствующий измеряемой величине. С осью лекала кинематически связаны оси рамок выходных датчиков *9*, предназначенных для дистанционной передачи измерений. Дифманометры могут быть снабжены одним, двумя или тремя выходными преобразователями ПФ; одним ПС и двумя ПФ; одним ПС и одним ПФ.

Дифманометры выпускаются двух модификаций: тягомеры (напоромеры) ДМК-Т и расходомеры ДМК-Р со следующими предельными номинальными перепадами давления расходомеров и верхних пределов измерения перепадомеров — 63; 100; 160; 250; 400; 1000; 1600 *кгс/м²*. Допустимое статическое давление — 16 *кгс/см²*. Основная погрешность показаний комплекта по шкале вторичного прибора, подключенного к одному из

выходных ферродинамических преобразователей дифманометра, не должна превышать ±1,5%. Питание прибора осуществляется от разделительного трансформатора напряжением 127 *в*, 50 *гц*. Дифманометры могут выпускаться с контактным трехпозиционным устройством 3 *а*, 220 *в*, 50 *гц*.

Изготовитель: завод КИП, Харьков.

Дифманометры типа ДМКФ. Дифманометры мембранные компенсационные ферродинамические ДМКФ (рис. III.34 и табл. III.32) предназначены для непрерывного автоматического измерения расхода, избыточного давления, разрежения, а также разности давлений неагрессивных газов на малых перепадах и преобразования измеренной величины в электрический сигнал для дистанционной передачи показаний на вторичный прибор, регулятор или другие устройства.

Таблица III. 32

Технические характеристики дифманометра ДМКФ

Модификация	Назначение	Номинальные перепады и верхние пределы измерения в *кгс/м²*								
ДМКФ-Р	Расходомер	—	—	2,5	4	6,3	10	16	25	40
ДМКФ-Т	Перепадомер (тягомер, напоромер)	1	1,6	2,5	4	6,3	10	16	25	40
ДМКФ-Т	Дифференциальный тягонапоромер	±0,5	±0,8	±1,25	±2	±3,2	±5	±8	±12,5	±20

Чувствительным элементом дифманометра является вертикально расположенная вялая мембрана *9*, укрепленная в герметичном корпусе. Момент, развиваемый при действии на нее разности давлений, уравновешивается силой измерительной пружины. Конденсаторный двигатель *5*, управляемый полупроводниковым усилителем *6*, поворачивает лекало *2* и через валик *1* действует на эту пружину. На вход усилителя подается напряжение разбаланса дифференциально-трансформаторного датчика *8*, плунжер *7* которого жестко связан с вялой мембраной. Датчик служит нуль-индикатором и меняет фазу сигнала в зависимости от направления смещения мембраны от среднего положения. С осью лекала кинематически связаны оси выходных преобразователей — ферродинамического *3* и струнного *4* (или двух только ферродинамических). Выходной ферродинамический преобразователь дает электрический сигнал в виде напряжения частоты 50 *гц*, а струнный — частотный унифицированный сигнал. Оба сигнала пропорциональны измеряемой величине. Для удобства градуировки прибор снабжен служебной шкалой. Дифманометры могут быть снабжены одним или двумя преобразователями ПФ или одним ПФ и ПС, а также контактным трехпозиционным регулирующим устройством на 3 *а*, 220 *в*, 50 *гц*.

Дифманометры предназначены для настенного монтажа, снабжены комбинированным краном с одной рукояткой для включения и отключения.

Время прохождения стрелкой прибора участка служебной шкалы от 30 до 90% верхнего предела измерения составляет: 0,6; 1,6; 6 *сек*.

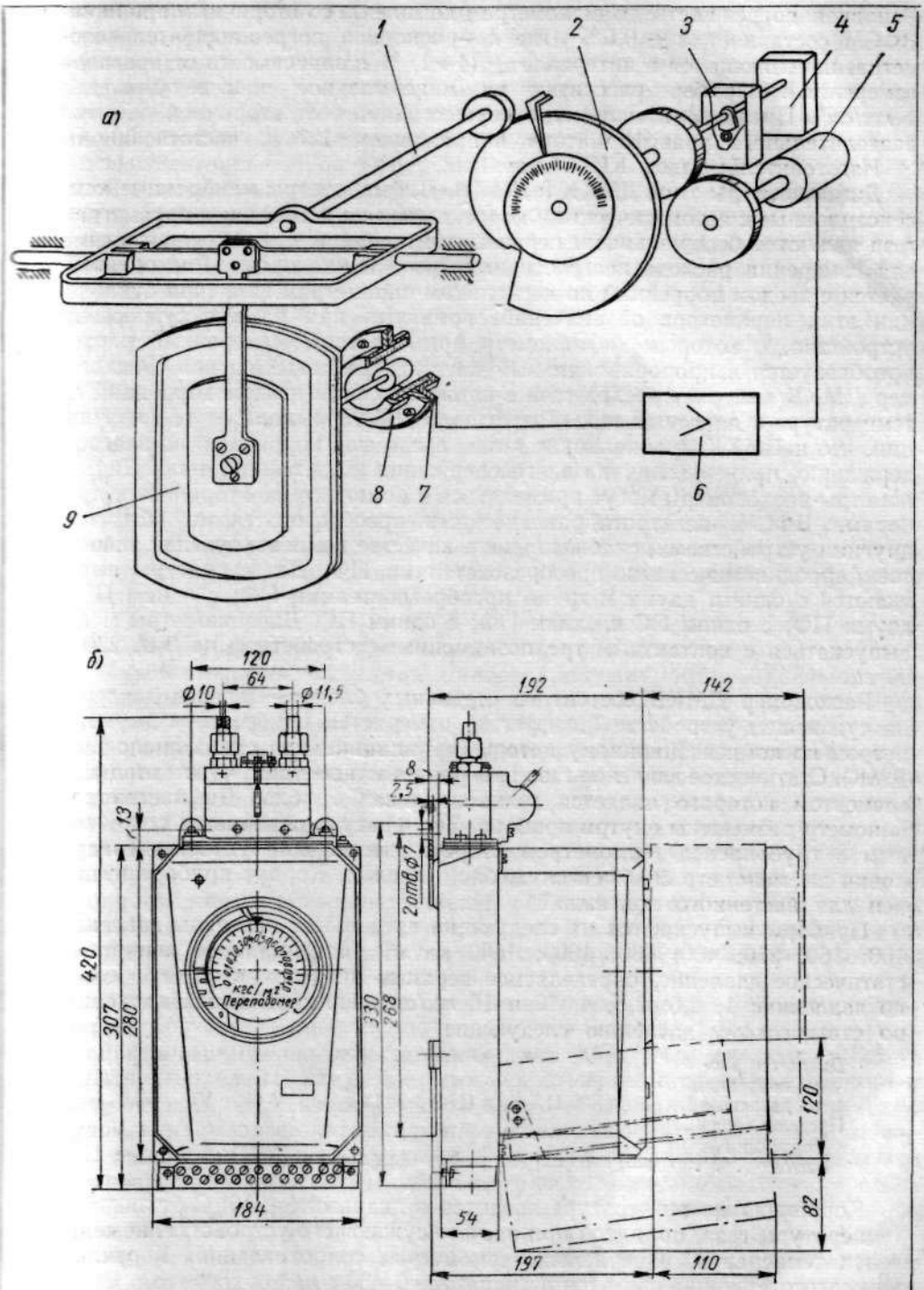


Рис. III.34. Дифференциальный манометр ДМКФ: *а* — принципиальная схема; *б* — общий вид

Основная погрешность дифманометра в комплекте со вторичным прибором ВФСМ составляет $k \pm 0{,}5\%$ [где k — основная погрешность дифманометра, изменяющаяся в интервале $\pm (4 \div 1)$ % в зависимости от пределов измерения]. Прибор рассчитан на максимальное рабочее давление 1 *кгс/см²*. Питание дифманометра осуществляется от вторичной обмотки разделительного трансформатора напряжением 127 *в*, частота 50 *гц*.

Изготовитель: завод КИП, Харьков.

Дифманометры типа ДМКК и ДМКВ. Дифманометры мембранные компенсационные с автоматическими коррекциями по нескольким параметрам газа являются бесшкальными первичными приборами, предназначенными для измерения расхода неагрессивных газов и кислорода. Расход измеряется с вводом коррекций по нескольким параметрам газа (при отклонении этих параметров от значений, принятых при расчете сужающего устройства, с которым дифманометр применяется). Измеренный расход преобразуется в пропорциональный ему электрический сигнал. Расходомер ДМКК измеряет расход газа с автоматическим вводом коррекций по температуре и давлению газа. Расходомер ДМКВ выполняет те же функции, что и ДМКК, в дополнение к ним вводя еще коррекцию по влагосодержанию, причем величина влагосодержания задается вручную. Дифманометры-расходомеры могут применяться в комплекте со вторичными приборами ВФСМ, электрогидравлическими преобразователями ПЭГ или другими устройствами, снабженными в качестве компенсирующих элементов ферродинамическими преобразователями ПФ. Дифманометры выпускаются с одним, двумя и тремя преобразователями ПФ; с одним ПС и двумя ПФ; с одним ПС и одним ПФ; с одним ПС. Дифманометры могут выпускаться с контактным трехпозиционным устройством на 3 *а*, 220 *в*, 50 *гц*.

Расходомер ДМКВ состоит из отдельных блоков. Перепад давления на сужающем устройстве (диафрагме) измеряется мембранным дифманометром по компенсационному методу (принципиальная схема аналогична ДМК). Статическое давление газа измеряется манометром, чувствительным элементом которого является геликоидальная трубка. Дифманометр и манометр размещены внутри прибора. Температура измеряется погруженным в трубопровод термометром сопротивления. Для удобства градуировки дифманометр снабжен служебной шкалой. Корпус прибора выполнен для настенного монтажа.

Приборы выпускаются на следующие предельные перепады давлений: 100; 160; 250; 400; 630; 1000; 1600 *кгс/м²*. Максимальное допустимое статическое давление, определяемое верхним пределом ввода коррекции по давлению: 1; 1,6; 2,5; 4; 10 и 16 *кгс/см²*. Пределы ввода коррекции по статическому давлению следующие:

Диапазон ввода коррекции по давлению	I	II	III	IV	V	VI	VII
Пределы ввода коррекции в *кгс/см²* . . .	0,4—1	0,6—1,6	1—2,5	1,6—4	2,5—4	4—10	6—16

Коррекция по температуре вводится в диапазоне $\pm 50°$ С от значения температуры газа, принятой при расчете сужающего устройства, но в пределах температур, измеряемых термометром сопротивления. Коррекция на влагосодержание вводится в диапазоне 0—50 *г/нм³* сухого газа. Основная погрешность показаний расходомеров по шкале расхода при расчетных значениях давления, температуры и влагосодержания не должна

превышать ±1,5%. Дополнительная погрешность приборов по шкале расхода при отклонении величин давления, температуры и влагосодержания не должна превышать ±2%. Питание приборов осуществляется от вторичной обмотки индивидуального разделительного трансформатора напряжением 127 *в*, 50 *гц*. Габаритные размеры прибора (с вентильной головкой) 734×380×324 *мм*.

Изготовитель: завод КИП, Харьков.

Дифманометры унифицированной системы ГСП. Приборы выполняют следующие функции: пневматические ДМ-П — преобразование перепада давления и расхода газа в пневматический сигнал дистанционной передачи; электрические ДМ-Э — преобразование давления газа, а ДМ-ЭР — преобразование расхода газа в пропорциональный сигнал постоянного тока; частотные ДМ-4 — преобразование перепада давления и расхода газа в частоту переменного тока дистанционной передачи. Дифманометры входят в общий комплекс унифицированной системы пневматических и электрических взаимозаменяемых датчиков ГСП и используются в комплекте со вторичными приборами, регуляторами, машинами централизованного контроля и другими устройствами, работающими от стандартного пневматического входного сигнала (ГОСТ 9468—60), от входных сигналов постоянного тока или напряжения (ГОСТ 9895—61), а также сигналов в виде частоты переменного тока. При использовании дифманометров в качестве расходомеров они должны применяться в комплекте с сужающими устройствами в соответствии с правилами 28—64 Комитета стандартов, мер и измерительных приборов. Пределы измерения по расходу выбираются по ГОСТу 3720—66 и должны соответствовать указанным ниже предельным номинальным перепадам давления.

Чувствительным элементом приборов служит резино-тканевая мембрана. Дифманометры построены по блочному принципу с использованием унифицированных преобразователей. Конструкция приборов позволяет настраивать их на различные пределы измерения. Дифманометры-расходомеры ДМ-ЭР снабжены квадратичными преобразователями, дающими выходной сигнал, пропорциональный корню квадратному из величины перепада давления или величине измеряемого расхода.

Основная погрешность приборов с пределами измерения 0—10 *кгс/м²* ± ±1,6%, а с пределами измерения 0—16 *кгс/м²* ±1 и ±1,6%. Описание принципа действия преобразователей ГСП и другие технические данные приведены в гл. II, § 6. Типоразмеры приборов и пределы перепадов давлений даны в табл III.33. Общий вид дифманометров и их габаритные размеры приведены на рис. III.35 и III.36.

Приборы ГСП подлежат освоению на заводе «Теплоприбор», Рязань.

Дифференциальное реле давления типа ДРД. Реле давления ДРД-01 и ДРД-02 (табл. III.34) служат для непрерывного показания по шкале и сигнализации отклонений разности давлений, избыточного давления или разрежения, расхода (по методу переменного перепада) жидкостей, паров и газов, а также уровня жидкости. Реле типа ДРД-03 в комплекте с вторичным прибором дифференциально-трансформаторной схемы, предназначено для дистанционного измерения, записи и регулирования тех же параметров.

Реле давления состоит из двух основных частей: дифманометрической части, конструктивно общей для всех типов реле и головки с сигнальным устройством и показывающей шкалой у ДРД-01, 02 и с дифференциальным трансформатором у ДРД-03. Чувствительным элементом реле является

Таблица III. 33

Технические характеристики приборов типов ДМ-П, ДМ-Э и ДМ-Ч

Тип	Модель	Перепады давления в *кгс/м²*	Допустимое статическое давление в *кгс/см²*
ДМ-П1 ДМ-Э1 ДМ-ЭР1 ДМ-Ч1	9161 9261 9361 9461	10; 16; 25; 40; 63; 100	2,5
ДМ-П2 ДМ-Э2 ДМ-ЭР2 ДМ-Ч2	9162 9262 9362 9462	160; 250; 400; 630	10

мембранный блок, состоящий из двух мембранных коробок из нержавеющей стали, заполненных дистиллированной водой.

Сигнальное устройство ДРД-01 и ДРД-02 имеет один замыкающий и один размыкающий контакт. Разрывная мощность контактов у ДРД-01

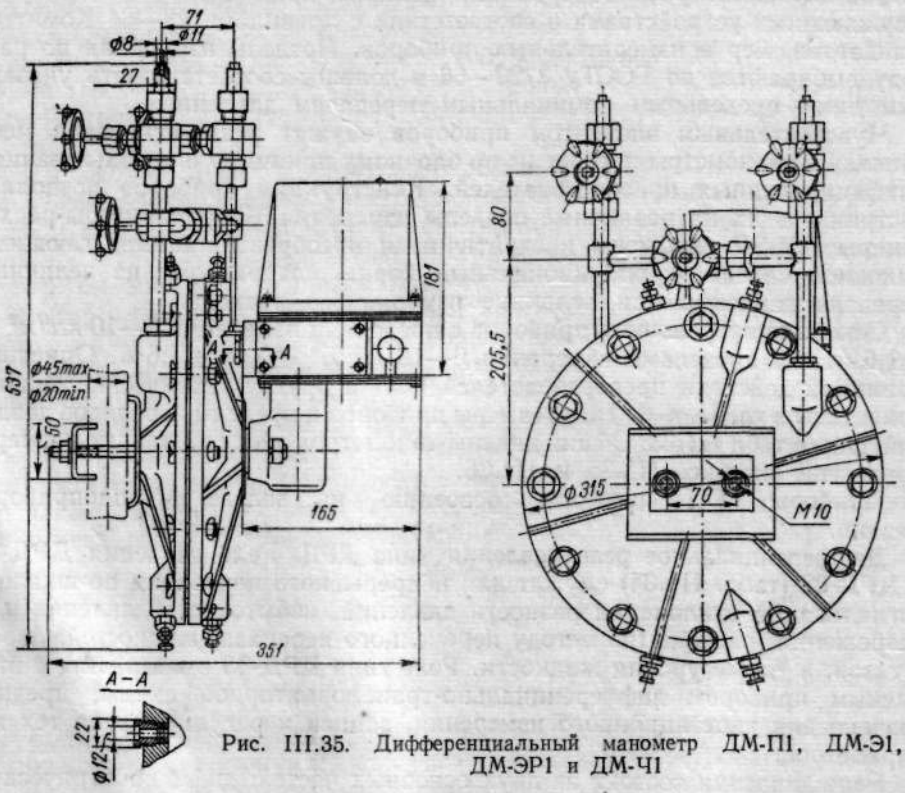


Рис. III.35. Дифференциальный манометр ДМ-П1, ДМ-Э1, ДМ-ЭР1 и ДМ-Ч1

равна 150 *в·а* переменного тока при напряжении 380 *в* и силе тока 0,6 *а*, 60 *в·а* постоянного тока при напряжении 320 *в* и силе тока 0,2 *а*; у ДРД-02 она равна 150 *в·а* переменного тока при напряжении 250 *в* и силе тока 0,6 *а*;

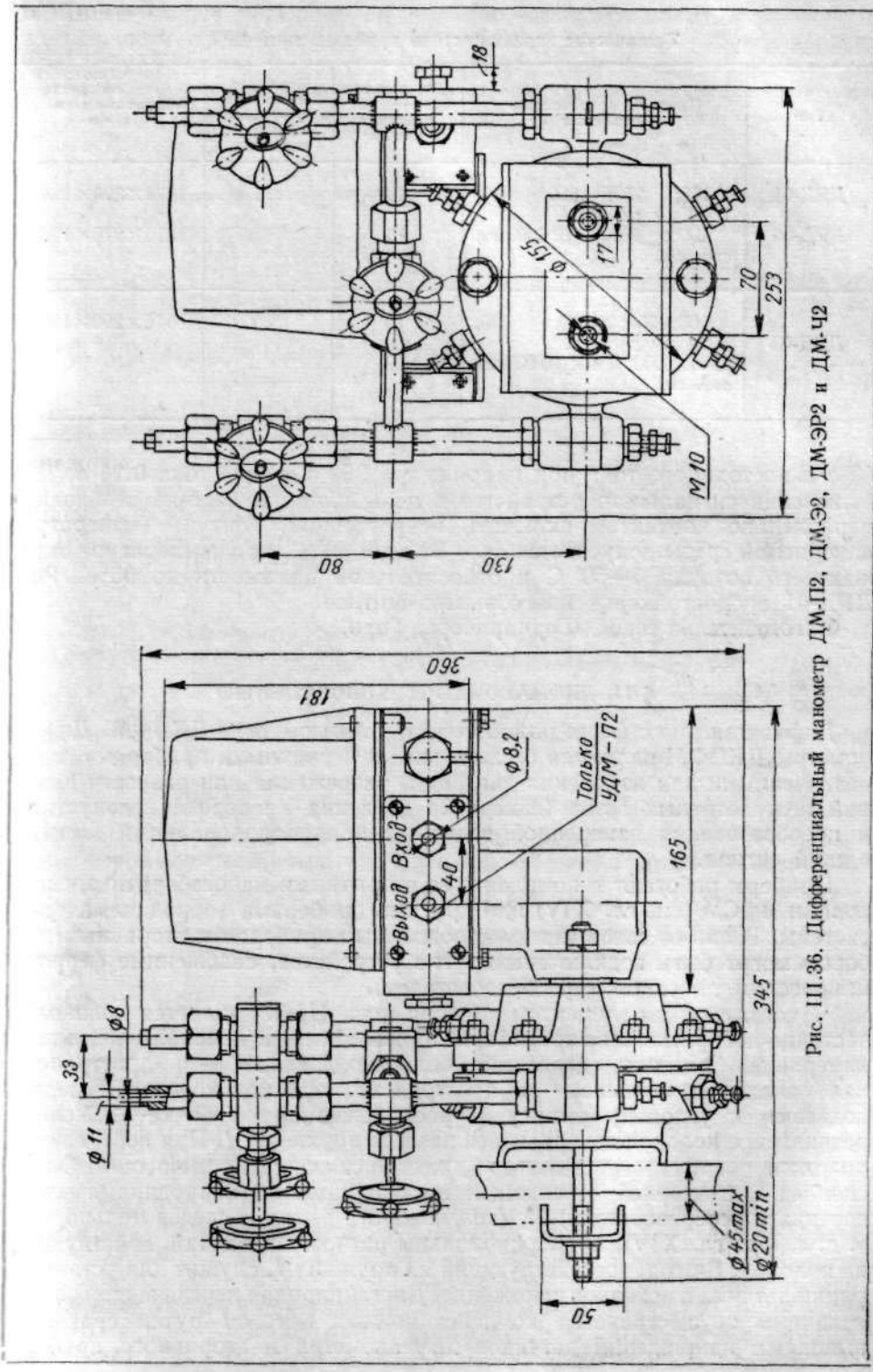


Рис. III.36. Дифференциальный манометр ДМ-П2, ДМ-Э2, ДМ-ЭР2 и ДМ-Ч2

Таблица III.34

Технические характеристики приборов типа ДРД

Тип	Предельные перепады давления	Предельное статическое давление в *кгс/см²*	Основная погрешность в % от максимального перепада	Габаритные размеры в *мм*
ДРД-01	160; 250; 400; 630; 1000 *мм рт. ст.*	40	±5	175×320×125
ДРД-02	4000; 6300; 10 000 *мм вод. ст.*	16		210×270×120
ДРД-03	160; 250; 400; 630; 1000 *мм рт. ст.* 2500; 4000; 6300; 10 000 *мм вод. ст.*	16 или 40	±3	175×390×128

60 *в·а* постоянного тока при напряжении 250 *в* и силе тока 0,24 *а*. При включении сигнального устройства в цепь постоянного тока необходимо параллельно контактам включить искрогасящий контур. Температура измеряемой среды допускается от —80 до +50° С, при температуре окружающего воздуха 5—50° С и относительной влажности до 95%. Реле ДРД-01 вибростойкое и влагобрызгозащитное.

Изготовитель: завод «Гориприбор», Гори.

§ 11. ДИФМАНОМЕТРЫ КОЛОКОЛЬНЫЕ

Дифманометры с ферродинамическим датчиком типа ДКОФМ. Дифманометры ДКОФМ являются бесшкальными первичными приборами, предназначенными для измерения давления, разрежения или разности давлений неагрессивных газов (измерение давления кислорода недопустимо) и преобразования измеренной величины в пропорциональный электрический сигнал.

Приборы работают в комплекте со вторичными малогабаритными приборами ВФСМ (см. гл. XIV) или другими приборами ферродинамической системы. В линию связи между колокольным прибором и вторичным прибором могут быть подключены другие устройства, снабженные ферродинамическим датчиком (преобразователем).

Чувствительным элементом прибора (рис. III.37) является колокол *9*, частично погруженный в трансформаторное масло. К колоколу подводится измеряемая разность давлений: большее давление — в пространство над колоколом, меньшее — в пространство под колоколом. Последний подвешен к угловому рычагу *6*, расположенному в бачке *8*. Усилие, развиваемое колоколом, уравновешивается пружиной *1*. При перемещении колокола поворачивается сектор *7*, жестко связанный с рычагом *6*. Сектор сцеплен с шестерней *4*, сидящей на оси рамки *5* ферродинамического датчика (преобразователя) *3*. Угол поворота рамки, а следовательно, и ее э. д. с. (см. гл. XIV), пропорциональны разности давлений, действующей на колокол. Винт *2*, воздействующий на пружину *1*, служит для установки рамки датчика в исходное положение. Дистанционная передача измеренной величины осуществляется компенсационным методом путем сравнения выходных напряжений датчиков дифманометра и вторичного прибора.

Выпускаемые модификации дифманометров, основная и допустимые погрешности приведены в табл. III.35. Максимальное рабочее давление для дифманометров составляет 0,5 *кгс/см²*. Питание ферродинамического датчика осуществляется со стороны комплектных приборов. Расстояние

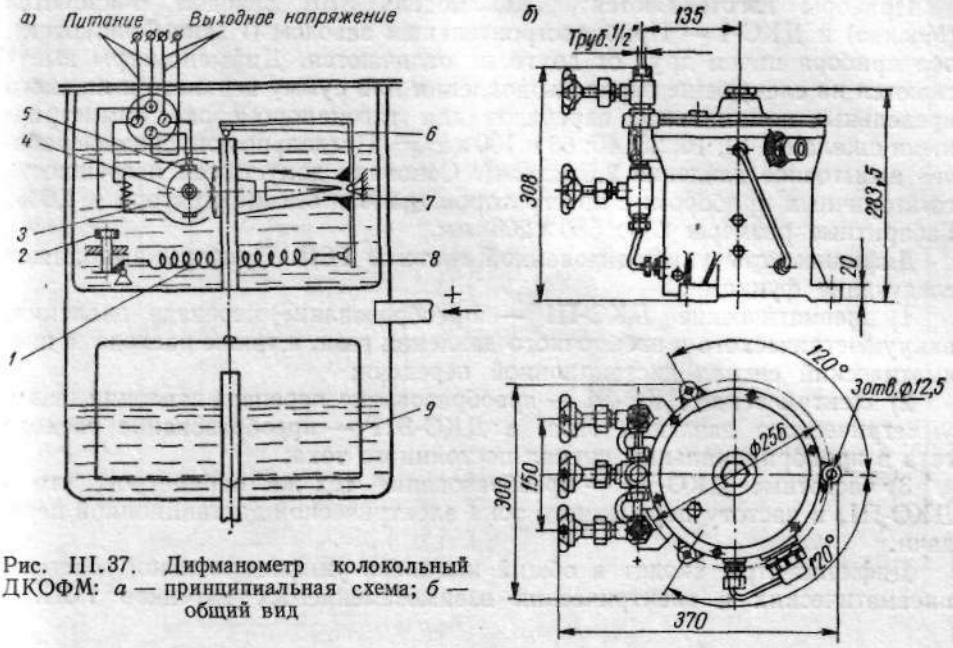


Рис. III.37. Дифманометр колокольный ДКОФМ: *а* — принципиальная схема; *б* — общий вид

от места отбора давления не должно превышать 50 *м*, считая по длине соединительных трубок.

Изготовитель: завод КИП, Харьков.

Дифманометры типа ДКО. Дифманометры ДКО являются частью комплекта, предназначенного для дистанционного измерения следующих параметров неагрессивных газов: расхода, разности давлений, разрежения и избыточного давления.

Таблица III.35

Технические характеристики дифманометров типа ДКОФМ

Модификация	Назначение	Верхние пределы измерений в *кгс/см²*	Основная погрешность в %	Допустимая погрешность в %	
				по шкале основного вторичного прибора	по шкале дополнительного вторичного прибора
ДКОФМ-Р	Расходомер	10; 16; 25; 40	1	±1,5	±2
ДКОФМ-Т	Тягомер (напоромер)	4; 6,3;	2,5	±3	±3,5
		10; 16; 25; 40	1,5	±2	±2,5
ДКОФМ-То	Тягонапоромер	±3,2; ±5;	2,5	±3	±3,5
		±8; ±12,5; ±20	1,5	±2	±2,5

Дифманометры колокольные служат для преобразования величины измеряемой разности давлений (перепада) в электрический сигнал, который передается на вторичный прибор дифференциально-трансформаторной схемы. Принцип действия ДКО аналогичен принципу действия ДКОФМ.

Приборы изготовляются: ДКО модель 3701 заводом «Манометр» (Москва) и ДКО-1 — Приборостроительным заводом (Ивано-Франковск); оба прибора ничем друг от друга не отличаются. Дифманометры выпускаются на следующие перепады давления или сумму верхнего и нижнего предельных номинальных перепадов для тягонапоромеров с симметричными шкалами: 10; 16; 25; 40; 63 и 100 *кгс/м²*. Предельно допускаемое рабочее избыточное давление 2,5 *кгс/см²*. Основная допустимая погрешность со вторичным прибором: с интегратором ±2% и без интегратора ±1,5%. Габаритные размеры 235×580×208 *мм*.

Дифманометры унифицированной системы ГСП. Приборы выполняют следующие функции:

1) пневматические ДКО-П1 — преобразование перепада давления, вакуумметрического и избыточного давления газа, а также расхода в пневматический сигнал дистанционной передачи;

2) электрические ДКО-Э1 — преобразование перепада давления, вакуумметрического давления газа, а ДКО-Э1Р — преобразование расхода газа в пропорциональный сигнал постоянного тока;

3) частотные ДКО-Ч1 — преобразование тех же параметров, что и ДКО-П1, в частоту переменного тока электрической дистанционной передачи.

Дифманометры входят в общий комплекс унифицированной системы пневматических и электрических взаимозаменяемых датчиков ГСП.

Таблица III. 36

Технические характеристики приборов типа ДКО-П, ДКО-Э и ДКО-Ч

Тип	Модель	Перепады давления в *кгс/м²*	Основная погрешность в %
ДКО-П1, ДКО-Э1 ДКО-Ч1	9171, 9271, 9371	4 *; 6,3 *	±1,6 и ±2,5
		10; 16; 25	±0,6 и ±1
ДКО-Э1Р	9471	10; 16; 25	±1

* Приборы с указанными перепадами давления для измерения расхода не изготовляются.

Дифманометры построены по блочному принципу с использованием унифицированных преобразователей. Конструкция приборов позволяет настраивать их на различные пределы измерения. Дифманометры расходомеры ДКО-Э1Р снабжены квадратичными преобразователями. Типоразмеры приборов, перепады давления, основная погрешность приведены в табл. III.36. Допускаемое статическое давление 2,5 *кгс/см²*. Описание принципа действия преобразователей и другие технические данные приведены в гл. II, § 6. Общий вид и габаритные размеры дифманометров даны на рис. III.38.

Приборы ГСП подлежат освоению на заводе «Теплоприбор», Рязань.

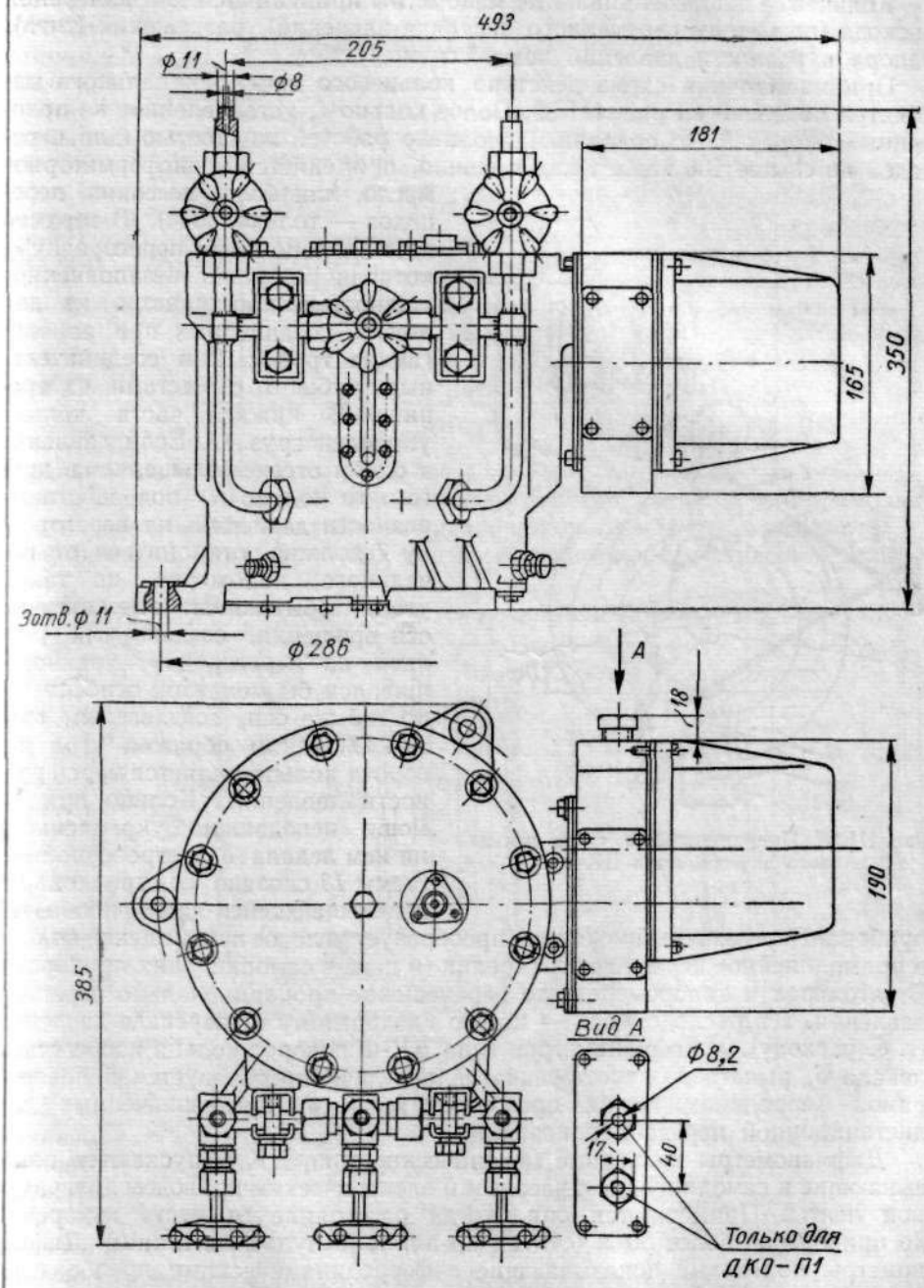


Рис. III.38. Дифманометр колокольный ДКО-П1, ДКО-Э1, ДКО-Э1Р и ДКО-Ч1

§ 12. ДИФМАНОМЕТРЫ КОЛЬЦЕВЫЕ

Кольцевые дифференциальные манометры применяются для измерения расхода (по методу переменного перепада давлений), разрежения (тяги), напора и разности давлений неагрессивных газов.

Принципиальная схема действия кольцевого дифференциального манометра показана на рис. III.39. Полое кольцо *1*, установленное на призменных опорах *9*, до половины заполнено рабочей жидкостью (для перепадов не свыше 100 *кгс/м²*, как правило, применяется трансформаторное масло, для более высоких перепадов — только вода). В верхней части кольцо имеет перегородку *7*, которая разделяет незаполненное жидкостью пространство на два отсека, соединенных при помощи гибких трубок *2* и соединительных трубок *3* с местами измерения. В нижней части кольца укреплен груз *11*. Если давление в одном отсеке больше, чем в другом, то кольцо *1* под действием разности давлений на перегородку *7* должно отклониться от начального положения на такой угол, чтобы момент относительно оси вращения, создаваемый усилием на перегородку, уравновешивался бы моментом относительно той же оси, создаваемым грузом *11*. Таким образом, угол поворота кольца является мерой разности давлений. Кольцо при помощи неподвижно укрепленного на нем лекала *8* и стрелочной системы *13* связано со стрелкой *10*, перемещающейся вдоль шкалы *12* прибора. Передаточный механизм преобразует угловое перемещение кольца в прямолинейное перемещение стрелки (и пера в самопишущих приборах). В тягомерах и напоромерах это перемещение пропорционально перепаду давления, а в расходомерах — корню квадратному от перепада давления (т. е. расходу). У дифманометров типа ДК-Ф поворот кольца посредством лекала *6*, рычага *5* и шестеренчатой передачи преобразуется в поворот рамок ферродинамических преобразователей *4*, предназначенных для дистанционной передачи показаний.

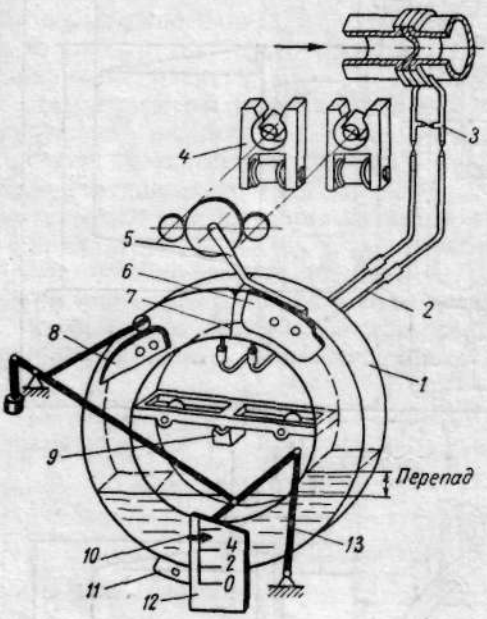


Рис. III.39. Принципиальная схема кольцевого дифманометра ДК-Ф

Дифманометры кольцевые механические типа ДК выпускаются показывающие и самопишущие с часовым и электрическим приводом диаграммной ленты. Применяются они, когда расстояние от места измерения до прибора не более 50 *м* (считая по длине импульсных линий). Дифманометры кольцевые показывающие с ферродинамическими преобразователями типа ДК-Ф используются для дистанционной передачи показаний на вторичный прибор ВФСМ или для работы в системе диспетчеризации. Приборы типа ДК-Ф могут иметь один или два выходных ферродинамических преобразователя любой модификации.

Модификации кольцевых дифманометров приведены в табл. III.37. Тягомеры, напоромеры и расходомеры всех модификаций рассчитаны на следующие предельные перепады давлений: 63; 100 и 160 *кгс/м²*; тягона-

Таблица III. 37

Модификации кольцевых дифманометров

Тип привода	Тягомеры (напоромеры)			Расходомеры		
	показывающие		самопишущие	показывающие		самопишущие
	без дополнительных устройств	с ферродинамическим преобразователем	без дополнительных устройств	без дополнительных устройств	с ферродинамическим преобразователем	без дополнительных устройств
Без привода	ДК-ТПВ	ДК-ТПВФ	—	ДК-РПВ	ДК-РПВФ	—
Синхронный двигатель	—	—	ДК-ТСэВ	—	—	ДК-РСэВ
Часовой механизм	—	—	ДК-ТСчВ	—	—	ДК-РСчВ

поромеры на ±20 *кгс/м²*. Предельные отметки шкал дифманометров с коэффициентом 10^n (n — любое число, положительное или отрицательное) 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 32. Максимальное статическое давле-

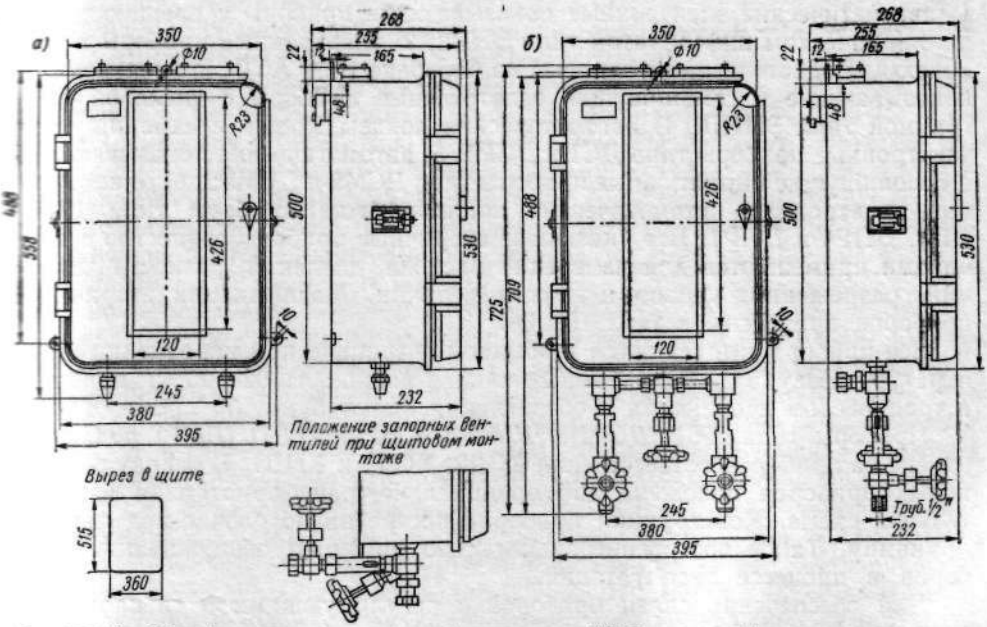


Рис. III.40. Общий вид кольцевого дифманометра ДК-Ф: *а* — дифманометр-напоромер (тягомер, тягонапоромер); *б* — дифманометр-расходомер

ние для дифманометров 0,25 *кгс/см²*. Основная допустимая погрешность приборов равна ±1,5% от верхнего предела измерений разности давлений для приборов с односторонней шкалой или от суммы пределов измерений для приборов с двухсторонней шкалой.

Показывающие приборы снабжены дальновидимой шкалой длиной 320 *мм*. Самопишущие дифманометры выпускаются со скоростью диаграммной ленты 20 *мм/ч*; по особому заказу могут изготовляться приборы со скоростью ленты 40 или 60 *мм/ч* (только с приводом от синхронного электродвигателя). Питание приборов с электроприводом осуществляется от сети 12, 127 или 220 *в* (величина оговаривается при заказе), 50 *гц*. Питание ферродинамических преобразователей в дифманометрах типа ДК-Ф осуществляется со стороны вторичных приборов. Самопишущие дифференциальные манометры с электроприводом нельзя устанавливать во взрывоопасных помещениях.

Габаритные и установочные размеры дифференциальных манометров приведены на рис. III.40. Приборы приспособлены как для настенного, так и для утопленного (щитового) монтажа. При утопленном монтаже дифманометров запорные и уравнительный вентили устанавливаются, как показано на выносках (рис. III.40, *б*, внизу). Для этого уравнительный вентиль устанавливают маховичком назад, а запорные вентили вместе с штуцером ввинчивают в средние резьбовые отверстия тройников. Свободные отверстия тройников закрываются пробками.

Изготовитель: завод КИП, Харьков.

§ 13. ВТОРИЧНЫЕ ПРИБОРЫ

В качестве вторичных приборов для работы с электрическими индукционными дифференциально-трансформаторными датчиками применяются: 1) автоматические электронные показывающие приборы с вращающимся цилиндрическим циферблатом типа ЭИВ2; 2) электронные приборы показывающие одноточечные с записью на барабане типа АСД; 3) электронные показывающие и самопишущие одноточечные приборы с дисковой диаграммой типа ЭПИД; 4) автоматические показывающие и самопишущие электронные приборы типа ДС1 и ДСР1; 5) автоматические показывающие и самопишущие миниатюрные приборы типа ДСМ2 и ДСМР2; 6) миниатюрные электронные автоматические показывающие приборы типа ДП4, ДП1, ДПР4 и ДПР1. Все указанные вторичные приборы совместно с датчиками применяются для измерения расхода, давления, разности давлений, разрежения, уровня и других величин. Модификации вторичных приборов приведены в табл. III.38.

Все приборы выпускаются в обычном и тропическом исполнении (температура воздуха 0—55° С, относительная влажность 92—95%); приборы в тропическом исполнении в обозначении имеют букву Т, кроме ЭПИД.

Приборы типа ДС1 (ДСР1), ДСМ2 (ДСМР2) и ДП (ДПР) подлежат замене на приборы соответственно КСД2, КСД1 и КПД1. В основу работы новых приборов положена дифференциально-трансформаторная измерительная схема. Конструкция приборов построена по блочно-модульному принципу. Такое построение значительно упрощает обслуживание приборов в процессе эксплуатации.

Для обеспечения связи приборов с регулирующими и сигнальными устройствами, для ввода показаний приборов в машины централизованного контроля и счетно-решающие устройства в приборы могут быть встроены специальные выходные устройства-преобразователи, преобразующие показания приборов в унифицированные выходные сигналы.

Пределы измерения приборов по ГОСТу 3720—66. Основная погрешность приборов от диапазона измерения: самопишущего ±1%, показывающего ±0,5% и ±1%. Питание приборов осуществляется от сети

220 *в*, 50 *гц*. Потребляемая мощность малогабаритных приборов 30 *в·а*, миниатюрных 12 *в·а*. Внешний вид приборов и их габаритные размеры даны на рис. I.16.

Электронные дифференциально-трансформаторные приборы типа ЭПИД На рис. III.41, *а* показана принципиальная схема прибора. ЭПИД работает в комплекте с датчиком, имеющим специальную трансформаторную индукционную катушку *17* с подвижным сердечником *12*. Перемещение сердечника *12* в датчике осуществляется чувствительным элементом первичного прибора и зависит от величины измеряемого параметра. Такая же катушка *8* имеется в приборе. Сердечник в катушке прибора перемещается при помощи профилированного диска *13*, поворот которого осуществляется реверсивным двигателем *16*. Трансформаторные катушки датчика и прибора включены в дифференциально-трансформаторную схему. Каждая катушка имеет две обмотки: первичную *9* и вторичную; вторичная обмотка состоит из двух секций *10* и *11*, включенных навстречу друг другу.

При питании первичных обмоток переменным током от силового трансформатора электронного усилителя прибора *14*, во вторичных обмотках катушек индуктируется переменное напряжение, величина и фаза которого зависит от положения сердечника в катушках. При рассогласованных положениях сердечников в катушках напряжения, индуктируемые во вторичных обмотках, будут не равны друг другу и на вход усилителя будет подаваться напряжение, равное разности этих напряжений. Это переменное напряжение, усиленное электронным усилителем, приводит во вращение реверсивный двигатель, который с помощью диска перемещает сердечник в катушке прибора до момента получения равенства напряжений, индуктируемых во вторичных обмотках обеих катушек. Таким образом, каждому положению сердечника датчика, определяемого значением измеряемой величины, соответствует определенное положение сердечника в катушке вторичного прибора, и, следовательно, определенное положение показывающей стрелки. Для удобства наладки комплекта в приборе предусмотрен дифференциальный трансформатор *15*, обмотки которого включены последовательно с обмотками датчика и вторичного прибора. Усиление сигнала разбаланса производится сначала по напряжению, а затем по мощности.

Принципиальная схема усилителя представлена на рис. III.41, *б*. Усиление напряжения производится тремя каскадами усилителя, собранными на двойных триодах 6Н2П ($Л_1$ и $Л_2$). Питание анодов ламп $Л_1$ и $Л_2$ осуществляется от выпрямителя (ДГ-Ц27). Выпрямленное пульсирующее напряжение сглаживается фильтрами, состоящими из сопротивлений и конденсаторов C_7 и C_8. С анода последнего каскада усилителя напряжения сигнал подается на сетки ламп усилителя мощности, выполненного на двух двойных триодах 6Н1П ($Л_3$ и $Л_4$), работающих параллельно. Аноды ламп $Л_3$ и $Л_4$ питаются переменным током от вторичной обмотки силового трансформатора. Вторичная обмотка имеет среднюю точку, подключенную к управляющей обмотке реверсивного двигателя, которая одновременно является нагрузкой в анодной цепи ламп. Другая (сетевая) обмотка двигателя включена в сеть через конденсатор C_2. Второй конец обмотки двигателя соединен с катодами ламп $Л_3$ и $Л_4$.

Аноды ламп $Л_3$ и $Л_4$ подсоединены к двум крайним точкам обмотки силового трансформатора и поэтому напряжения на них находятся в противофазе. В зависимости от фазы напряжения на сетках проводимость каждой половины ламп будет различной. В результате через управляющую обмотку реверсивного двигателя будет протекать пульсирующий ток,

Модификации вторичных приборов, комплектуемых с индукцион

Приборы с дисковой диаграммой типа ЭПИД		Малогабаритные приборы				
			с прямоугольной диаграммой ДС и ДСР			
без интегратора	с интегратором	Показывающий с вращающимся цилиндрическим циферблатом ЭИВ-2	с линейным кулачком		с квадратичным кулачком	
			2,5*	8*	2,5*	8*
4701М	4704М	ЭИВ-2-08	ДС1-03	ДС1-01	ДС1-04	ДС1-02
—	—	—	—	ДСР1-01	—	ДСР1-02
—	—	—	—	ДСР1-04	—	ДСР1-05
4702М	4705М	—	—	ДСР1-07	—	ДСР1-08
4703М	4706М	—	—	—	—	—
4713М	4714М	—	—	—	—	—
4715М	4710М	ЭИВ-2-13	—	ДСР1-19	—	ДСР1-21
4707М	4718М	ЭИВ-2-10	—	ДСР1-10	—	ДСР1-13
4708М	4711М	ЭИВ-2-11	—	ДСР1-11	—	ДСР1-14
4716М	4719М	ЭИВ-2-14	—	ДСР1-20	—	ДСР1-22
4709М	4712М	ЭИВ-2-12	—	ДСР1-12	—	ДСР1-15
4717М	4720М	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—
—	—	ЭИВ-2-01	ДС1-08	ДС1-06	ДС1-09	ДС1-07
—	—	ЭИВ-2-02	—	—	—	—
—	—	ЭИВ-2-03	—	ДСР1-34	—	ДСР1-37
—	—	ЭИВ-2-06	—	ДСР1-43	—	ДСР1-45
—	—	ЭИВ-2-09	—	—	—	—
—	—	ЭИВ-2-04	—	ДСР1-35	—	ДСР1-38
—	—	ЭИВ-2-05	—	ДСР1-36	—	ДСР1-39
—	—	ЭИВ-2-07	—	ДСР1-44	—	ДСР1-46
—	—	ЭИВ-2-08	—	ДСР1-25	—	ДСР1-26
—	—	—	—	ДСР1-28	—	ДСР1-29
—	—	—	—	ДСР1-31	—	ДСР1-32
—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—

* Время пробега кареткой всей шкалы в *сек.*

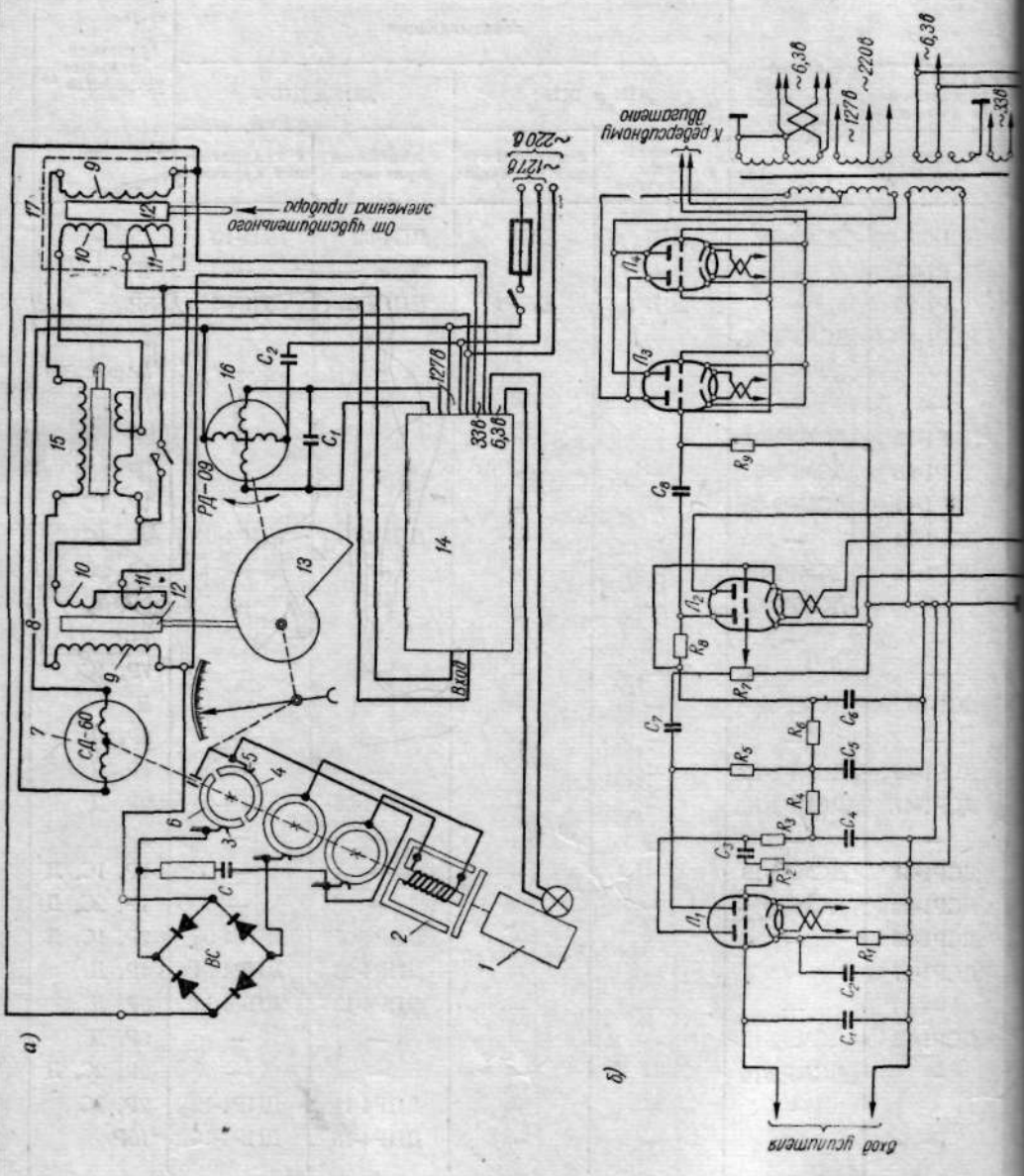
** Условные обозначения дополнительных устройств: 14Р — пятипозиционный регуля остальные условные обозначения аналогичны приведенным в табл. I.12, I.13, I.15.

Таблица III.38

ными дифференциально-трансформаторными датчиками

Миниатюрные приборы						Дополнительные устройства **
с квадратичным и линейным кулачком	с прямоугольной диаграммой ДСМ2 и ДСМР2	показывающие				
		ДП1 и ДПР1		ДП1 и ДПР4		
* с интегратором		с линейным кулачком	с квадратичным кулачком	с линейным кулачком	с квадратичным кулачком	
ДС1-05	ДСМ2-01	ДП1	ДП1	ДП4-09	ДП4-10	—
ДСР1-03	—	—	—	—	—	4Р
ДСР1-06	—	ДПР1	ДПР1	ДПР4-09	ДПР4-10	5Р
ДСР1-09	ДСМР2-02	—	—	—	—	6Р
—	—	—	—	—	—	7Р
—	—	—	—	—	—	7Р, 1С
ДСР1-23	ДСМР2-07	—	—	—	—	2Р
ДСР1-16	ДСМР2-04	—	—	—	—	1Р
ДСР1-17	ДСМР2-05	—	—	—	—	1Р, 1С
ДСР1-24	—	—	—	ДПР4-01	ДПР4-02	2Р, 1С
ДСР1-18	ДСМР2-06	—	—	—	—	1Р, 2С
—	ДСМР2-08	—	—	—	—	2Р, 2С
—	—	—	—	—	—	14Р
—	—	—	—	—	—	7Р, 4С
ДС1-10	ДСМ2-02	—	—	—	—	Д
—	—	—	—	—	—	3Р, Д
ДСР1-40	ДСМР2-12	—	—	—	—	1Р, Д
ДСР1-47	ДСМР2-15	—	—	ДПР4-05	ДПР4-06	2Р, Д
—	—	—	—	—	—	3Р
ДСР1-41	ДСМР2-13	—	—	—	—	1Р, 1С, Д
ДСР1-42	ДСМР2-14	—	—	—	—	1Р, 2С, Д
ДСР1-48	—	—	—	ДПР4-07	ДПР4-08	2Р, 1С, Д
ДСР1-27	—	—	—	ДПР4-03	ДПР4-04	4Р, Д
—	—	—	—	ДПР4-13	ДПР4-14	5Р, Д
ДСР1-33	ДСМР2-10	—	—	—	—	6Р, Д
—	ДСМР2-16	—	—	—	—	2Р, 2С, Д
—	—	—	—	ДПР4-11	ДПР4-12	2Р, 3С
—	—	—	—	ДПР4-15	ДПР4-16	15Р

тор: 15Р — трехконтактное позиционное регулирующее устройство с тремя указателями задачи;


~220 В
~127 В
~6,3 В
~127 В
~220 В
~6,3 В
~33 В
к реверсивному двигателю
от чувствительного элемента прибора
РД-09
СД-60
ВС
вход усилителя
а)
б)

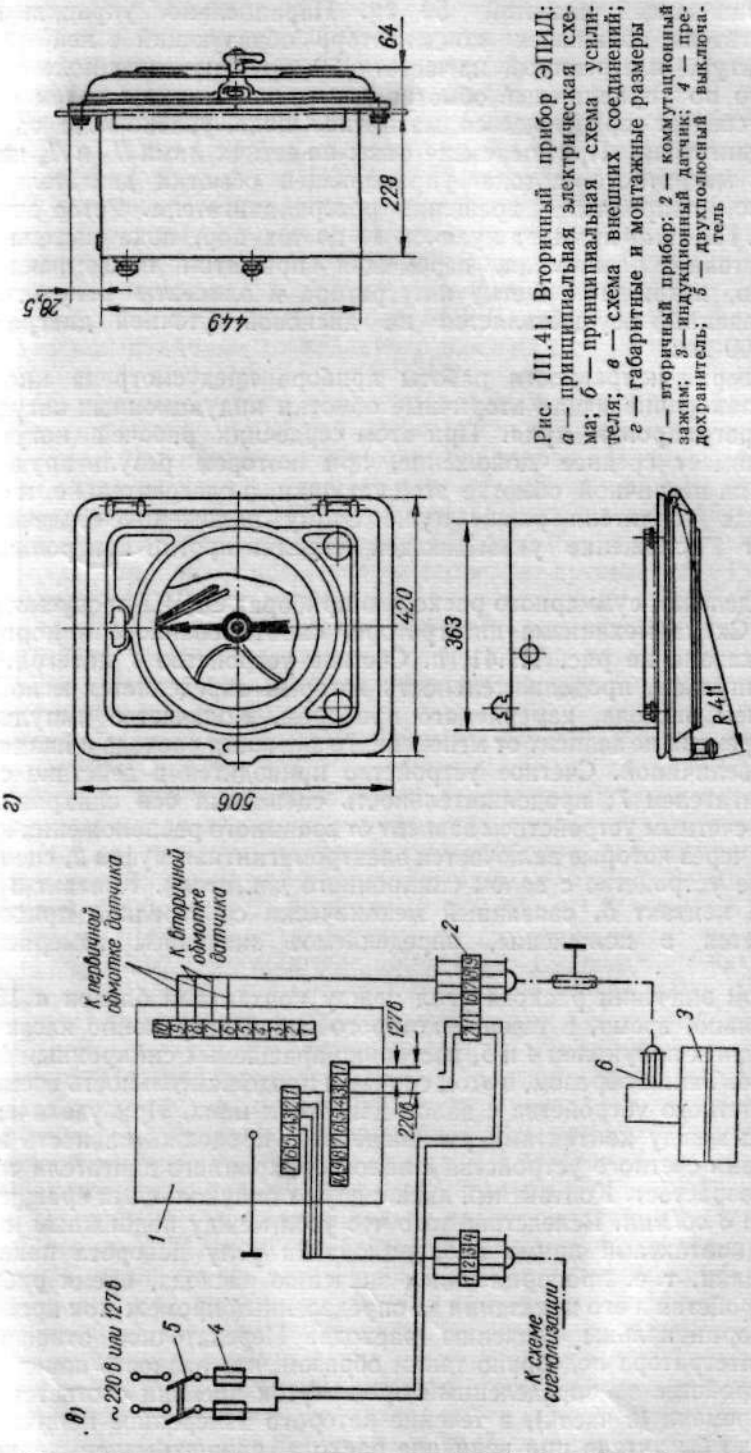


Рис. III.41. Вторичный прибор ЭПИД:
а — принципиальная электрическая схема; *б* — принципиальная схема усилителя; *в* — схема внешних соединений; *г* — габаритные и монтажные размеры
1 — вторичный прибор; *2* — коммутационный зажим; *3* — индукционный датчик; *4* — предохранитель; *5* — двухполюсный выключатель

состоящий из постоянной составляющей и наложенной на нее переменной составляющей частотой 50 *гц*. Параллельно управляющей обмотке двигателя подключен конденсатор, образующий с ней резонансный контур, настроенный на частоту 50 *гц*. Магнитное поле тока, протекающего по управляющей обмотке двигателя, вместе с полем сетевой обмотки создает вращающееся магнитное поле, увлекающее за собой ротор двигателя. При перемене фазы на сетках ламп $Л_1$ и $Л_4$ изменится фаза магнитного потока управляющей обмотки двигателя и, следовательно, направление вращения ротора двигателя. Ротор двигателя *16* (рис. III.41, *а*) вращает кулачок *13* до тех пор, пока система не придет в состояние равновесия, перемещая при этом показывающую стрелку, перо, подвижную щетку интегратора и элементы регулятора. Запись показаний осуществляется на дисковой суточной диаграмме диаметром 300 *мм*.

Для проверки исправности работы прибора предусмотрена кнопка «контроль», закорачивающая вторичные обмотки индукционных катушек датчика и регулировки нуля. При этом сердечник рабочей катушки прибора занимает среднее положение, при котором результирующее напряжение на вторичной обмотке этой катушки, а следовательно, и сигнал на входе усилителя равны нулю. Этому положению сердечника соответствует положение указывающей стрелки против контрольного индекса.

Для определения суммарного расхода в приборах ЭПИД предусмотрен интегратор. Схема механизма интегратора, смонтированного в корпусе прибора, показана на рис. III.41, *а*. Счетное устройство *1* интегратора получает импульсы, продолжительность которых определяется мгновенным значением расхода, измеряемого прибором. Количество импульсов за единицу времени не зависит от мгновенного значения расхода и является постоянной величиной. Счетное устройство приводится в действие синхронным двигателем *7*; продолжительность сцепления оси синхронного двигателя со счетным устройством зависит от взаимного расположения контактов *3* и *5*, через которые включается электромагнитная муфта *2*, сцепляющая счетное устройство с валом синхронного двигателя. Контакт *3* неподвижен, а контакт *5*, связанный механически со стрелкой прибора, устанавливается в положение, определяемое значением измеряемой величины.

При малом значении расхода угол между контактами близок к 180°, и, следовательно, время, в течение которого они одновременно касаются одного из медных полуколец *4* и *6*, постоянно вращаемых синхронным двигателем, мало́. Таким образом, в этом случае и продолжительность времени сцепления счетного устройства с валом двигателя мала. При увеличении расхода угол между контактами уменьшается и продолжительность времени сцепления счетного устройства с валом синхронного двигателя соответственно возрастает. Контактный диск с двумя полукольцами вращается со скоростью 3 *об/мин*. Вследствие того что угол между подвижным и неподвижным контактами прямо пропорционален углу поворота показывающей стрелки, т. е. пропорционален значению расхода, время работы счетного устройства и его показания за определенный промежуток времени также пропорциональны значению расхода. Передаточное отношение редуктора интегратора подобрано таким образом, что разность показаний счетного устройства за определенный промежуток времени соответствует условному времени (в часах), в течение которого измеренное количество вещества было бы учтено при величине расхода, равного максимальному

значению шкалы прибора. Вследствие этого «постоянная интегратора», т. е. значение, на которое нужно умножить разность показаний счетного устройства за определенный промежуток времени для получения суммарного количества, равна максимальному значению шкалы прибора, выраженному в единицах расхода (*м³/ч, нм³/ч, кг/ч, т/ч*).

Описание трехпозиционного регулирующего устройства приборов моделей 4702М и 4705М приведено в гл. XI, § 1, пневматического изодромного регулятора — в гл. IX, § 5. Конструкция электрического аварийного сигнального устройства к приборам ЭПИД с пневматическим изодромным регулятором аналогична трехпозиционному регулирующему устройству. Реостат-датчик 10-, 20- или 100-процентный, являющийся частью пропорционального и изодромного электрического регулятора и встроенный во вторичный прибор ЭПИД, вырабатывает при отклонении измеряемой величины от заданного значения сигнал, пропорциональный этому отклонению. Приборы ЭПИД со встроенными 10-, 20- и 100-процентными датчиками предназначены для работы в комплекте с регулирующими приборами ПР-220, ИРМ-240, РУ-4-16А и другими однотипными устройствами для пропорционального и изодромного электрического регулирования. Устройство реостата-датчика описано в гл. XII, § 3.

Питание приборов ЭПИД осуществляется от сети 127/220 *в*, 50 *гц*. Мощность, потребляемая прибором, не более 75 *в·а*. Основная погрешность показаний прибора и погрешность записи не превышает ±1% от предельного хода сердечника датчика при температуре 20 ± 5° С. Время прохождения указывающей стрелкой рабочей части шкалы прибора не более 15 *сек*. Погрешность показания интегратора не превышает ±0,5% от расчетной разности показаний интегратора, соответствующей верхнему пределу измерений по шкале.

Верхние пределы измерений для приборов, работающих в комплекте расходомера, выбираются из ряда $A = a \cdot 10,^{n}$ где a — одно из чисел: 1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,2; 4; 5; 6,3; 8, n — целое (положительное или отрицательное) число или ноль; единицы измерений — *кг/ч, т/ч, м³/ч, нм³/ч, л/ч*. Верхние пределы измерения для приборов, работающих в комплекте перепадомера, выбираются из ряда: 4; 6,3; 10; 16; 25; 40; 63; 100; 250; 400; 630; 1000; 1600; 2500 *кгс/м²*; 0,4; 0,63; 1; 1,6; 2,5; 4; 6,3 *кгс/см²*; для приборов, работающих в комплекте двухстороннего уровнемера — 25; 40; 63; 100; 160; 250; 400; 630; 1000; 1600; 2500; 4000; 6300 *см*; для приборов, работающих в комплекте мановакуумметра — 0,6; 1,5; 3; 5; 9; 15; 24 *кгс/см²* по манометрической части шкалы и 1 *кгс/см²* по вакуумметрической части шкалы. Пределы измерений вакуумметра: —1÷0; —0,6÷0 *кгс/см²*. Нижний предел измерений для приборов, работающих в комплекте расходомера, равен 30% от верхнего предела измерения. Схема электрических внешних соединений ЭПИД приведена на рис. III.41, *в*, а его габаритные размеры — на рис. III.41, *г*.

Изготовитель: завод «Манометр», Москва.

Электронные дифференциально-трансформаторные малогабаритные приборы типа ДС1 и ДСР1. Принципиальная электрическая схема прибора ДС показана на рис. III.42. Рабочая катушка приборов совместно с катушкой индукционного датчика включена в дифференциально-трансформаторную схему. Электронный усилитель приборов состоит из трех каскадов усиления напряжения на двух лампах 6Н2П и усилителя мощности на двух лампах 6Н6П, являющегося одновременно и фазочувствительным каскадом. Схема усилителя почти аналогична примененной в приборе ЭПИД. Для предотвращения возбуждения усилителя на высоких

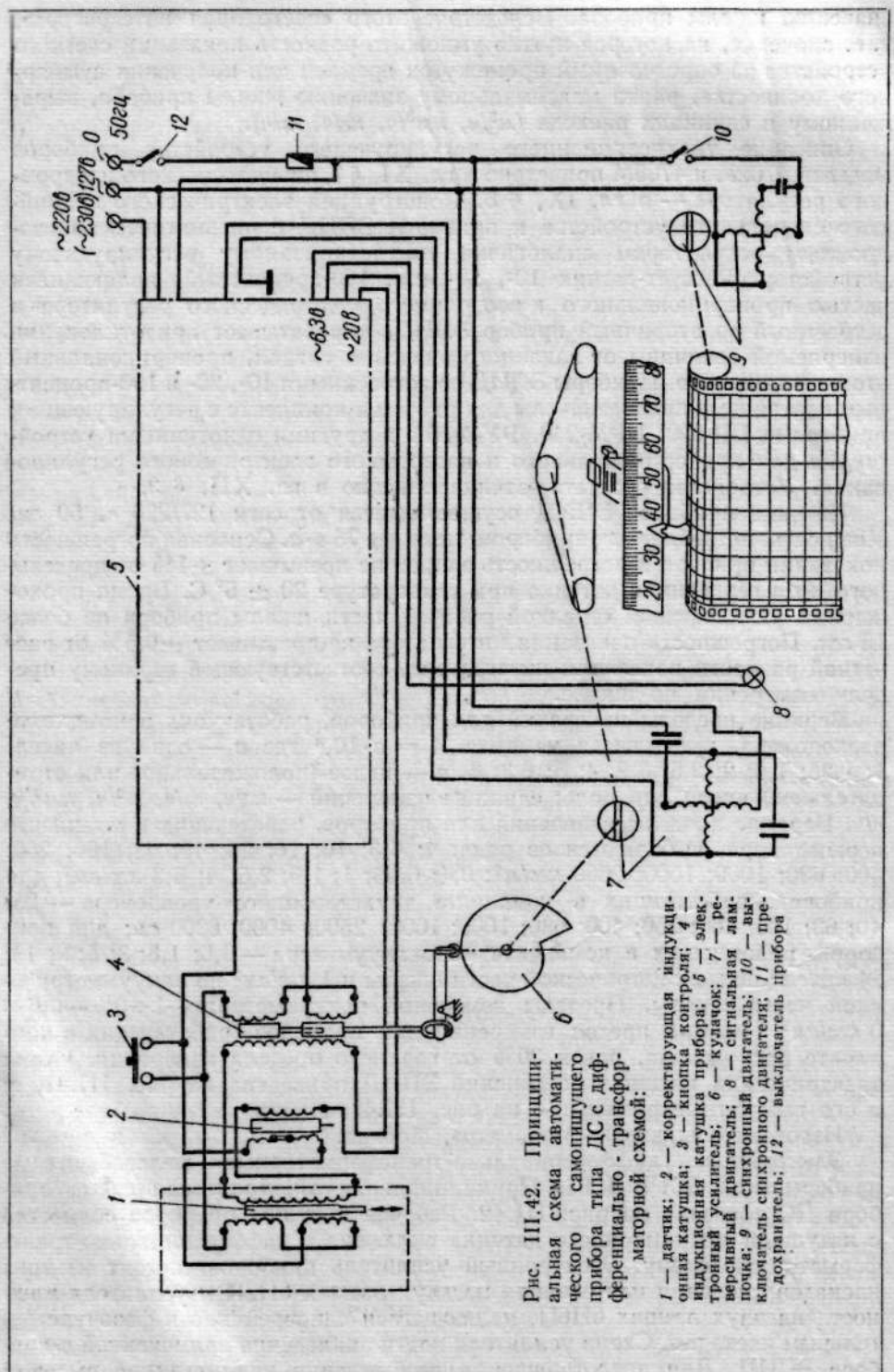


Рис. III.42. Принципиальная схема автоматического самопишущего прибора типа ДС с дифференциально - трансформаторной схемой:

1 — датчик; *2* — корректирующая индукционная катушка; *3* — кнопка контроля; *4* — индукционная катушка прибора; *5* — электронный усилитель; *6* — кулачок; *7* — реверсивный двигатель; *8* — сигнальная лампочка; *9* — синхронный двигатель; *10* — выключатель синхронного двигателя; *11* — предохранитель; *12* — выключатель прибора

частотах и уменьшения уровня шумов в усилителе применена частотнозависимая обратная связь с анода на сетку второго каскада. Вращение реверсивного электродвигателя через кинематический механизм передается стрелке и пишущей каретке прибора. Стрелка перемещается вдоль показывающей шкалы длиной 160 *мм*. Запись показаний производится на диаграммной ленте шириной 160 *мм*. Для проверки исправности работы прибора так же, как и в приборе ЭПИД, предусмотрена контрольная кнопка. Суммарный расход в приборах ДС1 и ДСР1 определяется при помощи интегратора, принцип действия и устройство которого аналогичны интегратору прибора ЭПИД. Двух- или трехконтактное позиционное регулирующее устройство, встроенное в прибор (см. гл. XI, § 1), может быть использовано также в качестве сигнального устройства. Для дистанционной передачи показаний в прибор встраивается реохорд, движок которого связан с плунжером индукционной катушки. Устройство реостатов-датчиков с зоной пропорциональности 10, 20 и 100%, с сигнальным устройством и без него см. в гл. XII, § 3.

Приборы типа ДС1 и ДСР1 имеют следующие технические характеристики. Основная погрешность показаний приборов не должна превышать для приборов без воздушного зазора в плунжере индукционной катушки $\pm 0{,}5\%$ и приборов с воздушным зазором $\pm 1\%$ от рабочего хода датчика. Погрешность записи не превышает $\pm 1\%$ и нечувствительность прибора 0,2% от верхнего предела измерения. Погрешность срабатывания контактов позиционного регулирующего устройства не превышает $\pm 1\%$ от верхнего предела измерения. Питание приборов осуществляется от сети 127/220 *в* (по особому заказу 230 *в*), 50 *гц*. При изменении напряжения питания на $\pm 10\%$ и частоты на $\pm 5\%$ от номинального значения погрешность показаний приборов не более величины основной погрешности. Конструкция прибора обеспечивает возможность получения следующих значений скорости продвижения диаграммной ленты (в *мм/ч*): 20; 40; 60; 120; 240; 360. Пределы измерения те же, что у ЭПИД, за исключением пределов измерения манометров, ряд которых добавится значениями 2500; 4000; 6000 и 10 000 *кгс/см*^{2}. Потребляемая прибором мощность не превышает 60 $в \cdot а$. Габаритные размеры прибора $330 \times 287 \times 404$ *мм*.

Изготовитель: «Львовприбор», Львов.

Электронные показывающие и регулирующие приборы типа ЭПВ-2 с вращающимся цилиндрическим циферблатом и дифференциально-трансформаторной индукционной схемой. Принцип действия приборов аналогичен принципу действия приборов ЭПИД. Отсчет показаний осуществляется при помощи вращающегося цилиндрического циферблата и подвижного указателя. Пределы измерения те же, что и у приборов типа ДС1. Длина шкалы 660 *мм*. Основная погрешность показаний $\pm 0{,}5\%$ от значения рабочего хода датчика для приборов без воздушного зазора в плунжере индукционной катушки и $\pm 1\%$ с воздушным зазором. Время прохождения стрелкой всей шкалы 8 *сек*. Сопротивление реохорда дистанционной передачи показаний 300 *ом*. Питание прибора осуществляется от сети 127/220 *в* (по особому заказу 230 *в*), 50 *гц*; потребляемая мощность 50 $в \cdot а$. Схема внешних соединений прибора приведена на рис. III.43, *а*, общий вид и габаритные размеры — на рис. III.43, *б*.

Изготовитель: завод «Мукачевприбор», Мукачево.

Миниатюрные электронные автоматические показывающие, самопишущие и регулирующие приборы типа ДСМ2 и ДСМР2. Приборы ДСМ2 и ДСМР2 с дифференциально-трансформаторной индукционной измерительной схемой по устройству и принципу действия измерительной части

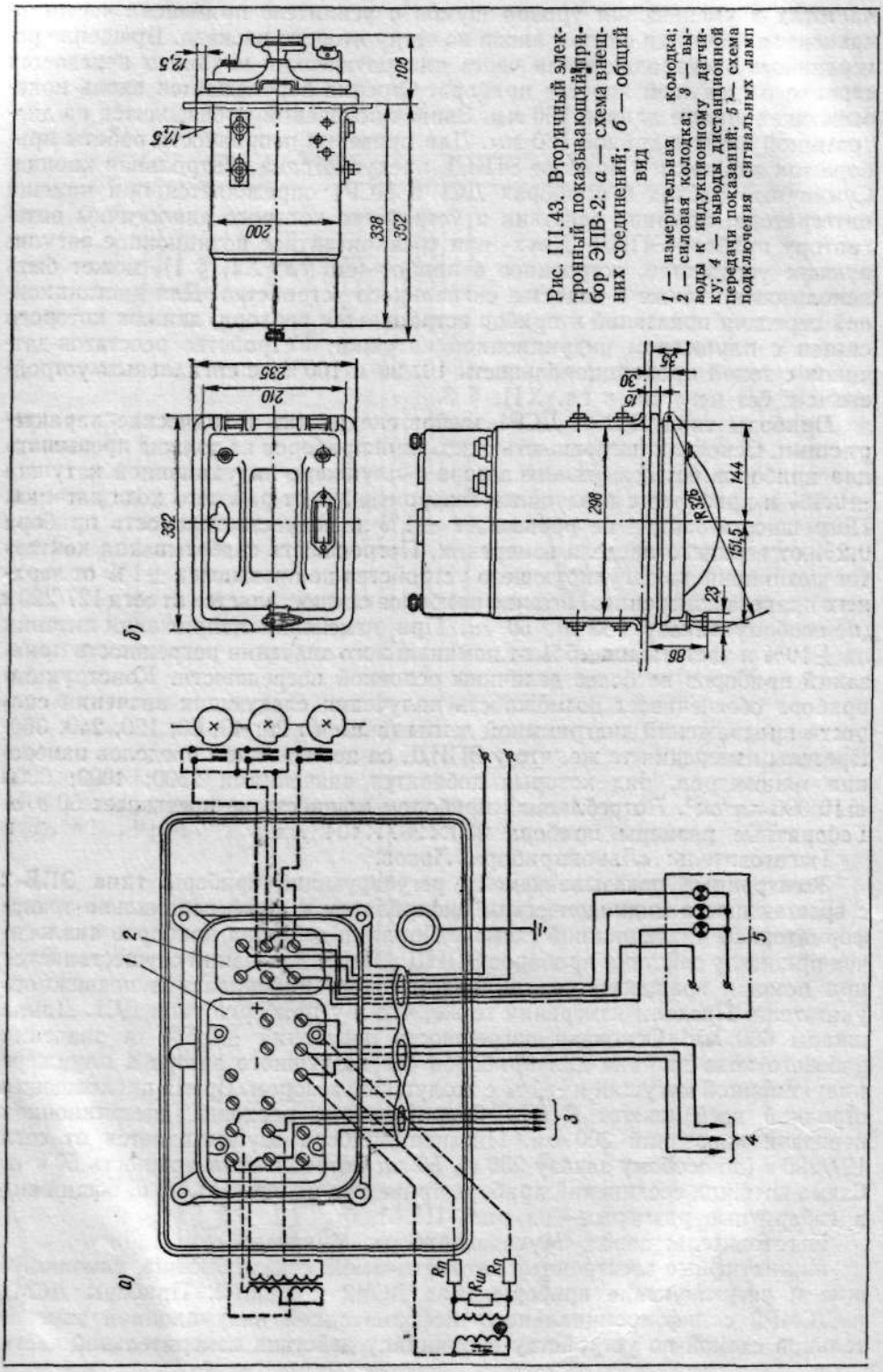


Рис. III.43. Вторичный электронный показывающий прибор ЭПВ-2: *а* — схема внешних соединений; *б* — общий вид

1 — измерительная колодка; *2* — силовая колодка; *3* — выводы к индукционному датчику; *4* — выводы дистанционной передачи показаний; *5* — схема подключения сигнальных ламп

и дополнительных устройств аналогичны приборам ЭПИД и ДС. Запись показаний приборов осуществляется на диаграммной ленте шириной 100 *мм*. Длина шкалы прибора 100 *мм*. Время прохождения всей шкалы кареткой с пером и указателем может иметь следующие значения: 1; 2,5; 6 *сек*. Конструкция обеспечивает возможность получения в каждом приборе следующих скоростей продвижения диаграммной ленты: 20, 60, 120 *мм/ч*.

Основная погрешность показаний и записи не превышает ±1%. Порог чувствительности приборов не более 0,2%. Погрешность срабатывания контактов трехпозиционного регулирующего устройства не превышает ±1% от верхнего предела измерения. Питание силовой схемы приборов осуществляется от сети 127 *в*, 50 *гц*; при использовании сети 220 *в* необходимо применять понижающий разделительный трансформатор. Потребляемая прибором мощность не превышает 50 *в·а*. Габаритные размеры прибора равны 186×186×380 *мм*.

Изготовители: Завод «Львовприбор», Львов; завод «Автоматика», Кировакан.

Миниатюрные электронные автоматические показывающие и регулирующие приборы типа ДП и ДПР. *Миниатюрные приборы с дифференциально-трансформаторной индукционной схемой выпускаются без дополнительных устройств (ДП1, ДП4-09, ДП4-10), с сигнальным устройством (ДПР1) и с дополнительным устройством для электрического позиционного, пропорционального и изодромного регулирования (ДПР4). По устройству и принципу действия измерительной части и дополнительных устройств приборы ДП и ДПР аналогичны приборам ЭПИД, ДС и ЭИВ-2.

Показания прибора отсчитываются по шкале, расположенной по дуге окружности; развернутая длина шкалы 315 *мм*. По этой же шкале производится установка указателей задатчиков регулирующего и сигнального устройств. Основная погрешность показаний прибора ±1%. Время прохождения показывающей стрелкой всей шкалы не более 3,5 *сек*. Точность срабатывания контактов позиционного регулирующего устройства ±1,5%. Питание прибора осуществляется от сети 127 *в*, 50 *гц*; потребляемая мощность не более 30 *в·а*. Пределы измерений те же, что и у ЭПИД. Габаритные размеры прибора 190×170×368 *мм*.

Изготовители: ДП1 и ДПР1 — Завод «Львовприбор», Львов; ДП4 и ДПР4 — завод «Автоматика», Кировакан.

ГЛАВА IV

ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ УРОВНЯ

Приборы для измерения уровня можно разделить по конструкции на шкальные и бесшкальные датчики, работающие, как правило, со вторичными приборами или самостоятельно для сигнализации предельных значений уровня. Кроме того, по принципу измерения различают приборы:

1) поплавковые и буйковые — чувствительным элементом является плавающий или полностью погруженный в измеряемую жидкость металлический поплавок или буек;

2) емкостные — используется изменение электрической емкости датчика при изменении уровня измеряемой среды;

3) радиоактивные — основаны на изменении протекающего через объект потока излучения при изменении уровня;

4) мембранные — чувствительным элементом является мембрана; давление столба измеряемой жидкости уравновешивается упругой деформацией мембраны и пружины;

5) манометры и дифференциальные манометры (поплавковые, сильфонные, мембранные) — основаны на измерении давления столба рабочей жидкости.

В настоящей главе рассматриваются поплавковые, буйковые, емкостные, радиоактивные уровнемеры, методы измерения уровня дифманометрами и пъезометрический способ измерения уровня.

§ 1. УРОВНЕМЕРЫ ПОПЛАВКОВЫЕ

Указатель уровня жидкости в резервуарах типа УДУ-5. Указатели УДУ-5 предназначены для измерения уровня нефти, нефтепродуктов или других жидкостей в резервуарах различных типов. Конструкция указателей позволяет осуществлять подсоединение к ним датчиков для передачи показаний на диспетчерский пункт. Указатели выпускаются двух модификаций: УДУ-5П с дистанционной потенциометрической приставкой для вертикальных наземных резервуаров и УДУ-5М с местным отсчетом уровня.

Принцип работы прибора основан на следящем действии поплавка, плавающего на поверхности жидкости и перемещающегося вместе с ее уровнем (рис. IV.1). Поплавок *1*, выполненный из стали Х18Н9Т, подвешен на перфорированной ленте *2* и при своем движении скользит вдоль направляющих струн *3*. Струны поддерживаются в натянутом состоянии при помощи натяжных устройств *5*. Мерная лента по роликам *6* проходит через гидрозатвор *7* и вступает в зацепление с мерным шкивом, показывающего прибора *9*. Показывающий прибор *9* с отсчетным механизмом, пружинным

двигателем постоянного момента и механизмом проверки зацепления мерной ленты, крепится к резервуару. Отсчетный механизм *8* представляет собой обыкновенный десятичный счетчик с тремя цифровыми барабанами и одним диском. Цена деления цифрового диска равна 1 *мм*. Полная емкость отсчетного механизма 99 999 *мм*, но используется она только до 12 000 *мм*.

В систему гидрозатвора *7* входят три угловых ролика *6*, соединенных защищенными трубами и образующих колено, которое на 200—300 *мм*

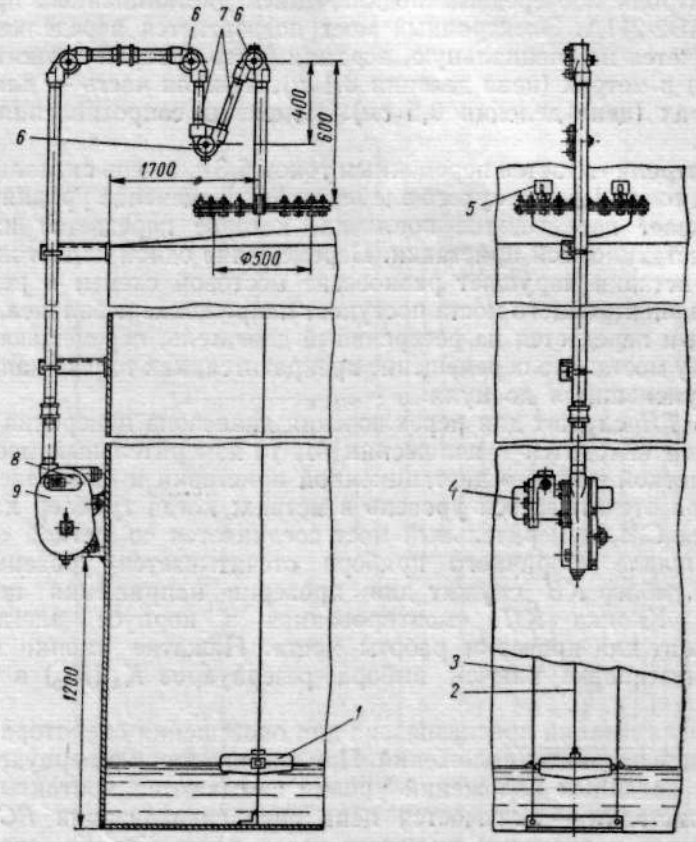


Рис. IV.1. Общий вид указателя уровня УДУ-5

заливается незамерзающей жидкостью (этиленгликолем или дизельным топливом). Жидкость в колене образует пробку, которая не позволяет парам продукта из резервуара проникнуть в полость показывающего прибора при наличии в резервуаре избыточного давления до 200 *мм вод. ст.*

Для дистанционной передачи показаний и сигнализации крайних положений уровня в указателях уровня УДУ-5П к специальному фланцу, расположенному на корпусе показывающего прибора, крепится дистанционная потенциометрическая приставка *4*, входящая с пультом контроля и сигнализации ПКС-2 в комплект дистанционной приставки указателя уровня для резервуаров типа УДУ-16-00. Исполнение дистанционной приставки взрывозащищенное.

Пульт ПКС-2 приспособлен для настольного монтажа и состоит из электронного моста типа ЭМВ2-211А и блока контроля и сигнализации,

смонтированных в одном корпусе. Все элементы блока контроля и сигнализации размещены на передней панели и на шасси. Габаритные размеры пульта равны 480×415×600 *мм*.

Принципиальная электрическая схема подключения к пульту ПКС-2 дистанционных приставок приведена на рис. IV.2. Для упрощения на схеме показаны цепи двух датчиков из двадцати, которые могут быть одновременно подключены к пульту. Схема сигнализации работает непрерывно, а схема контроля поочередным подключением дистанционных приставок к мосту ЭМВ2-211А. Электронный мост подвергается переделке: шкала моста заменяется на специальную, верхняя часть которой служит для замера уровня в метрах (цена деления 0,1 *м*), нижняя часть — для замера в сантиметрах (цена деления 0,5 *см*). Изменены сопротивления R_5, R_7 и R_8 моста.

Цепь контроля питается переменным током 6,3 *в*, а цепь сигнализации — постоянным током 1,5 *в* от сухого элемента *БС*. Изменение уровня в резервуаре вызывает перемещение поплавка, которое передается на щетки реохорда дистанционной приставки. Перемещение одной из щеток дистанционной приставки нарушает равновесие мостовой схемы, в результате чего на вход электронного моста поступает напряжение небаланса, которое усиливается и передается на реверсивный двигатель, перемещающий реохорд и шкалу моста. Это перемещение прекратится, как только напряжение небаланса уменьшится до нуля.

Тумблер *ТП* служит для переключения диапазона измерения уровня. Если тумблер находится в положении *М*, то измерительный мост соединяется со щеткой «метров» дистанционной приставки и по шкале вторичного прибора отсчитывается уровень в метрах; когда тумблер находится в положении *СМ*, измерительный мост соединяется со щеткой «сантиметров» и по шкале вторичного прибора отсчитывается уровень в сантиметрах. Тумблер *КВ* служит для проверки напряжения цепи сигнализации. Кнопка *КП*, смонтированная в корпусе электронного моста, служит для проверки работы моста. Нажатие кнопки производится при установке ключей выбора резервуаров K_1 (K_{20}) в нулевое положение.

Схема сигнализации предназначена для оповещения оператора о достижении уровнем заданных положений. При достижении в резервуаре одного из крайних заданных положений уровня замыкаются контакты дистанционной приставки — включается цепь реле сигнализации PC_1 (PC_{20}), которое своими контактами включает через ключ K_1—K_{20} сигнальную лампу $Л_1$—$Л_{20}$, соответствующую номеру резервуара. Включение сигнальной лампы может производиться или одновременно с включением звонка *Зв* или без него. Ключи K_1—K_{20} служат также для проверки работы реле, сигнальных ламп и звонка. Питание пульта ПКС-2 осуществляется от сети 220 или 127 *в*, 50 *гц*.

Диапазон измерения уровня 12 *м*. Основная погрешность измерения при местном отсчете показаний ±5 *мм*. Погрешность дистанционной передачи показаний ±15 *мм*. Диапазон предельной сигнализации крайних положений уровня 11 *м*. Максимальное расстояние от датчика до пульта определяется сопротивлением линии связи не более 100 *ом*. Условия эксплуатации уровнемеров: работа на открытом воздухе при температуре —40÷+50° С и относительной влажности до 95% при 35° С; плотность измеряемой жидкости 0,7—1 *г/см*^{3}; вязкость измеряемой жидкости до 11 *сст*; допускаемое давление в резервуаре 200 *мм вод. ст*.

Изготовитель: Завод жидкостных счетчиков, Ливны.

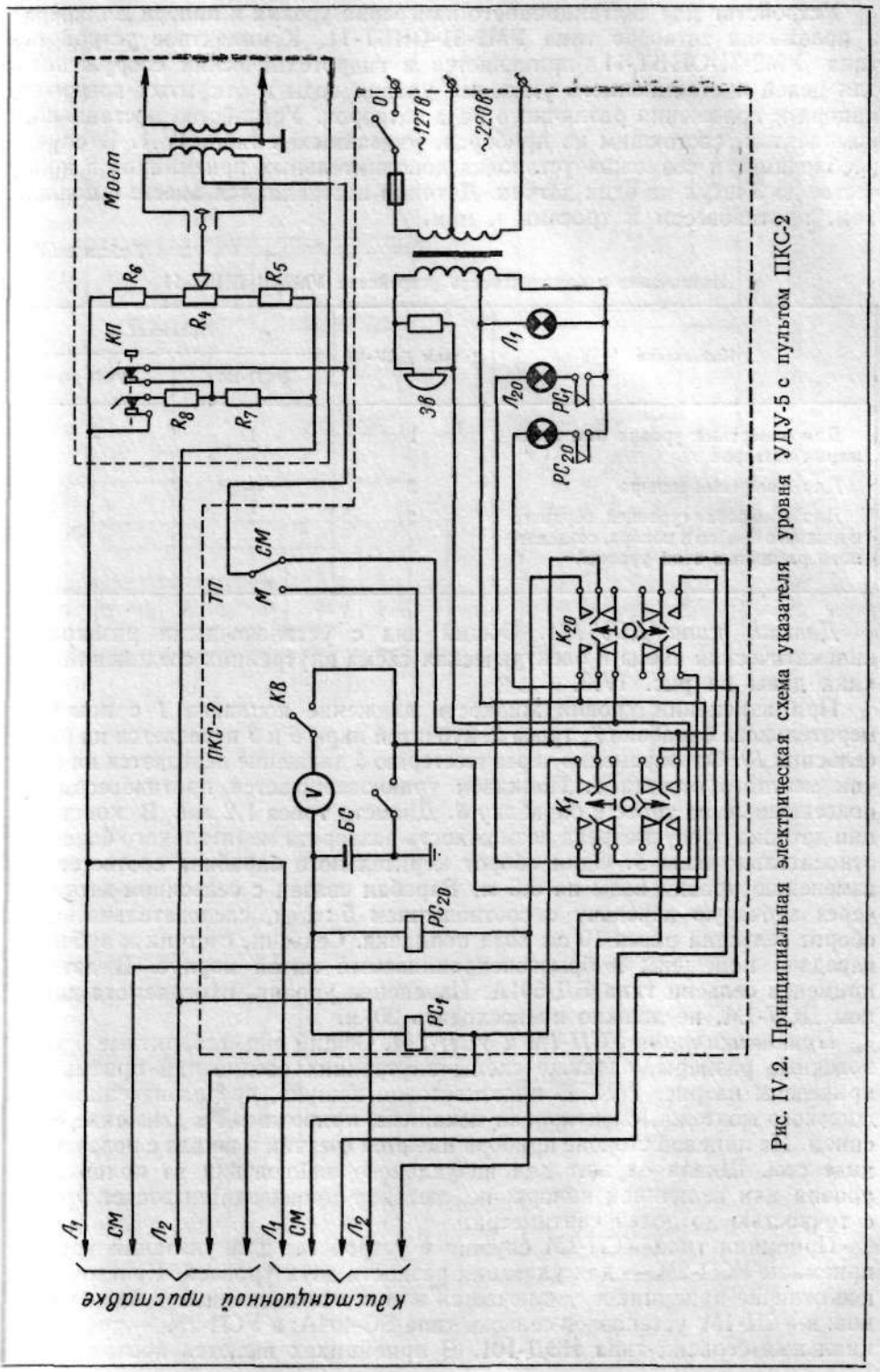


Рис. IV.2. Принципиальная электрическая схема указателя уровня УДУ-5 с пультом ПКС-2

Устройство для дистанционного измерения уровня и напора жидкостей и положения затворов типа УМ2-31-ОНБТ-11. Комплектное устройство типа УМ2-31-ОНБТ-11 применяется в гидротехнических сооружениях для целей дистанционного указания уровня воды в открытых водоемах, напора и положения различного рода затворов. Устройство поставляется комплектом, состоящим из приборов, указанных в табл. IV.1. В случае необходимости возможна установка дополнительных приемников в количестве до 3 штук на один датчик. Датчики поставляются вместе с поплавком, противовесом и тросами к ним.

Таблица IV. 1

Назначение и комплектность устройства УМ2-31-ОНБТ-11

Назначение	Датчик ДСУ-1М	Приемник	
		УСП-1М	УСП-2М
Для измерения уровня или положения затворов	1	1	—
Для измерения напора	2	—	1
Для измерения уровней верхнего и нижнего бьефов и напора, создаваемого разностью этих уровней	2	2	1

Датчик типа ДСУ-1М. Общий вид с установочными размерами, кинематическая схема и электрическая схема внутренних соединений датчика даны на рис. IV.3.

При изменении уровня жидкости движение поплавка *1* с помощью мерительного барабана *7*, троса *2*, зубчатой пары *6* и *3* передается на ротор сельсина *10*. Одновременно через шестерню *5* движение передается на счетчик местного отсчета *4*. Поплавок уравновешивается противовесом *11*, подвешенным на тросе к барабану *8*. Диаметр троса 1,2 *мм*. В конструкции датчика предусмотрена возможность разворота мерительного барабана относительно вала *9*. Один оборот мерительного барабана соответствует изменению уровня воды на 0,5 *м*. Барабан связан с сельсином-датчиком через зубчатую передачу с соотношением 5 : 1 и, следовательно, один оборот сельсина равен 10 *см* хода поплавка. Сельсин, счетчик и зубчатые передачи помещены в брызгонепроницаемый литой корпус. В датчике применен сельсин типа БД-501А. Изменение уровня, измеряемого датчиком ДСУ-1М, не должно превосходить 20 *м*.

Приемники типа УСП-1М и УСП-2М. Общий вид, габаритные и установочные размеры, а также схемы внутренних соединений приемников приведены на рис. IV.4. В пластмассовом кожухе, предназначенном для щитового монтажа, смонтирован механизм, приводимый в движение сельсином. На лицевой стороне прибора имеются счетчик и шкала с подвижным индексом. Шкала служит для визуального наблюдения за положением уровня или величиной напора; по счетчику производится отсчет уровня с точностью до долей сантиметра.

Приемник типа УСП-1М служит в устройстве для указания уровня, приемник УСП-2М — для указания разности двух уровней. Конструктивное отличие приемников заключается в типах примененных в них сельсинов: в УСП-1М установлен сельсин типа БС-404А; в УСП-2М — дифференциальный сельсин типа НЭД-101. В приемниках имеются контакты для

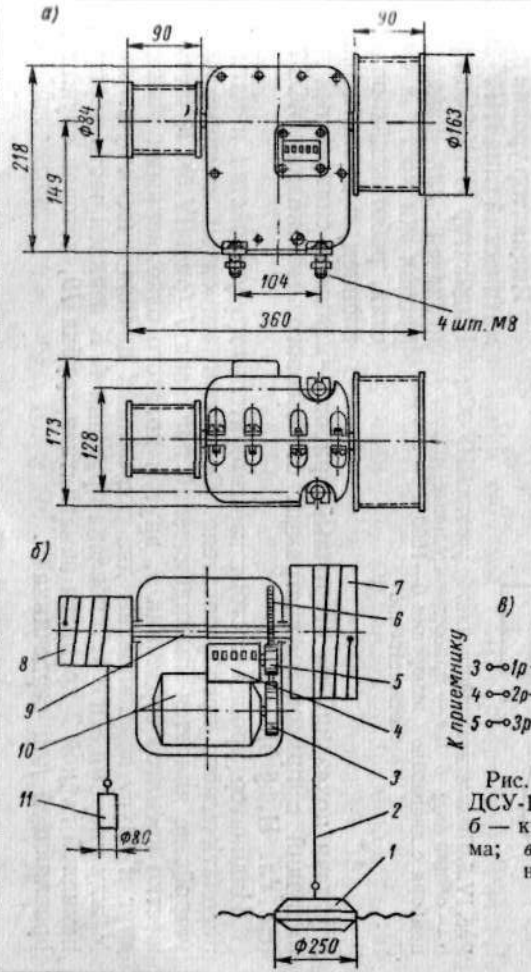


Рис. IV.3. Датчик ДСУ-1М: *а* — общий вид; *б* — кинематическая схема; *в* — схема внутренних соединений

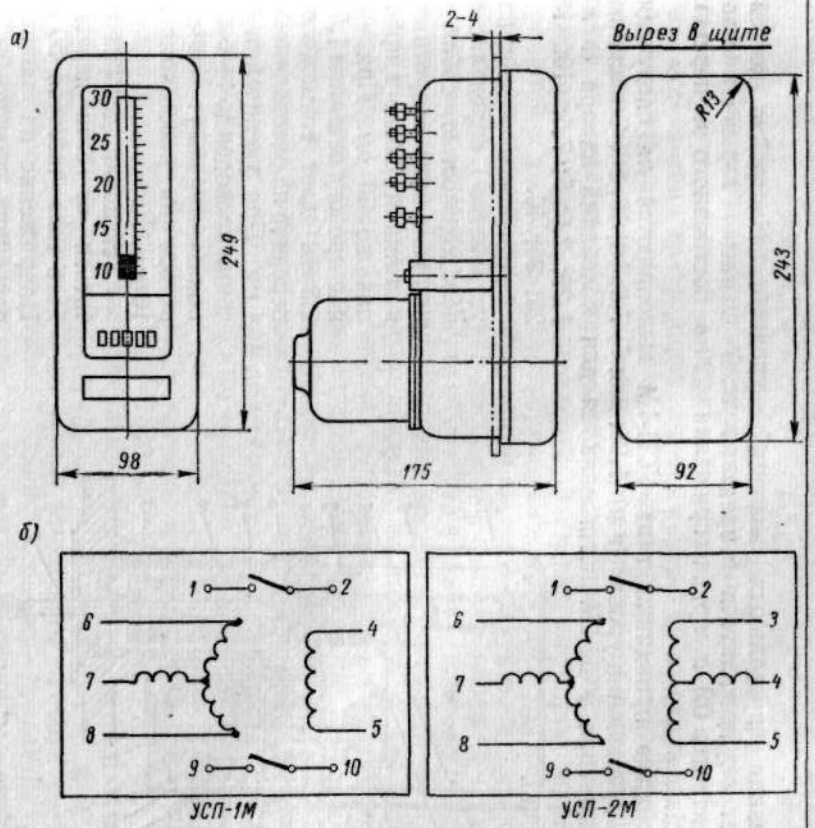


Рис. IV.4. Сельсинный приемник УСП-1М и УСП-2М: *а* — общий вид; *б* — схема внутренних соединений

сигнализации предельных значений уровней. Настройка контактов может осуществляться в пределах всей шкалы. Разрывная мощность контактов 0,1 *а* при напряжении 220 *в* постоянного и переменного тока.

Сельсинные приемники типа УСП-1М выполняются на следующие диапазоны изменения уровня (в *м*): 1,25; 2,5; 5; 7,5; 10; 15; 20. Сельсинные приемники типа УСП-2М изготовляются для колебаний напора (в *м*): 1,25; 2,5; 5; 7,5; 10; 15; 20; 30; 40.

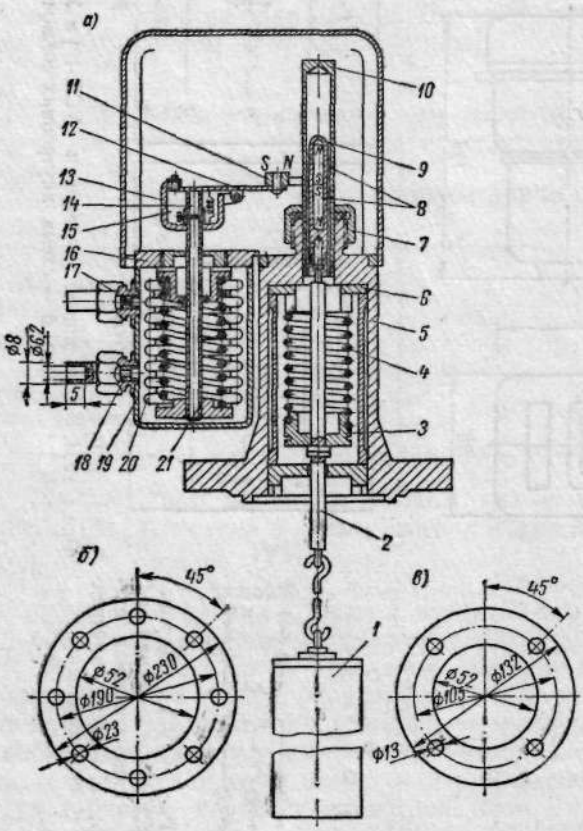


Рис. IV.5. Пневматический индикатор уровня ПИУ-3Сп: *а* — общий вид; *б* и *в* — присоединительные размеры прибора с диапазоном измерения 0—1500 и 0—500 *мм* соответственно

Дальность действия устройства определяется необходимостью соблюдения величины сопротивления линии связи в пределах до 30 *ом*. Применение провода сечением 1,5—2,5 *мм*^{2} дает возможность передачи на расстояние 3—4 *км*. При увеличении сечения проводов до 4—6 *мм*^{2} показания могут передаваться на расстояние до 10 *км*.

Установка должна питаться от сети переменного тока частотой 50 *гц*. Напряжение на зажимах сельсинов должно быть в пределах 104—115 *в*. Сельсин-датчик потребляет ток 0,9 *а*, а сельсин-приемник 0,45 *а*.

Изготовитель: завод «Электропульт», Ленинград.

Индикатор уровня пневматический типа ПИУ-3Сп. Индикатор ПИУ-3Сп предназначен для измерения уровня жидкости в емкостях, работающих под давлением, и дистанционной передачи показаний на вторичный прибор — манометр сильфонный самопишущий с приводом диаграммы от часового механизма МСС-710ч (см. гл. II, § 5).

Индикатор уровня состоит из измерительного устройства и магнитопневматического преобразователя. Основным элементом измерительного устройства является цилиндрический поплавок *1* (рис. IV.5). К штоку *2* жестко крепится сердечник *9*, внутри которого одноименными полюсами друг к другу завальцованы два постоянных цилиндрических магнита *8*. Между упорами *6* и *3* установлена пружина *4*. К верхней части корпуса *5* накидной гайкой *7* крепится немагнитная трубка *10*, которая служит направляющей для сердечника *9*.

Магнитопневматический преобразователь состоит из сервопривода (узла обратной связи) и пневмореле. Сервопривод представляет собой цилиндрическую камеру *19*, закрепленную на плате *16*. Упругим элементом, отделяющим внутреннюю полость камеры *19* от окружающей среды, служит металлический сильфон *20*. С нижней частью сильфона соединена сообщающаяся с полостью камеры *19* трубка *21*, на выступающей части которой закреплено пневмореле *15*. Следящие магниты пневмореле *11* закреплены вилкой на заслонке *12*. Заслонка шарнирно закреплена на кронштейне *13*. Питание сервопривода сжатым воздухом осуществляется через дроссель *17*; через дроссель *18* сжатый воздух поступает на вторичный прибор. При отсутствии жидкости в емкости заслонка *12* полностью прикрывает сопло *14*, и давление воздуха в камере сильфона *19* понижается до атмосферного. Повышение уровня жидкости в емкости уменьшает вес поплавка *1* и растягивающую нагрузку на пружину *4*; при этом перемещается вверх подвижная система с сердечником *9* и воспринимается магнитопневматическим преобразователем. Ввиду того, что проходное сечение дросселей *17* и *18* меньше проходного сечения сопла *14*, изменение угла перемещения заслонки относительно сопла вызывает изменение давления воздуха в камере *19* от нуля до максимума. Давление воздуха в камере *19* пропорционально перемещению поплавка и, следовательно, измеряемому уровню жидкости.

Индикатор выпускается на пределы измерения по воде в *мм*: 0—500 (длина поплавка 500 *мм*) и 0—1500 (длина поплавка 1500 *мм*). Наибольшее допустимое давление измеряемой жидкости 16 *кгс/см*^{2}. Основная допустимая погрешность (при градуировке по воде при 20 ± 5° С) равна ±4%. Пределы показаний по шкале вторичного прибора 0—1 *кгс/см*^{2}. Протяженность пневматической линии передачи показаний не более 100 *м*. Питание прибора осуществляется сухим очищенным воздухом давлением 1,1 *кгс/см*^{2}; расход воздуха составляет 0,25 *нм*^{3}*/ч*. Допускаемая температура измеряемой жидкости от —80 до —30° С, окружающего воздуха —60÷+35° С. Индикатор устанавливается на фланцах в строго вертикальном положении.

Изготовитель: филиал ОКБА, Воронеж.

§ 2. УРОВНЕМЕРЫ БУЙКОВЫЕ

Уровнемеры унифицированной системы ГСП. Уровнемеры буйковые (бесшкальные) унифицированной системы ГСП (рис. IV.6 и табл. IV.2) предназначены для непрерывного преобразования уровня жидкости, находящейся под атмосферным, избыточным или вакуумметрическим давлением (разрежением), в пропорциональный сигнал дистанционной передачи: УБ-П — пневматический (0,2—1 *кгс/см*^{2}), УБ-Э — токовый (0—5 *ма* или 0—20 *ма*), УБ-Ч — частотный (1500—2500 *гц*).

Уровнемеры входят в общий комплекс унифицированной системы пневматических и электрических взаимозаменяемых датчиков ГСП (см. гл. II, § 6) и используются в комплекте со вторичными приборами, регуляторами, машинами централизованного контроля и другими устройствами автоматики и системами управления, работающими от стандартных входных сигналов: пневматических (ГОСТ 9468—60), постоянного тока или напряжения (ГОСТ 9895—61), а также частоты переменного тока. Принцип действия уровнемеров основан на силовой компенсации. Уровнемеры построены по блочному принципу с использованием унифицированных преобразователей (см. гл. II, § 6). Конструкция преобразователей

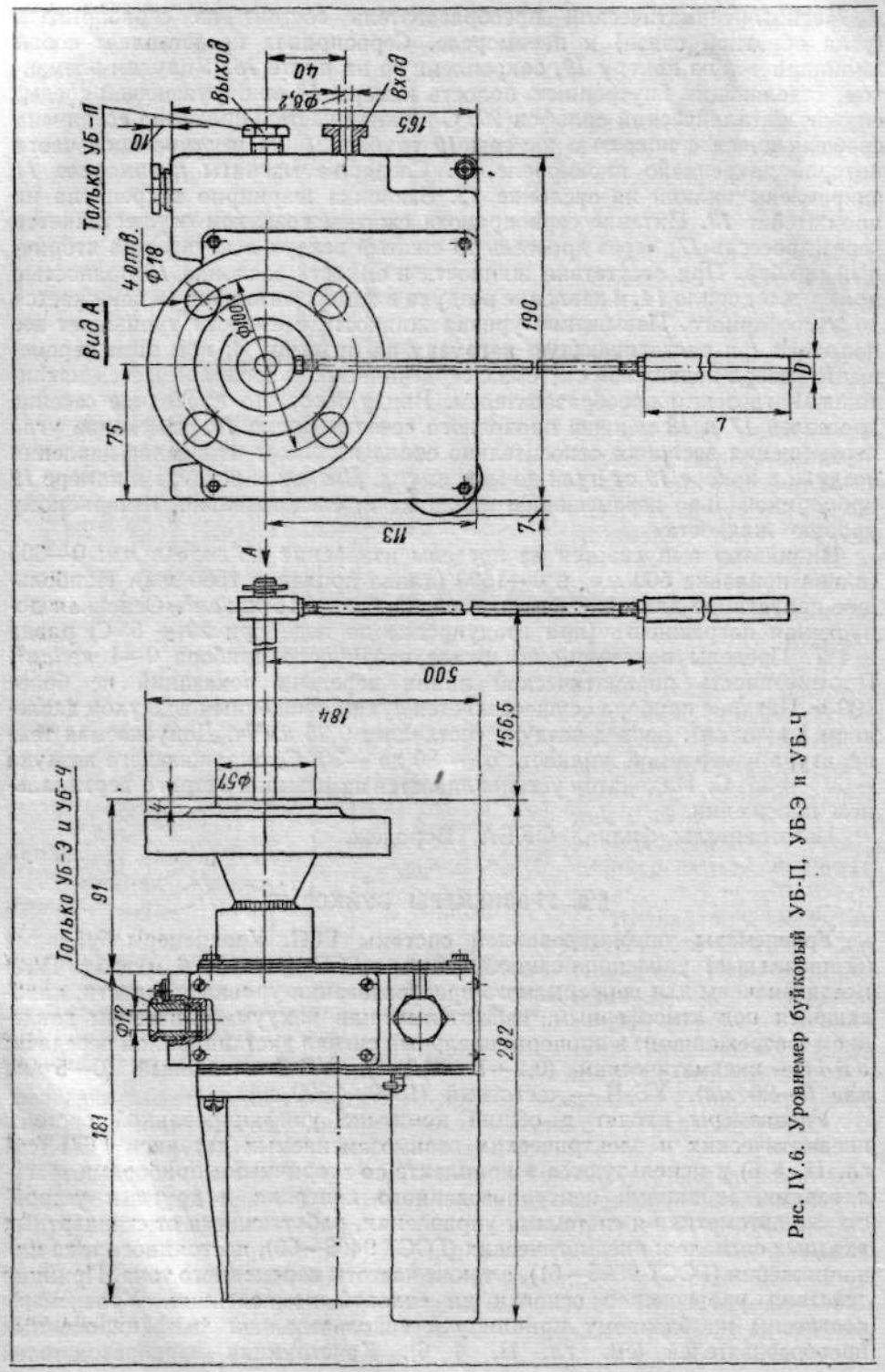


Рис. IV.6. Уровнемер буйковый УБ-П, УБ-Э и УБ-Ч

Таблица IV. 2

Техническая характеристика уровнемеров буйковых системы ГСП

Тип			Пределы измерения уровня		Размеры буйка в *мм* (рис. IV. 6)	
с пневматическим сигналом	с электрическим токовым сигналом	с электрическим частотным сигналом	*мм*	*м*	*D*	*L*
УБ-П1	УБ-Э1	УБ-Ч1	0—20; 40	—	140	40
УБ-П2	УБ-Э2	УБ-Ч2	0—60; 80; 100	—	80	100
УБ-П3	УБ-Э3	УБ-Ч3	0—200	—	45	200
УБ-П4	УБ-Э4	УБ-Ч4	0—400	—	45	400
УБ-П5	УБ-Э5	УБ-Ч5	0—600	—	28	600
УБ-П6	УБ-Э6	УБ-Ч6	0—800	—	28	800
УБ-П7	УБ-Э7	УБ-Ч7	0—1000	—	28	1 000
УБ-П8	УБ-Э8	УБ-Ч8	0—1625	—	16	1 625
УБ-П9	УБ-Э9	УБ-Ч9	—	0—2	14	2 000
УБ-П10	УБ-Э10	УБ-Ч10	—	0—2,4	14	2 400
УБ-П11	УБ-Э11	УБ-Ч11	—	0—3	14	3 000
УБ-П12	УБ-Э12	УБ-Ч12	—	0—4	14	4 000
УБ-П13	УБ-Э13	УБ-Ч13	—	0—6	8	6 000
УБ-П14	УБ-Э14	УБ-Ч14	—	0—8	8	8 000
УБ-П15	УБ-Э15	УБ-Ч15	—	0—10	8	10 000
УБ-П16	УБ-Э16	УБ-Ч16	—	0—16	8	16 000

уровнемеров позволяет настраивать их на различные пределы измерения путем изменения передаточного отношения рычажного механизма.

Допускаемое статическое давление 100 *кгс/см*². Порог чувствительности не более 0,05% от диапазона измерения. Основная погрешность ±1% от предела измерения; по согласованию с заводом-изготовителем приборы могут быть изготовлены с погрешностью ±0,6%. Описание принципа действия преобразователей и другие технические данные приведены в гл. II, § 6. Так как производство всех уровнемеров унифицированной системы осваивается, поставка осуществляется только по согласованию с заводом-изготовителем.

Изготовитель: Завод тепловых приборов, Рязань.

Дистанционный индикатор уровня типа ДИУ-С4А. Дистанционные индикаторы уровня предназначены для непрерывного показания, регистрации и регулирования уровня жидкости в сосудах под давлением до 320 *кгс/см*². Индикаторы уровня выполнены во взрывозащищенном исполнении, имеющем условное обозначение С4А, монтируются в помещениях всех классов и на наружных установках, где возможно образование взрывоопасных газопаровоздушных смесей всех категорий и группы А. Приборы в тропическом исполнении имеют в своем обозначении индекс Т.

Дистанционный индикатор уровня состоит из уровнемера буйкового типа, электрического взрывозащищенного датчика типа ДЭВП-С4А и вторичного электронного дифференциально-трансформаторного прибора типа ЭПИД. Вторичные приборы ЭПИД устанавливаются только в невзрывоопасном помещении.

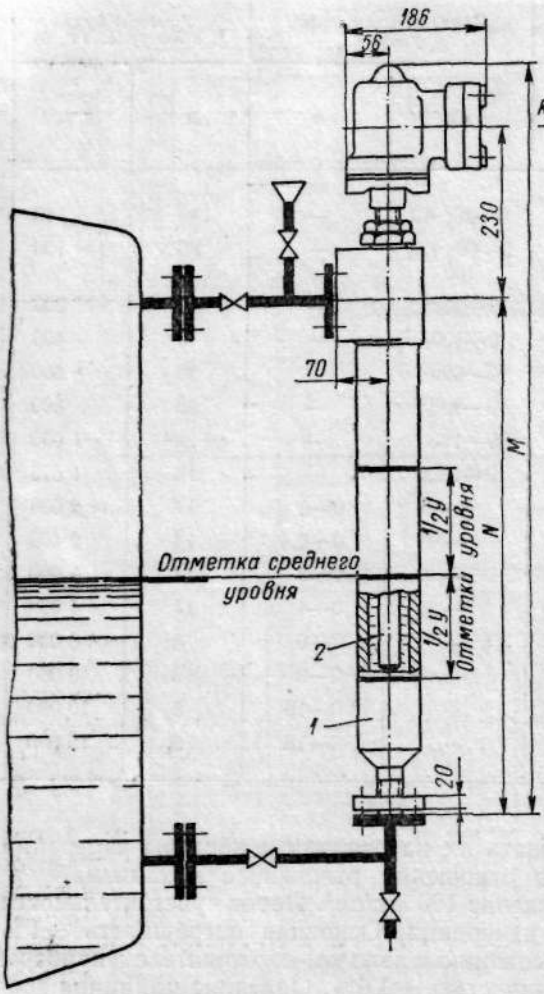


Рис. IV.7. Схема монтажа индикатора уровня ДИУ-С4А

Шифр	*M*	*N*	$\frac{1}{2}y$
ДИУ-С4А-630-320	1050	1356	315
ДИУ-С4А-1000-320	1380	1686	500
ДИУ-С4А-1600-320	1980	2286	800

Принцип работы индикатора уровня (рис. IV. 7) состоит в том, что при изменении уровня жидкости в корпусе *1* меняется выталкивающая сила и положение буйка *2*, подвешенного на пружине и частично погруженного в жидкость. Параметры прибора подобраны таким образом, что при уровне жидкости, соответствующем отметке нижнего уровня, буек *2* погружен в жидкость на 5 *мм* (индикатор ДИУ-С4А-630-320) или на 10 *мм* (индикатор ДИУ-С4А-1000-320 и ДИУ-С4А-1600-320). При подъеме уровня жидкости до верхней отметки буек погружен на y — (15÷25) *мм* (в зависимости от хода буйка). За счет разности глубины погружения буйка меняется выталкивающая сила жидкости, величина растяжения пружины подвески буйка и положение плунжера дифференциального трансформатора.

На наружной поверхности корпуса буйковой камеры имеются круговые полосы — отметки положений уровня жидкости: среднего — белого цвета, верхнего и нижнего — красного цвета. Эти отметки облегчают установку прибора в линии. Измеряемый уровень жидкости и диапазон разности удельных весов жидкостей и газообразной фаз рабочей среды приведены в табл. IV.3.

Поставляемые индикаторы тарируются заводом-изготовителем на среднее значение разности удельных весов жидкой и газообразной фаз, указан-

Таблица IV. 3

Технические характеристики индикаторов уровня ДИУ-С4А

Модификация	Разность удельных весов, на которую тарируется прибор в *г/см³*		Измеряемый уровень жидкости в *мм*
	в рабочих условиях	тарировка прибора	
ДИУ-С4А-630-320-0,75	0,6—0,9	0,75	630
ДИУ-С4А-630-320-1,0	0,8—1,2	1,0	
ДИУ-С4А-630-320-1,35	1,1—1,6	1,35	
ДИУ-С4А-1000-320-0,75	0,6—0,9	0,75	1000
ДИУ-С4А-1000-320-1,0	0,8—1,2	1,0	
ДИУ-С4А-1000-320-1,35	1,1—1,6	1,35	
ДИУ-С4А-1600-320-0,75	0,6—0,9	0,75	1600
ДИУ-С4А-1600-320-1,0	0,8—1,2	1,0	
ДИУ-С4А-1600-320-1,35	1,1—1,6	1,35	

ное в шифре прибора, и на удельный вес газа 0,06 *г/см³*. Измеряемая среда должна быть неагрессивна к стали 20 и алюминиевому сплаву АД-1 — для индикаторов в обычном исполнении и к стали Х18Н10Т, алюминиевому сплаву АД-1 и меди М3 — для индикаторов в тропическом исполнении и не содержать или выделять твердых или вязких продуктов, мешающих движению подвижных частей индикатора или налипающих на детали измерительной системы.

Допускаемая температура измеряемой среды от —30 до +80° С, температура окружающей среды —30÷+40° С; для приборов в тропическом исполнении 10—55° С; относительная влажность окружающего воздуха до 98%. Удельный вес газа в рабочих условиях 0,02—0,1 *г/см³*. Диаметр условного прохода 15 *мм*. Питание датчика осуществляется переменным током напряжением 33 *в*, частота 50 *гц*. Основная погрешность прибора ±5%. Наибольшая протяженность линии электрической связи датчика со вторичным прибором 250 *м*. Присоединение прибора — фланцевое с линзовым уплотнением по ГОСТам 9400—63 и 9399—63.

Изготовитель: завод «Староруссприбор», Старая Русса.

Уровнемеры типа УГ1. Уровнемеры гидростатические буйковые с пневматическим выходным сигналом предназначены для непрерывного измерения уровня жидкости, находящейся под атмосферным, избыточным или вакуумметрическим давлением (табл. IV.4).

Измерение уровня жидкости основано на аэрометрическом принципе. Измерительным параметром является выталкивающая сила тонущего буйка, величина которой пропорциональна глубине его погружения в жидкость. Изменение выталкивающего усилия буйка вызывает пропорциональное изменение угла закручивания торсионной трубки, преобразуемое при помощи пневмомеханического преобразователя в пневматический сигнал от 0,2 до 1 *кгс/см²*, соответствующий изменению уровня от

Таблица IV. 4

Технические характеристики уровнемеров УГ1

Модификация	Материал деталей, соприкасающихся со средой	Диапазон температур в °С	Условное давление в *кгс/см²*	Среда
11-ОНТ-33	Сталь углеродистая	−40÷+200	40	Неагрессивная
11-ОТ-33 11-ОТ-33	Сталь Х18Н9 Сталь Х17Н13М3Т			Агрессивная
11-ОТ-44	Сталь Х18Н9	−200÷−40		
11-ОНТ-54	Сталь углеродистая	+100÷+400	64	Неагрессивная
11-ОТ-54 11-ОТ-54	Сталь Х18Н9 Сталь Х17Н13М3Т			Агрессивная

Примечание. Все модификации выполняются и в тропическом исполнении.

нуля до верхнего предела измерения. Условия применения приборов приведены в табл. IV.4.

Уровнемеры выпускаются на диапазоны измерения уровня жидкости (в *м*): 0—0,4; 0—0,6; 0—0,8; 0—1; 0—1,625; 0—2,4; 0—3; 0—4; 0—6; 0—8; 0—10. Для измерения уровня вязких сред, не обладающих адгезией, уровнемеры поставляются с полированными буйками. В зависимости от диапазона измерения уровня жидкости буйки поставляются однозвенными или состоящими из нескольких буйков соответствующих диаметров. Уровнемеры обеспечивают местное измерение уровня жидкости, а также дистанционную передачу пневматического сигнала на вторичный прибор манометрического типа на расстояние до 300 *м* по пневматической трассе.

Уровнемеры поставляются с учетом удельного веса жидкости и обеспечивают измерение уровня жидкости с общим диапазоном удельного веса 0,5—1,8 *г/см³*. Конструкция и габаритные размеры уровнемеров зависят также от температуры измеряемой жидкости.

Уровнемеры предназначаются для монтажа на вертикальном патрубке на верху емкости или аппарата, установленных в помещении или на открытом воздухе. Температура окружающего воздуха в месте установки прибора −40÷+50° С. Работоспособность прибора при минусовой температуре обеспечивается при условии питания его сжатым воздухом давлением 1,4 *кгс/см²* с точкой росы на 10° ниже температуры окружающего воздуха.

Основная погрешность уровнемера не превышает: при контроле выходного сигнала по образцовому манометру класса 0,35 ±1%, при контроле выходного сигнала по манометру местного отсчета ±2%.

Изготовитель: Завод тепловых приборов, Рязань.

§ 3. УРОВНЕМЕРЫ ЕМКОСТНЫЕ

Электронный индикатор уровня типа ЭИУ. Индикатор предназначен для непрерывного дистанционного измерения уровня жидких и сыпучих сред. В качестве контролируемых сред могут быть жидкости (вода, кислотные и щелочные растворы, минеральные и растительные масла), порошкообразные (мел, крахмал, пресспорошки), гранулированные (зерно, сахар, соль, известь, песок, гранит, химикаты).

Принцип работы прибора (рис. IV.8, *а*) основан на измерении электрической емкости датчика, изменяющейся при различных значениях уровня контролируемой среды. Измерение электрической емкости датчика производится методом неравновесного индуктивно-емкостного моста (L_2, L_3, C_1, емкости датчика и кабеля). Мост питается от высокочастотного генератора, собранного на лампе $Л_1$. Питание анодной и накальной цепей лампы осуществляется от феррорезонансного стабилизатора $Тр_1$, C_{11}. Возникающий при разбалансе моста ток (при изменении уровня среды) выпрямляется диодом $Д_2$, сглаживается фильтром C_{12}, R_5 и поступает на показывающий *mA* и контрольный прибор *mAУр*. В зависимости от величины изменения электрической емкости датчика прибор работает на одном из диапазонов: 0—100; 0—500 и 0—1000 *пф*. Переключение диапазонов измерения (изменение чувствительности) происходит за счет изменения частоты высокочастотного генератора (C_5, C_6, C_7). Для проверки правильности работы прибора в схеме предусмотрена контрольная точка — включение конденсаторов C_2, C_3, C_4, равных по величине электрической емкости датчика и соединительного кабеля на всех диапазонах измерения.

В комплект прибора входит: измерительное устройство (рис. IV.8, *б*), датчик, дистанционный указатель уровня и соединительный коаксиальный кабель. Все узлы измерительного устройства собраны на общем шасси, которое крепится к штампованному, брызгонепроницаемому корпусу. Емкостный датчик (рис. IV.9) представляет собой электрод, погружаемый в измерительную среду. По конструкции электрода датчики разделяются на стержневые и тросовые — для токопроводящих жидкостей и пластинчатые — для жидкостей и сыпучих сред с малой диэлектрической постоянной. Для измерения агрессивных токопроводящих сред электрод изолируется полиэтиленом или фторопластом. Датчик соединяется с измерительным устройством коаксиальным кабелем с высокочастотными разъемами.

Погрешность измерения уровня зависит от свойств измеряемой среды (вязкость, образование пленок, склонность к кристаллизации) от изменения диэлектрической постоянной среды при изменении температуры, от изменения состава среды. При установке прибора на объекте необходимо учитывать эти факторы и для выяснения дополнительной погрешности измерения производить проверку работы прибора в конкретных условиях. Основная погрешность прибора не превышает ±2,5% от предела измерения. Пределы измерения прибора для различных датчиков приведены в табл. IV.5.

Прибор не предназначен для работы: во взрывоопасной среде и взрывоопасных помещениях; при наличии тряски, вибрации и ударов; если среда вязкая, кристаллизующаяся. Длина коаксиального кабеля, соединяющего датчик с измерительным устройством, 10 или 20 *м* в зависимости от заказа. Прибор имеет выход 0—100 *мв* на показывающий потенциометр. Давление измеряемой среды до 25 *кгс/см²*, в зависимости от типа датчика. Температура измеряемой среды — 60 ÷ +250° С; окружающего

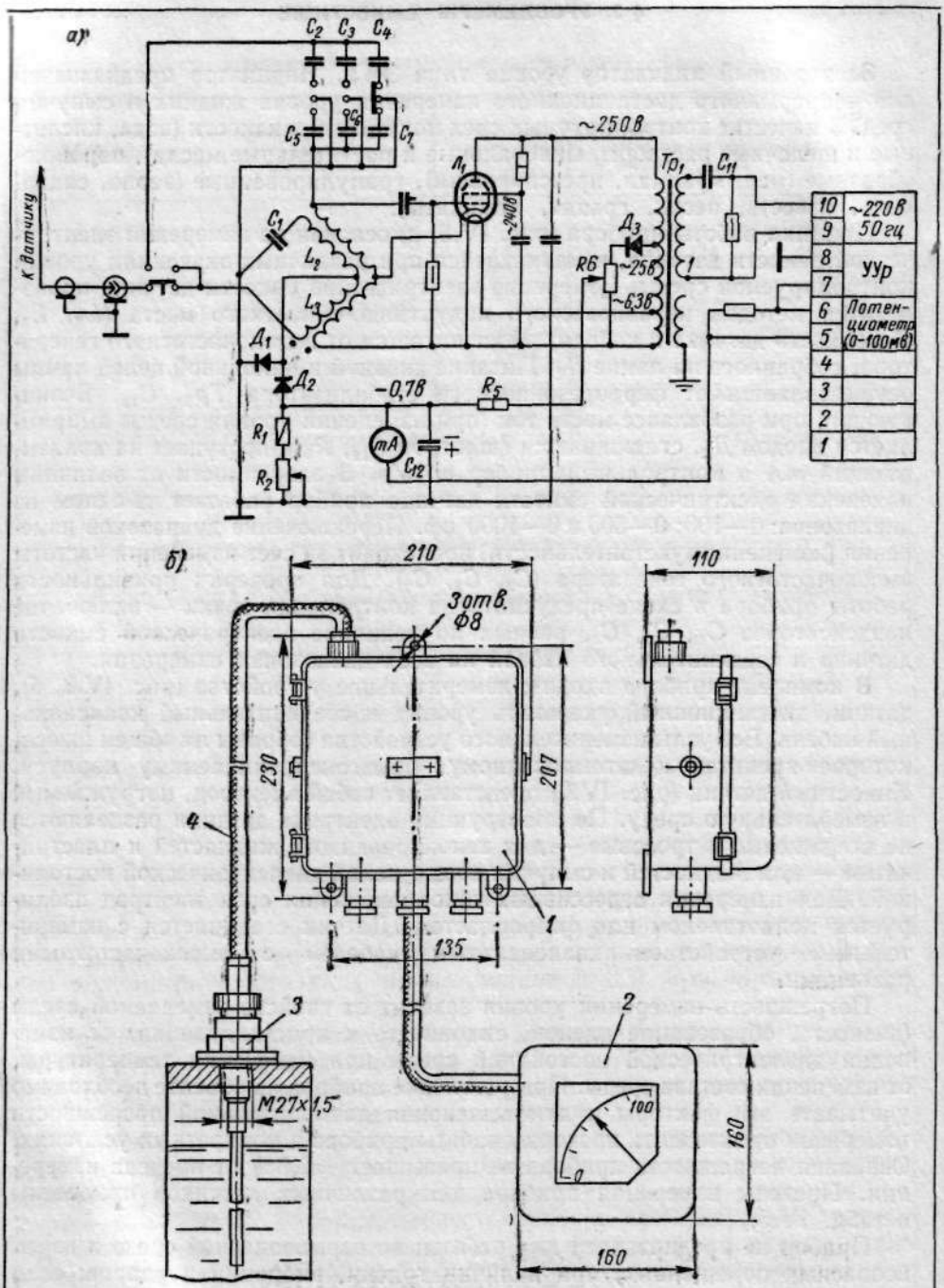


Рис. IV.8. Электронный индикатор уровня ЭИУ: *а* — принципиальная электрическая схема; *б* — схема монтажа:

1 — измерительное устройство; *2* — дистанционный указатель уровня; *3* — емкостный датчик; *4* — коаксиальный кабель

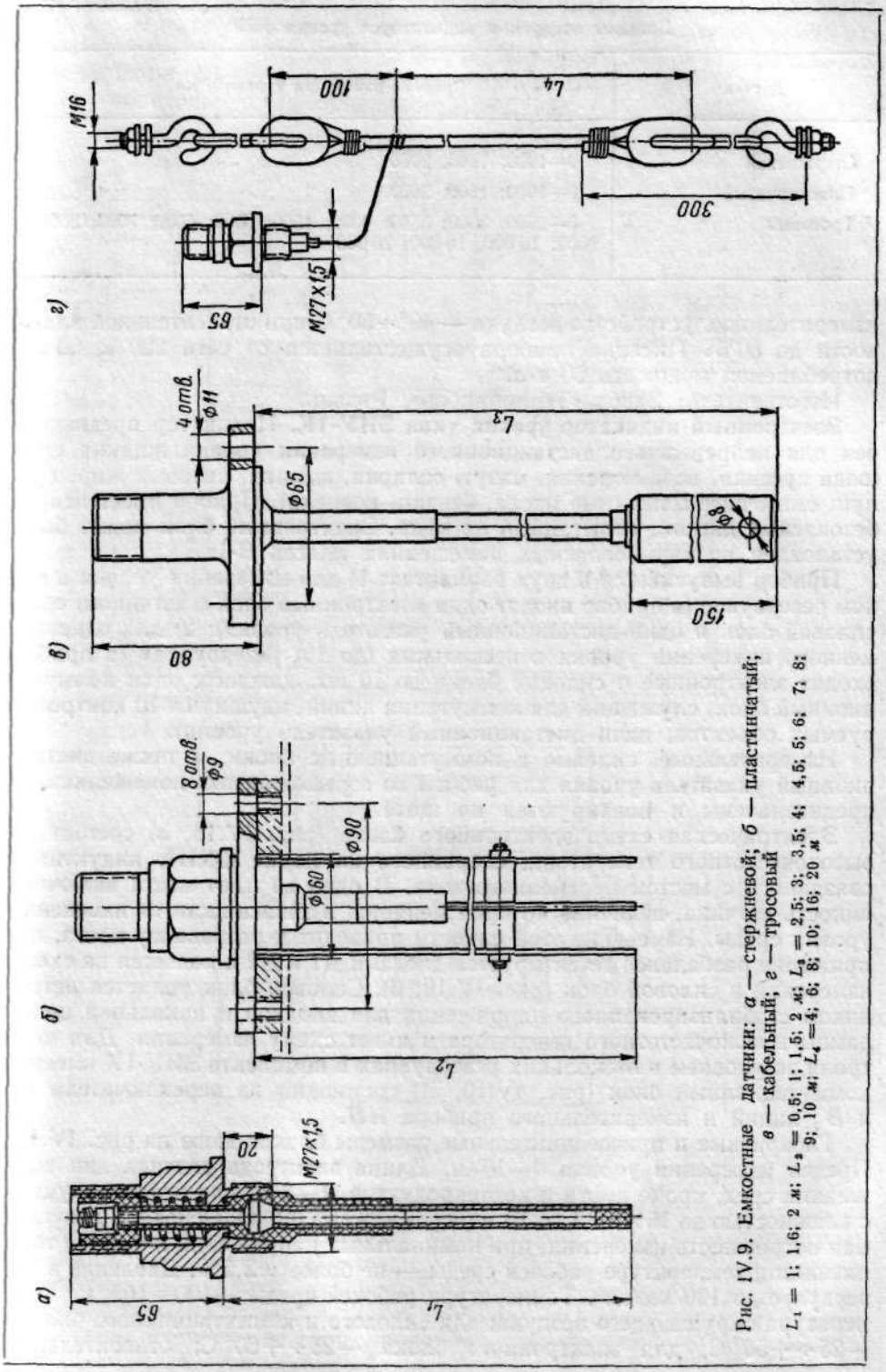


Рис. IV.9. Емкостные датчики: *а* — стержневой; *б* — пластинчатый; *в* — кабельный; *г* — тросовый

L_1 = 1; 1,6; 2 *м*; L_2 = 0,5; 1; 1,5; 2 *м*; L_3 = 2,5; 3; 3,5; 4; 4,5; 5; 6; 7; 8; 9; 10 *м*; L_4 = 4; 6; 8; 10; 16; 20 *м*

Таблица IV. 5

Пределы измерения индикаторов уровня ЭИУ

Датчик	Пределы измерения уровня в *мм*
Стержневой	0—1000; 1600; 2000
Пластинчатый	0—1000; 1600; 2000
Тросовый	0—2500; 3000; 3500; 4000; 4500; 5000; 6000; 7000; 8000; 9000; 10 000; 16 000; 20 000

измерительное устройство воздуха — 40° ÷ 50° С при относительной влажности до 80%. Питание прибора осуществляется от сети 220 *в*, 50 *гц*, потребляемая мощность 60 *в·а*.

Изготовитель: Завод «Теплоприбор», Рязань.

Электронный индикатор уровня типа ЭИУ-1К. Индикатор предназначен для непрерывного дистанционного измерения уровня жидких сред (вода пресная, вода морская, мазут, солярка, аммиак, китовый жир, тузлук, смазочные машинные масла, бензин, керосин). Прибор имеет искробезопасный датчик, испытанный на эфир. Электронный блок может быть установлен во взрывоопасных помещениях класса В-1а.

Прибор выпускается в двух вариантах: 1) для измерения уровня в одном резервуаре (в прибор входят один электронный блок с датчиком, один силовой блок и один дистанционный указатель уровня); 2) для одновременного измерения уровня в нескольких (до 10) резервуарах (в прибор входят электронные и силовые блоки до 10 шт. каждого; один коммутационный блок, служащий для коммутации линий, идущих от 10 контролируемых объектов; один дистанционный указатель уровня).

Измерительные, силовые и коммутационные блоки, а также дистанционный указатель уровня для работы во взрывоопасных помещениях не предназначены и монтируются на щите.

Электрическая схема электронного блока (рис. IV.10, *а*) состоит из высокочастотного генератора, собранного на лампе 6Ж1П, индуктивно связанного с мостом переменного тока. В одно из плеч моста включена емкость датчика, величина которой меняется в зависимости от изменения уровня среды. Изменение этой емкости приводит к разбалансу моста, напряжение разбаланса детектируется диодами Д1 и Д2 и подается на схему измерения в силовой блок (рис. IV.10, *б*). Силовой блок является источником стабилизированного напряжения для анодной и накальной цепей лампы высокочастотного генератора и имеет схему измерения. Для контроля за уровнем в нескольких резервуарах в комплекте ЭИУ-1К имеется коммутационный блок (рис. IV.10, *в*), состоящий из переключателя B_1 и B_2 линий и измерительного прибора *ИП*.

Габаритные и присоединительные размеры блоков даны на рис. IV.11. Предел измерения уровня 0—10 *м*. Длина электрода датчика для всех жидких сред, кроме нефти и нефтепродуктов, 1—5 *м*; для нефтепродуктов с влажностью до 15% от 1 до 10 *м* (через каждые 0,5 *м*). Основная допустимая погрешность измерения, при номинальных напряжении и частоте тока питания и температуре рабочей среды — не более ±2,5%. Давление в резервуаре до 100 *кгс/см*^{2}. Температура рабочей среды —100 ÷ 105° С. Температура окружающего воздуха: для силового и коммутационного блоков —25 ÷ +50° С, для электронного блока —25 ÷ +60° С; относительная

влажность воздуха до 98%. Расстояние от силового до электронного блока не более 30 *м*, от силового блока до дистанционного указателя уровня или коммутационного блока не более 200 *м*. Питание прибора осуществляется от сети 220 *в*, 50 *гц*, потребляемая мощность до 20 *в·а*.

Изготовитель: завод «Физприбор», Фрунзе.

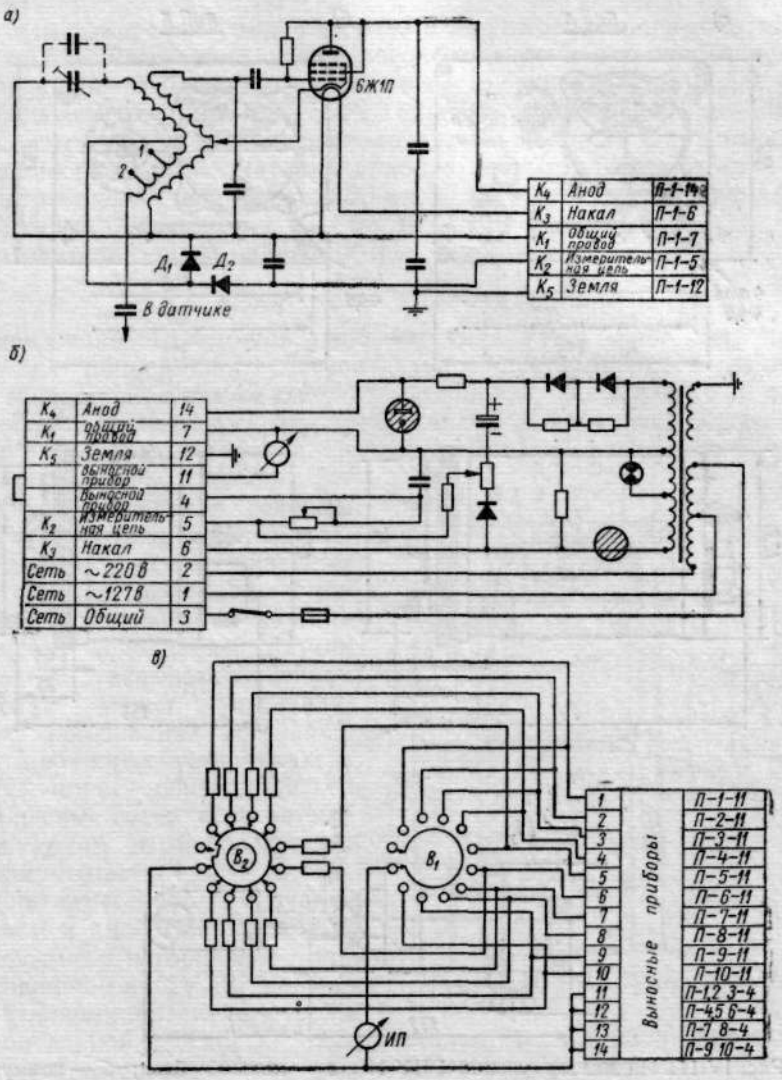


Рис. IV.10. Принципиальная схема индикатора уровня ЭИУ-1К:
а — электрический блок; *б* — силовой блок; *в* — коммутационный блок

Индикатор уровня электронный взрывозащищенный типа ЭИУ-1ВМ. Индикатор предназначен для непрерывного дистанционного наблюдения за изменением уровня различных жидких легковоспламеняющихся, горючих, взрывоопасных, агрессивных сред и выдачи сигнала в виде напряжения постоянного тока, пропорционального величине измеряемого

уровня. Легковоспламеняющиеся и горючие среды могут быть до 3-й категории и групп Г включительно.

Принцип действия прибора основан на мостовом методе измерения емкости датчика, зависящий от изменения высоты уровня контролируемой среды в резервуаре. Прибор состоит из электронного блока с емкостным

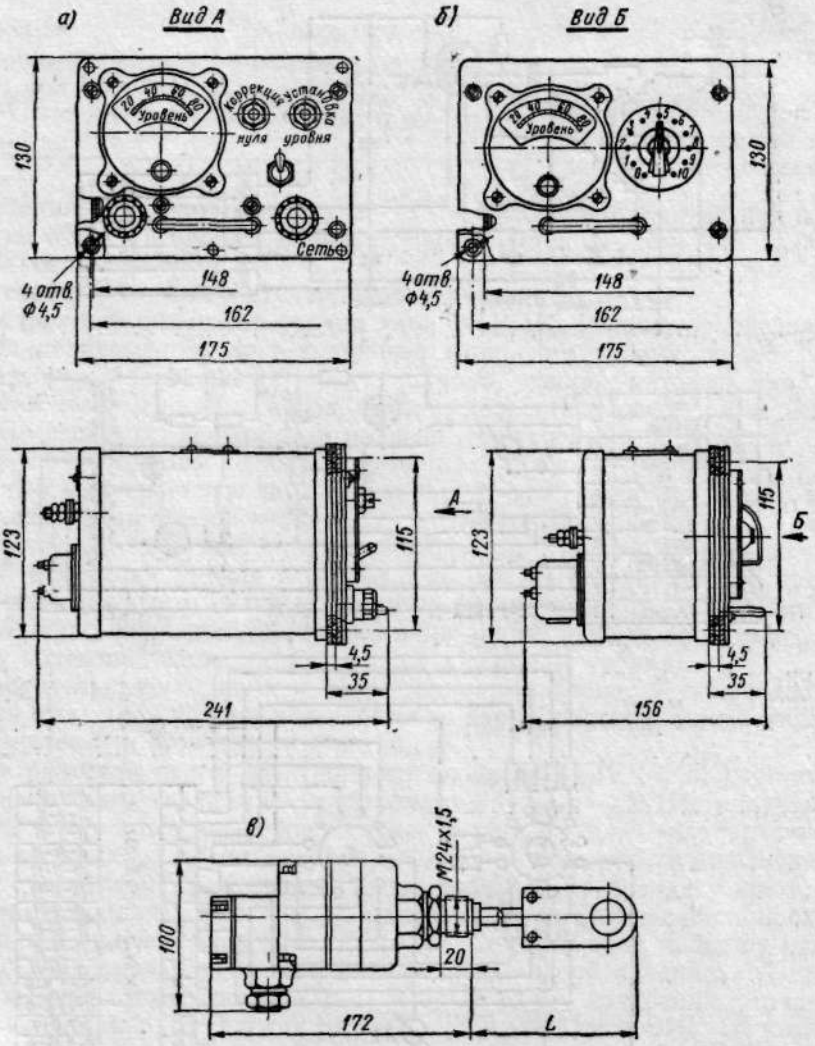


Рис. IV.11. Индикатор уровня ЭИУ-1К: *а* — силовой блок; *б* — коммутационный блок; *в* — электронный блок

датчиком, силового блока и дистанционного указателя уровня. Габаритные размеры электронного блока аналогичны размерам электронного блока ЭИУ-1К (рис. IV.11), а размеры дистанционного указателя — размерам дистанционного указателя ЭИУ (рис. IV.8).

Силовой блок приспособлен для щитового монтажа. Электронный блок выполнен совместно с емкостным датчиком, представляющим собой электрод, покрытый изоляционным материалом или без него. Материал покры-

тия датчиков выбирается в зависимости от свойств рабочей среды: полиэтилен — для водных, кислотных и щелочных разбавленных растворов; фторопласт-4 — для кислотных и щелочных кондиционированных растворов и органических соединений; без покрытия — для нетокопроводящих, неагрессивных сред. Габаритные размеры силового блока 140×110×185 *мм*.

Пределы измерения уровня от 0 до 5 *м*. Основная погрешность измерения ±2,5%. Расстояние от силового блока до электронного не более 60 *м*, от силового блока до дистанционного указателя не более 400 *м*. Давление в резервуаре до 10 *кгс/см*². Температура рабочей среды —100÷+105° С; температура окружающего воздуха —20÷+50° С при относительной влажности до 80%. Питание прибора осуществляется от сети 220 *в*, 50 *гц*. Потребляемая мощность до 20 *вт*. Длина электрода датчика 1—5 *м* (через каждые 0,5 *м*).

Изготовитель: завод «Физприбор», Фрунзе.

§ 4. УРОВНЕМЕРЫ РАДИОАКТИВНЫЕ

Радиоизотопный следящий уровнемер типа УР-8. Уровнемер предназначен для непрерывного бесконтактного дистанционного измерения уровня жидкостей, а также сыпучих материалов. В комплекте со вторичным прибором системы АУС или прибором ЭПИД уровнемер осуществляет запись и регулирование уровня. Источник (цезий 137 активностью не более 0,5 *мг-экв. радия*) и приемник радиоактивного излучения располагаются в герметичных вертикальных трубах, устанавливаемых внутри объекта контроля. Прибор имеет нормальное и взрывозащищенное исполнение. Датчик прибора во взрывозащищенном исполнении может устанавливаться в помещениях всех классов и в наружных установках, в которых могут образовываться взрывоопасные смеси всех категорий и групп взрывоопасности. Контролируемые среды — любые: вязкие, по агрессивности близкие к щелочам и кислотам, легковоспламеняющиеся и горючие.

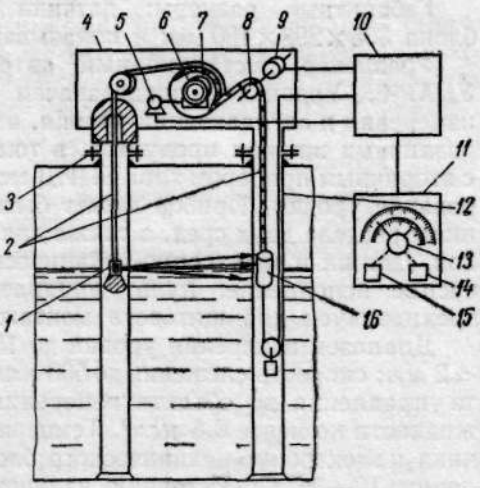


Рис. IV.12. Схема уровнемера УР-8

Уровнемер (рис. IV.12) просвечивает γ-лучами объект контроля в горизонтальной плоскости. Измерительная схема прибора представляет собой следящую систему непрерывного действия. Расположенный в корпусе датчика *4* реверсивный двигатель *5* через червячную передачу *6* вращает барабан *7*, на который наматываются две металлические ленты *2*. Висящие на концах этих лент источник излучения *1* и приемник излучения *16* расположены в одной горизонтальной плоскости. Лента, на конце которой подвешен приемник, перфорирована. Если пучок гамма-излучения проходит выше или ниже измеряемого уровня, то приемник регистрирует бóльшую или меньшую интенсивность излучения. Сигнал с приемника через гибкий кабель *12* поступает в электронный блок *10*, где преобразуется, усиливается и управляет вращением реверсивного двигателя *5*,

который автоматически перемещает систему «источник—приемник» вслед за положением уровня. Перфорированная лента проходит через зубчатый ролик *8*, на оси которого расположен сельсин-датчик *9*. Ось сельсина-приемника *13* связана со стрелками показывающего прибора *11*, шкала которого проградуирована в сантиметрах и метрах. В показывающий прибор встроены преобразователи *14* и *15*, обеспечивающие выход на пневматическую систему АУС или на прибор ЭПИД.

Уровнемер можно устанавливать в любом сосуде с давлением внутри не более 250 *кгс/см²*. Расстояние по трассе кабеля от датчика до электронного блока не более 50 *м*, от электронного блока до показывающего прибора — не более 1 *км*. Расстояние от максимального верхнего положения измеряемого уровня до места установки датчика (до соединения фланцев датчика с фланцами труб *3*) должно быть не более 1200—*Д* (*см*) (где *Д* — диапазон измерения), но не менее 20 *см*. Диапазон измерения уровня 200, 400, 600, 800 и 1000 *см*; основная погрешность измерения не более ±1 *см*. Скорость слежения за быстроизменяющимся уровнем не менее 10 *см/мин*. Питание прибора от сети 220 *в*, 50 *гц*; потребляемая мощность 50 *вт*. Температура окружающей среды для электронного блока —30÷ ÷+40° С при относительной влажности до 95%; для показывающего прибора 10—35° С при относительной влажности до 80%.

Показывающий прибор приспособлен для утопленного щитового монтажа.

Габаритные размеры: датчика 630×324×300 *мм*, электронного блока 355×298×180 *мм* и показывающего прибора 374×364×240 *мм*.

Уровнемер дистанционный автоматический радиоизотопный типа УДАР-5. Уровнемер предназначен для непрерывного автоматического измерения и сигнализации уровня, а также для автоматической дозировки различных жидких продуктов, в том числе взрывоопасных. В комплекте с вторичным прибором типа ЭПИД может осуществляться запись и регулирование уровня. Прибор может быть использован для определения границы раздела двух сред, а также для измерения уровня сыпучих материалов. Датчик и электронно-механический блок прибора имеют взрывобезопасное исполнение; пульт управления имеет нормальное исполнение, предназначен для щитового монтажа.

Диапазон измерения уровня до 15 *м*; погрешность измерения не более ±2 *мм*; скорость слежения до 500 *мм/мин*. Допустимое расстояние от пульта управления до объекта измерения до 1 *км*. Плотность контролируемой жидкости не менее 0,6 *г/см³*. Температура окружающего воздуха: для датчика и электронно-механического блока — 40÷+50° С, для пульта управления 10—35° С. Источник излучения изотоп цезий 137 активностью 13 *мкюри*. Питание осуществляется от сети 220 *в*, 50 *гц*; потребляемая мощность не более 80 *в·а*. Габаритные размеры: электронно-механического блока 540×480×230 *мм*, пульта управления 320×240×360 *мм*.

Изготовитель: Завод КИП, Таллин.

§ 5. УРОВНЕМЕРЫ СИЛЬФОННЫЕ

Уровнемер сильфонный УС-2 предназначен для определения объема бензина, лигроина или керосина, находящихся в цистерне.

Уровнемер представляет собой прибор пружинного типа со шкалой ∅ 150 *мм*, в котором давление столба жидкости уравновешивается силой упругой деформации винтовой пружины и сильфона. Уровнемеры изготавливаются на пределы измерения 0—1200 *мм вод. ст.* или 0—

1600 *мм ст. жидк.* с весом единицы объема 750 *кг/м*³. Градуировка съемной шкалы и нанесение единиц измерения производятся после установки прибора. Уровнемер допускает перегрузку не более чем 15% от давления, соответствующего верхнему пределу измерения. Основная погрешность показаний прибора ±2,5% от давления, соответствующего верхнему пределу измерений. Допускаемая температура окружающего воздуха —60÷ ÷+60° С, если измеряемое вещество при указанных температурах остается в жидкой фазе.

Изготовитель: Завод «Теплоконтроль», Казань.

§ 6. УРОВНЕМЕРЫ МЕМБРАННЫЕ

Уровнемеры типа $У_{II}$, $У_{III}$ и $У_{IV}$ представляют собой измерительные комплекты, предназначенные для измерения уровня жидкости в резервуарах, находящихся под атмосферным давлением либо под давлением выше или ниже атмосферного.

Выпускаются следующие уровнемеры для измерения уровня: $У_{II}$ — в открытых резервуарах; $У_{III}$ — в барабанах паровых котлов на условное давление до 100 *кгс/см*², $У_{IV}$ — в резервуарах с разреженным или с избыточным давлением до 64 *кгс/см*². В качестве уровнемеров всех трех типов (в комплекте с уравнительными сосудами) могут работать бесшкальные компенсационные дифференциальные манометры-датчики типа ДМПК-100 с пневматическим выходом от 0,2 до 1 *кгс/см*².

Перепад давления, обусловленный разностью между высотой столба жидкости в баке и уравнительном сосуде, замеряется дифманометром (подробно о работе дифманометра см. гл. III, § 10). Уравнительный сосуд предназначен для заполнения прибора измеряемой жидкостью и передачи давления от резервуара в плюсовую или минусовую полости дифманометра. Уровень жидкости в сосуде постоянный. Уравнительный сосуд должен быть расположен так, чтобы уровень жидкости в нем соответствовал минимальному уровню жидкости в баке.

Уровнемеры изготовляются на следующие пределы измерения (в *см ст. изм. жидк.*): $У_{II}$ и $У_{IV}$ — на 0—63; 0—100, 0—160, 0—250, 0—400, 0—630, а для барабанов паровых котлов $У_{III}$ — 0 ± ± 320 и 0 ± 500.

Изготовитель: завод «Теплоприбор», Рязань.

Таблица IV. 6

Модификации преобразователей

Тип преобразователя давления	Диапазон измерения в *мм вод. ст.*	
	номинальный	допустимый *
ДДП-330 *м*	0—250	0—160; 0—400
ДДП-331 *м*	0—630	0—400; 0—1000
ДДП-334 *м*	0—1600	0—1000; 0—2500
ДДП-332 *м*	0—2500	0—1600; 0—4000

* При изменении диапазона датчика.

§ 7. ПЬЕЗОМЕТРИЧЕСКИЕ УРОВНЕМЕРЫ

Пьезометрические датчики уровня предназначены для автоматического контроля уровня агрессивных кристаллизирующихся жидкостей и пульп в открытых емкостях.

Датчик уровня представляет собой бесшкальный прибор, состоящий из чувствительного элемента — пьезотрубки со специальным дросселем

высокого перепада и пневматического преобразователя давления типа ДДП. Датчики уровня рассчитаны на пределы измерения от 250 до 4000 *мм вод. ст.* Расход воздуха в пьезотрубке от 0,6 до 2 *нл/мин* в зависимости от длины пьезотрубки и обеспечивается установкой соответствующего дросселя, предусмотренного в датчике.

В зависимости от степени агрессивности среды пьезотрубки изготовляются из Ст.3, нержавеющей стали Х18Н9Т, титана ВТ1-1 длиной от 1000 до 5000 *мм* и стекла длиной от 1000 до 2000 *мм*.

В комплект пьезометрического датчика уровня входит один из преобразователей давления типа ДДП, приведенных в табл. IV.6. Кроме указанных преобразователей могут также применяться дифференциальные манометры с вторичными приборами завода «Манометр» (Москва). По особому заказу пьезотрубки могут поставляться без преобразователей давления.

Изготовитель: Московское опытное предприятие КБ «Цветметавтоматика».

ГЛАВА V

ПРИБОРЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

§ 1. ГАЗОАНАЛИЗАТОРЫ

1. Магнитные газоанализаторы на O_2

Магнитные свойства газов оценивают величиной магнитной восприимчивости, которая положительна для парамагнитных газов и отрицательна для диамагнитных. Магнитная восприимчивость смеси газов равна сумме парциальных магнитных восприимчивостей входящих в нее компонентов и в большинстве случаев определяется однозначно содержанием кислорода, который является парамагнитным газом и обладает наибольшей магнитной восприимчивостью.

Вследствие малых значений магнитной восприимчивости (для кислорода $142 \cdot 10^{-9}$ единиц CGSM, для воздуха $309 \cdot 10^{-9}$ единиц CGSM, для водорода $0{,}164 \cdot 10^{-9}$ единиц CGSM) измерение производится косвенными методами.

В газоанализаторах МГК-6, МГК-8, МГК-14, МГК-348, ГТМК-12 и газоанализаторах типа МН используется явление термомагнитной конвекции, которое возникает в неравномерном магнитном поле около нагретого тела, окруженного парамагнитным газом. Так как магнитная восприимчивость парамагнитных газов уменьшается с увеличением температуры, то газ, нагреваясь, теряет частично свои магнитные свойства и выталкивается из магнитного поля более холодным; в результате возникает конвективное движение газа, скорость которого зависит от величины температурного перепада. Движение газа влияет на теплоотдачу нагревательного элемента, включенного в схему измерительного моста, что приводит к изменению его температуры и сопротивления и к разбалансу моста.

Газоанализаторы типа МГК. Газоанализаторы (табл. V.1) являются автоматическими показывающими и регистрирующими приборами для определения содержания кислорода в газовой смеси.

Газоанализаторы МГК-3М, МГК-6, МГК-8, МГК-14. В газоанализаторах МГК-6, МГК-8 и МГК-14 (рис. V.1, *а*) стеклянная трубка, размещаемая вертикально в кольцевой газовой камере, через которую проходит анализируемый газ, обогревается платиновой спиралью *2* до температуры 200° С. На одном конце трубки размещается магнит, создающий неоднородное магнитное поле по оси трубки. Так как температура в камере ниже, чем в стеклянной трубке, холодный газ из камеры притягивается к магниту больше, чем нагретый, и, вытесняя последний, создает движение газа в трубке.

В газоанализаторе МГК-8 стеклянная трубка установлена наклонно, благодаря чему наряду с термомагнитной конвекцией, направленной

Технические характеристики

Тип	Пределы измерения в % об. O_2	Анализируемая газовая смесь			
		Область применения	Давление абсолютное в *мм вод. ст.*	Расход в *л/ч*	Температура в °С
МГК-6	20—50; 20—80	Обогащенное дутье	10 070—11 000	250	10—50
	50—100; 80—100	Производство O_2, Ar, криптона			
	90—100 / 95—100	Производство O_2			
МГК-3М *	0—5 / 0—10; 0—15 / 0—21; 15—45	Газовые смеси: O_2, N_2, He, CO, CO_2, H_2, предельные и непредельные углеводороды до C_4	10 150—12 000	300	10—40
МГК-8	98—100	Газовая смесь: O_2, $N_2 \leqslant 0{,}7\%$ об., Ar $\leqslant 2\%$ об. Влага $\leqslant 0{,}07$ *г/м*³	10 200—12 0000	50—300	5—40
МГК-14	0—1; 0—2	Бинарные смеси: O_2—N_2; O_2—Ar; O_2—CO_2; O_2—CO; O_2—H_2; O_2—He; O_2 — предельные и непредельные углеводороды до C_4; другие газы (сумма) $\leqslant 3\%$ об.	9500—12 000	50—300	5—40
	0—2	Многокомпонентные смеси: Ar $\leqslant$ $\leqslant 50\%$ об.; I категория: O_2; Ar, N_2; He; CO; CO_2; H_2; II категория: O_2, Ar; N_2; He; CO; CO_2; H_2; предельные и непредельные углеводороды до C_4			
ГТМК-12	0—1; 0—2 / 0—5	Бинарные и многокомпонентные взрывоопасные смеси газов или паров с воздухом I; 2; 3-й категорий групп А, В, Г; 4-й категории группы А; влага $\leqslant 90\%$	9500—11 200	15	5—50
	0—10; 0—21 0—50; 0—100	O_2+N_2 и другие компоненты взрывоопасной смеси газов и паров с воздухом 1-, 2-, 3-й категорий групп А, В, Г; 4 категории группы А; влага $\leqslant$ $\leqslant 90\%$			
	20—50; 20—80; 50—100; 80—100; 90—100; 95—100 / 98—100	Бинарные смеси. Другие компоненты (сумма) $< 2\%$ об.			
МГК-348	0—10 / 0—21 / 0—40	Газовые смеси: O_2; $H_2 \leqslant 0{,}5\%$ об; $CH_4 \leqslant 0{,}5\%$ об.; $SO_2 \leqslant 1\%$ об.	10 070—10 105	650	220—600

Примечание. Изготовитель: МГК-6, МГК-3М, МГК-8, МГК-14, ГТМК-12 — Трест

* Для работы газоанализатора необходим сравнительный газ: CO_2, O_2 — 0,5%; расход —

** В числителе — погрешность, в знаменателе — отклонение параметра.

Таблица V.1

газоанализаторов типа МГК

Напряжение питания в *в* (50 *гц*); потребляемая мощность в *в·а*	Время прогрева в *ч*	Запаздывание в *сек*	Погрешность в % об. от диапазона измерения				
			основная	дополнительная от отклонения			
				давления смеси в %	барометрического давления в *мм рт. ст.*	температуры помещения в °С	состава неизмеряемых компонентов в %
220; 300	4	90	$\frac{\pm 2}{\pm 3}$	$\frac{\pm 1{,}5\ ^{**}}{30}$	$\frac{\pm 3}{10}$	$\frac{\pm 4}{10}$	—
220; 300	3	90	$\frac{\pm 5}{\pm 3}$	$\frac{\pm 0{,}5}{30}$	$\frac{\pm 3}{10}$	$\frac{\pm 2{,}5}{10}$	$\frac{\pm 2{,}5}{25}$
220; 200	5	90	±5	—	$\frac{\pm 3}{10}$	—	—
220; 200	3	90	±5	—	$\frac{\pm 3}{10}$	—	$\frac{\pm 5}{10}$ / $\frac{\pm 5}{5}$
220; 300	0,5	10	$\frac{\pm 5}{\pm 2}$	$\frac{\pm 5}{10}$ / $\frac{\pm 5}{\pm 5}$	$\frac{\pm 3}{10}$	$\frac{\pm 0{,}5}{10}$	$\frac{\pm 5}{10}$
220; 165	—	45	$\frac{\pm 0{,}5}{\pm 0{,}6}$	—	—	—	—

ОКБА, Северодонецкий филиал; МГК-348 — «Уралмонтажавтоматика», Свердловск.

** д/ч, давление 1750—2250 *мм вод. ст.*

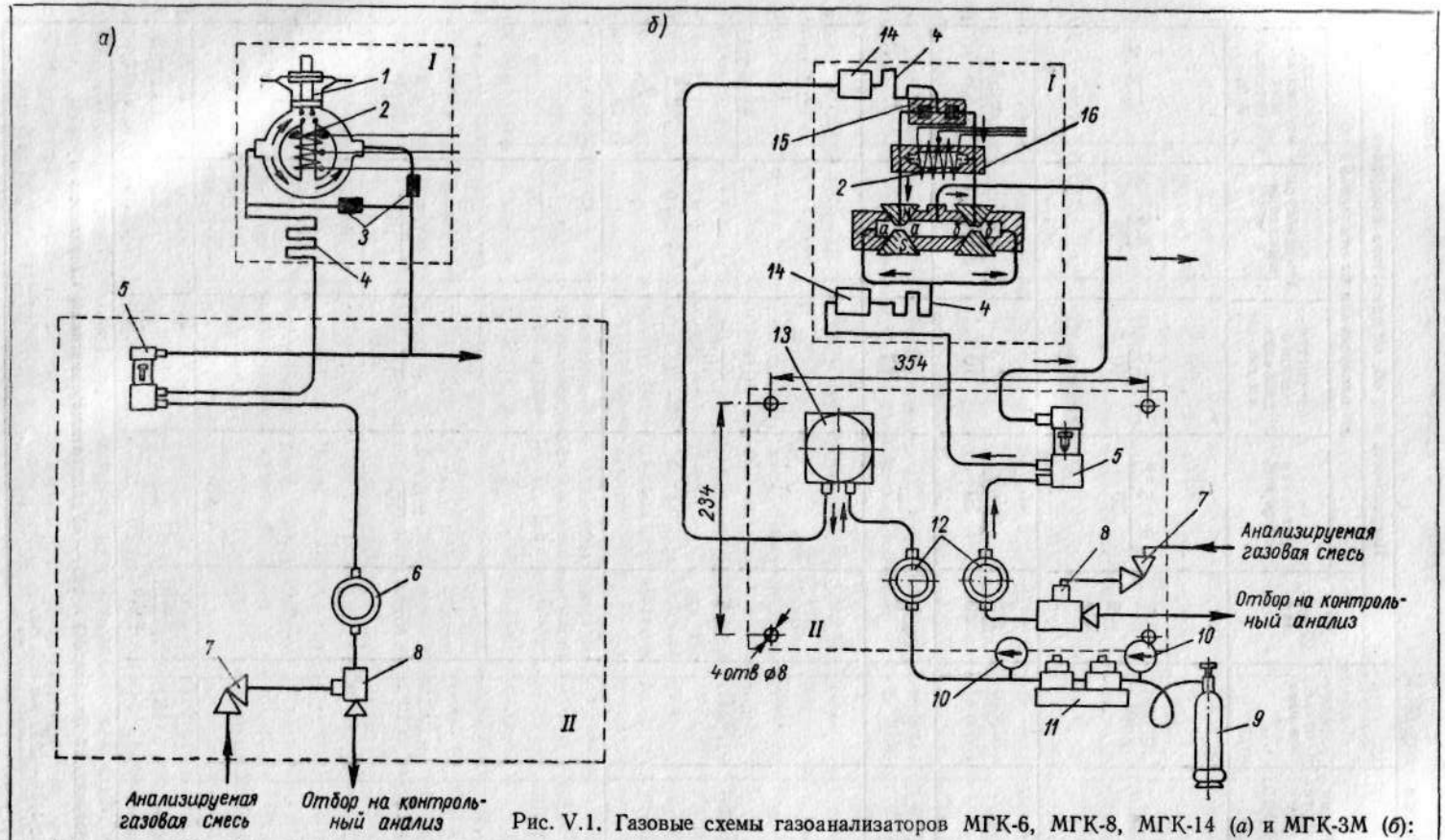


Рис. V.1. Газовые схемы газоанализаторов МГК-6, МГК-8, МГК-14 (*а*) и МГК-3М (*б*):

I — датчик; *II* — блок подготовки газа; *1* — поршень; *2* — платиновые спирали; *3* — капилляр; *4* — теплообменники; *5* — регулирующие ротаметры; *6* — контрольный фильтр; *7* — угловые вентили; *8* — вентили с тройником; *9* — баллон со сравнительным газом; *10* — манометры; *11* — двойной редуктор; *12* — фильтр тонкой очистки; *13* — регулятор расхода газа; *14* — магнитные ловушки; *15* — дроссельное устройство; *16* — термоанемометр

сверху вниз, возникает тепловая, вызванная разностью удельных весов нагретого и холодного газов, которая направлена снизу вверх. Результирующий поток определяется разностью двух видов конвекции. На одной трети шкалы разность устанавливается равной нулю, что обеспечивает независимость показаний от барометрического давления в данной точке.

В газоанализаторах МГК-6, МГК-8 и МГК-14 предусмотрена возможность проверки контрольных точек шкалы в начале и в середине без контрольных смесей. Нулевая точка шкалы проверяется при любой концентрации кислорода перекрытием поршня *1* стеклянной трубки. Контрольная точка в середине шкалы для МГК-14 проверяется пропуском через прибор воздуха.

В газовой камере газоанализатора МГК-3М (рис. V.1, *б*) установлены наконечники постоянных магнитов, образующие зазор *а—а*, и ложных магнитов, образующие зазор *б—б*, к которым направлены взаимно перпендикулярные потоки рабочего и сравнительного (с постоянным содержанием кислорода) газов. При отсутствии кислорода в рабочем газе пневматический мост, образованный дросселями *15* и зазорами, находится в равновесии, и поток через стеклянную трубку термоанемометра *16*, которая является диагональю пневматического моста, равен нулю. Если в рабочем газе содержание кислорода больше, чем в сравнительном, то затрудняется истечение последнего в магнитный зазор *а—а*; на диагонали моста образуется перепад давления, под его действием поток сравнительного газа в стеклянной трубке движется слева направо, охлаждая первую (по ходу газа) спираль и нагревая вторую; это приводит к разбалансу электрического измерительного моста R_1—R_5 (рис. V.2, *а*, см. вкладку в конце книги), в который он включен. Анализируемый газ подается в датчик через блок подготовки газа, где он проходит через фильтр тонкой очистки *12* и регулирующий ротаметр *5*. При входе в датчик газ подогревается в теплообменнике *4* до температуры термостатирования, а затем поступает в газовую камеру. В МГК-3М газ проходит до теплообменника через магнитную ловушку *14*, в которой улавливается металлическая пыль. Для обеспечения стабильной работы газоанализаторов их мосты термостатированы.

Температура обогрева поддерживается равной 40 ± 1° С; при снижении температуры контакты термометра *КТ*, включенные в цепь полупроводникового триода $ПП_{15}$ (рис. V.2, *б*), отпирают его и в цепи обмотки реле *Р* появляется ток, достаточный для его срабатывания. Реле своими контактами замыкает цепь питания обмотки обогрева (R_{23} — R_{26}) блока термостатирования.

Схема измерительного моста питается от специального блока стабилизированного питания, который при изменении входного напряжения на ±10% обеспечивает на выходе рабочий ток с точностью до ±0,5%.

В комплект газоанализаторов МГК-8 и МГК-14 входят: датчик, блок стабилизированного питания и реле, блок подготовки газа и вторичный прибор ЭПД, ЭПП, ПС или ПСР-1 любой модификации с градуировкой ХК и пределами измерения —50÷ +100° С. Для МГК-14 со шкалой 0—2% O_2 потенциометры ЭПД поставляются с пределами измерения 0—150° С, электронные потенциометры ЭПП, ПС1, ПСР1 — с пределами измерения 0—100 *мв* градуировки МВ.

В комплект газоанализатора МГК-3М входят: датчик, вторичный прибор ЭПД любой модификации с градуировкой ПП и пределами измерения 0—1600° С, ПС1 или ПСР1 любой модификации с градуировкой 0—10 *мв*, ЭПП с пределами измерения 0—10 *мв*, блок подготовки газа БПГ, блок стабилизированного питания и реле типа БСПР и двойной редуктор

ДР-1. От одного датчика газоанализатора могут работать параллельно три вторичных прибора. Газоанализаторы предназначены для работы во взрывобезопасном помещении. Поступающая в прибор газовая смесь не должна содержать пыли, смолы, серы и ее соединений, соединений железа, тумана щелочей и кислот. Расстояние между датчиком и местом отбора газа должно быть не более 40 *м* и выбирается в соответствии с допустимым временем запаздывания. Газовая линия прокладывается стальными трубками диаметром 8×1 *мм*.

Для газоанализаторов МГК-8 и МГК-14 к блоку подготовки газа должна быть подведена линия сжатого очищенного воздуха давлением не ниже 200 *мм вод. ст.*

Габаритные размеры датчиков приведены на рис. V.3; габаритные размеры блоков стабилизированного питания в *мм*: для МГК-3М и МГК-6 288×422×166, для МГК-8 и МГК-14 — 198×286×136.

При температуре газа, подаваемого в прибор, выше 40° С следует установить холодильник для охлаждения газа. Влажный газ необходимо охладить до 20° С, сконцентрированную влагу собрать в отстойнике или осушить селикагелем. При давлении газа в точке его отбора меньше 150 *мм вод. ст.* после прибора необходимо поставить газопросасывающее устройство (воздушный эжектор, водоструйный насос и др.). Сопротивление соединительных проводов от источника питания до датчика должно быть не более 2 *ом*. Вблизи установки газоанализатора не должно быть постоянных магнитных полей напряженностью более 400 *э*.

Газоанализатор ГТМК-12. Камера датчика газоанализатора *1* (рис. V.4, *а*) со шкалой, начинающейся с нуля, выполнена в виде U-образной трубки с намотанными на ней сопротивлениями R_1, R_2 и R_3, R_4 (чувствительные элементы). Один из чувствительных элементов находится в неоднородном магнитном поле, создаваемом постоянным магнитом. Все сопротивления включены в схему неравновесного электрического моста постоянного тока. Поток газа охлаждает секции R_1, R_4 и нагревает R_2, R_3, вследствие чего нарушается баланс моста. Напряжение разбаланса пропорционально содержанию кислорода в анализируемом газе.

В газоанализаторе с «подавленным» нулем в мостовую измерительную схему включены сопротивления R_1 и R_2; при этом поток газа равен нулю при концентрации кислорода, соответствующей началу шкалы.

Нуль шкалы газоанализатора при любой концентрации кислорода проверяется перекрытием каналов чувствительных элементов, чувствительность — пропуском через датчик воздуха.

Расход газа через камеру устанавливается дросселем *6* по ротаметру *4*. Номинальный расход составляет 10 *л/ч*. Газ проходит через контрольный фильтр *5*. Дроссель *2* служит для ограничения расхода газа через камеру. Для уменьшения запаздывания в газоподводящей линии к датчику увеличивается расход газа по этой линии при помощи дросселя *8*.

При проверке чувствительности прибора воздух подается в распределительное устройство *3* через электропневматическое реле *10*, находящееся в блоке управления. Под действием сжатого воздуха мембранно-клапанный механизм *7* опускается, рабочий газ выходит, а воздух поступает в измерительную камеру. Расход воздуха устанавливается дросселем *9*.

Электрическая схема газоанализатора состоит из измерительной, схем питания, термостатирования и контроля исправности газоанализатора; схема питания — из блока управления, выпрямителей и стабилизатора напряжения для питания измерительного моста. Схема термостатирования представляет собой пропорциональную систему регулирования темпера-

туры, чувствительным элементом которой служит термосопротивление, расположенное в датчике и включенное в мостовую схему регулятора, управляющего питанием нагревателя датчика. Комплект газоанализатора

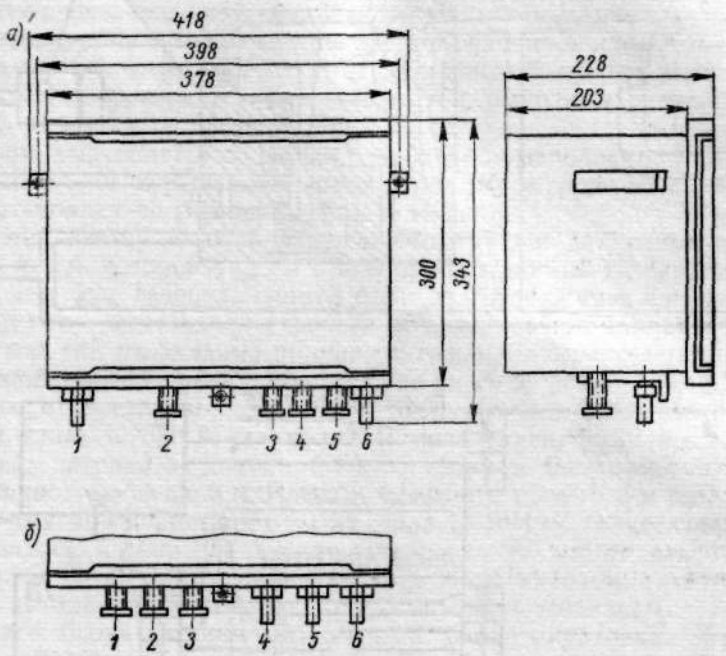


Рис. V.3. *Общий вид датчиков газоанализаторов МГК-6, МГК-8, МГК-14 (а) и расположение штуцеров МГК-3М (б)*

Назначение штуцеров

№ штуцера	МГК-6, МГК-8, МГК-14	МГК-3М
1	Выход газа	Ввод проводов от вторичного прибора, зажимы *1* и *2*
2	Ввод проводов от блока питания, зажимы *3* и *4* на колодке *1*	Ввод проводов блока питания, зажимы *3—6*
3	Ввод проводов от вторичного прибора, зажимы *1* и *2* на колодке *2*	Ввод проводов блока питания, зажимы *9* и *10*
4	Ввод проводов от блока питания, зажимы *5* и *6*	Выход газа
5	Ввод проводов от блока питания, зажимы *7—10*	Вход анализируемого газа
6	Вход газа	Вход сравнительного газа

Размеры выреза в панели: для МГК-3М и МГК-6 — 350×300 *мм*; для МГК-8 и МГК-14 — 360×282 *мм*

состоит из блока датчика, блока управления, блока подготовки газа и вторичного прибора. В комплект газоанализатора может быть включен также преобразователь со стандартным выходом для системы АУС и ЭАУС.

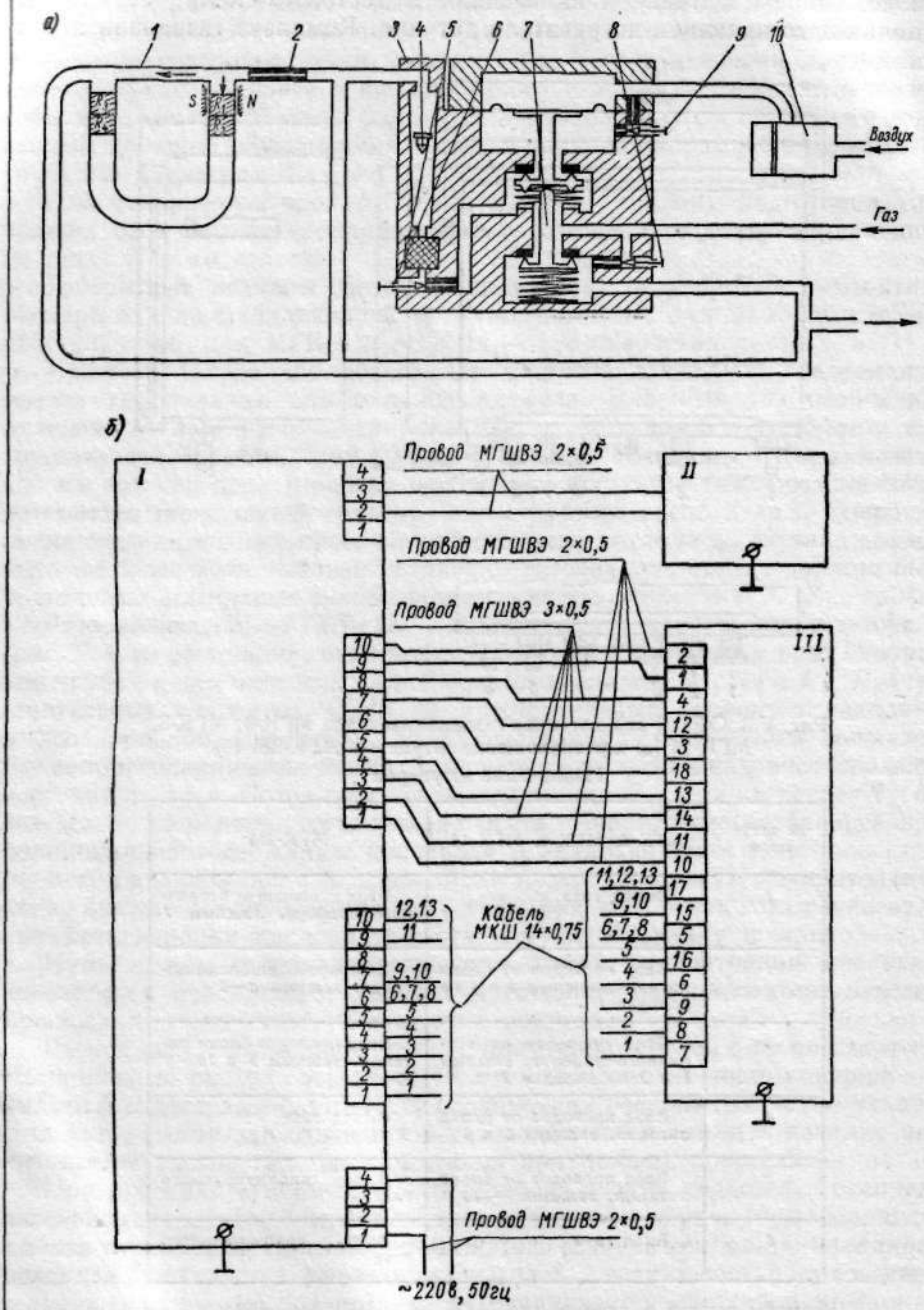


Рис. V.4. Газоанализатор ГТМК-12: *а* — газовая схема; *б* — схема электрических соединений;

I — блок управления; *II* — вторичный прибор; *III* — датчик

В качестве вторичного прибора для газоанализатора со шкалой 0—1% O_2 могут поставляться (по согласованию с заказчиком) электронные потенциометры ЭПД, ЭПП, ПС1, ПСР1 любой модификации с градуировкой ХК и пределами измерения 0—100° С. Для остальных газоанализаторов поставляются потенциометры ЭПД с градуировкой 0—150° С; потенциометры ЭПП, ПС1, ПСР1 с градуировкой МВ с пределами измерения 0—10 *мв*. Преобразователь поставляется с выходным сигналом 0—5 *ма* или 0,2—1 *кгс/см*^{2}.

Датчик выпускается во взрывозащищенном исполнении В4А-В3Г, блок управления — в нормальном исполнении. Блок подготовки газа может быть установлен во взрывоопасном помещении.

Газоанализатор изготовляется и калибруется для одной из газовых смесей, состав которой указан в паспорте на данный газоанализатор.

При монтаже газоанализатора блок подготовки газа следует устанавливать в непосредственной близости от датчика; при давлении газа ниже 200 *мм вод. ст.* необходимо применить газопросасывающее или нагнетающее устройства. Анализируемая газовая смесь не должна содержать механических и агрессивных примесей, разрушающих дюралюминий марки АМЦ-М, сталь Х18Н9Т, стекло С49-2, полиэтилен, фторопласт.

Вблизи датчика не должно быть постоянных электромагнитных полей напряженностью выше 5 *э*. Подвод анализируемого газа и воздуха производится трубкой диаметром 6×1 из стали 1Х18Н9Т. Общее сопротивление газоподводящей линии не должно превышать 500 *мм вод. ст.* при расходе 300 *л/ч*. Электрические линии монтируются кабелем в металлических трубах; датчик и блок управления должны быть заземлены.

Монтаж блока датчика — настенный, блока управления — настенный и щитовой. Схема внешних электрических соединений приведена на рис. V.4, *б*. Габаритные размеры: датчика — диаметр 180 *мм*, глубина 380 *мм*, блока управления — 150×320×350 *мм*, блока подготовки газа — 90×75×140 *мм*.

Газоанализатор МГК-348. В этом газоанализаторе (рис. V.5) из всех термоэлементов, являющихся сопротивлениями электрического измерительного моста, только один находится в магнитном поле. При наличии в газовой смеси взаимодействующего с магнитным полем кислорода над этим элементом возникает газовый поток. Мост датчика состоит из обмоток *II* и *III* трансформатора *Тр* и сопротивлений $R_{т1}$ и $R_{т2}$. Напряжение разбаланса снимается с делителя напряжения R, R_1, R_2, включенного в диагональ моста. Нечувствительность газоанализатора 0,1% O_2. Габаритные размеры датчика 300×380×165 *мм*.

Вторичный прибор (выполненный на базе потенциометра ЭП-107 или ЭП-120) снабжен реостатным задатчиком, который может быть использован для регулирования. Расстояние от вторичного прибора до датчика — не более 100 *м*. Сопротивление соединительной линии — не более 100 *ом*.

В комплект газоанализатора входят: датчик ДГК-358 *2*, гидрокомпрессор ГК-5015 *4*, вторичный прибор ВПГ-359 *3*, охладитель газа ОГ-39 *6*, конденсационный сосуд КС-206 *5*, контрольный фильтр *7*, стабилизатор напряжения С-0,09 *1*.

Для газоанализатора с пределами измерения 0—10% температура газов в месте отбора должна быть 200—600° С, а при наличии водяного охлаждения газоотборной трубки может доходить до 1800° С. Для газоанализаторов с пределами измерения 0—21% и 0—40% температура газа в месте отбора должна быть не ниже 5° С.

Охладитель газа ОГ-39 должен помещаться в непосредственной близости от места установки датчика ДГК-358.

Газоанализаторы типа МН. Эти газоанализаторы (табл. V.2) являются *автоматическими приборами непрерывного действия и предназначены для* определения содержания кислорода в газовых смесях различного состава. Измерительные схемы газоанализаторов выполнены по принципу компен-

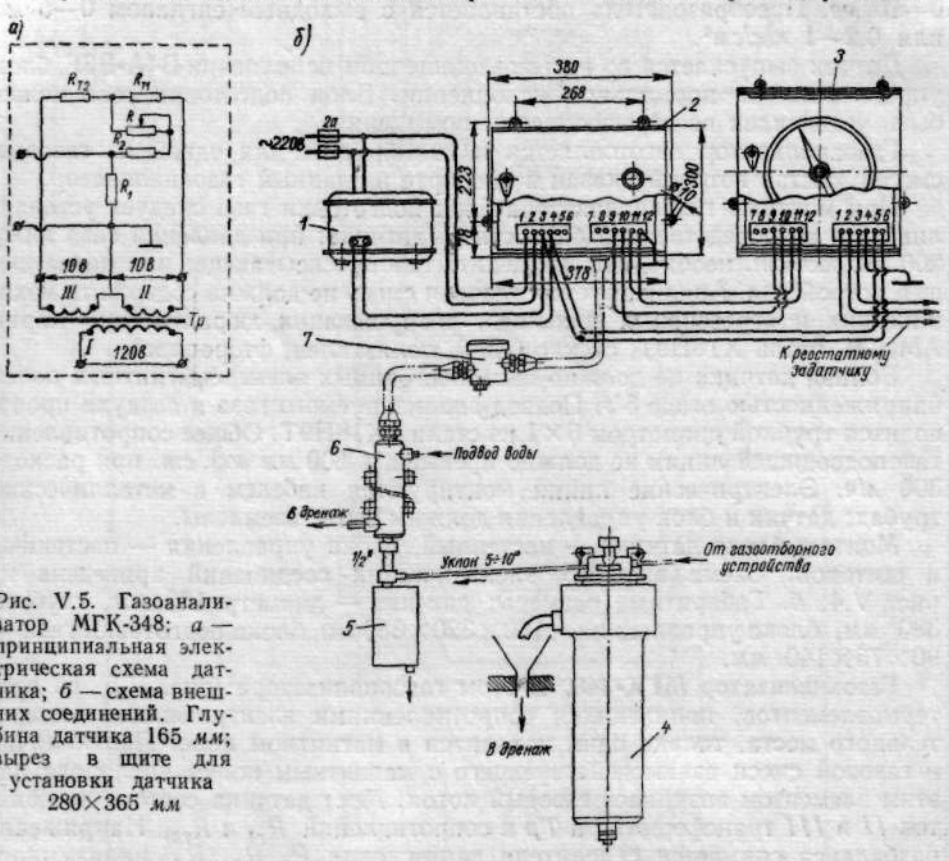


Рис. V.5. Газоанализатор МГК-348: *а* — принципиальная электрическая схема датчика; *б* — схема внешних соединений. Глубина датчика 165 *мм*; вырез в щите для установки датчика 280×365 *мм*

сационно-мостовых схем, состоящих из одного рабочего $R_5 - R_8$ и одного сравнительного $R_1 - R_4$ мостов; по ячейкам, в которых находятся чувствительные элементы рабочего моста, протекает анализируемая газовая смесь, по ячейкам сравнительного моста — воздух.

Электрическая измерительная схема газоанализатора приведена на рис. V.6. Примененный в ней принцип электрической схемной компенсации позволяет компенсировать влияние неизмеряемых компонентов газовой смеси путем ввода в измерительную схему электрических сигналов, зависящих от содержания неизмеряемых компонентов. Термоэлементы (чувствительные элементы R_1, R_2, R_5, R_6) размещаются в 4 ячейках корпуса приемной камеры. Одна пара ячеек (R_1, R_2) сообщается с воздухом, через другую (R_5, R_6) проходит анализируемая газовая смесь. Разность напряжений, снимаемых с диагоналей мостов, усиливается электронным усилителем *1*, воздействующим на двигатель *2*. Последний, изменяя сопротивление R_p, восстанавливает равновесие. Одновременно двигатель перемещает стрелку (перо) вторичного прибора.

Перед вводом в приемную камеру газовая смесь должна быть охлаждена, очищена от механических и химических примесей, влагосодержание должно быть доведено до допустимых значений. Необходимые для этой цели вспомогательные устройства поставляются вместе с газоанализатором по данным вопросного листа.

Газоанализатор МН-5106. Компенсационно-мостовая схема газоанализатора МН-5106 (рис. V.7, *а*) питается стабилизированным напряжением 120 *в*. Реостат R_{10} служит для регулирования чувствительности газоанали-

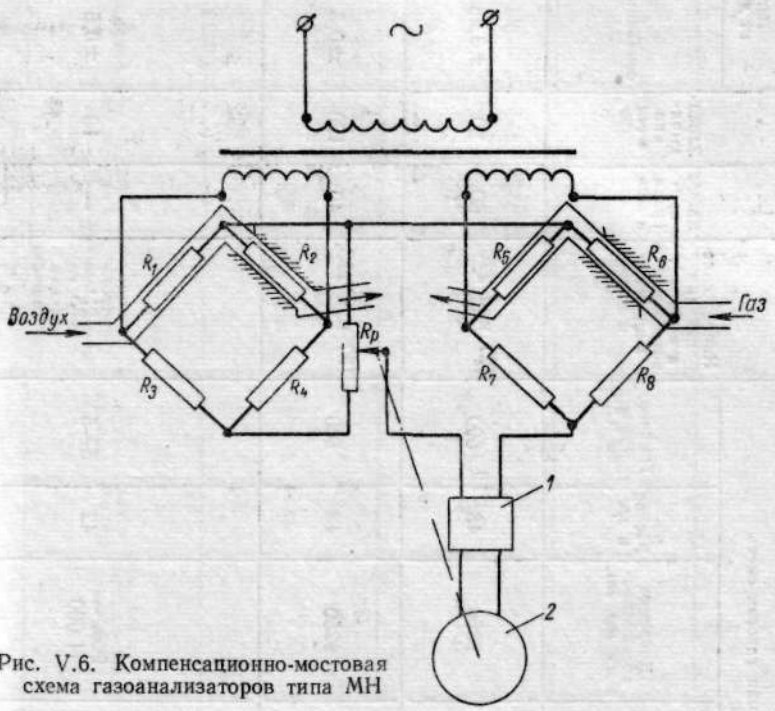


Рис. V.6. Компенсационно-мостовая схема газоанализаторов типа МН

затора. Установка нуля в процессе эксплуатации производится реостатом R_9. В качестве вторичного прибора используется электронный самопишущий и сигнализирующий прибор, изготовленный на базе автоматического моста МСР с сигнализацией для одной точки измерения. Габаритные и установочные размеры самопишущего прибора приведены в гл. I, § 7, габаритные размеры измерительного блока 350×520×210 *мм*.

Схема отбора и очистки газа приведена на рис. V.7, *б*. Отбор газа производится через керамический фильтр *1*, устанавливаемый непосредственно в газоходе или в шунтирующей трубе, по которой отводится часть газа. После керамического фильтра и вентиля *2* газ проходит в блок очистки *3*, состоящий из холодильника и химического фильтра для очистки от сернистого газа. Контроль давления производится жидкостным манометром *5*, контроль расхода газа — ротаметром. Анализируемый газ просасывается через систему водоструйным насосом *6* или побудителем расхода. Технические характеристики газоанализатора приведены в табл. V.2.

Состав комплекта газоанализатора МН-5106: измерительный блок (приемник) *1*, индикатор расхода — ротаметр, керамический фильтр, блок очистки, фильтр тонкой очистки, жидкостный манометр, водоструйный

Таблица V.2

Технические характеристики газоанализаторов типа МН

Тип	Пределы измерения в % об. O_2	Анализируемая газовая смесь				Напряжение питания в *в* (50 *гц*); потребляемая мощность в *в·а*	Время прогрева в *мин*	Запаздывание в *сек*	Погрешность в % об. от диапазона измерения		
		Область применения	Давление абсолютное в *мм вод. ст.*	Расход в *л/ч*	Температура в °С				основная	дополнительная от отклонения	
										температуры помещения в °С	расхода в *л/ч*
МН-5106	0—10	Отходящие топочные газы; зола $\leqslant$ 20 *г/м*³; влага $\leqslant$ 100 *г/м*³	9850	48	500	127 или 220; 600	60	90	±0,25	$\frac{\pm 0{,}15\ ^{***}}{10}$	$\frac{\pm 0{,}1}{6}$
МН-5110	0—10	Отходящие топочные газы; зола $\leqslant$ 20 *г/м*³; влага $\leqslant$ 100 *г/м*³ (контроль в двух точках)	9250	48	500	127 или 220; 400	40	120	±0,3	$\frac{\pm 0{,}3}{10}$	—
МН-5121 * МН-5122 МН-5125 МН-5126	19—25	Воздух помещений: O_2; $H_2 \leqslant 0{,}3\%$ об.; $CO_2 \leqslant 0{,}8\%$; $NH_3 \leqslant 0{,}0008$ *мг/л*; $H_2S \leqslant 0{,}0005$ *мг/л*; пары $H_2SO_4 \leqslant 0{,}0006$ *мг/л*; углеводороды $\leqslant 3\%$ об.; этилацетат $\leqslant 0{,}0006$ *мг/л*, димеры хлоропрена $\leqslant 0{,}007$ *мг/л*; фенол $\leqslant 0{,}002$ *мг/л*; фталевой ангидрид $\leqslant 0{,}001$ *мг/л*; N_2 — остальное	9000—11 000	42	5—50	127; 125	—	18	±0,5	—	—

Тип	Пределы измерения в % об. O_2	Анализируемая газовая смесь: Область применения	Давление абсолютное в *мм вод. ст.*	Расход в *л/ч*	Температура в °С	Напряжение питания в *в* (50 *гц*); потребляемая мощность в *в·а*	Время прогрева в *мин*	Запаздывание в *сек*	Погрешность в % об. от диапазона измерения: основная	дополнительная от отклонения: температуры помещения в °С	дополнительная от отклонения: расхода в *л/ч*
МН-5130	0—0,5; 0—1 / 0—2	Многокомпонентные смеси; пыль $\leqslant$ 0,001 *г/м*³; агрессивные примеси $\leqslant$ 0,01 *г/м*³; влага $\leqslant$ 90%	9750—15 500	48	10—45	127 или 220; 100	60	90	±10 / ±5	—	±1,5 / 5
	0—5; 0—10; 0—21; 0—50; 50—100, 20—80, 80—100							60	±2,5		
МН-5130М***	90—100	Многокомпонентные смеси: O_2; Ar; N_2; пыль и смолы $\leqslant$ 0,001 *г/м*³; агрессивные примеси $\leqslant$ 0,01 *г/м*³; влага $\leqslant$ 80%	10 000	42	10—45	127 или 220; 100	120	90	±0,2	±0,2 / 10	±0,02 / 7
	98—100								±0,1	±0,1 / 10	±0,05 / 7
МН-5127	0—5 / 0—20	Азото-кислородная смесь: O_2; $CO_2 \leqslant 3 \cdot 10^{-3}$% об.; Ar $\leqslant$ 0,7% об.; N_2 — остальное	12 000—16 000	42	10—45	220; 100	5	60	±2 / ±4	—	—

Изготовитель: Завод газоанализаторов, Выру.

* Дополнительная суммарная квадратичная погрешность ±1% от изменения CO_2 на 1%, H_2 на 3%, напряжения сети на 2%, давления 9000—11 000 *мм вод. ст.*, температуры окружающей среды на 20%.

** Давление устанавливается также по вопросному листу.

*** В числителе — погрешность, в знаменателе — отклонение параметра.

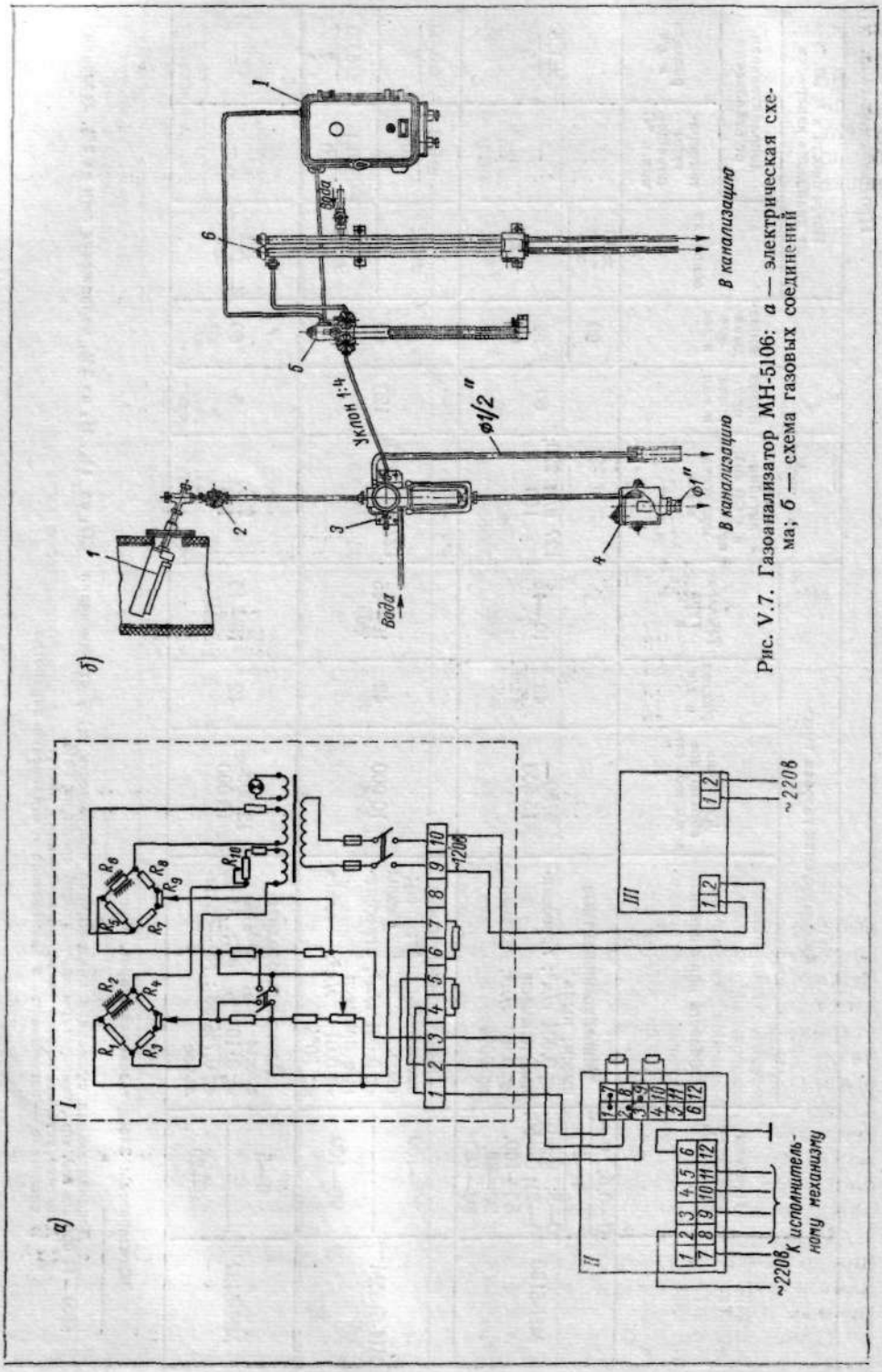


Рис. V.7. Газоанализатор МН-5106: *а* — электрическая схема; *б* — схема газовых соединений

насос, сливной сосуд *4*, самопишущий прибор *II* и стабилизатор напряжения С-0,09 *III*.

Все блоки газоанализатора, кроме керамического фильтра и самопишущего прибора, поставляются заводом смонтированными на щите. Для уменьшения времени запаздывания предпочтительнее установка газозаборной трубки с керамическим фильтром в шунтирующей трубе. При установке керамического фильтра непосредственно в газоходе необходимо

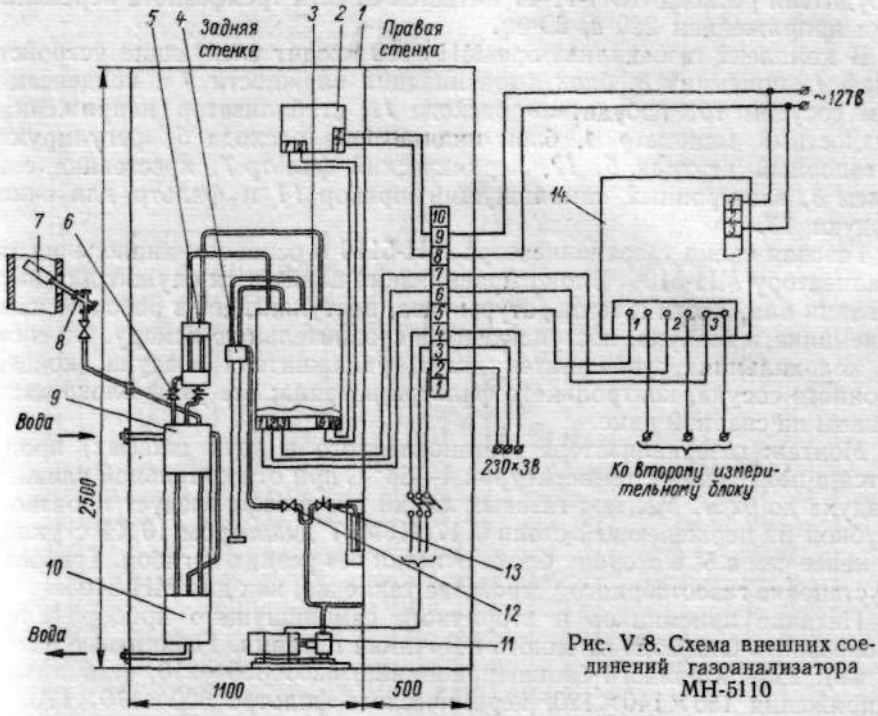


Рис. V.8. Схема внешних соединений газоанализатора МН-5110

выбрать место, где температура не превышает 500° С. Фильтр устанавливается по центру газохода или шунтирующей трубы в прямом потоке газа. Защитный экран должен быть направлен навстречу потоку. Блок очистки вместе со сливным сосудом необходимо установить вблизи газозаборного устройства. В сливном сосуде конденсат образует гидрозатвор; в тех случаях, когда сжигаемое топливо содержит мало влаги, к сосуду должна быть подведена вода от водопроводной магистрали через холодильник. Труба от керамического фильтра до блока очистки выполняется из молибденовой стали диаметром 10×1 *мм*. Электронный самопишущий прибор может быть установлен на расстоянии не более 300 *м* от измерительного блока (сопротивление соединительных проводов — не более 2,5 *ом* для каждого провода).

Газоанализатор МН-5110. Газоанализатор предназначен для измерения содержания кислорода в двух точках одновременно. Сигналы от двух комплектов отборных устройств и приемников воспринимаются одним вторичным прибором.

Схема внешних электрических соединений газоанализатора для одной точки отбора приведена на рис. V.8; для второй она аналогична.

Электрическая схема измерительного блока аналогична газоанализатору МН-5106 (рис. V.7, *а*).

В качестве самопишущего прибора поставляется электронный мост МСІ-04-Т. Технические данные и габаритные размеры моста приведены в гл. I, § 7. Синхронный двигатель СД-54 приводит в действие переключатель, служащий для попеременного подключения двух приемников и управления механизмом записи с лентопротяжным механизмом. Двигатель побудителя расхода АОЛ-11-4Т питается от сети трехфазного переменного тока напряжением 220 *в*, 50 *гц*.

В комплект газоанализатора МН-5110 входят следующие устройства: шкаф *1*, приемник *3*, блок выравнивания влажности *9* с конденсационным сосудом *10*, побудитель расхода *11*, стабилизатор напряжения *2*, жидкостный манометр *4*, блок индикаторов расхода *5*, регулирующие и запорный вентили *6*, *12*, керамический фильтр *7*, крестовина с вентилем *8*, электронный самопишущий прибор *14* и фильтр для очистки воздуха *13*.

Газовая схема газоанализатора МН-5110 в основном аналогична газоанализатору МН-5106. Блок выравнивания влажности служит для выравнивания влажности и температуры газа, поступающего в рабочую камеру приемника, и воздуха, поступающего в сравнительную камеру. Он состоит из холодильника, увлажнителя газа, увлажнителя воздуха, конденсационного сосуда, контрольного фильтра и крана; все узлы блока смонтированы на сварной раме.

Монтаж газоанализатора (установленного в двух шкафах) производится в помещении с температурой 4—54° С при относительной влажности воздуха до 92%. Монтаж газовых линий вне шкафа следует производить трубкой из нержавеющей стали Х17Н13М2Т диаметром 10×1 с уклоном не менее чем в 5° в сторону блока очистки без резких изгибов. Требования к установке газоотборного устройства такие же, как для МН-5106.

Питание приемников и вторичного самопишущего прибора следует производить синфазно от одного источника питания. Габаритные размеры (в *мм*): измерительного блока (приемника) 520×350×210, стабилизатора напряжения 155×140×120, керамического фильтра 500×170×170, крестовины с вентилем 236×127×82, блока выравнивания влажности 1310××172×220, блока индикатора расхода 205×115×37, побудителя расхода 365×200×200.

Газоанализаторы МН-5121, МН-5122, МН-5125, МН-5126. Эти газоанализаторы выполнены на базе измерительного блока, компенсационно-мостовая схема которого состоит из рабочего M_4, сравнительного M_3 и двух компенсационных (M_1, M_2) мостов (рис. V.9). Рабочий мост состоит из восьми платиновых чувствительных элементов $R_{12} - R_{19}$; равновесие моста достигается перемещением движка по сопротивлению R_{10}. Сопротивление R_{29} используется для смещения начальной точки шкалы газоанализатора. Сравнительный мост состоит из платиновых сопротивлений $R_{24} - R_{27}$. Сопротивление R_{28} используется для градуировки прибора. Компенсационные мосты M_1 и M_2 предназначены для устранения влияния температуры окружающей среды на показания газоанализатора.

Реверсивный двигатель РД-1 управляет подвижными контактами измерительного реохорда R_{39} и дополнительного реохорда R_{42}. При разбалансе измерительной схемы через усилитель *У* напряжение подается на управляющую обмотку двигателя РД-1, который перемещает подвижный контакт реохорда R_{39}, до наступления равновесия; вместе с этим перемещается контакт реохорда R_{42}, изменяя напряжение, поступающее на выносные

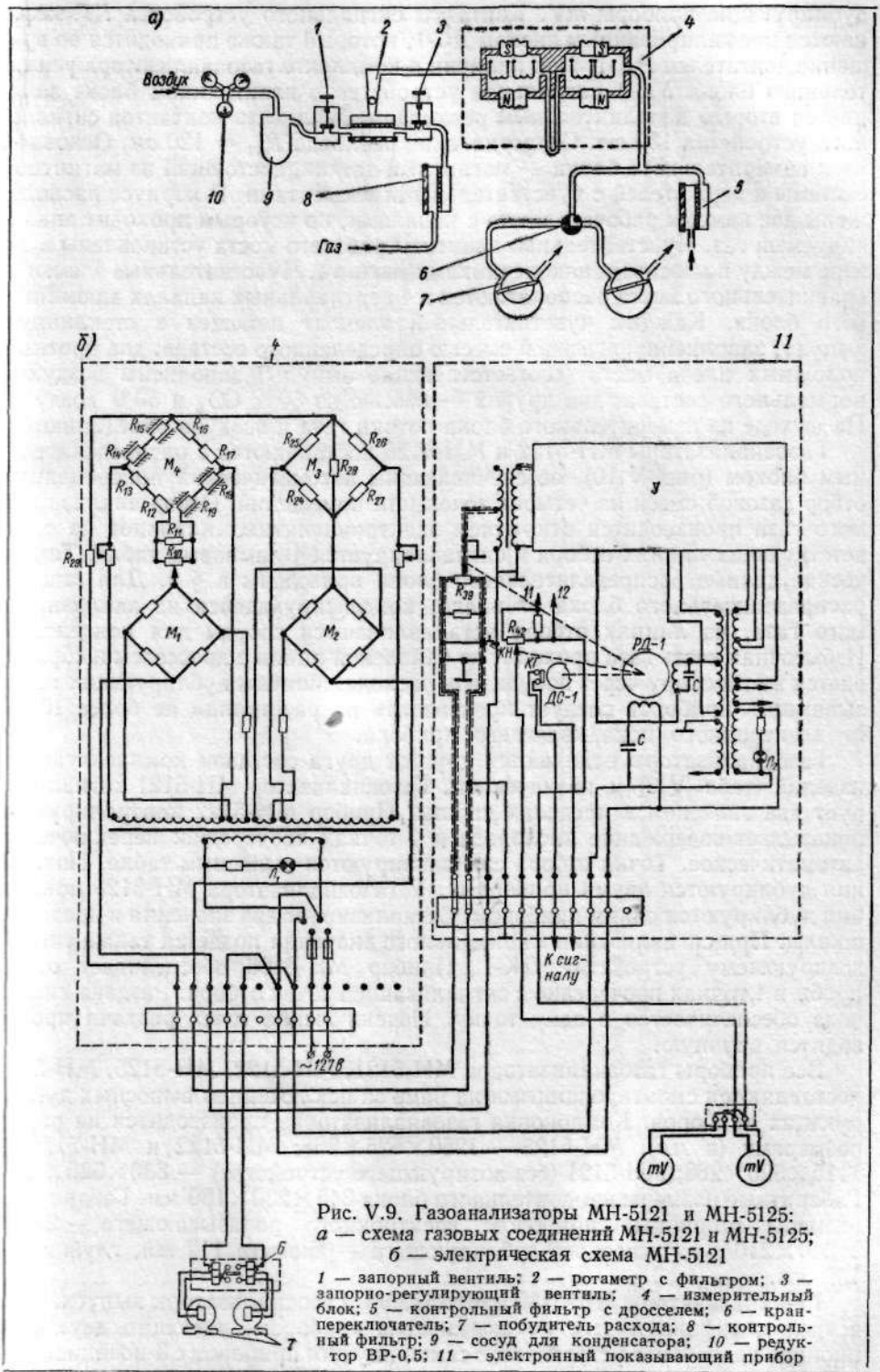


Рис. V.9. Газоанализаторы МН-5121 и МН-5125:
а — схема газовых соединений МН-5121 и МН-5125;
б — электрическая схема МН-5121

1 — запорный вентиль; *2* — ротаметр с фильтром; *3* — запорно-регулирующий вентиль; *4* — измерительный блок; *5* — контрольный фильтр с дросселем; *6* — кран-переключатель; *7* — побудитель расхода; *8* — контрольный фильтр; *9* — сосуд для конденсатора; *10* — редуктор ВР-0,5; *11* — электронный показывающий прибор

дублирующие приборы *mV*. Контакты сигнального устройства *КГ* замыкаются профилированным диском *ДС*-1, который также приводится во вращение двигателем *РД*-1. При наличии в комплекте газоанализатора усилительного блока *УБ*-1 сигнальное устройство в электронном блоке заменяется вторым дополнительным реохордом. Мощность контактов сигнального устройства 150 *вт*. Сопротивление реохорда $R_{42} = 120$ *ом*. Основной узел измерительного блока — магнитный датчик, состоящий из магнитной системы и держателей с чувствительными элементами. В корпусе расположены две камеры рабочего моста с каналами, по которым проходит анализируемый газ. Чувствительные элементы рабочего моста установлены в зазоре между полюсными наконечниками магнита. Чувствительные элементы сравнительного моста располагаются в 4 вертикальных каналах алюминиевого блока. Каждый чувствительный элемент помещен в стеклянную ампулу, заполненную газовой смесью определенного состава: два противоположных плеча моста (соответствующие ампулы) заполнены воздухом нормального состава, два других — смесью из 50% CO_2 и 50% воздуха. На выходе из измерительного блока потоки газа и воздуха объединяются.

Газоанализаторы МН-5122 и МН-5126 поставляются с распределительным блоком (рис. V.10), обеспечивающим автоматический попеременный отбор газовой смеси из четырех точек или помещений. Отбор анализируемого газа производится открытием электромагнитных клапанов на соответствующих линиях отбора и сигнализируется 4-ламповым табло. Технические данные распределительного блока приведены в § 9. Для защиты распределительного блока от влаги, конденсирующейся из анализируемого газа, на линиях отбора устанавливаются сосуды для конденсата. Избыточная часть газа проходит по байпасной линии с дросселем и сбрасывается в атмосферу через побудитель расхода. Монтаж дублирующих показывающих приборов следует производить на расстоянии не более 100 *м* от электронного показывающего прибора.

Газоанализаторы отличаются друг от друга составом комплектующих изделий (табл. V.3) и назначением. Газоанализатор МН-5121 сигнализирует два значения в пределах шкалы. Прибор МН-5122 контролирует и показывает содержание кислорода в 4 точках поочередно: переключение автоматическое. Точки отбора сигнализируются выносным табло. Показания дублируются двумя приборами. У газоанализатора МН-5125 показания дублируются одним прибором. Сигнализирует два значения в пределах шкалы. При сигнализации минимального значения подается также сигнал дозирующему устройству ДК-1. Прибор МН-5126 обеспечивает отбор пробы в 4 точках поочередно с сигнализацией точек отбора. Раздача кислорода обеспечивается в одну точку. Переключение точек раздачи производится вручную.

Все приборы газоанализаторов МН-5121, МН-5122, МН-5125, МН-5126 поставляются смонтированными на раме за исключением выносных дублирующих приборов. Компоновка газоанализаторов производится на рамах размерами (в *мм*): МН-5125 — 1250×525×268; МН-5122 и МН-5126 — 1115×525×268; МН-5121 (без дозирующего устройства) — 830×525×268. Габаритные размеры измерительного блока 345×230×180 *мм*. Габаритные размеры вторичных приборов: электронного показывающего — 230×240×210 *мм*; выносного дублирующего — диаметр 112 *мм*, глубина — 132 *мм*.

Газоанализаторы МН-5130 и МН-5130М. Газоанализаторы выпускаются в трех модификациях: с показывающим прибором, имеющим двухпозиционное контактное устройство; с самопишущим прибором с 3-позиционным

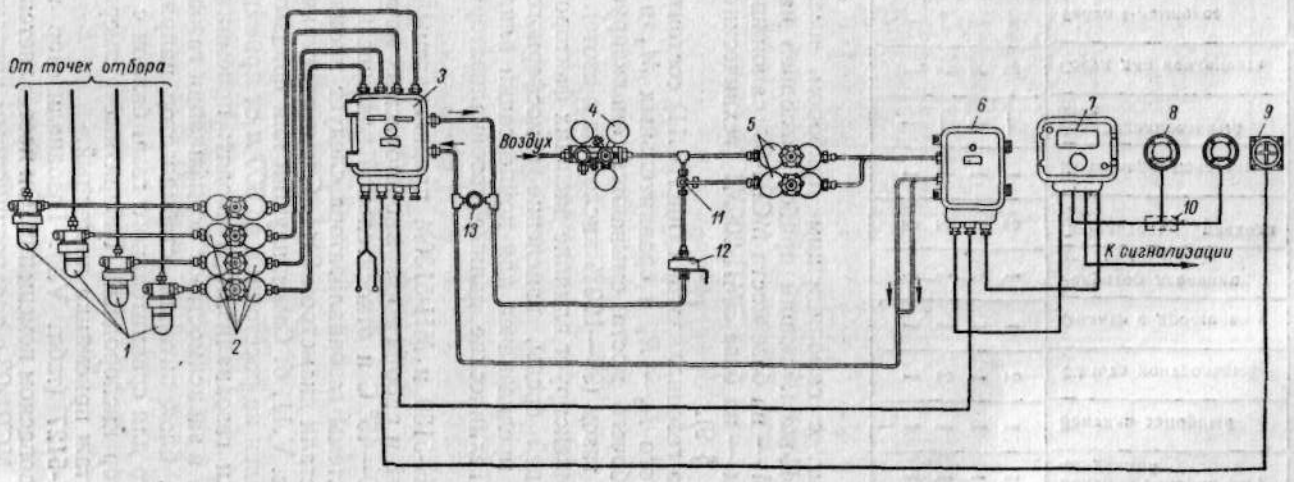


Рис. V.10. Схема газовых и электрических соединений газоанализаторов МН-5122, МН-5126 и ТП-1116М;

1 — сосуды для конденсата; *2* — блок регулировки и фильтрации; *3* — блок распределительный; *4* — регулятор давления ВР-0,5; *5* — блок регулировки и фильтрации; *6* — измерительный блок; *7* — электронный показывающий прибор; *8* — дублирующий показывающий прибор; *9* — табло 4-ламповое; *10* — соединительная коробка; *11* — трехходовой кран; *12* — сменный фильтр; *13* — дроссель с контрольным фильтром

Таблица V.3

Комплектность газоанализаторов МН-5121, МН-5122, МН-5125 и МН-5126

Тип	Комплектность					Наименование комплектующих изделий							Количество			
	Измерительный блок	Электронный показывающий прибор	Дублирующий показывающий прибор ГТТ-1	Ротаметр с фильтром	Вентиль запорно-регулирующий	Вентиль запорный	Фильтр контрольный	Фильтр с дросселем	Редуктор давления ВР-0,6	Побудитель расхода ПР-7	Кран-переключатель	Распределительный блок	Сосуд для конденсата	Табло 4-ламповое	Усилительный блок	Дозирующее устройство ДК-1	Щит (рама 400×1100 *мм*)
МН-5121	1	1	2	1	1	1	2	1	1	2	1	—	1	—	—	—	1
МН-5122	1	1	2	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	—	—	1
МН-5125	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2	1	—	1	—	1	1	1
МН-5126	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	—	1	1

контактным устройством, с самопишущим прибором, имеющим пневматический регулятор. Показывающий прибор выполнен на базе моста МПР-12Т, самопишущий — на базе моста МСР1-03, самопишущий с пневматическим регулятором — на базе ЭМП-209М1 (технические данные мостов приведены в гл. I, § 9).

Измерительная схема газоанализатора (рис. V.11) состоит из рабочего R_1—R_4, компенсационного R_5 — R_8 и сравнительных M_1 и M_2 мостов. Два сопротивления рабочего моста омываются анализируемым газом, а два — сравнительным газом (99—100% кислорода в азоте). Применение сравнительного газа компенсирует влияние внешних факторов (изменение температуры окружающей среды, изменение атмосферного давления). Компенсационный мост предназначен для компенсации влияния неизмеряемых компонентов. Технические данные газоанализатора приведены в табл. V.2.

Газоанализаторы МН-5130 и МН-5130М предназначены для анализа взрывобезопасных смесей и работы во взрывобезопасных помещениях при температуре воздуха 10—45° С и относительной влажности до 80%.

Монтаж газовой системы газоанализатора следует производить трубками из нержавеющей стали диаметром 8×1. Схема электрических соединений приведена на рис. V.11, *б*. Самопишущий или показывающий прибор может быть установлен на расстоянии до 300 *м* от приемника.

В комплект поставки газоанализатора входят: приемник, самопишущий мост (тип прибора в зависимости от модификации газоанализатора), показывающий прибор, блок питания, стабилизатор напряжения, блок контроля Б-12, ротаметр для сравнительного газа, баллон с контрольной газовой смесью, редуктор кислородный. Габаритные размеры приемника 570×305×210 *мм*. Монтаж приемника настенный.

Газоанализатор МН-5127 (табл. V.2). Газоанализатор предназначен для работы во взрывобезопасном помещении. Он поставляется с самопишущим прибором на базе МСР1-03 с трехпозиционным контактным устройством. Газоанализатор выпускается в трех модификациях: с показывающим прибором ЛПР-031; с самопишущим прибором ЛСР-021; с показывающим прибором ЛПР-031 и самопишущим прибором ЛСР-021, который

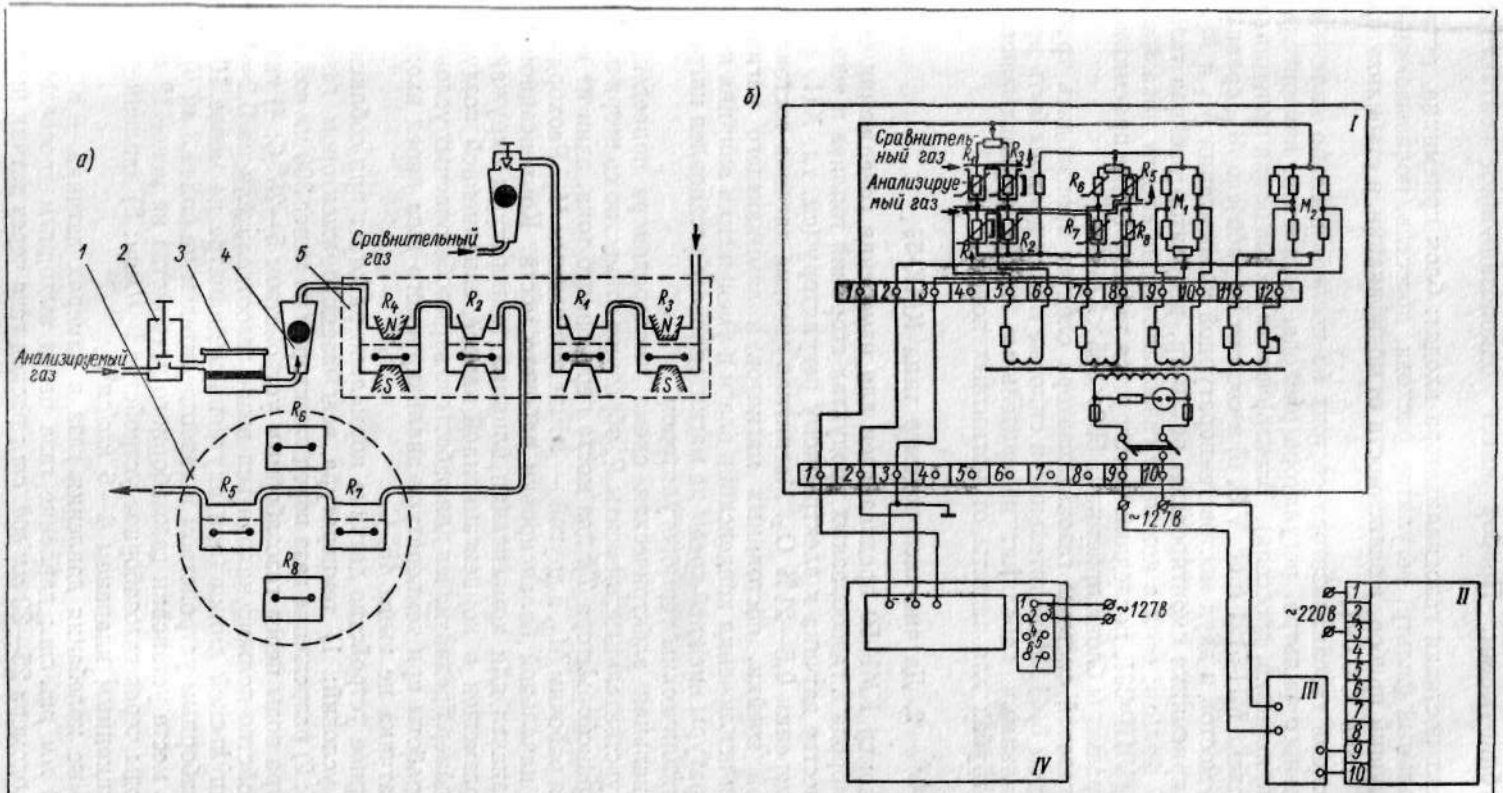


Рис. V.11. Газоанализатор МН-5130М: *а* — газовая схема; *б* — электрическая схема и схема внешних соединений:

I — приемник газоанализатора; *II* — блок питания; *III* — стабилизатор; *IV* — вторичный самопишущий прибор; *1* — блок компенсации аргона; *2* — запорно-регулирующий вентиль; *3* — контрольный фильтр; *4* — ротаметр; *5* — датчик магнитный

является дублирующим. Прибор имеет однопозиционное контактное устройство.

В комплект поставки газоанализатора входят: блок приемника, ротаметр, контрольный фильтр, регулятор расхода, дроссель, показывающий или самопишущий прибор, в зависимости от модификации, и стабилизатор напряжения типа С-0,09Т.

Газовая схема газоанализатора состоит из последовательно включенных контрольного фильтра, регулятора расхода, ротаметра, измерительного блока (приемника, дросселя). Электрическая схема блока приемника аналогична схеме МН-5121 (рис. V.9, *б*) и состоит из рабочего M_1, сравнительного M_3 мостов и двух мостов температурной компенсации M_1 и M_2.

В блоке приемника смонтированы ротаметр, регулятор расхода газа, контрольный фильтр; если в комплект газоанализатора входит показывающий прибор ЛПР-031, последний монтируется также в блоке приемника. Габаритные размеры блока приемника $550\times385\times375$ *мм*.

Монтаж газовой системы газоанализатора следует производить трубками диаметром 8×1. Измерительные и силовые линии должны быть проложены отдельными кабелями; измерительные линии прокладываются в стальных трубах для защиты от магнитных полей.

2. Датчик-кислородомер типа КМК-59

Кислородомер КМК-59 предназначен для измерения содержания свободного кислорода в газообразных продуктах сгорания топлива и используется в качестве датчика к электронному регулятору (см. гл. XII, § 1). Пределы измерения 0,5—21% O_2. Магнитная система датчика состоит из двухкамерной ячейки, постоянных магнитов и замыкающего магнитопровода. Для исключения конденсации влаги и уменьшения влияния колебаний температуры внешней среды на магнитопроводе установлен нагреватель с биметаллическим терморегулятором.

Принципиальная электрическая схема кислородомера приведена на рис. V.12. Чувствительные элементы $R_э$ образуют совместно со вторичными обмотками трансформатора *Тр* два моста переменного тока, один из которых является рабочим M_1, а другой — компенсационным M_2. Реохорды $R_к$ служат для начальной балансировки рабочего моста. Компенсационный мост предназначен для компенсации влияния температуры окружающей среды. Он размещен в компенсационной камере, заполненной воздухом.

Кислородомер предназначен для работы во взрывобезопасных условиях; датчик для работы при температуре анализируемого газа перед входным дросселем датчика не выше 45° С.

Газозаборное устройство датчика нормально работает при соблюдении следующих условий: 1) температура всасываемого эжектором газа не более 600° С; 2) разрежение газа перед эжектором не менее 300 *мм вод. ст.*; 3) температура воды перед газозаборным устройством 5—25° С; 4) газозаборное устройство должно находиться выше газоотделителя на 0,2—1 *м*; 5) длина импульсной линии (при внутреннем диаметре не менее 10 *мм*) между газозаборным устройством и газоотделителем не более 3 *м*; 6) скорость газа в месте установки газозаборного устройства не менее 12 *м/сек*; 7) расход воды через газозаборное устройство 9 *л/мин*; 8) давление воды перед редукционным клапаном 4—6 *кгс/см*^{2}.

Допустимые колебания давления газа в камерах датчика — в пределах 740 ± 30 *мм рт. ст.*; давление газа перед выходным дросселем датчика-кислородомера 25—30 *мм вод. ст.*; расход газа через датчик не менее

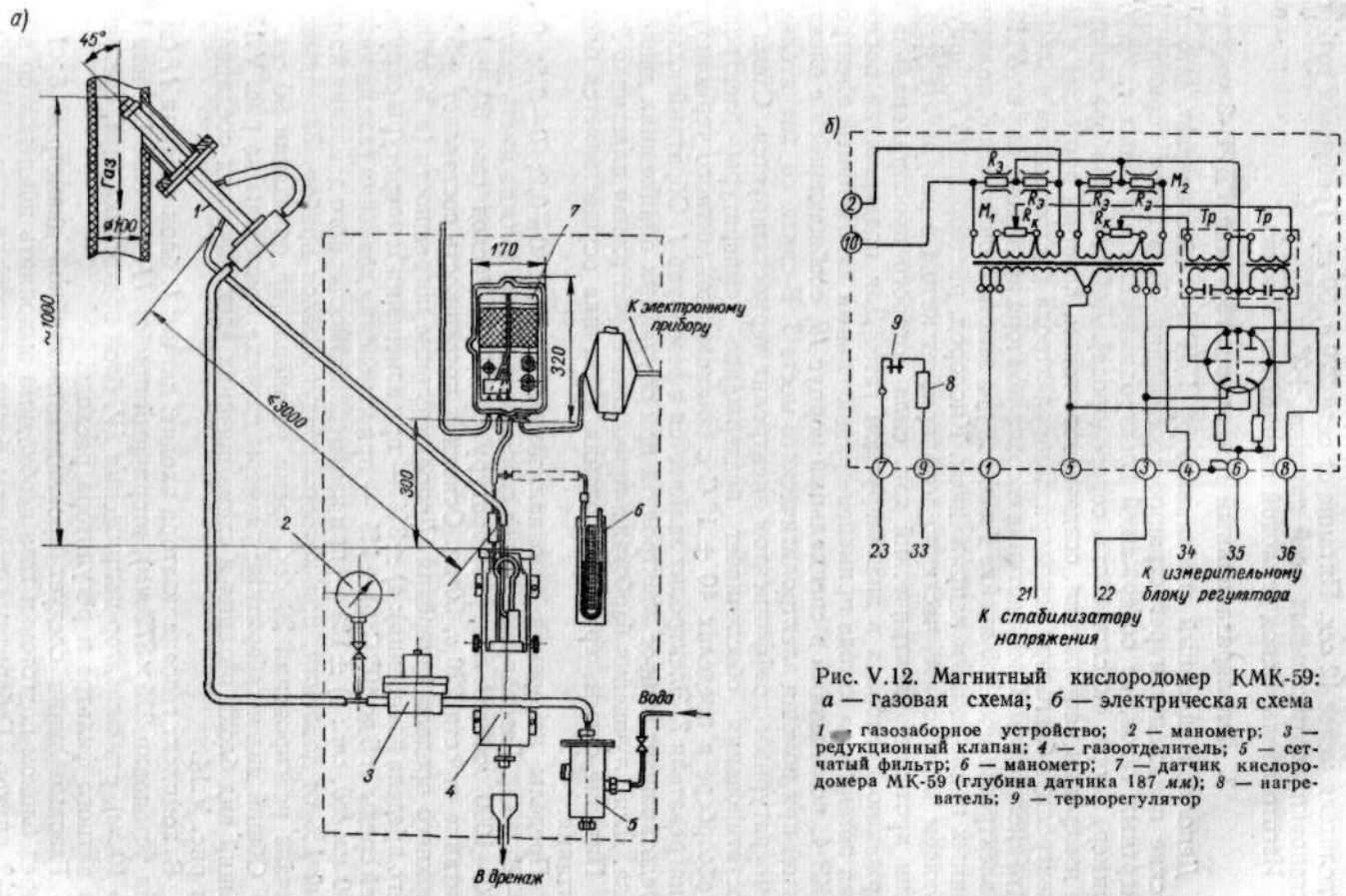


Рис. V.12. Магнитный кислородомер КМК-59: *а* — газовая схема; *б* — электрическая схема

1 — газозаборное устройство; *2* — манометр; *3* — редукционный клапан; *4* — газоотделитель; *5* — сетчатый фильтр; *6* — манометр; *7* — датчик кислородомера МК-59 (глубина датчика 187 *мм*); *8* — нагреватель; *9* — терморегулятор

15 *см*³/*сек*. Погрешность датчика ±0,2% O_2. Постоянная времени датчика менее 60 *сек*; время запаздывания не более 2 *сек* на каждый метр расстояния газозаборного устройства от газоотделителя. Время запаздывания газоотделителя менее 12 *сек*. Питание от сети 220 *в*, 50 *гц*. Требуемая точность установки вертикальных осей датчика +3°.

Изготовитель: Завод тепловой автоматики, Москва.

3. Деполяризационный газоанализатор типа ГДРП-3

Деполяризационный газоанализатор ГДРП-3 обеспечивает автоматические показания и регистрацию содержания O_2 в смеси горючих или инертных газов, не содержащей электрохимически активных газов (например, хлора, окислов азота, сероводорода). Действие прибора основано на измерении напряжения, создаваемого током, который протекает в цепи электролита благодаря деполяризации электрода растворенным в электролите кислородом. Схема датчика газоанализатора приведена на рис. V.13, *а*. В электрохимической ячейке *4* имеется два золотых электрода *8*, поляризованных приложенным напряжением. Кислород, растворенный в циркулирующем электролите, частично деполяризует катод, в результате чего по цепи протекает электрический ток, сила которого пропорциональна содержанию кислорода в анализируемом газе. Для поддержания постоянства потенциала катода применен сравнительный каломельный электрод *2* НКЭ-4, помещенный в специальный корпус *10*, сообщающийся с электролитом при помощи электролитического моста *3*. В связи со значительным температурным коэффициентом электролит термостатируется. Схема термостатирования обеспечивает поддержание температуры электролита в абсорбере в пределах 40 ± 1° С с помощью контактного термометра *5* и нагревателя *7*. Электролит заливается в резервуар *1*. Обратный клапан *6* предотвращает выброс электролита при случайных понижениях давления газа. Для улучшения барботажа применена барботажная пластинка *9*.

Питание схемы термостатирования и датчика осуществляется блоком питания.

Пределы измерения газоанализатора: 0—0,1; 0—0,2; 0—0,5; 0—1; 0—2° % O_2. Газовая смесь перед газоанализатором должна иметь давление 400—1000 *мм вод. ст.*, температуру 5—40° С. Расход газа 30 ± 1 *л*/*ч*. Питание от сети 220 *в*, 50 *гц*. Основная погрешность составляет ±5% от верхнего предела измерения. Дополнительные погрешности (в % от верхнего предела измерения): а) ±3% — при изменении температуры окружающей среды от 5 до 40° С; б) ±1% — при изменении давления газа на каждые 100 *мм вод. ст.*; в) ±1% — при изменении атмосферного давления на каждый 1% от давления, при котором градуировался прибор. Запаздывание начала реагирования 20 *сек*, время установления показаний 90 *сек*.

Общий вид и габаритные размеры датчика приведены на рис. V.13, *б*, общий вид блока питания и схема внешних электрических соединений — на рис. V.14.

В комплект газоанализатора входят: датчик *I*, блок питания *II* (вырез для установки 275×372 *мм*), вторичный прибор *III* (на базе ПС или ПСР на 10 *мв*), стабилизатор напряжения *IV*, блок подготовки газа, состоящий из ватного фильтра и регулятора расхода.

Газовые линии следует прокладывать трубкой диаметром 6×1 *мм*, перед блоком подготовки газа необходимо выполнить компенсатор в виде 1—2 витков. Габаритные размеры блока подготовки газа 190×190 *мм*, блок монтируется на щите. Датчик должен иметь отдельную выхлопную трубу диаметром не менее 1/2″.

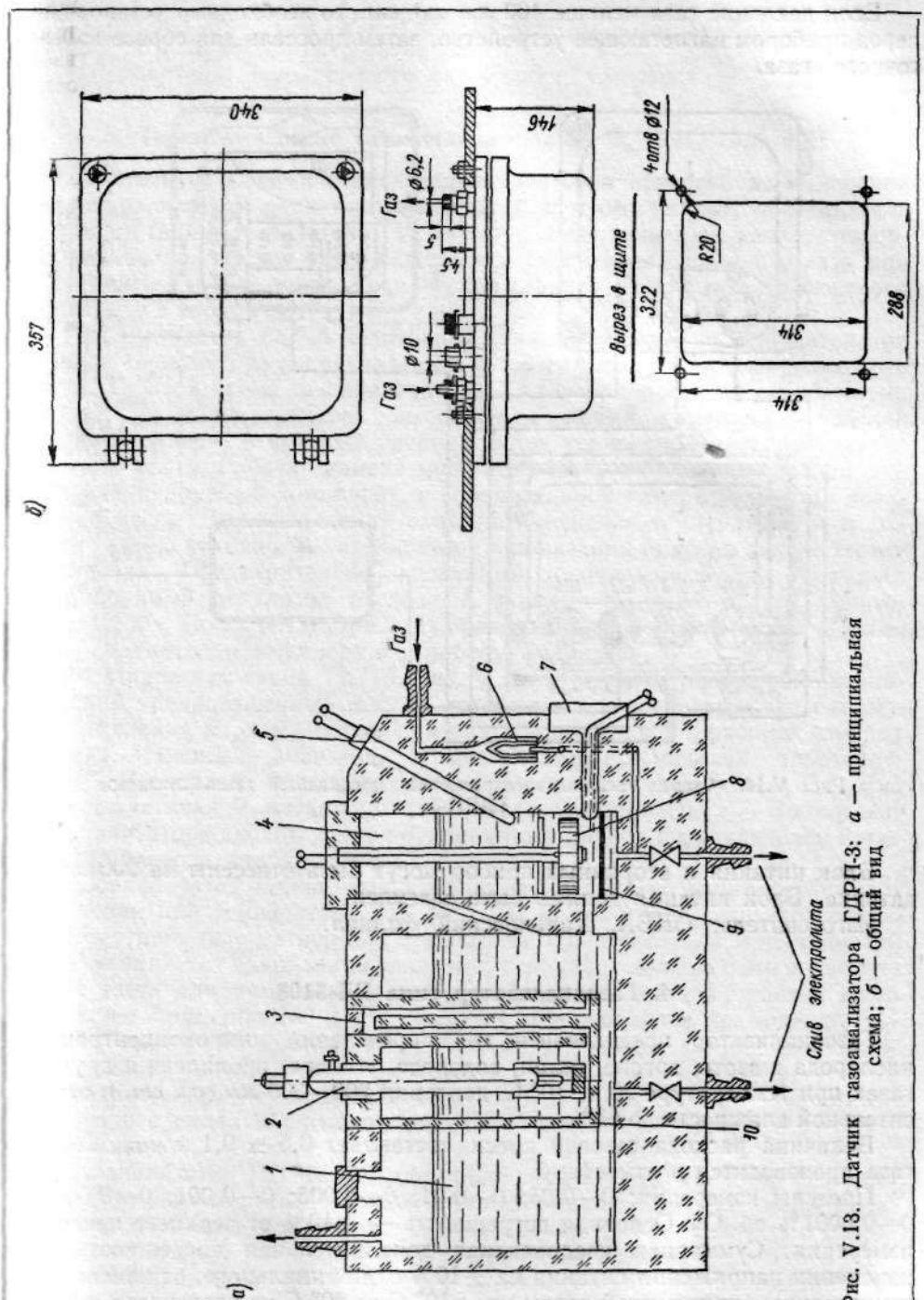


Рис. V.13. Датчик газоанализатора ГДРП-3: *а* — принципиальная схема; *б* — общий вид

Если давление газа меньше 400 *мм вод. ст.*, то необходимо установить перед прибором нагнетающее устройство, затем дроссель для сброса избыточного газа.

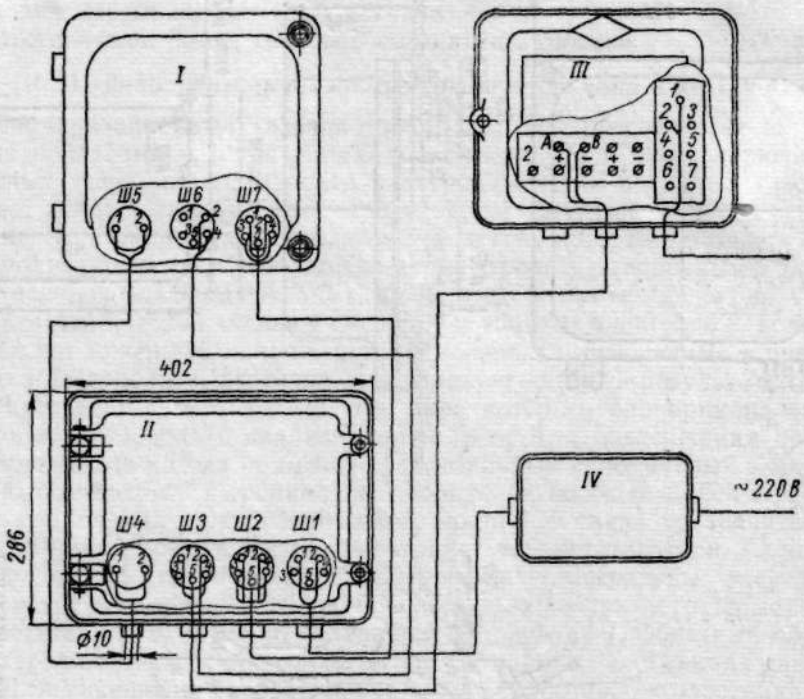


Рис. V.14. Схема внешних электрических соединений газоанализатора ГДРП-3

Блок питания и вторичный прибор могут быть отнесены на 200 *м* от датчика. Блок питания должен быть заземлен.

Изготовитель: ОКБА, Харьковский филиал.

4. Газоанализатор типа ГЛ-5108

Газоанализатор предназначен для определения микроконцентраций кислорода в азоте, аргоне, гелии, водороде, этилене, пропилене и других газах при температуре 20 ± 10° С, давлении 200—300 *мм вод. ст.* и относительной влажности до 95%.

Величина расхода газовой смеси составляет 0,5 ± 0,1 *л/мин*. Сброс газа производится в атмосферу.

Пределы измерения: 0—0,05; 0—0,01; 0—0,005; 0—0,001; 0—0,0005; 0—0,0001% об. O_2. Основная погрешность — ±10% от верхнего предела измерения. Суммарная квадратичная дополнительная погрешность от изменения напряжения питания на ±10% от номинального, от изменения температуры окружающей среды на ±10° С от 20° С не превышает основной погрешности. Время установления показаний с момента изменения концентрации кислорода на входе в прибор составляет 5 *мин*. Расход водорода при контроле 0,5—0,8 *л/мин*. Питание от сети 127 или 220 *в*, 50 *гц*;

потребляемая мощность до 200 *вт*. Вспомогательные устройства поставляются по данным вопросного листа.

Изготовитель: Завод средств автоматики, Смоленск.

5. Термохимические газоанализаторы на O_2 и H_2 типа ТХГ

Действие термохимических газоанализаторов основано на измерении теплового эффекта реакции кислорода с другими газами, протекающей в присутствии катализатора. Количество выделившегося тепла пропорционально количеству содержащегося в смеси анализируемого газа при постоянном расходе смеси. Технические характеристики газоанализаторов приведены в табл. V.4.

Газоанализатор ТХГ-5. Измерение количества тепла производится при помощи термометров сопротивления, включенных в схему электрического моста. Газовая схема газоанализатора ТХГ-5 приведена на рис. V.15, *а*. Датчик *3* газоанализатора выполнен с двумя камерами — рабочей и сравнительной, в которых располагаются термосопротивления измерительного моста. Рабочая камера заполнена катализатором, в котором сгорает анализируемый компонент, в сравнительной камере находится неактивная масса. Для устранения влияния изменения температуры и влажности газа на активность катализатора и показания прибора датчик термостатирован. Предварительно осушенный и очищенный газ поступает в мембранный регулятор расхода *1*, поддерживающий расход равным 60 ± 1,5 *л/ч*. После ротаметра *2* газ проходит через теплообменник *4*, затем через сравнительную камеру *5* и рабочую камеру *6*.

Электрическая схема ТХГ-5 (рис. V.15, *б*) представляет собой автоматический уравновешенный мост, в котором в два плеча включены термосопротивления R_{12} и R_{13}, находящиеся в сравнительной и рабочей камерах датчика. Изменение диапазона осуществляется при помощи сопротивления R_4. Реохорд R_5 предназначен для установки нуля прибора. Обмотка обогрева датчика R_6 питается от стабилизатора напряжения *7*. В комплект газоанализатора входят: датчик *3*, вторичный прибор *8* с усилителем *9*, регулятор расхода, стабилизатор напряжения, система подготовки газа.

Газоанализатор можно эксплуатировать только во взрывобезопасном помещении при температуре 10—35° С. В месте отбора газа необходимо предусмотреть гидрозатвор или предохранительный клапан, защищающий газовую линию от накопления давления. К прибору должна быть подведена линия азота для продувки давлением 50—60 *мм вод. ст.*; расход азота составляет примерно 150 *л/ч*. Суммарное сопротивление подгоночной катушки и линии от термосопротивления, помещенного в датчик, до вторичного прибора должно быть равно 5 *ом*.

Габаритные размеры датчика 176×176×350 *мм*. Монтаж настенный. Регулятор расхода — щитового монтажа, габаритные размеры 210×288×112 *мм*.

Газоанализатор ТХГ-6. Действие газоанализатора (рис. V.16) основано на каталитической реакции соединения кислорода с водородом в слое катализатора. При определении содержания кислорода или водорода в инертных газах, второй (неопределяемый) компонент реакции подается в прибор из специального трехкамерного электролизера, расположенного на панели датчика. Электролизер представляет собой стакан емкостью 0,5 *л*, заполненный щелочью, в котором находится один электрод; два других электрода расположены в колоколах — электролизных ячейках. Датчик состоит из термохимической ячейки, представляющей собой термобатарею,

собранную из 38 термопар хромель—копель, помещенных в винипластовый корпус; холодные спаи термопар располагаются в неактивной массе, горючие — в катализаторе. Для выравнивания температуры газ проходит предварительно через два теплообменника. Датчик термостатирован с целью поддержания постоянной температуры холодных спаев. Темпера-

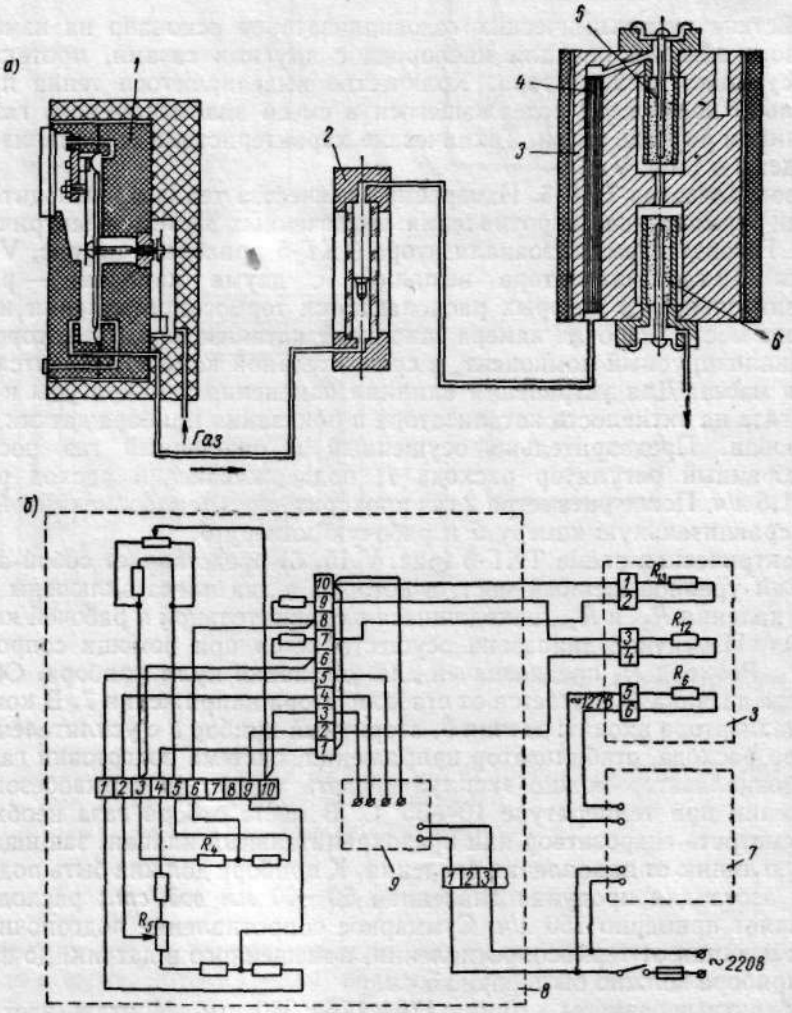


Рис. V.15. Газоанализатор ТХГ-5: *а* — газовая схема; *б* — электрическая схема

тура термостатирования 40° С поддерживается электронным реле, срабатывающим от термоконтактора, расположенного в корпусе над блоком термохимической ячейки.

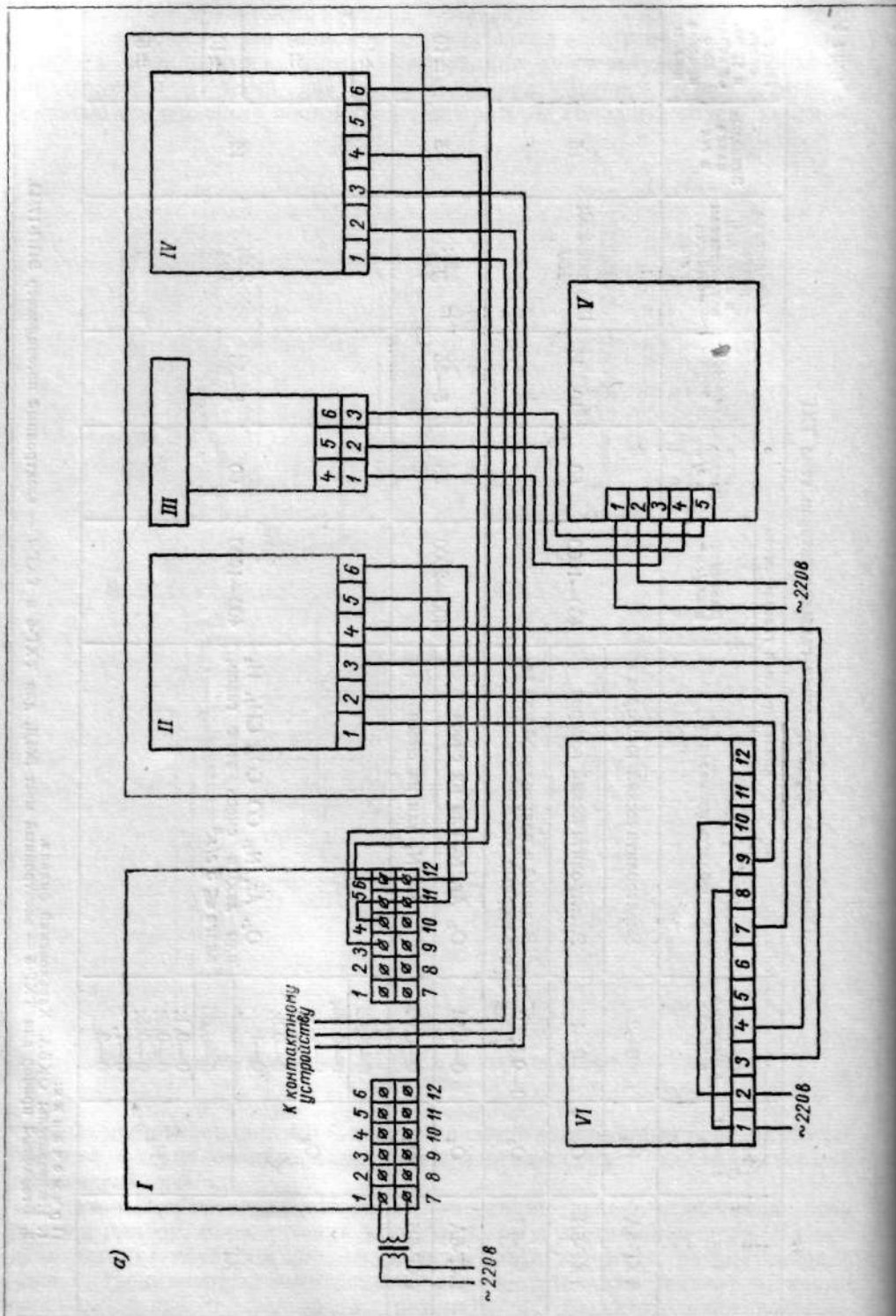
В комплект газоанализатора ТХГ-6 входят: панель с датчиком, вторичный прибор, блок питания электролизера и электронное реле. На панели датчика глубиной 250 *мм* смонтированы: датчик *1*, регулятор расхода *7*, трехкамерный электролизер *4*, выжигательная колонка *6*, кран-переключатель *2*, фильтр *5*, ротаметр *3*. Выжигательная колонка

Таблица V.4

Технические характеристики газоанализаторов типа ТХГ

Тип	Определяемый газ	Пределы измерения в % об.	Анализируемая газовая смесь: Область применения	Давление в *кгс/см²*	Расход в *л/ч*	Температура в °С	Напряжение питания в *в* (50 *гц*); потребляемая мощность в *в·а*	Запаздывание в *сек*	Погрешность в % об. от верхнего предела шкалы
ТХГ-5А	H_2	0—2	Электролитический кислород	400—1000	60	10—35	127 или 220; 180	15	±5
ТХГ-5Б	O_2	0—1	Электролитический водород						
ТХГ-5В	O_2	0—0,5; 0—1	Водяной и полуводяной или генераторный газ						
ТХГ-6А	O_2	0—0,01	O_2, Ar, N_2 или их смеси	400—2000	55	5—35	220; 250	15	±10
ТХГ-6Б	H_2	0—0,02	H_2, Ar, N_2 или их смеси						
ТХГ-7	O_2	0—0,02	O_2, Ar, N_2, CO, CO_2, CH_4, H_2 или любая смесь этих газов, влага $\leqslant 5$ *г/м³*	400—1000	60	5—35	220; 180	12	±10
		0—0,05; 0—0,1; 0—0,2; 0—0,5; 0—1							±5
	H_2	0—0,05							±10
		0—0,1; 0—0,2; 0—0,5; 0—1; 0—2							±5

Примечания:
1. Изготовитель: ОКБА, Харьковский филиал.
2. Вторичный прибор для ТХГ-5 — электронный мост ЭМД, для ТХГ-6 и ТХГ-7 — электронный потенциометр ЭПП-17М3.


а)
I
II
III
IV
V
VI
1 2 3 4 5 6
7 8 9 10 11 12
К контактному устройству
~220В
~220В
~220В

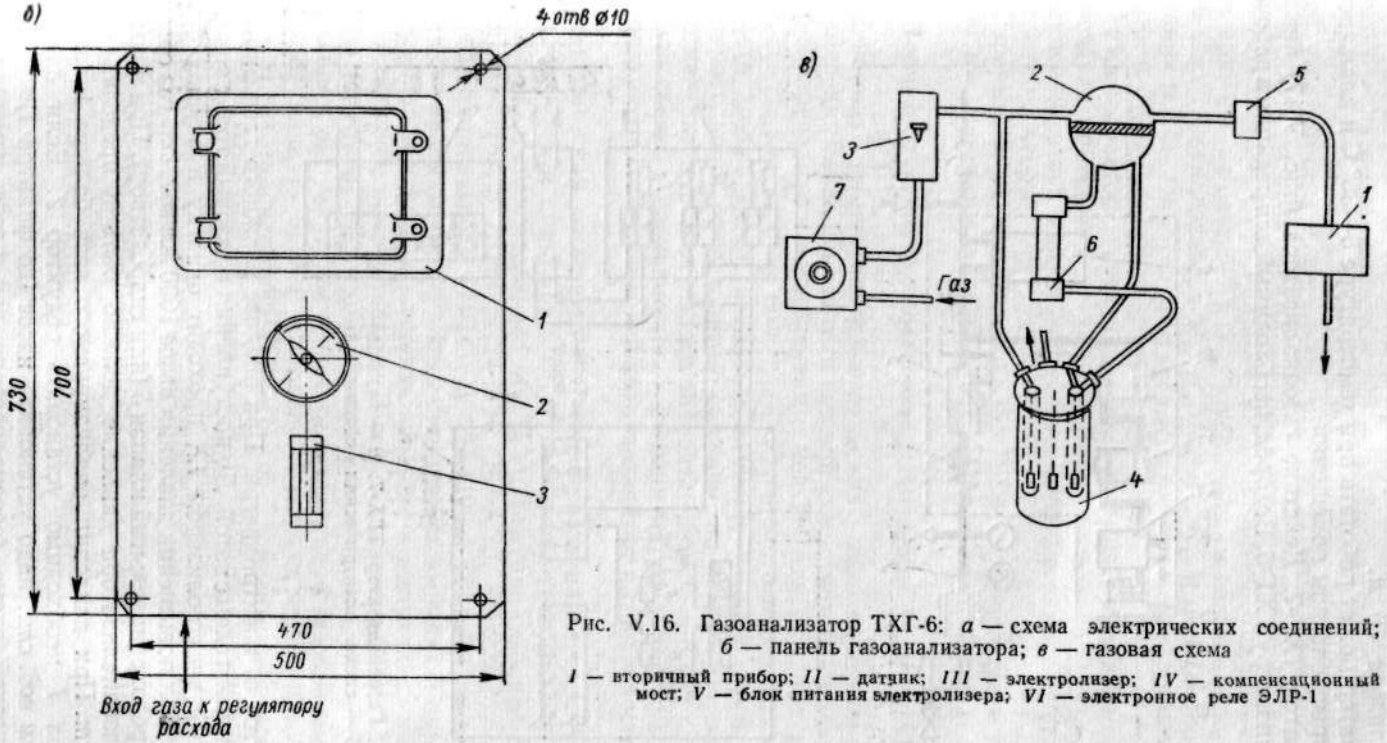


Рис. V.16. Газоанализатор ТХГ-6: *а* — схема электрических соединений; *б* — панель газоанализатора; *в* — газовая схема

I — вторичный прибор; *II* — датчик; *III* — электролизер; *IV* — компенсационный мост; *V* — блок питания электролизера; *VI* — электронное реле ЭЛР-1

предназначена для очистки газа от анализируемого компонента при проверке нуля. Максимальное расстояние между датчиком и блоком питания электролизера 60 *м*.

Газоанализатор может работать при температуре 5—35° С и влажности 2,2 *г/м*³ в невзрывоопасном помещении.

Газоанализатор ТХГ-7. Действие газоанализатора (рис. V.17) аналогично газоанализатору ТХГ-5. Водород, необходимый для реакции в рабочей

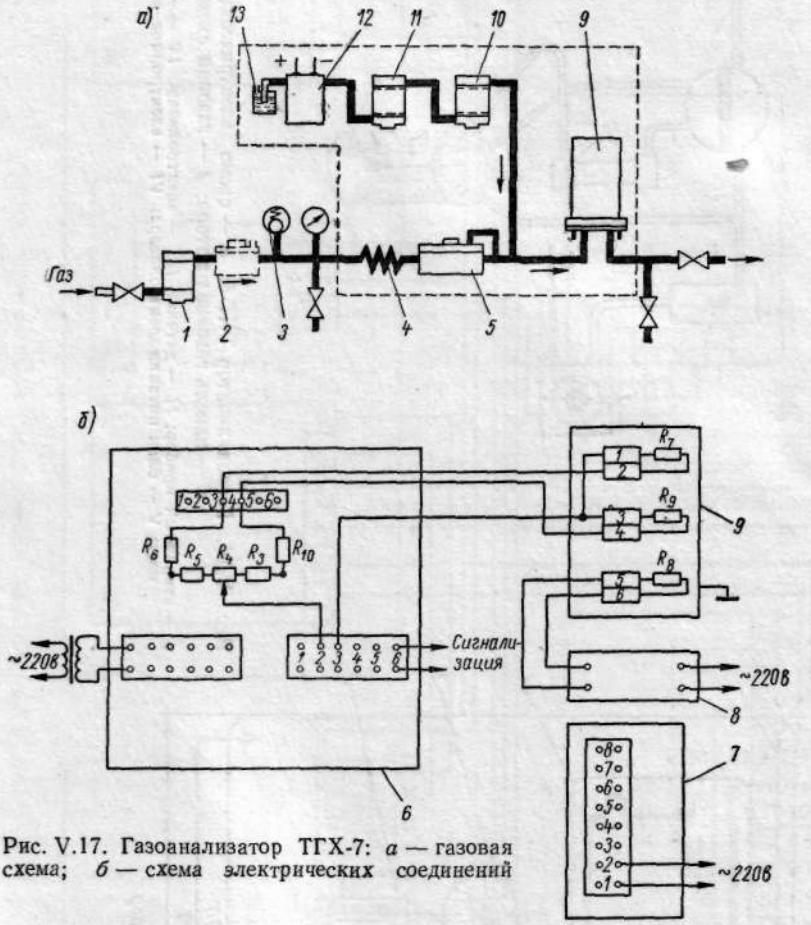


Рис. V.17. Газоанализатор ТГХ-7: *а* — газовая схема; *б* — схема электрических соединений

камере, подается от электролизера. При анализе влажного газа фильтр *1* заполняется силикагелем с ватой. До поступления в газовый тракт водород, вырабатываемый электролизером *12*, проходит очистку и осушку фильтрами *10* и *11*. При повышении давления выше 1000 *мм вод. ст.* газ сбрасывается через предохранительный клапан *3* (или гидрозатвор). При нормальной работе газоанализатора давление должно быть в пределах 400—1000 *мм вод. ст.* При давлении анализируемого газа больше 1,5 *кгс/см*² после фильтра *1* необходимо установить редуктор *2*. Если давление меньше 400 *мм вод. ст.*, надо установить насос (до фильтра *1*).

В электрической схеме газоанализатора два плеча измерительного моста — термометры сопротивления R_7, R_9; два других — резисторы R_6,

R_{10}, эквивалентные сопротивлениям соединительных проводов от термохимического узла до вторичного прибора. Температура блока термохимического узла поддерживается 205 ± 5° С обмоткой обогрева R_8.

Газоанализатор состоит из панели (на ней смонтированы термохимический узел датчика *9*, регулятор расхода *5*, теплообменник *4*, электролизер *12*, блок питания электролизера *7*, два фильтра и контрольный стаканчик *13*), стабилизатора напряжения *8* и вторичного прибора *6*. Во вторичном приборе (на базе ЭПП-17М3) установлены электрический измерительный мост газоанализатора R_3, R_4, R_5, R_6, R_{10} и стабилизированный блок питания моста. Обмотка обогрева R_8 питается через стабилизатор напряжения С-0,09.

Газоанализатор устанавливается во взрывобезопасном помещении. В воздухе помещения не должно быть сероводорода, сероорганических соединений, хлора и других агрессивных примесей, отравляющих платиновый катализатор.

Габаритные размеры панели 535×855 *мм*; установочные размеры 500×805 *мм*, диаметры четырех отверстий для крепления 11 *мм*.

6. Термокондуктометрические газоанализаторы на H_2 и CO_2 типа ТП

Действие термокондуктометрических газоанализаторов основано на измерении теплопроводности газовой смеси, которая практически однозначно определяется содержанием в ней H_2 или CO_2, так как теплопроводность H_2 значительно больше, а CO_2 — значительно меньше теплопроводности других газов, входящих в состав газовой смеси *. Измерение теплопроводности производится косвенно по изменению электрического сопротивления чувствительного элемента, помещенного в анализируемую газовую смесь, в зависимости от степени нагрева; температура чувствительного элемента (платиновой нити) зависит от интенсивности охлаждения газом.

Электрическая измерительная схема газоанализатора выполнена на компенсационном принципе (рис. V.18, *а*), она состоит из двух мостов — рабочего M_1 и сравнительного M_2. К этой группе газоанализаторов относятся: ТП-1116М, ТП-1117, ТП-1120, ТП-2220, ТП-2221М.

В газоанализаторах ТП-1116М, ТП-1120 и ТП-2220 два элемента рабочего моста находятся в открытых стеклянных ампулах и омываются газовой смесью; два других элемента запаяны в ампулах с газовой смесью, соответствующей началу шкалы. В газоанализаторе ТП-1116М запаянные ампулы заполнены воздухом. Элементы сравнительного моста находятся в запаянных ампулах, две из которых заполнены газовой смесью, соответствующей началу шкалы, а другие — смесью, соответствующей концу шкалы. В газоанализаторе ТП-2221М все 4 элемента рабочего моста находятся в открытых ампулах; два элемента омываются анализируемой газовой смесью, а два других — смесью, очищенной от CO_2. При такой схеме устраняется влияние неизмеряемых компонентов на показания газоанализатора.

При изменении концентрации H_2 или CO_2 напряжение в измерительной диагонали рабочего моста изменяется, и на входе в усилитель появляется напряжение, которое управляет работой реверсивного двигателя,

---

* Обязательным условием измерения является постоянное соотношение между концентрациями неизмеряемых компонентов в пределах всей шкалы или для заданного среднего значения концентрации неизмеряемых компонентов.

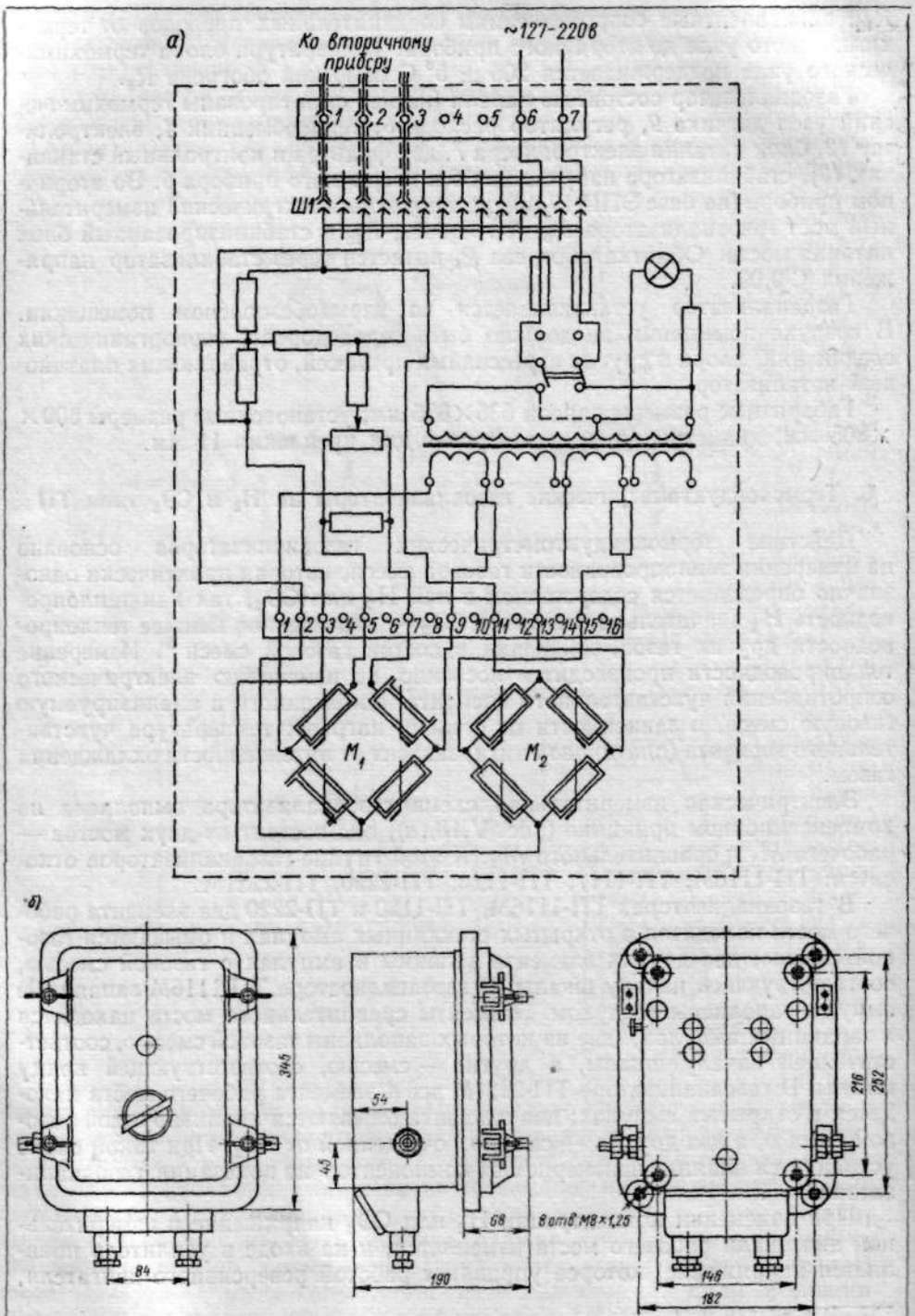


Рис. V.18. Измерительный блок газоанализаторов ТП: *а* — электрическая схема; *б* — общий вид

перемещающего подвижный контакт реохорда до установления равновесия. Указатель концентрации H_2 или CO_2 кинематически связан с движком реохорда.

Газоанализаторы работают с любым электронным показывающим или самопишущим мостом, выполненным на базе следующих приборов: показывающего типа ЭМВ2-211А, самопишущего типа МСР1-03 или ЭМП-209М2. Характеристика этих мостов приведена в гл. I, § 9.

В комплект газоанализатора входит также баллон, заполненный контрольной смесью, с редуктором емкостью 2×150 *л*. Вспомогательные устройства (фильтры, регуляторы расхода и давления и др.) подбираются по данным вопросного листа и поставляются дополнительно совместно с газоанализатором.

Для газоанализаторов ТП-1116М, ТП-1120 и ТП-2220 газовая смесь после приемника направляется обратно в технологический газопровод или сбрасывается в атмосферу. В газоанализаторе ТП-2221М газовая смесь после приемника поступает в печь дожигания или поглотитель, где очищается от CO_2, и вновь поступает в измерительный блок (в сравнительные камеры).

Газоанализатор ТП-1116М может контролировать газ в 4-х точках помещения поочередно через специальное распределительное устройство. Отбор пробы воздуха в каждой точке производится в течение 2 *мин* или неограниченное время. Показания электронного прибора дублируются выносным показывающим прибором. Газоанализатор ТП-1116М выпускается смонтированным на щите.

Датчик имеет виброударостойкое и водозащищенное исполнение. Габаритные размеры щита $735\times550\times110$ *мм*, установочные размеры $695\times\times510$ *мм*, диаметры 4 отверстий для крепления 9 *мм*.

Газовые соединения газоанализаторов производятся трубками из нержавеющей стали диаметром 8×1 *мм*. Все газоанализаторы устанавливаются во взрывобезопасном помещении. Монтаж силовых и измерительных цепей должен производиться отдельными экранированными кабелями. Сопротивление каждого провода, соединяющего измерительный блок с электронным прибором, должно быть $2{,}5\pm0{,}05$ *ом*. Габаритные размеры измерительного блока приведены на рис. V.18, *б*, технические характеристики — в табл. V.5.

Изготовитель: Завод газоанализаторов, Выру.

7. Электрический газоанализатор на CO_2 типа ГЭУК-21

Газоанализатор ГЭУК-21 предназначен для автоматического непрерывного показания и записи процентного (по объему) содержания CO_2 в топочных газах котельных установок и других топочных устройств. Действие прибора основано на значительном различии теплопроводности CO_2 и воздуха; измерение производится путем сравнения теплопроводности анализируемой смеси с теплопроводностью воздуха, так как изменения ее в топочных газах при сгорании топлива происходят в основном за счет концентрации в них CO_2 и O_2. Теплопроводность O_2 сравнительно мало отличается от теплопроводности воздуха и поэтому не влияет на результаты измерения. Наличие в газовой смеси сернистого газа, обладающего вдвое меньшей теплопроводностью, чем CO_2, приводит к ложным показаниям о повышенном содержании CO_2. Наличие водорода приводит к ложным показаниям о пониженном содержании CO_2. В связи с этим сернистый газ и водород должны быть полностью удалены из анализируемой газовой смеси до ее

Таблица V.5

Технические характеристики термокондуктометрических газоанализаторов на H_2 и CO_2 типа ТП

Тип	Определяемый газ	Пределы измерения в % об.	Анализируемая газовая смесь: Область применения	Давление абсолютное в *мм вод. ст.*	Расход в *л/ч*	Напряжение питания в *в* (50 *гц*); потребляемая мощность в *в·а*	Время прогрева в *мин*	Запаздывание в *сек*	Погрешность в % об. от диапазона измерения: основная	дополнительная от отклонения: температуры окружающей среды в °С	дополнительная от отклонения: давления газовой смеси в *мм вод. ст.*
ТП-1116М	H_2	0—6	Многокомпонентные смеси: H_2; $CO_2 \leqslant 2\%$ об.; $O_2 \leqslant 28\%$ об.; углеводороды $\leqslant 30$ *мг/м³*; $NH_3 \leqslant 0{,}8$ *мг/м³*; пыль — следы; N_2 — остальное; влага $\leqslant 98\%$ об.	18 000—22 500	90	127; 200	10	60	±2,5	±0,1 / 10 *	—
ТП-1117	H_2	0—3	Многокомпонентные смеси: $O_2 \leqslant 97\%$ об.; щелочь $\leqslant 1$ *мг/м³*	—	42	127; —	—	—	±5	±0,1 / 30	—
ТП-1120	H_2	0—5; 0—10; 0—20; 20—60; 40—80; 80—100	Многокомпонентные смеси: H_2; CO_2; N_2; CH_4; CO; O_2 в количестве, исключающем образование взрывоопасной смеси. Агрессивные примеси (H_2S, NH_3 и др.) $\leqslant 0{,}01$ *г/м³*; влага $\leqslant 15$ *г/м³*	40 000	30—60	127 или 220; 100	10	120	±2,5	±1,5 / 10	±2,5 / 25
ТП-2220	CO_2	0—10; 0—20; 0—30; 0—40; 40—80; 80—100	Многокомпонентные смеси: CO_2; N_2; O_2, CO. Агрессивные примеси $\leqslant 0{,}01$ *г/м³*; пыль $\leqslant 0{,}001$ *г/м³*	9000—11 000	30—60	127 или 220; 100	18	120	±2,5	±2,5 / 10	±1 / 100
ТП-2221М	CO_2	0—10; 0—20; 0—30; 0—40	То же								

* В числителе — погрешность, в знаменателе — отклонение параметра.

поступления в газоанализатор при помощи специального сернистого фильтра и печи дожигания водорода, которые поставляются с газоанализатором.

Сравнение теплопроводности CO_2 и воздуха осуществляется мостовой измерительной схемой (рис. V.19, *а*). Плечами моста являются платиновые элементы (сопротивления), из которых R_2 и R_3 помещены в закрытые камеры, заполненные воздухом, а R_1 и R_4 — в камеры, по которым протекает анализируемая газовая смесь. В измерительную диагональ моста включены параллельно показывающий (mV_1) и самопишущий (mV_2) милливольтметры. При отсутствии в комплекте газоанализатора самопишущего милливольтметра включается эквивалентное сопротивление. Последовательно

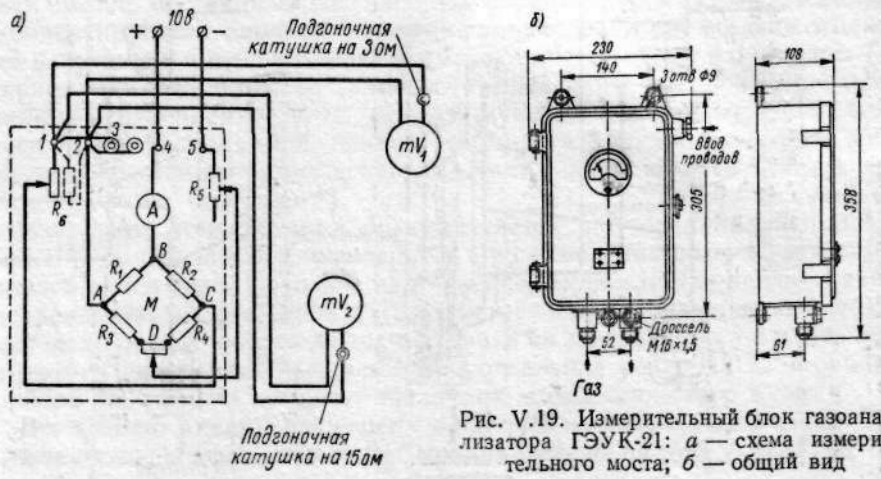


Рис. V.19. Измерительный блок газоанализатора ГЭУК-21: *а* — схема измерительного моста; *б* — общий вид

с милливольтметром включается дополнительное сопротивление R_6, которое используется для подгонки показаний милливольтметра при градуировке. Возможные небольшие отклонения показаний от нуля устраняются нулевым реостатом R_5. Питание моста осуществляется постоянным током 0,4 *а* напряжением 10 *в* от источника питания ИП-6 (напряжение поддерживается с точностью ±1% при колебаниях напряжения сети в пределах 180—240 *в*).

Общий вид измерительного блока приведен на рис. V.19, *б*.

В комплект газоанализатора (рис. V.20) входят следующие основные узлы: измерительный блок газоанализатора *9*, показывающий милливольтметр, газоотборное устройство *1*, холодильник *4*, контрольный фильтр *5*, водоструйный насос с манометром *10*, конденсационный сосуд *11* (см. § 9). По особому требованию дополнительно поставляются самопишущий прибор, сернистый фильтр *2*, печь дожигания водорода *8*, водяной фильтр *6*, специальный источник питания. Вторичные приборы — показывающий и самопишущий милливольтметры типа МПЩПр-54М и МСЩПр-00-18 (см. гл. I, § 4) — градуируются совместно с измерительным блоком, при их замене требуется повторная градуировка.

Пределы измерений газоанализатора 0—20% CO_2. Основная погрешность измерения при температуре окружающей среды 20° С не превышает ±0,5% CO_2. Дополнительная погрешность не превышает ±0,3% на каждые 10° С при температуре 20—50° С. Газоотборную трубку с керамическим фильтром *1* устанавливают в газоходах так, чтобы в месте отбора

*

температура газа была не ниже 200° С (во избежание быстрого загрязнения фильтра смолами) и не выше 600° С (такая температура разрушает фильтры). Разрежение в месте отбора газа не должно превышать 150 *мм вод. ст.* Керамический фильтр должен быть расположен в середине газохода, в прямом потоке отходящих газов, а защитный экран фильтра — обращен в сторону, противоположную направлению потока. Сернистый фильтр *2* должен быть установлен непосредственно у места отбора газа. Измерительный блок *9* газоанализатора устанавливается на раме *3* по возможности ближе к месту отбора газа. Температура окружающей среды в месте его установки 15—50° С без резких колебаний; недопустимо нали-

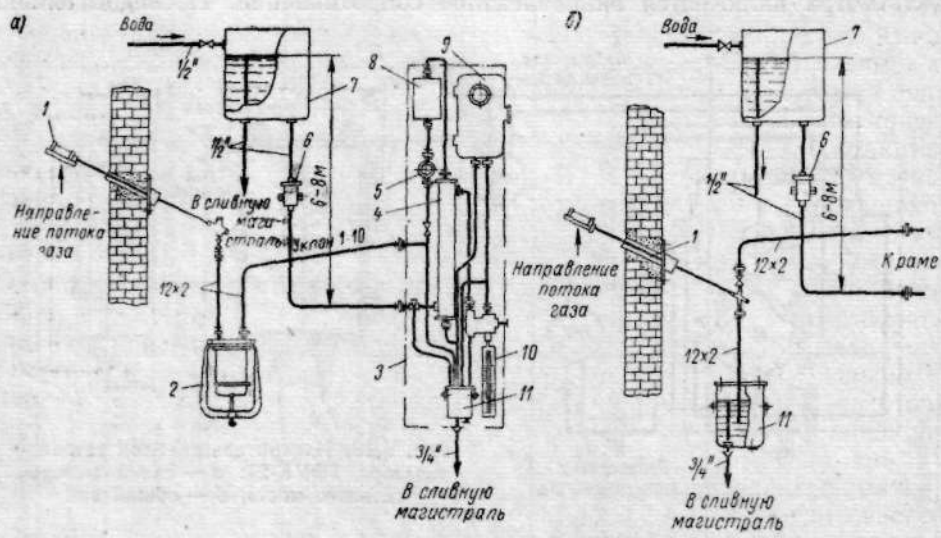


Рис. V.20. Газовая и гидравлическая схема газоанализатора ГЭУК-21: *а* — с сернистым фильтром; *б* — без сернистого фильтра

чие теплоизлучателей, конвекционных потоков воздуха и агрессивных газов. Газопроводная линия от места отбора газа к газоанализатору прокладывается красномедными или латунными трубками диаметром 10×1 *мм*. Уклон линии в сторону газоанализатора должен быть не менее 3%. Вода для водоструйного насоса может подаваться непосредственно от водопроводной магистрали с давлением 0,5—3 *кгс/см*^{2}. При наличии больших колебаний давления в магистрали воду следует подавать из напорного бака *7* емкостью 30 *л* с постоянным уровнем воды, установленного на высоте 6—8 *м* от вентиля водоструйного насоса.

Изготовитель: трест «Севзапмонтажавтоматика», Ленинград.

8. Оптико-акустические газоанализаторы на CO, CO_2, CH_4 и H_2

Действие оптико-акустических газоанализаторов основано на способности анализируемого газа поглощать инфракрасное излучение. Измерение концентрации определяемого газа в анализируемой газовой смеси производится на основании оптико-акустического эффекта. Один поток лучистой энергии проходит через камеру с анализируемой газовой смесью; второй — через камеру со сравниваемым газом. Потоки прерываются с частотой 5—6 *гц*. Оба потока попадают в лучеприемник, который состоит

из двух камер, разделенных мембраной. Вследствие различной поглощающей способности газов в камерах создается разность давлений на мембране, зависящая от концентрации определяемого газа. Мембрана является одной из обкладок конденсатора. Пульсации потоков лучистой энергии вызывают пульсации разности давлений на мембране и соответствующие пульсации емкости конденсаторного микрофона (наблюдается оптико-акустический эффект).

Газоанализаторы типов ОА-2109, ОА-2209, ОА-2309. Два потока лучистой энергии (рис. V.21, *а*) от нихромовых излучателей *2*, отраженные от зеркал *1* и прерываемые обтюратором *3*, проходят через анализируемую газовую смесь, которая непрерывно протекает в камере *5*, и сравниваемую с ней смесь с постоянным содержанием определяемого газа, находящуюся в компенсирующей камере *11*. Изменив направление при помощи отражающей пластины *6* и штока с зеркалом *10*, потоки попадают в цилиндры *7* лучеприемника. Фильтровые камеры *4* предназначены для уменьшения влияния неизмеряемых газов, присутствующих в анализируемой газовой смеси. Они заполняются неизмеряемыми газами, которые поглощают излучение соответствующего спектра частот, а полоса частот определяемых газов проходит свободно.

Измерение концентрации осуществляется дифференциальной оптической схемой с газовой компенсацией. При изменении содержания определяемого газа в смеси выходное напряжение усилителя *8* приводит в движение реверсивный двигатель *9*, воздействующий на изменение величины компенсирующего потока до тех пор, пока он не сравняется с измеряемым потоком. Одновременно меняется сопротивление реохорда *12* вторичного прибора *13*, стрелка которого показывает содержание газа в смеси.

Все элементы схемы размещены в корпусе измерительного блока. Габаритные размеры измерительного блока приведены на рис. V.21, *б*; глубина блока 210 *мм*.

Электрическая схема газоанализаторов приведена на рис. V.22. Нихромовые излучатели *И* питаются напряжением 2 *в* от обмотки *23—24* силового трансформатора *Тр*. Микрофонный каскад собран по схеме катодного повторителя на лампе типа 6С1П; поляризующее напряжение микрофона 100 *в* снимается с сопротивления R_3. Цепь накала микрофонного каскада питается постоянным током через полупроводниковый выпрямитель (на диодах ДГ-Ц21) от обмотки *13—14* силового транформатора *Тр*. Усиление напряжения после микрофонного каскада осуществляется электронным усилителем. С нагрузочного сопротивления R_{35} напряжение подается на синхронный детектор (поляризованное реле РП-4), управляемый фотосопротивлением ФСК-2. Одновременно с обтюрацией потоков инфракрасной радиации происходит засветка фотосопротивления, и поляризованное реле срабатывает соответственно в одну или другую сторону.

Засветка фотосопротивления ФСК-2 и колебания мембраны микрофона происходят с одинаковой частотой, соответственно меняется напряжение на выходе усилителя и на нагрузочных сопротивлениях детектора R_{19}, R_{20} появляются выпрямленные напряжения, сдвинутые по фазе в зависимости от фазы напряжения, поступающего с усилителя. Анодные цепи ламп усилителя напряжения питаются через выпрямитель, выполненный на лампе 6Ц4П. Стабилизация выпрямленного анодного напряжения производится электронным стабилизатором и стабиловольтом СГ-1П. Включение прибора сигнализируется лампой $ЛН_2$.

Схема моста самопишущего прибора МСР1 видоизменена с целью обеспечения регулирования пределов измерения моста. Вторичный прибор

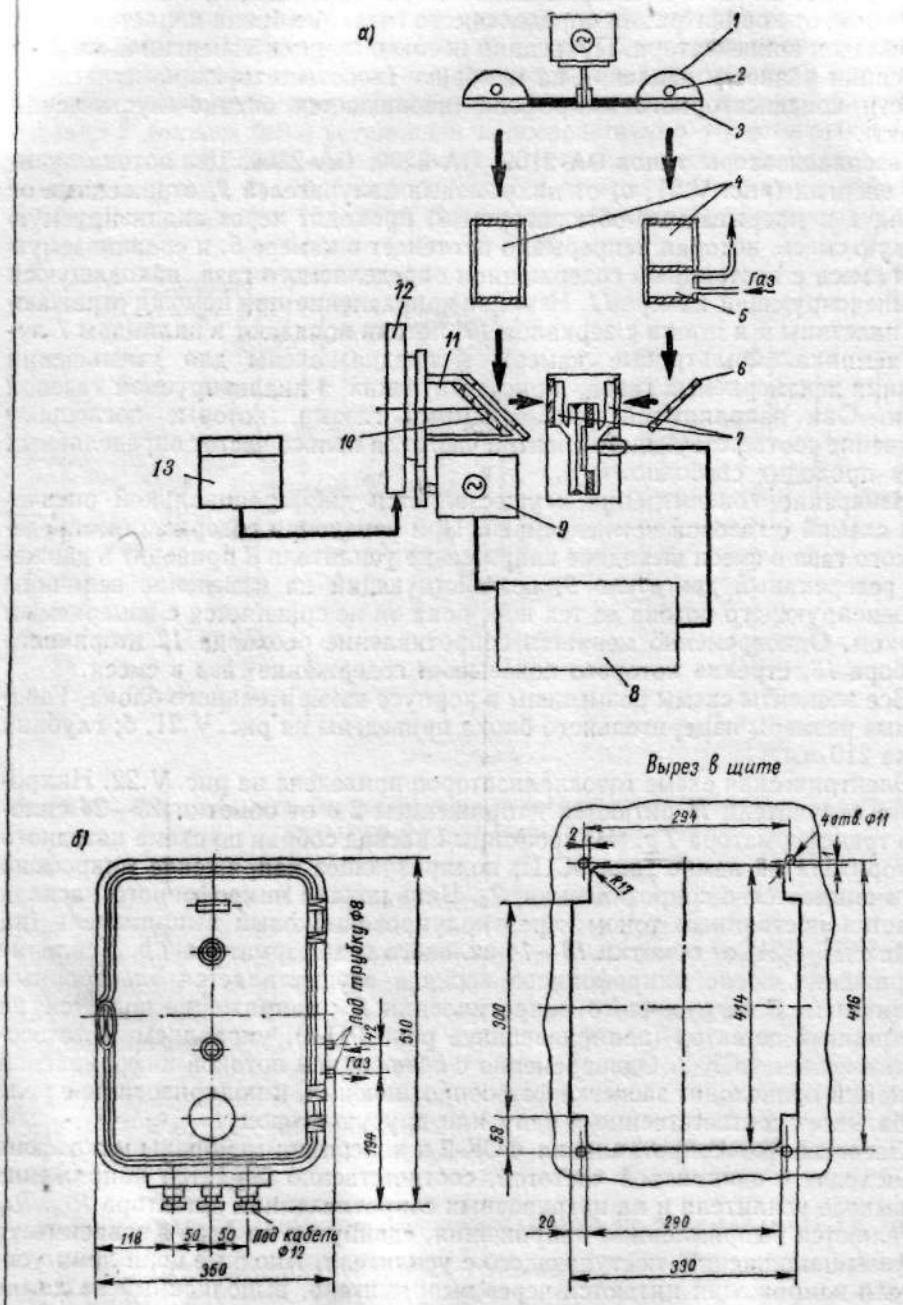


Рис. V.21. Газоанализаторы ОА-2109, ОА-2209, ОА-2309: *а* — принципиальная схема; *б* — общий вид измерительного блока

должен быть размещен в непосредственной близости от измерительного блока. Сопротивление каждого провода, соединяющего реохорд самопишущего прибора с измерительным блоком, не должно превышать 0,5 *ом*. Провода должны быть экранированы от внешних магнитных полей прокладкой в стальной трубе или бронированным кабелем.

Технические характеристики газоанализаторов ОА-2109, ОА-2209 и ОА-2309 приведены в табл. V.6.

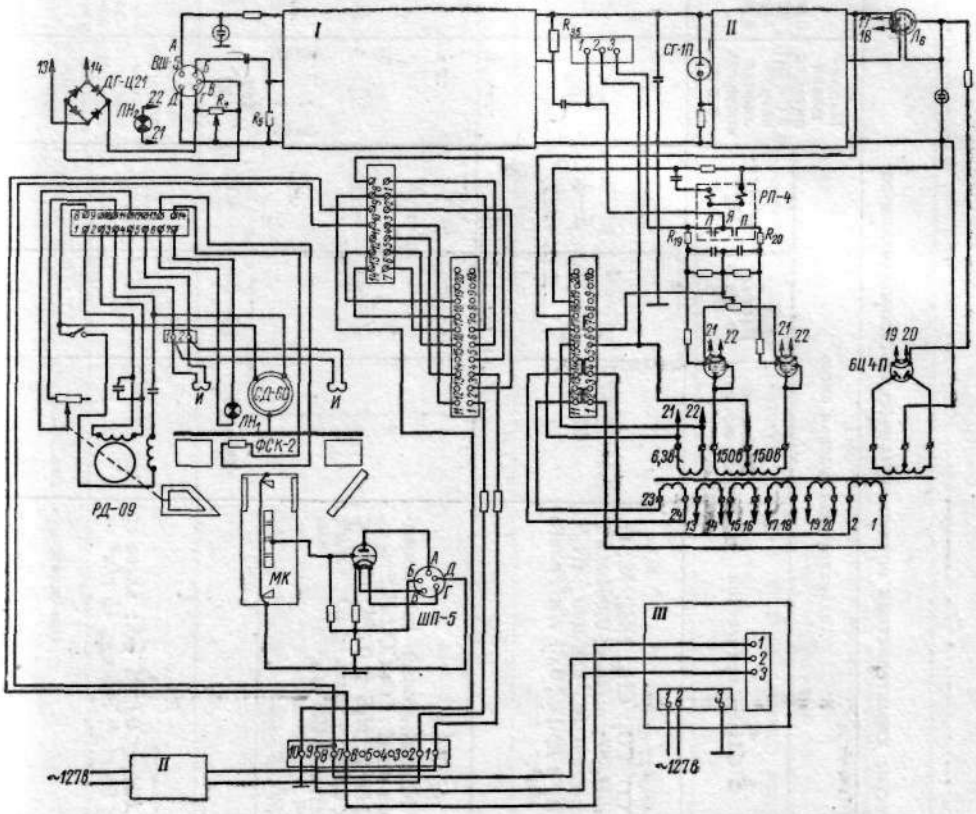


Рис. V.22. Электрическая схема газоанализаторов ОА-2109, ОА-2209, ОА-2309:
I — усилитель; *II* — стабилизатор; *III* — вторичный прибор МСР1

В корпус измерительного блока необходимо поддувать азот для устранения влияния измеряемого компонента, содержащегося в окружающем воздухе, а также во избежание образования взрывоопасных концентраций внутри корпуса. Расход азота составляет 0,05—0,3 *л/мин*. Газоанализатор не разрешается устанавливать во взрывоопасных помещениях.

В комплект газоанализатора входят: измерительный блок; самопишущий прибор типа МС1 или МСР1, стабилизатор напряжения; два баллона с контрольной газовой смесью. Вспомогательные устройства (холодильники, фильтры, побудители расхода и др.) поставляются дополнительно по данным вопросного листа (см. § 9). Сопротивление электрических линий между измерительными блоками и самопишущими приборами должно быть 0,2 *ом* для каждого провода.

Изготовитель: Завод средств автоматики, Смоленск.

Таблица V.6

Технические характеристики оптико-акустических газоанализаторов

Тип	Определяемый газ	Пределы измерения в % об.	Анализируемая газовая смесь: Область применения	Давление в *мм вод. ст.*	Расход в *л/ч*	Температура в °С	Напряжение питания в *в* (50 *гц*); потребляемая мощность в *в·а*	Время прогрева в *мин*	Запаздывание в *сек*	Основная погрешность в % об. от верхнего предела измерения
ОА-2109 ОА-2209 ОА-2309	CO CO_2 CH_4	0—1; 0—2; 0—5; 0—10; 0—20; 0—30; 0—50; 0—70; 0—100	CO; CO_2; CH_4; NH_3; N_2; O_2 и H_2 **; пыль $\leqslant$ 0,001 *г/м³*; агрессивные примеси (H_2S, NH_3 и др.) $\leqslant$ 0,01 *г/м³*; влага 1 *г/м³*.	40	18—30	5—35	127; 150	—	30	±2,5
ОА-0304	CO CO_2	0—35 0—20	Колошниковый газ доменных печей: CO; CO_2; H_2; N_2 $\leqslant$ $\leqslant$ 80%; $H_2S \leqslant$ 0,3%; $CH_4 \leqslant$ $\leqslant$ 0,6%; пыль $\leqslant$ 50 *г/м³*; влага $\leqslant$ 100 *г/м³*	400—600	18—30	40	127; 400	7	—	±2,5
	H_2	0—5								±4
ОА-0306Т *	CO CO	0—35 0—20	$CH_4 \leqslant$ 0,04% об.; влага $\leqslant$ $\leqslant$ 50 *г/м³*; пыль $\leqslant$ 15 *г/м³*							±2,5
	H_2	0—5								±4

Тип	Определяемый газ	Пределы измерения в % об.	Анализируемая газовая смесь: Область применения	Давление в *мм вод. ст.*	Расход в *л/ч*	Температура в °С	Напряжение питания в *в* (50 *гц*); потребляемая мощность в *в·а*	Время прогрева в *мин*	Запаздывание в *сек*	Основная погрешность в % об. от верхнего предела измерения
ОА-5501	CO; CH_4	0—0,05	N_2; O_2; H_2 и инертные газы; при определении CO содержание $CO_2+CH_4 \leqslant 10\%$ об.; при определении $CO_2—CH_4+H_2 \leqslant 10\%$ об.; при определении $CH_4—CO+CO_2 \leqslant 10\%$ об.; влага $\leqslant 1$ *г/м³*; пыль $\leqslant 0{,}001$ *г/м³*	40	18—42	5—35	127; 200	180	60	±10
		0—0,1 0—0,2 0—0,5								±5
	CO_2	0—0,01 0—0,02 0—0,05								±10
		0—0,1 0—0,2 0—0,5								±5
ОА-0305	CO CO_2	0—35 0—20	Колошниковый газ доменных печей: CO; CO_2; H_2; $CH_4 \leqslant 0{,}3\%$ об.; $H_2S \leqslant 0{,}01\%$ об.; H_2 — остальное; влага $\leqslant 20$ *г/м³*; пыль $\leqslant 0{,}05$ *г/м³*	400—15 000	18—30	10—30	127; 400	7	—	±2
	H_2	0—5; 0—10								±4

Примечание. Для газоанализаторов ОА-2109, ОА-2209, ОА-2309, ОА-0306Т, ОА-0305 дополнительная погрешность от изменения температуры на 10° С составляет ±2,5% об.; для газоанализатора ОА-5501 дополнительная погрешность не превышает основной при изменении барометрического давления на 10 *мм рт. ст.* от калибровочного.

* Температура окружающей среды 10—50° С; относительная влажность ≤92%.
** Для газоанализатора ОА-2209 изменение содержания $CH_4 + H_2 \leqslant \pm 15\%$ об.

Газоанализаторы типов ОА-0304, ОА-0306Т, ОА-0305. Действие газоанализаторов основано на оптико-акустическом эффекте для измерения концентрации окиси углерода и двуокиси углерода и термокондуктометрическом анализе для определения концентрации водорода. По принципу работы анализатор на водород аналогичен газоанализаторам ТП (6),

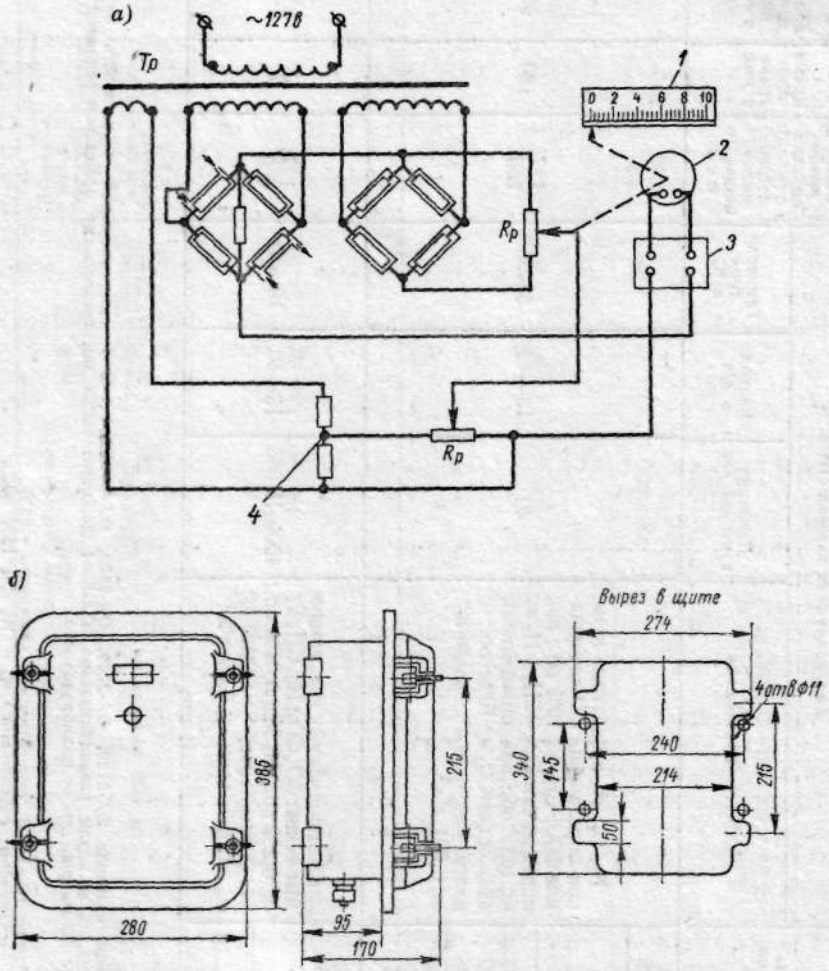


Рис. V.23. Анализатор на водород газоанализатора ОА-0304: *а* — принципиальная электрическая схема; *б* — внешний вид измерительного блока

1 — шкала электронного самопишущего прибора; *2* — реверсивный двигатель; *3* — усилитель; *4* — делитель напряжения

анализатор на окись углерода и двуокись углерода — газоанализаторам ОА-2109 и ОА-2209 (§ 1). Газоанализатор ОА-0306Т — в тропическом исполнении. Для компенсации CO_2 на показания по водороду используется дополнительный реохорд $R'_р$ самопишущего прибора анализатора на двуокись углерода, питаемый от специальной обмотки трансформатора $Тр$ анализатора на водород (рис. V.23). Движок этого реохорда механически связан с движком основного реохорда $R_р$ и напряжение, снимаемое с него,

пропорционально концентрации двуокиси углерода. При отсутствии углерода компенсирующее напряжение равно нулю.

Газовая схема анализатора приведена на рис. V.24 *а*. Регулятор расхода в блоке регулировки и фильтрации отрегулирован на расход 0,5 *л/мин*. Редуктор снижает давление до 0,1 *кгс/см*^{2}. Избыток газовой смеси порядка 10 *л/мин* отводится через дроссель.

Химические фильтры и фильтры-осушители соединяются попарно с помощью трехходовых кранов, позволяющих производить смену наполнителей без остановки прибора.

Каждый из анализаторов газоанализатора ОА-0304 состоит из трех основных узлов: приемника измерительного блока, самопишущего прибора и стабилизатора напряжения. Вспомогательные устройства (фильтры, холодильники, редукторы давления, блок регулирования и фильтрации) являются общими для всех трех анализаторов. В газоанализаторах ОА-0305 и ОА-0306Т имеется также электроблок в комплекте анализаторов на CO и CO_2.

Габаритные размеры измерительного блока на водород приведены на рис. V.23, *б*. Все вспомогательные устройства газоанализаторов (см. раздел Г), входящие в комплект газоанализатора, монтируются на рамах размерами (в *мм*): для ОА-0304 — 1045×675, для ОА-0305 — 690×500; для ОА-0306Т — 560×500.

Электроблок и приемник анализаторов на CO и CO_2 в газоанализаторах ОА-0305 и ОА-0306Т монтируются на щите размером 1000×400 *мм* (один щит на анализатор).

Газоанализаторы устанавливаются в вентилируемом взрывобезопасном помещении; газоанализатор ОА-0306Т — при температуре 10—50° С и влажности до 92%.

Условия эксплуатации анализаторов на окись углерода и двуокись углерода аналогичны газоанализаторам ОА-2109 и ОА-2209.

Сопротивление соединительной линии между измерительным блоком и самопишущим прибором для газоанализатора на водород должно быть 2,5 ± 0,5 *ом* для каждого провода; оно регулируется подгоночными катушками, установленными в самопишущем приборе.

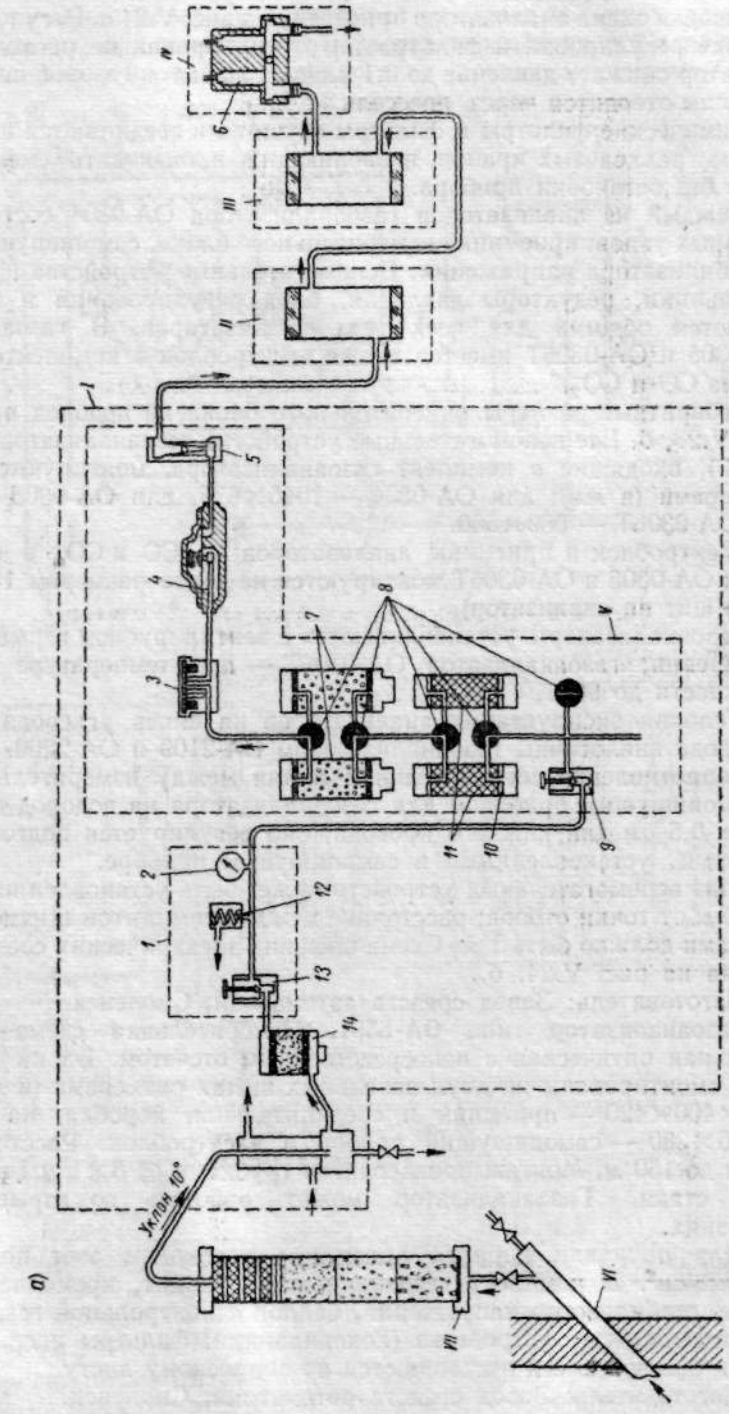
Щит вспомогательных устройств может быть установлен на расстоянии до 30 *м* от точки отбора; расстояние между этим щитом и измерительными блоками должно быть 1 *м*. Схема внешних электрических соединений приведена на рис. V.24, *б*.

Изготовитель: Завод средств автоматики, Смоленск.

Газоанализатор типа ОА-5501. Измерительная схема — дифференциальная оптическая с непосредственным отсчетом. Блоки газоанализатора смонтированы на двух панельных щитах размерами (в *мм*): на щите 600×400×420 — приемник и соединительная коробка, на щите 900××400×380 — самопишущий прибор и электроблок. Расстояние между ними до 150 *м*. Монтаж производится трубками ∅ 8×1 *мм* из нержавеющей стали. Газоанализатор может работать во взрывобезопасных условиях.

Для продувки корпуса приемника необходим азот под давлением 0,5 *кгс/см*^{2}. В комплект газоанализатора входят, кроме перечисленных выше, стабилизатор напряжения, баллон с контрольной газовой смесью. Вспомогательные устройства (холодильники, фильтры и др.) для подготовки газовой смеси поставляются по вопросному листу.

Изготовитель: Завод средств автоматики, Смоленск.


IV
6
III
II
I
5
4
3
8
7
V
11
10
9
2
12
1
13
14
Уклон 10°
а)
VI
VII

б)

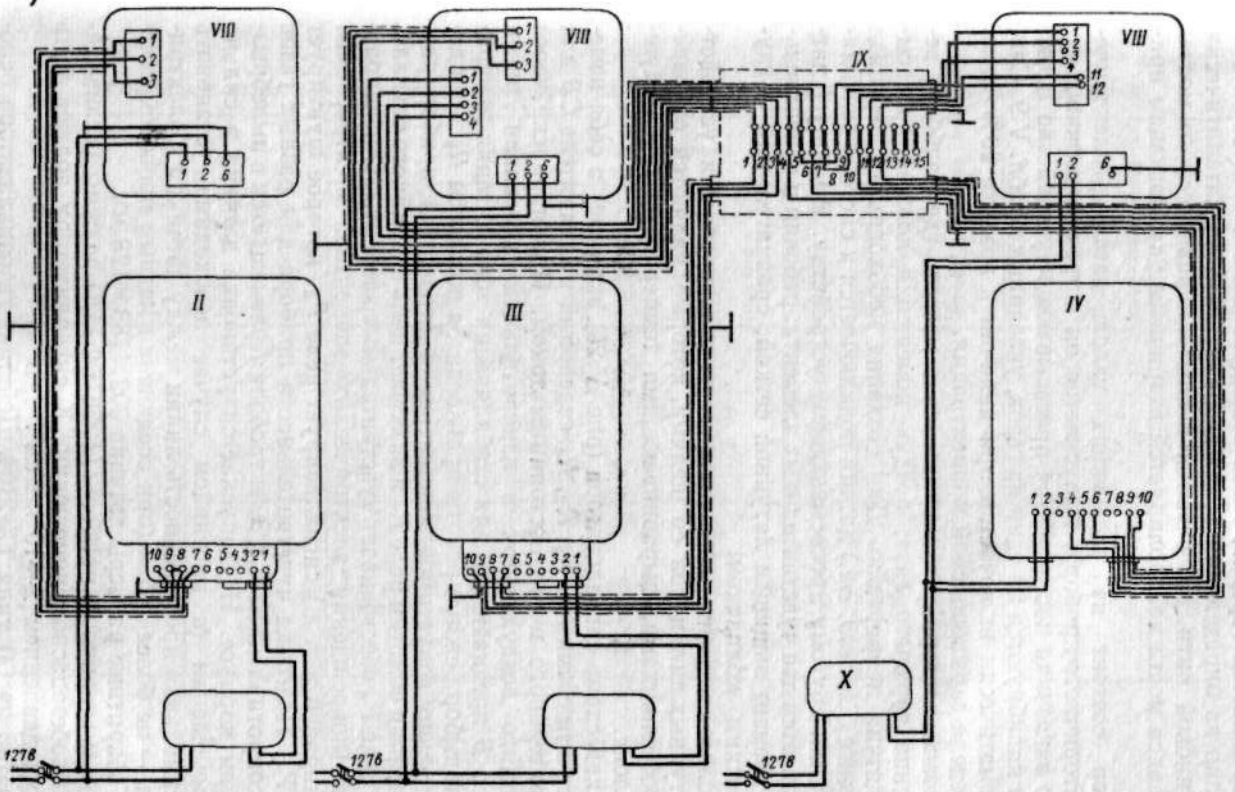


Рис. V.24. Газоанализатор ОА-0304: *а* — газовая схема; *б* — схема внешних электрических соединений

I — рама; *II* — измерительный блок на окись углерода; *III* — измерительный блок на двуокись углерода; *IV* — измерительный блок на водород; *V* — блок регулировки и фильтрации; *VI* — газозаборное устройство; *VII* — фильтр; *VIII* — вторичный прибор; *IX* — соединительный ящик; *X* — стабилизатор; *1* — редуктор РД-10; *2* — манометр; *3* — фильтр контрольный; *4* — регулятор расхода; *5* — ротаметр; *6* — блок плечевых элементов; *7* — хлористый кальций; *8* — краны; *9* — вентиль запорный; *10* — фильтр химический; *11* — болотная руда; *12* — клапан предохранительный; *13* — вентиль редукционный; *14* — фильтр

9. Газоанализаторы на содержание газов и паров в воздухе помещений

Технические характеристики газоанализаторов приведены в табл. V.7 и V.8.

Сигнализатор наличия горючих газов в воздухе типа СГГ-2. Действие прибора основано на определении тепла сгорания газа на каталитически активной платиновой нити, включенной в схему неравновесного моста. Степень разбаланса моста контролируется вторичным указывающим прибором.

Сигнализатор состоит из следующих узлов: датчика, электрического блока и вторичного прибора; выпускается он в трех модификациях. По требованию заказчика поставляется просасывающее устройство ВЭЖ. Сигнализаторы калибруются на один из газов, указанных в табл. V.9. Сигнализатор автоматически включается при наличии в воздухе 20% газов от нижнего предела взрывоопасной концентрации.

Датчик газоанализатора устанавливается в местах, где наиболее вероятно появление горючего газа; воздух помещения должен просасываться через датчик непрерывно. Для создания необходимого перепада давления (не менее 5 *мм вод. ст.*) датчик подключается к системе вентиляции, дымоходу или другому просасывающему устройству. В корпусе датчика устанавливается два чувствительных элемента: рабочий и сравнительный. Рабочий элемент защищен латунной сеткой, сравнительный — глухим металлическим колпачком.

Чувствительные элементы защищены взрывозащищенными устройствами в виде латунных цилиндров со щелями, которые являются одновременно и теплообменниками, выравнивающими температуру газовоздушной смеси в блоке.

Электрическая схема сигнализатора (рис. V.25) включает в себя измерительный мост с плечами R_1, R_2, R_3, R_4; селеновый выпрямитель *СВ* для питания измерительного моста постоянным током. При пропуске через датчик *II* чистого воздуха ток в измерительной диагонали равен нулю. Барретер *Б* предназначен для стабилизации тока питания измерительного моста; выбор режима работы производится реостатом R_8. При достижении предельно допустимой концентрации вторичный прибор размыкает цепь питания обмотки реле P_2 и включает цепь аварийного сигнала. Одновременно реле P_2 обесточивает чувствительные элементы. О неисправности прибора (повреждении электрических элементов, электросхемы, платиновых спиралей и т. д.) сигнализирует реле P_3, которое шунтирует обмотку реле P_1. Подгонка чувствительности прибора для разных газов производится сопротивлением R_{13}. Электроблок *I* размещается в пылебрызгонепроницаемом корпусе. Не допускается установка датчика в сильно запыленном помещении (в противном случае необходимо установить фильтр). Максимальная протяженность линии между датчиком и электрическим блоком — не более 135 *м* (при соединении медным проводом сечением 4 *мм*^{2}). Габаритные размеры датчика $302\times188\times128$ *мм*.

Электроблок и вторичный прибор *III* (ЭПВ2-11А) должны устанавливаться во взрывобезопасном помещении. К сигнализатору должен быть подведен воздух давлением 2—10 *кгс/см*^{2}.

Газоанализатор на CO типа ТХ-2104. Действие газоанализатора основано на измерении теплового эффекта, возникающего при каталитическом окислении на гопкалите CO до CO_2. Изменение температуры при этом измеряется при помощи термометров сопротивления, включенных в мостовую схему переменного тока. Газовая схема включения газоанализатора

Таблица V.7

Технические характеристики газоанализаторов на содержание газов и паров в воздухе помещений

Тип	Определяемый газ или пар	Пределы измерения в % об.	Анализируемая газовая смесь				Напряжение питания в *в* (50 *гц*); потребляемая мощность в *в-а*	Время прогрева в *мин*	Запаздывание в *сек*	Основная погрешность в % об. от диапазона измерения	Изготовитель
			Область применения	Давление абсолютное в *мм вод. ст.*	Расход в *л/ч*	Температура в °С					
СГГ2-В2Б * СГГ2-В3Г *	—	—	Взрывоопасные смеси 1-й, 2-й категорий групп А и Б. Не допускаются пары щелочей, кислот, H_2S и Cl_2	10 005	12—20	—10÷ +40	220; 126	—	30	—	ОКБА. Тульский филиал
СГГ2-В4Б	H_2	0,8	То же, и смеси 3-й и 4-й категорий групп А и Б.	10 005	12—20	—10÷ +40	220; 126	—	30	±0,2	ОКБА Харьковский филиал
	C_2H_2	0,5								±0,5	
ТХ-2104	CO	0—0,1 *мг/л*	CO; $CO_2 \leqslant 2\%$ об.; $O_2 \leqslant 23\%$ об.; $H_2 \leqslant 0{,}5\%$ об.; углеводороды $\leqslant 500$ *мг/м³*; окислы азота $\leqslant 5$ *мг/м³*; S; NH_3; H_2S; пыль — следы; N_2 — остальное; влага $\leqslant 95\%$ об.	18 400—22 500	480	5—50	127; —	25	300	±5	Завод газоанализаторов, Выру

Продолжение табл. V.7

Тип	Определяемый газ или пар	Пределы измерения в % об.	Анализируемая газовая смесь				Напряжение питания в *в* (50 *гц*); потребляемая мощность в *в·а*	Время прогрева в *мин*	Запаздывание в *сек*	Основная погрешность в % об. от диапазона измерения	Изготовитель
			Область применения	Давление абсолютное в *мм вод. ст.*	Расход в *л/ч*	Температура в °С					
ТХ-2104	CO	0,1—1	CO; $CO_2 \leqslant$ 6% об.; $O_2 \leqslant$ 26% об.; $H_2 \leqslant$ $\leqslant$ 1% об.; углеводороды $\leqslant$ 1000 *мг/м³*; окислы азота $\leqslant$ 200 *мг/м³*; NH_3, H_2S — следы; N_2 — остальное; влага $\leqslant$ $\leqslant$ 100% об.	7500	480	5—50	127; —	25	300	±5	Завод газоанализаторов, Выру
ИКРП-446	Hg **	2—60, 30—300 *мг/л*	Производственные помещения	10 000	60	5—30	220; 200	—	—	±5	КБ «Цветметавтоматика», Орджоникидзе
ФКГ-3	Cl_2	0—0,002 *мг/л*	Cl_2; пары Hg, H_2S — следы	10 000	60	10—35	220; 100	180	210	±20	ОКБА, Тульский филиал

Тип	Определяемый газ или пар	Пределы измерения в % об.	Анализируемая газовая смесь				Напряжение питания в *в* (50 *гц*); потребляемая мощность в *в·а*	Время прогрева в *мин*	Запаздывание в *сек*	Основная погрешность в % об. от диапазона измерения	Изготовитель
			Область применения	Давление абсолютное в *мм вод. ст*	Расход в *л/ч*	Температура в °С					
ФК-0060	Окислы азота	Токсические концентрации	Производственные и складские помещения	10 000	60	—40÷+30	220; 100	—	—	—	Завод «Киевприбор»
СВК-3М **	H_2; C_2H_2; NH_3; бутан, бутилен дивинил, изобутан; бензол; коксовый газ; бензин Б-70	5—60	Закрытые помещения	10 005	12—20	—10÷+40	220; 110	—	30	±5	ОКБА, Харьковский филиал
ГСФ-3	Фосген	0,0005 *мг/л*	Производственные помещения	10 000	—	10—35	220; 75	180	480	±20	ОКБА, Тульский филиал
ФКГ-2	H_2S	0—0,03 *мг/л*; 0—0,005	Газовые смеси после сероочистки	12 000	12	10—35	220; 300	240	180	±10	

Примечание. Дополнительные погрешности: ФКГ-3 и ФКГ-2 — ±2% от отклонения барометрического давления на 10 *мм рт. ст.*; ФКГ-3 — ± 5% от отклонения окружающей температуры на 5° С; ФКГ-2 — ± 2% от отклонения окружающей температуры на 10° С.

* Данные по контролируемым средам и пределам измерения приведены в табл. V.9.
** Для Hg, бензина и других жидкостей контролируются пары.

Таблица V.8

Пределы измерения газоанализаторов ПГФ2М1-ИЗГ и ИВК-1

Тип	Определяемый газ или пар	Сигнальная концентрация в % НПВ *
ПГФ2М1-ИЗГ	Коксовый газ	0,2—1,0; 1,0—4,0
	Бензин Б-70 и этилированный Б-95/130	2,5—12,5 *мг/л*; 12,5—80 *мг/л*
	Диэтиловый эфир	0,08—0,4; 0,4—2,2
	Этиловый спирт	0,2—0,65; 0,65—3,7
	Этилен	0,05—0,25; 0,25—2,0
	Пропан	0,1—0,4; 0,4—2,0
	Пропилен	0,06—0,3; 0,3—1,7
	Метиловый спирт	0,35—1,1; 1,1—5,5
ИВК-1	Керосин Т-1	27
	Керосин ТС-1	32
	Бензин Б-70	13,5
	Бензин А-72	14
	Бензин А-66	14,5
	Бензин Б95/130	15
	Уайт-спирит	35,5
	Сырая нефть	6,5

* Нижний предел взрываемости.

Таблица V.9

Контролируемые компоненты и пределы измерения сигнализатора СГГ-2

Тип	Определяемый газ или пар	Сигнальная концентрация	Основная погрешность
		% об.	
СГГ2-В2Б	Метан	1	±0,2
	Циклогексан	0,26	±0,05
	Пропан	0,5	±0,1
	Этиловый спирт	0,6	±0,2
	Дивинил	0,3	±0,1
	Метиловый спирт	1,1	±0,5
	Бензол	0,22	±0,1
	Этилацетат	0,44	±0,1
	Пропилен	0,4	±0,1
	Растворитель магнитного лака	0,36	±0,05
	Винилацетат	0,5	+0,05; —0,25
	Уксусная кислота	1,2	+0,1; —0,6
	Стирол	0,22	—
СГГ2-В3Г	Бензин Б-70 и Б-91/115	0,2	±0,05
	Керосин Т-1 (при 20±5° С)	20 *мг/л*	—
	Этилен	0,6	±0,15
	Ацетон	10 *мг/л*	—
	Коксовый газ	0,8	±0,2
	Диэтиловый эфир	0,4	±0,1

приведена на рис. V.26, *а* (см. вкладку в конце книги). Под действием разрежения, создаваемого побудителем расхода *6*, газ проходит через блоки системы переключения *7*, очистки *1* и контроля расхода газа *3* в змеевик $З_1$ приемника *5*, первую измерительную $К_1$ и вторую сравнительную $К_2$ реакционные камеры, в которых находятся чувствительные элементы моста. При выходе из приемника газовая смесь вновь поступает в побудитель расхода *6* и через кран-переключатель *7* возвращается к месту отбора или выпускается в атмосферу помещения. Кран *4* служит для проверки нуля. В змеевике $З_1$, находящемся в пароводяном термостате, газовая смесь подогревается до 100° С, при этом CO окисляется до CO_2 в реакционной камере; в патроне $П_1$ происходит доокисление не про-

реагировавшего CO. Для выравнивания температуры газа на входе в реакционные камеры K_1, K_2 в системе используется второй змеевик $З_2$.

Измерительный мост (рис. V.26, *б*) образован сопротивлениями R_{22}—R_{25} (R_{24} и R_{25} — термометры сопротивления, находящиеся в измерительной и сравнительной реакционных камерах). Реостат R_0 предназначен для кор-

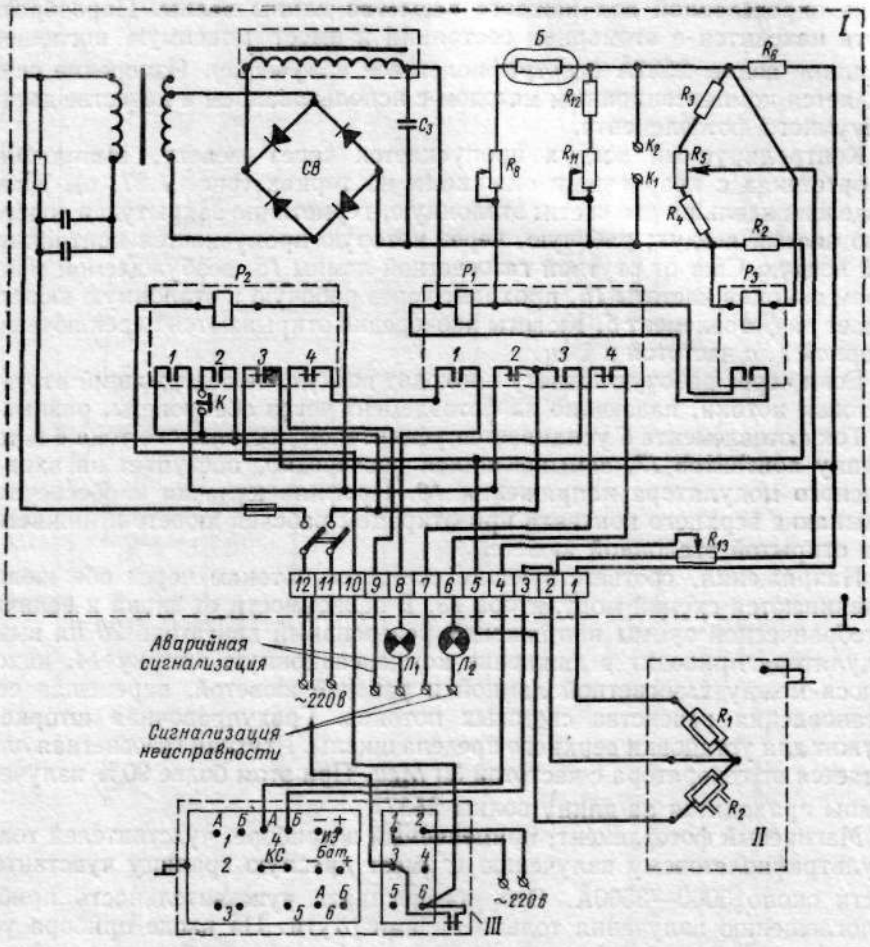


Рис. V.25. Электрическая схема сигнализатора СГГ-2

ректировки нуля; R_{11}—R_{14} — нагреватели, установленные в реакционных камерах, предназначены для подогрева воды, обеспечивающей термостатирование блока реакционных камер.

Блок реакционных камер и элементы электрической схемы смонтированы в корпусе приемника. В комплект газоанализатора входят: приемник *I*, электронный показывающий прибор *II* с усилителем, побудитель расхода *III* с приставкой *IV*, фильтр, кран-переключатель, индикатор расхода, запорный вентиль. Габаритные размеры приемника 305×250××130 *мм*.

Монтаж газовой системы газоанализатора производится трубками диаметром 10×2 *мм* из нержавеющей стали. Длина газозаборной трубки не

должна превышать 25 *м*. Длина трубки, соединяющей приемник с побудителем расхода, 1 *м*. Монтаж внешних электрических линий следует производить кабелем с сечением жил не менее 1,5 *мм*^{2}; измерительная и силовая линии должны монтироваться отдельными кабелями.

Измеритель концентрации ртутных паров типа ИКРП-446. Принцип измерения основан на свойстве атомарных газов поглощать световое излучение определенной для каждого вещества длины волны. Парообразная ртуть находится в атомарном состоянии и имеет максимум поглощения на длине волны 2537Å (ультрафиолетовое излучение). Измерение осуществляется компенсационным методом с использованием в качестве датчика вакуумного фотоэлемента.

Контролируемый воздух пропускается через кювету, выполненную из оргстекла с кварцевыми окошками на торцах (рис. V.27, *а*). Кювета разделена вдоль на две части: эталонную, герметично закрытую и содержащую чистый воздух; рабочую, через которую пропускается контролируемый воздух. Свет от ртутной газосветной лампы *15*, возбуждаемой генератором высокой частоты *16*, проходит через рабочую и эталонную кюветы и падает на фотоэлемент *6*. Кюветы поочередно открываются переключающей шторкой *7*, с частотой в 1 *гц*.

Если через рабочую кювету проходит воздух, не содержащий ртуть, то световые потоки, падающие на фотоэлемент через обе кюветы, равны.

Ток фотоэлемента *6* усиливается усилителем постоянного тока *4* и через группу контактов *17*, замыкающихся поочередно, поступает на вход балансного модулятора напряжения *18*. Профиль кулачка *2* обеспечивает замыкание верхнего контакта при открытой рабочей кювете и нижнего — при открытой эталонной кювете.

Напряжения, соответствующие световым потокам через обе кюветы, сравниваются схемой модулятора *18*. В зависимости от знака и величины алгебраической суммы напряжений реверсивный двигатель *20* на выходе модулятора приводит в движение компенсационную шторку *14*, находящуюся между газосветной лампой и рабочей кюветой, перемещая ее до установления равенства световых потоков. Градуировочная шторка *12* служит для установки верхнего предела шкалы. Ртутная газосветная лампа питается от генератора с частотой 30 *Мгц*. При этом более 90% излучения лампы приходится на длину волны 2537Å.

Магниевый фотоэлемент, примененный в приборе, чувствителен только к ультрафиолетовому излучению и имеет красную границу чувствительности около 3000—3500Å. Это обеспечивает чувствительность прибора к поглощению излучения только парами ртути. На входе прибора установлены два пылевых фильтра (один — в корпусе прибора, другой — на конце пробоотборной трубки), ограждающих рабочую кювету и соединительные линии от засорения.

Насос установлен на выходе из прибора и работает на всасывание. После насоса смонтирован фильтр на ртуть (поставляется комплектно) для очистки выбрасываемого воздуха. Все блоки и узлы прибора размещены в корпусе электронного моста ЭМД-212 и в корпусе блока питания.

Блок фотоэлемента *1* состоит из магниевого фотоэлемента и электрометрического каскада для усиления постоянного тока. Усиленное вторым каскадом напряжение сигнала от фотоэлемента *ФЭ* с помощью переключающей контактной группы *17* подается на конденсаторы C_8 и C_9. При открытой рабочей кювете заряжается конденсатор C_9 до напряжения, пропорционального световому потоку через кювету. При открытой эталонной кювете заряжается конденсатор C_8. Алгебраическое сложение напряжений

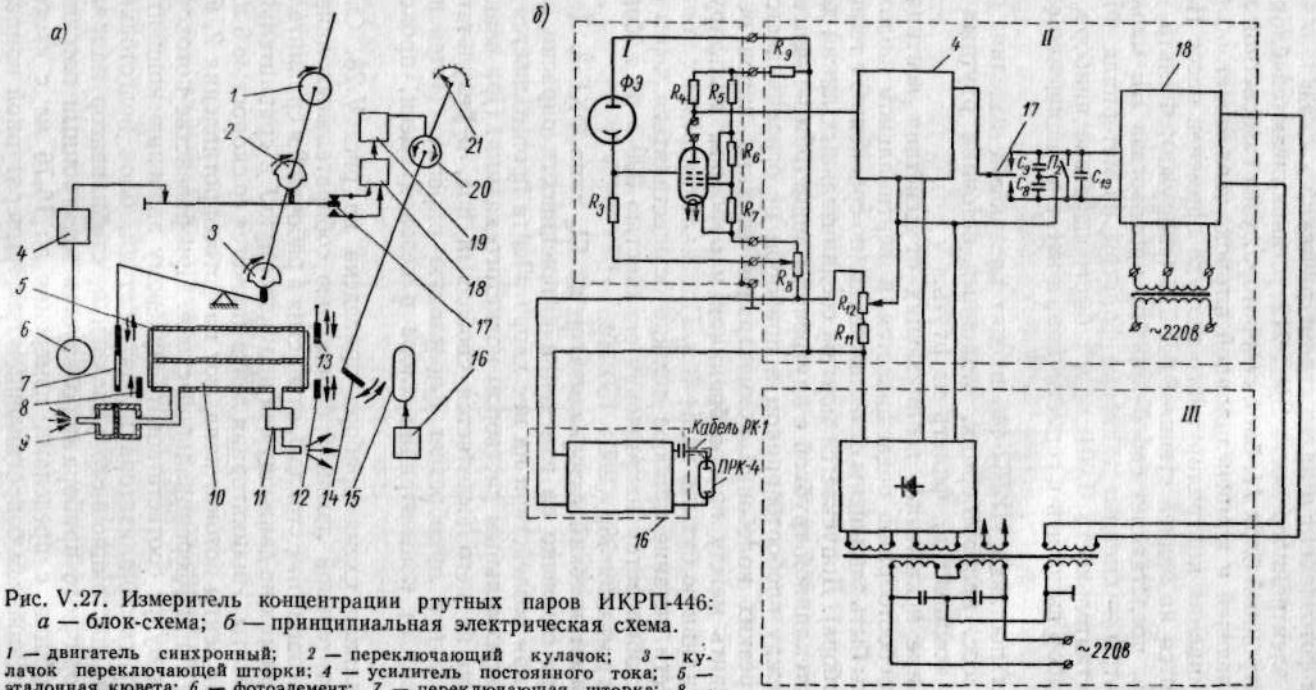


Рис. V.27. Измеритель концентрации ртутных паров ИКРП-446:
а — блок-схема; *б* — принципиальная электрическая схема.

1 — двигатель синхронный; *2* — переключающий кулачок; *3* — кулачок переключающей шторки; *4* — усилитель постоянного тока; *5* — эталонная кювета; *6* — фотоэлемент; *7* — переключающая шторка; *8* — эталонная шторка; *9* — пылевой фильтр; *10* — рабочая кювета; *11* — насос; *12* — градуировочная шторка; *13* — нулевая шторка; *14* — компенсационная шторка; *15* — газосветная лампа ПРК-4; *16* — генератор; *17* — переключающая контактная группа; *18* — балансный модулятор; *19* — усилитель переменного тока; *20* — реверсивный двигатель вторичного прибора; *21* — стрелка вторичного прибора

происходит на конденсаторе C_{19}. При наличии напряжения на конденсаторе C_{19} нарушается баланс модулятора.

Блок питания *III* обеспечивает подачу анодного напряжения на лампы генератора, на фотоэлемент и на электрометрический каскад.

В корпусе электронного моста ЭМД-212 устанавливаются блок фотоэлемента, электронный блок *II*, блок генератора, узел газосветной лампы, узлы переключающей и компенсационной шторок, узел кювет.

Для прокачивания контролируемого воздуха применен насос НМ-449, который крепится на задней стенке ЭМД-212 (снаружи). Фильтр, поглощающий ртуть, представляет собой коробку противогаза БЕ марки «Г». Пылевые фильтры — сменные тканевые фильтры из материала ФПП-15.

Порог чувствительности 0,001 *мг/м*^{3}; быстродействие прибора 10 *сек* на шкалу. Прибор выполнен в герметичном, а насос в защищенном исполнении.

В комплект поставки ИКРП-446 входят следующие изделия: прибор ИКРП-446, насос, пробоотборник, эталонный источник ртутных паров (один на пять комплектов), фильтр на ртуть.

Во избежание искажений, возникающих от действия вентиляции и сквозняков пробоотборник подвешивается в вертикальном положении. Трубки должны быть защищены от охлаждения (по сравнению с температурой в точке отбора). Допускается монтаж соединительных линий хлорвиниловой или стеклянной трубкой с внутренним диаметром не менее 4 *мм*. Расстояние между пробоотборником и прибором не ограничивается.

В случае резких колебаний концентрации ртутных паров рекомендуется установить между пробоотборником и прибором демпфирующую емкость — стеклянную бутыль на 5—8 *л*. При наличии резких колебаний напряжения сети питание прибора должно осуществляться через феррорезонансный стабилизатор напряжения мощностью 200 *в·а*. Габаритные размеры блока питания 380×280×150 *мм*.

Фотоколориметрический газоанализатор на Cl_2 типа ФКГ-3. Действие газоанализатора основано на изменении интенсивности окраски индикаторной ленты при воздействии на нее хлора. Лента пропитывается в корпусе прибора крахмальным раствором иодистого кадмия. При взаимодействии с хлором из него выделяется свободный иод, в результате чего индикаторная лента приобретает фиолетовую окраску. Интенсивность окраски зависит от концентрации хлора в газовой смеси, проходящей через прибор.

Принципиальная схема прибора приведена на рис. V.28. Световые пучки от осветительной лампы *5* с помощью собирательных линз *4* направлены через защитные стекла *3*, отверстия в рабочем *2* и сравнительном *6* фотосопротивлениях на движущуюся индикаторную *1* и сравнительную неподвижную *7* ленты. Индикаторная лента движется со скоростью 6 *мм/мин*. Отраженные от ленты потоки, попадают на фотосопротивления *2*, *6*, которые включены по дифференциальной схеме. При равенстве потоков показания прибора будут соответствовать нулевому значению концентрации.

В комплект газоанализатора входят: датчик, блок подготовки газа, фильтр, панель дистанционного управления, стабилизатор напряжения. В качестве вторичного прибора используется электронный потенциометр любой модификации с пределами измерения до 16,76 *мв* с измененной шкалой и манганиновым сопротивлением для температурной компенсации вместо медного. Блок подачи газа состоит из побудителя расхода типа НЭВ (мембранного насоса с электромагнитным приводом) и ротаметра типа РС-3А.

Газоанализатор предназначен для работы во взрывобезопасном помещении. Для очистки анализируемого воздуха от пыли перед входным штуцером блока подачи газа устанавливается стеклянный переходник со слоем ваты толщиной 20 *мм*. Для предотвращения коррозии датчика корпус его

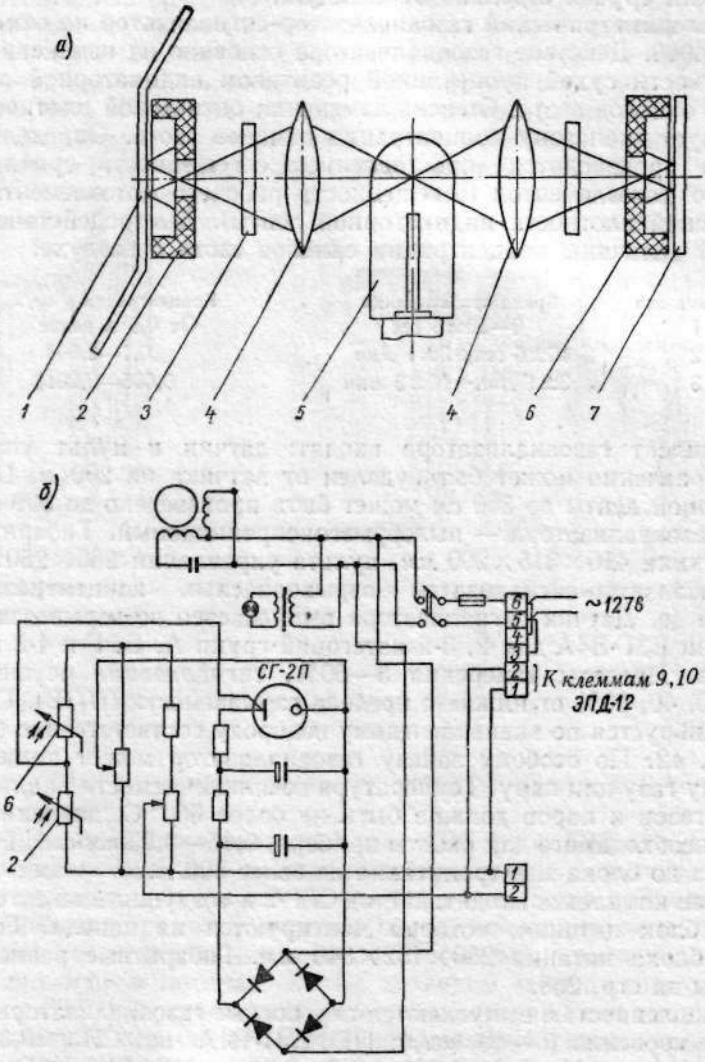


Рис. V.28. Газоанализатор ФКГ-3: *а* — оптическая схема; *б* — электрическая схема

продувается чистым воздухом; расход его 400 ± 100 *л/ч*. Воздух подается под давлением в 1 *кгс/см*^{2} через штуцер с входным отверстием диаметром 0,6 *мм*.

Корпус датчика пылебрызгонепроницаемый. Для уменьшения запаздывания датчик должен быть установлен возле точки отбора воздуха; его следует монтировать на щите, а под ним монтировать блок подачи газа (на расстоянии не более 20 *см* от датчика).

Газоподводящая линия должна быть выполнена трубкой диаметром 8×1 *мм* из титанового сплава ВТ-1 или из винипласта. Расстояние вторичного прибора от датчика не должно превышать 100 *м* (по трассе). Соединительные провода должны монтироваться в металлических заземленных шлангах или трубах отдельно от силовых.

Фотоколориметрический газоанализатор-сигнализатор на окислы азота типа ФК-0060. Действие газоанализатора основано на изменении оптической плотности сухой пропитанной реактивом индикаторной ленты под действием окислов азота. Степень изменения оптической плотности ленты соответствует диапазону концентрации окислов азота. Определение концентрации производится сопоставлением освещенности сравнительного и рабочего фотоэлементов (освещенность рабочего фотоэлемента зависит от оптической плотности индикаторной ленты). Быстродействие прибора зависит от величины концентрации окислов азота в воздухе:

№ диапазона	Время срабатывания	Концентрация в *мг/л*
1	0—10±5 *сек*	От 0,1 и выше
2	10±5 *сек*÷3±1 *мин*	0,1—0,005
3	3±1 *мин*÷10±3 *мин*	0,005—0,0018

В комплект газоанализатора входят: датчик и пульт управления. Пульт управления может быть удален от датчика на 200 *м*. При длине индикаторной ленты до 500 *см* может быть произведено до 390 анализов. Датчик газоанализатора — пылебрызгонепроницаемый. Габаритные размеры: датчика 410×315×200 *мм*, пульта управления 260×250×140 *мм*.

Газоанализатор-сигнализатор взрывоопасных концентраций типа СВК-3М и др. Датчик сигнализатора выпускается во взрывозащищенном исполнении ВЗГ-В4А для 2, 3-й категорий групп А, Б, Г и 4-й категории группы А. Пределы измерения 5—60%, сигнализация осуществляется при 10, 20, 40, 60% от нижнего предела взрываемости (*НПВ*). Газоанализатор калибруется по эквивалентному водороду соответственно (% *НПВ*): 7, 14, 27, 42. По особому заказу газоанализатор может калиброваться по другому газу или пару. Температура воспламеняемости анализируемых горючих газов и паров должна быть не более 650° С; давление сжатого воздуха, необходимого для работы прибора, 0,15—0,25 *кгс/см*^{2}. Расстояние от датчика до блока электропитания не более 500 *м*.

В состав комплекта входят: датчик СГГ-2 и воздушный эжектор, фильтр воздуха, блок питания, которые монтируются на панели. Габаритные размеры блока питания 250×152×340 *мм*. Габаритные размеры СГГ-2 приведены на стр. 238.

Промышленностью выпускаются переносные газоанализаторы ПГФ2М1 на пары керосина (0—40 *мг/л*); ПГФ2М1-И1А на CH_4 (0,37—1,2%); ПГФ2М1-И4А на H_2 (0,2—0,6%, 0,6—3,7%); ПГФ2М1-И3Г и ИВК-1 на различные газы и пары (пределы измерения приведены в табл. V. 8). Габаритные размеры всех четырех модификаций ПГФ2М1 204×132×100 *мм*; исполнение ПГФ2М1-И1А, ПГФ2М1-И3Г, ПГФ2М1-И4А — искробезопасное.

Изготовитель: ОКБА, Тульский филиал.

Габаритные размеры ИВК-1 204×132×100 *мм*.

Изготовитель: ОКБА, Харьковский филиал.

Для санитарно-гигиенических целей выпускается газоанализатор ИСВ-2 на H_2S (0,05—0,5%) в воздухе помещений.

Изготовитель: Приборостроительный завод, Баку.

10. Газоанализаторы на SO_2

Анализ газовых смесей на содержание SO_2 производится двумя видами газоанализаторов: электрическими и электрохимическими. В электрических газоанализаторах используется метод сравнения теплопроводностей анализируемой газовой смеси и воздуха в схеме неравновесного моста постоянного тока. Электрохимические газоанализаторы основаны на методе электрохимической компенсации. Последний состоит в непрерывном титровании SO_2 йодом, выделяющимся электролитически из раствора, который абсорбирует анализируемый газ; изменение содержания йода компенсируется изменением тока электролиза.

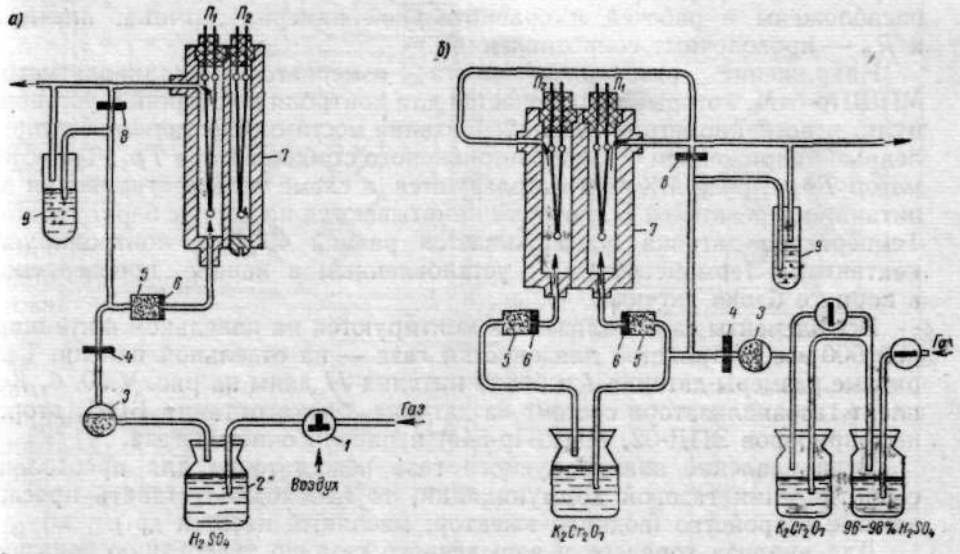


Рис. V.29. Газовые схемы газоанализаторов ГЭБ-У2 (*а*) и ГЭД-У3 (*б*)

Электрические газоанализаторы типов ГЭБ-У2 и ГЭД-У3. Газоанализаторы предназначены для работы в лабораторных и производственных условиях, где контролируемый газ хорошо очищается от механических и туманообразных примесей. Газовые смеси, контролируемые газоанализатором ГЭБ-У2, не должны содержать, кроме SO_2, других компонентов, имеющих различную по сравнению с воздухом теплопроводность. Газоанализатор ГЭД-У3 предназначен для измерения концентрации SO_2 в газовой смеси, содержащей CO_2; теплопроводность анализируемой газовой смеси в этом случае сравнивается с теплопроводностью смеси, состоящей из воздуха и CO_2. Пределы измерения (в % об.): 0—10; 0—15; 0—20. Основная погрешность $\pm 2\%$ от предела измерения.

Газовая схема газоанализатора ГЭБ-У2 приведена на рис. V.29, *а*. Анализируемый газ через трехходовой кран *1* поступает для предварительной осушки в склянку *2* с концентрированной H_2SO_4; затем через контрольный фильтр *3* попадает в рабочую камеру блока датчика *7*, в которой находится платиновая нить $П_1$; расход газа через рабочую камеру постоянен и не превышает 75 *л/мин*. Для стабилизации расхода служит маностат *9* и диафрагма *6* ($d = 0{,}2$ *мм*) в предохранительном ватном фильтре *5*. Диафрагма *8*, установленная параллельно датчику *7*

и маностату *9*, уменьшает инерцию прибора. Диаметр проходного сечения диафрагмы *8* подбирается в зависимости от длины газоподводящей линии равным 0,4—0,8 *мм*. Диафрагма *4* устраняет пульсацию давления газа в подводящей линии.

В газоанализаторе ГЭД-У3 сравнительная газовая смесь очищается от SO_2 в склянке 96—98% H_2SO_4.

Корпус датчика выполнен в виде массивного латунного блока с просверленными в нем цилиндрическими камерами — рабочими и сравнительными, в которых находятся платиновые нити $П_1$, $П_2$.

Электрическая схема газоанализатора приведена на рис. V.30, *а*. Измерительный мост состоит из двух платиновых сопротивлений $П_1$, $П_2$ и двух сопротивлений R_1, R_2. В газоанализаторе ГЭБ-У2 два плеча ($П_1$ и $П_2$) расположены в рабочей и сравнительной камерах датчика; плечи R_1 и R_2 — проволочные сопротивления.

Напряжение разбаланса моста измеряется милливольтметром МПЩПр-54М, который подключается для контроля показаний и установки нуля, и потенциометром ЭПД-12. Питание моста осуществляется выпрямленным напряжением от феррорезонансного стабилизатора $Тр_1$. Трансформатор $Тр_2$ и реле МКУ-48 используются в схеме термостатирования для питания нагревателей $Н$, которые наматываются на корпус блока датчика. Температура датчика поддерживается равной 40° С и контролируется контактным термометром $КТ$, установленным в канале, просверленном в корпусе блока датчика.

Все элементы газоанализатора монтируются на панельном щите шириной 900 *мм*, устройства для очистки газа — на отдельной панели. Габаритные размеры датчика *I* и блока питания *II* даны на рис. V.30, *б*. Комплект газоанализатора состоит из датчика, блока питания БП-1, вторичных приборов ЭПД-02, МПЩПр-54М и панели очистки газа.

Если давление анализируемого газа недостаточно для преодоления сопротивления газовой коммуникации, то необходимо ставить просасывающее устройство (водяной эжектор, масляный насос и др.).

Для анализа горячего и запыленного газа по требованию заказчика поставляется асбестовый или керамический фильтр: при температуре ниже 600° С асбестовый, при температуре выше 600° С — керамический.

В случае, если анализируемый газ содержит туман серной кислоты, дополнительно поставляются электрофильтр, солевой фильтр и бутыль для аккумуляторной серной кислоты (90—92% H_2SO_4). Максимальная длина газовой линии между датчиком и точкой отбора газа 10—15 *м*. Фильтр для очистки газа от пыли и тумана серной кислоты должен быть установлен у точки отбора газа на анализ.

Изготовитель: Опытный завод УНИХИМа, Свердловск.

Электрохимический газоанализатор типа ЭХГ-5. Йод, необходимый для титрования SO_2, выделяется электролитически, путем генерации его из раствора, абсорбирующего анализируемый газ. Количество выделяемого йода эквивалентно количеству поступающего в газоанализатор SO_2. Выделение требуемого количества йода обеспечивается автоматическим регулированием тока электролиза в цепи электрохимической компенсации. При постоянном расходе газовой смеси через газоанализатор ток электролиза пропорционален концентрации анализируемого газа.

Титрование SO_2 производится в электрохимической ячейке *I* (рис. V.31, *а*), заполненной подкисленным водяным раствором йодистого калия, в котором находятся измерительные электроды и электроды электролиза. Анализируемая газовая смесь поступает в реакционную

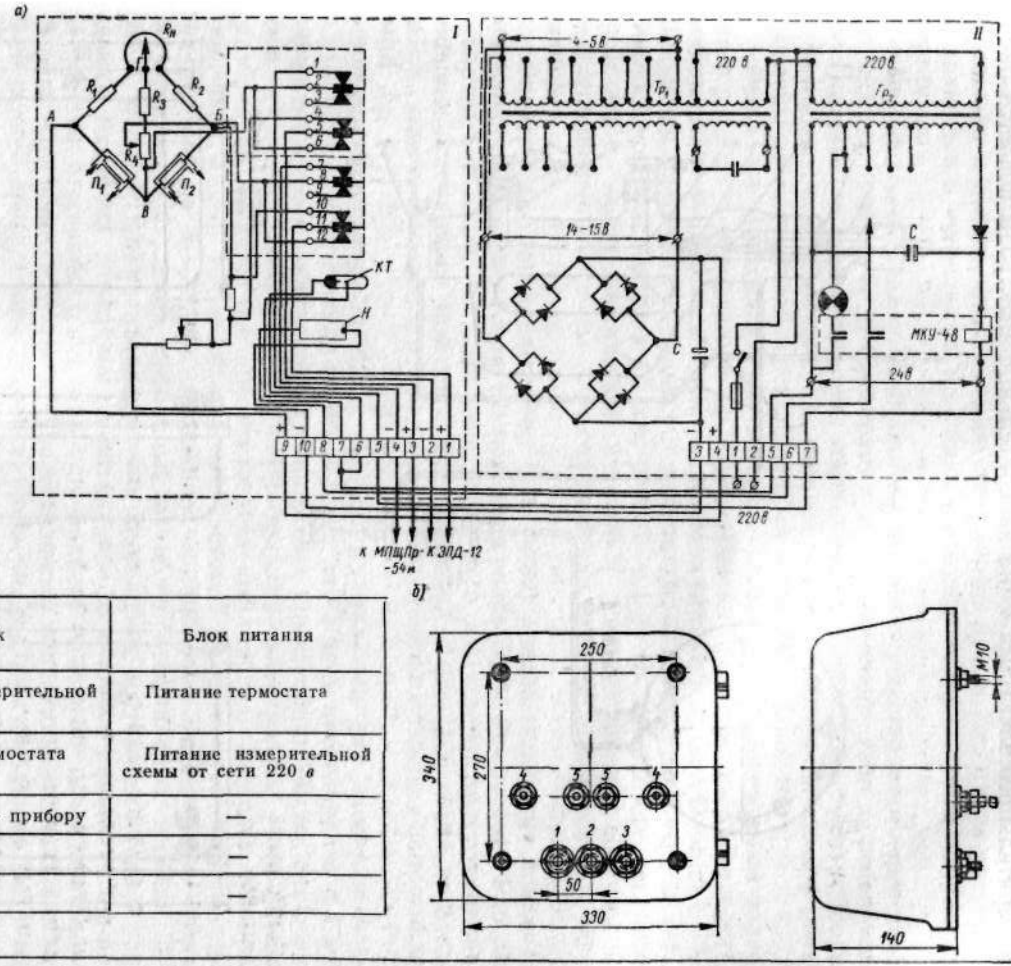


Рис. V.30. Датчик и блок питания газоанализаторов ГЭБ-У2 и ГЭД-У3:
а — электрическая схема;
б — общий вид

№ штуцера	Датчик	Блок питания
1	Питание измерительной схемы	Питание термостата
2	Питание термостата	Питание измерительной схемы от сети 220 *в*
3	К вторичному прибору	—
4	Вход газа	—
5	Выход газа	—

камеру *1* и барботирует в раствор через стеклянный фильтр *2*. При этом содержащийся в смеси SO_2 абсорбируется раствором и окисляется йодом. Изменение содержания йода вызывает изменение потенциала платинового измерительного электрода *5* (на измерительные электроды подается опор-

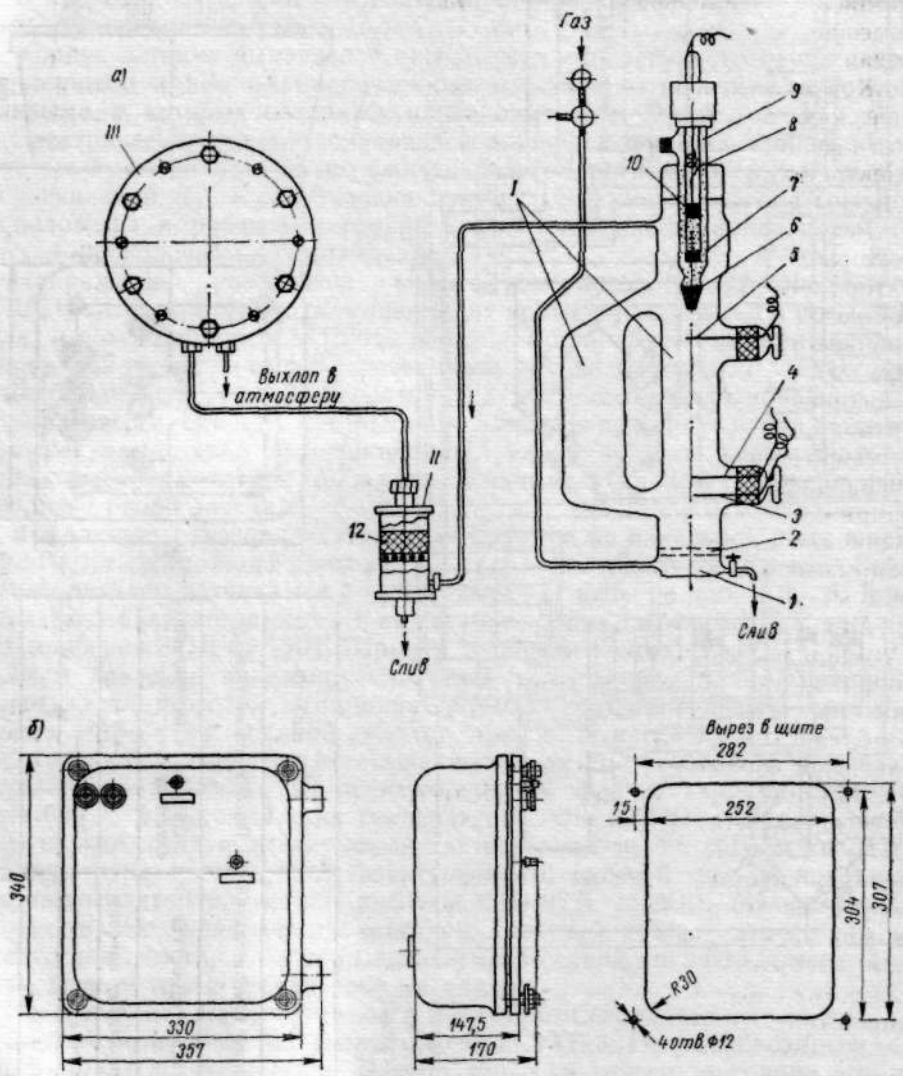


Рис. V.31. Датчик газоанализатора ЭХГ-5: *а* — принципиальная схема; *б* — корпус датчика

ное напряжение). Разность между опорным напряжением и разностью потенциалов измерительных электродов подается на вход электронного усилителя. Соответственно меняется напряжение постоянного тока на выходе усилителя, ток электролиза и количество генерируемого йода, необходимого для титрования. При пропуске через раствор KJ постоянного тока на аноде *4* выделяется йод, а на катоде *3* образуется KOH и выделяется H_2. При титровании SO_2 окисляется до H_2SO_4, которая

накапливается в растворе, а HJ взаимодействует с KOH, образуя вновь KJ.

Измерительный каломельный электрод *9* выполнен в виде стеклянной трубки, в которую впаяна платиновая проволока *8* и введены ртуть *10*, каломель и насыщенный раствор хлористого калия *7*. Трубка электрода помещается в стеклянную пробирку с насыщенным раствором хлористого калия.

Контакт электрода с электролитом ячейки осуществляется через керамическую пробку *6*. Концентрация анализируемого газа определяется по падению напряжения на эталонном сопротивлении электроблока. Электроды цепи электролиза в нижней части реакционной камеры изготовлены из платиновой жести (катод *8*) и из сетки (анод *4*).

Регулятор расхода *III* служит для поддержания постоянным заданного расхода газа через прибор. При изменении давления на входе в регулятор от 400 до 1000 *мм вод. ст.* расход газа меняется не более чем на ±2%. Диапазон настройки регулятора: для пределов измерения 0—0,5% устанавливается расход газа 10 *л/ч*; для 0—0,1 — 15 *л/ч*. Между регулятором *III* и электрохимической ячейкой *I* устанавливается ловушка *II* с активированным углем *12*, исключающая попадание жидкости в регулятор.

Электроблок газоанализатора (рис. V.32) предназначен для усиления сигнала, снятого с измерительных электродов $Э_к$ и $Э_п$ ячейки. Рабочее напряжение измерительных электродов (275 *мв*) компенсируется напряжением постоянного тока от сухого элемента *E* (2с-Л-Э) через делитель напряжения, состоящий из трех последовательно включенных сопротивлений R_1, R_2, R_3.

Микроамперметр (М-592) с шунтом $R_ш$ включен для проверки тока. Суммарное сопротивление подобрано так, что в цепи протекает ток в 1 *ма*; сопротивление R_2 обеспечивает напряжение компенсации 275 *мв*, включенное навстречу напряжению измерительных электродов. Напряжение разбаланса подается на преобразовательный каскад, который преобразует постоянный ток в переменный частотой 50 *гц* и повышает входное напряжение в 8—10 раз. Усиленное напряжение подается на фазочувствительный каскад, собранный на полупроводниковых триодах П-4 ($ПП_1$ и $ПП_2$), для преобразования в напряжение постоянного тока и усиления мощности. Эталонное сопротивление, с которого снимается напряжение на вторичный самопишущий прибор, включено последовательно в цепь электролиза $Э_э$. Величина эталонного сопротивления выбрана такой, чтобы предельное падение напряжения на нем составило 16,75 *мв*. Сопротивление R_9 шунтирует цепь электролиза и включается только для диапазона 0—0,1%.

В схеме электроблока имеется двухполупериодный выпрямитель для анодной обработки измерительного платинового электрода напряжением 5 *в*. Габаритные размеры датчика приведены на рис. V.31, *б*; габаритные размеры электроблока 288×422×166 *мм*.

В качестве самопишущего вторичного прибора могут быть использованы электронные потенциометры со 100-процентной равномерной шкалой.

В комплект газоанализатора входят: датчик, электроблок, вторичный прибор типа ПС, ПСР или ЭПД и газопросасывающее устройство (воздушный эжектор ВЭЖ-2 в комплекте с панелью дистанционного управления ПДУ-2 с фильтром воздуха ФВ-10 или водоструйный насос). В комплект газоанализатора ЭХГ-5А дополнительно включаются ловушки для жидкого SO_3 и очистная колонка. Абсолютное давление анализируемой

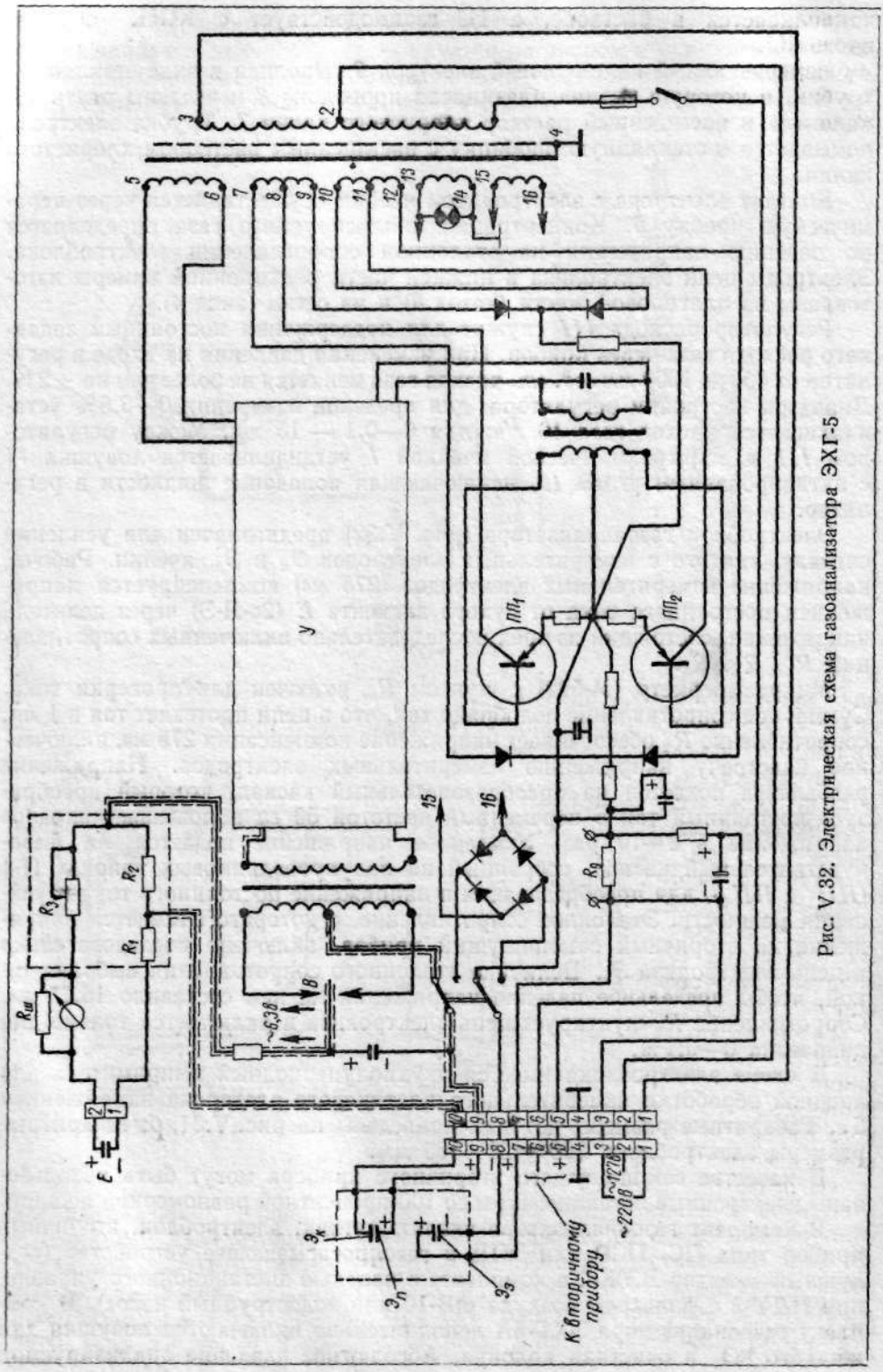


Рис. V.32. Электрическая схема газоанализатора ЭХГ-5

газовой смеси 9900—11 000 *мм вод. ст.* Основная погрешность ±5% от верхнего предела измерения; дополнительная погрешность: от изменения температуры окружающей среды на 10° С ±3%, от изменения давления газовой смеси на 300 *мм вод. ст.* ±2,5%. Питание от сети 127 или 220 *в*, 50 *гц*. Остальные технические характеристики приведены в табл. V.10.

Таблица V.10

Технические характеристики газоанализаторов ЭХГ-5

Модификация	Пределы измерения в % об.	Анализируемая газовая смесь		Время установления показаний	Запаздывание
		Область применения	Расход в *л/ч*	*мин*	
ЭХГ-5А	0—0,5	Газовая смесь после контактирования в производстве H_2SO_4	10	10	6 *
ЭХГ-5В	0—0,1 0—0,5	Газовые смеси, не содержащие H_2O, Cl_2, SO_3	10—15	3	1

* При работе с очистной колонкой.

Анализируемая газовая смесь не должна содержать капельно-жидкой влаги, механических примесей и масла; после контактирования в производстве серной кислоты ее нужно очистить от серного ангидрида. Не допускается применение для газоподводящей линии резиновых и полихлорвиниловых трубок.

Длина газоподводящей линии между местом забора и очистной колонкой должна быть не более 1—3 *м*. В тех случаях, когда давление газа менее 800 *мм вод. ст.*, подача газа производится с помощью просасывающего устройства.

Схемы включения газоанализатора ЭХГ-5 приведены на рис. V.33. Если сопротивление очистного устройства превышает 200 *мм вод. ст.*, то давление газа на входе в прибор должно быть более 1000 *мм вод. ст.* соответственно увеличению сопротивления. Очистка газа может производиться электрофильтром или другими очистными устройствами, задерживающими SO_3.

Газоподводящая линия к газоанализатору, работающему на газовой смеси без SO_3, может быть выполнена из стекла, стали ЭИ-629, свинца, винипласта, фторопласта и других материалов, стойких к SO_2. Применение арматуры и труб из обычной углеродистой стали при анализе влажного газа не допускается. Длина соединительных проводов между датчиком и электроблоком должна быть не более 100 *м*.

Изготовитель: ОКБА, Москва.

11. Термокондуктометрические газоанализаторы на SO_2, NH_3, O_2, H_2 и Ar типа ТКГ

Действие газоанализатора основано на сравнении теплопроводностей двух газовых смесей в схеме неравновесного моста постоянного тока: для ТКГ-4 и ТКГ-10 — анализируемой смеси и воздуха, для ТКГ-5,

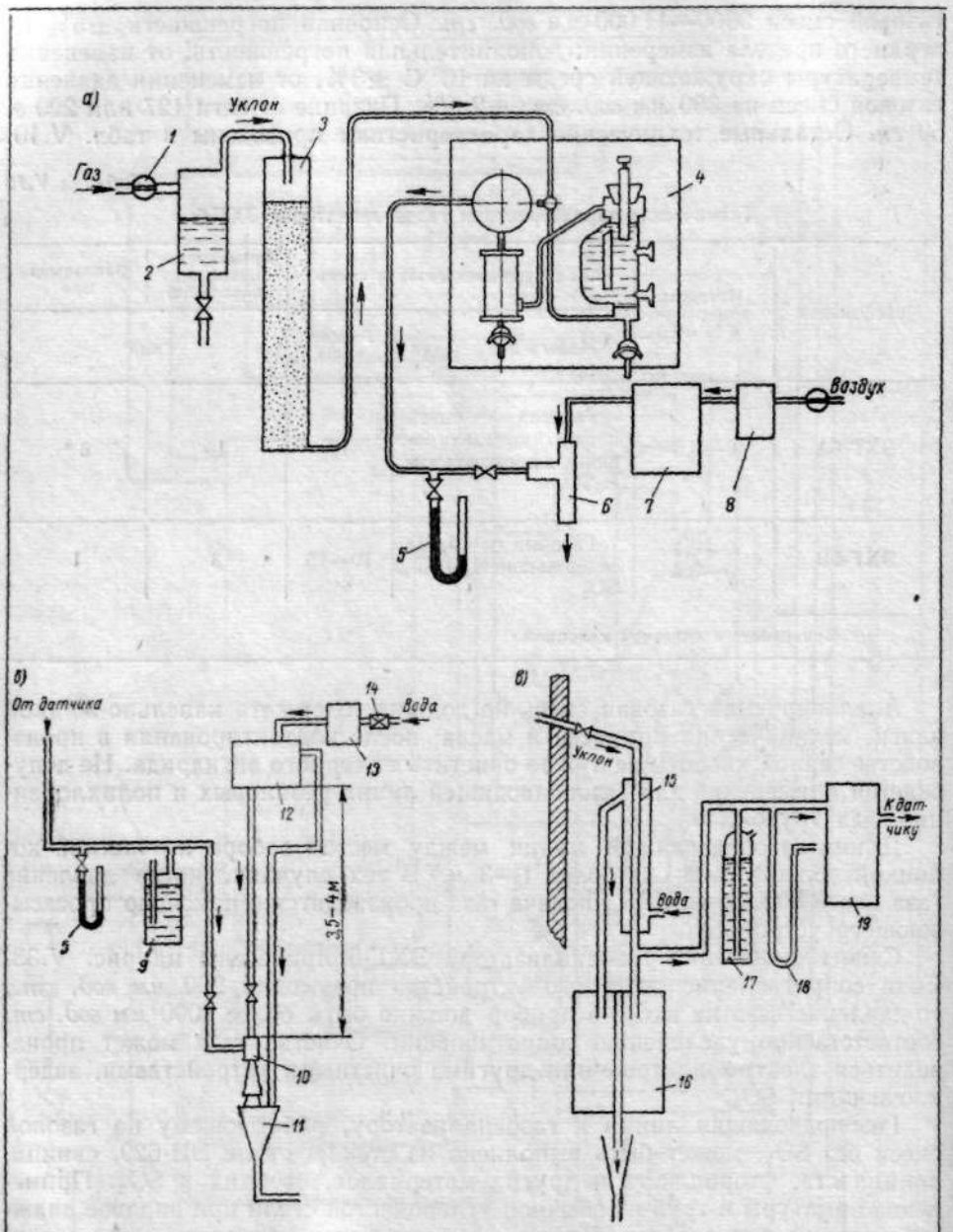


Рис. V.33. Схемы газовых соединений газоанализатора ЭХГ-5: *а* — с эжектором; *б* — с водоструйным насосом; *в* — для отбора влажных, нагретых, загрязненных газов под давлением

1 — кран; *2* — ловушка жидкого SO_3; *3* — очистная колонка; *4* — датчик; *5* — манометр на 1000 *мм вод. ст.*; *6* — воздушный эжектор; *7* — панель ПДУ-2; *8* — фильтр воздуха ФВ-10; *9* — маностат на 1000 *мм вод. ст.*; *10* — водоструйный насос; *11* — сливная воронка; *12* — напорный бачок; *13* — фильтр для воды; *14* — кран на линии воды; *15* — холодильник; *16* — водоотделитель; *17* — маностат; *18* — манометр; *19* — очистное устройство

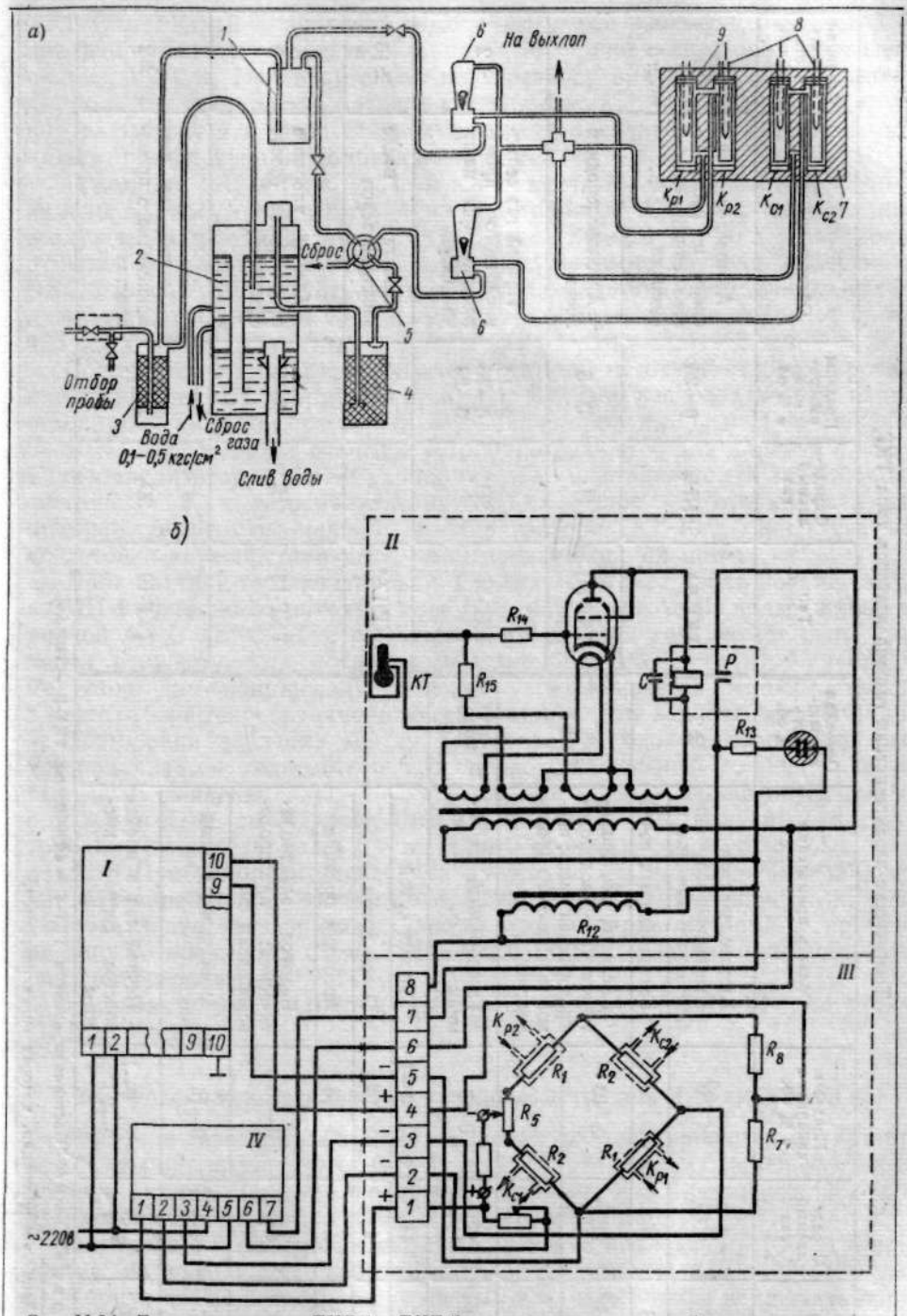


Рис. V.34. Газоанализаторы ТКГ-4 и ТКГ-5: *а* — газовая схема; *б* — электрическая схема:

I — вторичный прибор; *II* — источник питания; *III* — датчик; *IV* — блок питания; *1* — балластный бачок; *2* — отмывочный бачок; *3* — фильтр; *4* — осушитель; *5* — кран; *6* — ротаметр; *7* — датчик; *8* — платиновые элементы; *9* — гильза

Таблица V.11

Технические характеристики газоанализаторов типа ТКГ

Тип	Определяемый газ	Пределы измерения в % об.	Область применения	Основная погрешность в % об.
ТКГ-4Б	H_2	50—80	Азотоводородная смесь в производстве синтетического аммиака	±2
ТКГ-4В	H_2	0—20	Газ карбидных печей	
ТКГ-4И	H_2	0—10	Кислород электролитический; водородокислородная смесь; печной газ сажевого производства	±5
ТКГ-4с	H_2	5—20		
ТКГ-4Н	H_2	0—1	Газообразный аммиак	±10
ТКГ-4Х	H_2	0—2, 0—4	Хлоргаз сухой	±5
ТКГ-4Р	Ar	70—100	Сырой аргон	
ТКГ-4П	Ar	0—15	Аргонная фракция	
ТКГ-4К	O_2	0—10	Водород электролитический; кислородоводородная смесь	
ТКГ-4Г	NH_3	0—16	Аммиачновоздушная смесь	
ТКГ-4д ТКГ-4ц	SO_2	0—10; 0—15 0—20	Печной газ в производстве серной кислоты	
ТКГ-5А	NH_3	0—25	Азотоводородная смесь в производстве синтетического аммиака	±5
ТКГ-5Б	H_2	0—5	Аргоноводородная смесь	
ТКГ-5Г	SO_2	0—10 0—15 0—20	Печной газ сернокислотного производства при наличии CO_2	±2
ТКГ-17 *	H_2	2±0,6	Хлоргаз после электролизеров	±15
ТКГ-18	H_2	0—5	Абгазы хлорного производства (после сжигания)	±5
ТКГ-10	SO_2	0—10 0—15	Печной газ сернокислотного производства	±2

Примечание. Постоянная времени ТКГ-4 — 50—60 *сек*; ТКГ-5 — 180 *сек*.

* Дана концентрация, которая сигнализируется.

ТКГ-17 и ТКГ-18 — анализируемой смеси и той же смеси, очищенной от анализируемого компонента. Газовая схема газоанализаторов приведена на рис. V.34, *а*. Предварительно подогреваясь при движении по каналу датчика, газ поступает в рабочие камеры K_{p_1}, K_{p_2}, откуда диффундирует внутрь гильзы *9* и омывает нити плечевых элементов. В результате меняется температура и сопротивление R_1.

В датчике ТКГ-4 (рис. V.34, *б*) плечи моста R_1 помещены в проточные камеры K_{p1} и K_{p2}, а плечи R_2 — в сравнительные K_{c1} и K_{c2}, заполненные воздухом. В газоанализаторе ТКГ-5 через камеры K_{c1} и K_{c2} проходит отмытая от аммиака смесь. Габаритные размеры датчика аналогичны ЭХГ-5 (рис. V.31, *б*). Питание моста осуществляется от источника стабилизированного питания СИП-4, выходное напряжение которого 4 *в*, ток 425 *ма* ± 10%. Габаритные размеры СИП-4 228×472×166 *мм*.

Состав комплекта газоанализатора: датчик, источник стабилизированного питания СИП, вторичный прибор, регулятор расхода, фильтр, влагоотделитель, гидрокомпрессор (к газоанализатору на O_2 и H_2 со шкалой 0—10%), газоотборное очистное устройство, эжектор для анализа на SO_2. К газоанализатору ТКГ-4С дополнительно поставляется пробоотборная система ПС-2, к газоанализатору ТКГ-5 — блок подготовки газа для отмывки смеси от аммиака. В газоанализаторе ТКГ-10 датчик и система подготовки газа поставляются смонтированными на щите.

Блок датчика термостатирован. Обмотка обогрева блока подключается к СИП-4 с помощью контактов реле *Р*. Температура блока поддерживается равной 40 ± 0,5° С. Для регулирования расхода газа может быть применен регулирующий ротаметр или мембранный регулятор расхода. Редуктор для понижения давления устанавливается непосредственно в месте отбора газа на технологической линии. Для защиты газовой линии от повышения давления между редуктором и блоком подготовки газа устанавливается гидрозатвор или предохранительный клапан, рассчитанный на давление 2000—4000 *мм вод. ст.* Давление газа перед прибором 200 *мм вод. ст.* Присоединение ротаметров к датчику производится трубками длиной не более 0,5 *м*. Длины обеих трубок должны быть одинаковы. Прибор предназначен для работы во взрывобезопасном помещении. Питание прибора от сети 220 *в*, 50 *гц*; потребляемая мощность 150 *в·а*. Сопротивление трех проводов линии от источника питания к прибору не должно превышать 3 *ом*. Технические характеристики газоанализаторов приведены в табл. V.11.

Изготовитель: ОКБА, Харьковский филиал. ТКГ-18 поставляет ОКБА, Москва.

12. Фотоколориметрический газоанализатор на H_2S типа ФКГ-2

Действие газоанализатора основано на фотометрировании индикаторной ленты аналогично ФКГ-3 (§ 1, п. 9). Лента пропитывается раствором ацетата свинца. Потемнение ленты вызывает PbS, выделяющийся при взаимодействии ацетата свинца с сероводородом.

Оптическая и электрическая схемы датчика аналогичны ФКГ-3 и приведены на рис. V.28. Габаритные размеры датчика 288×422×166 *мм*.

Корпус датчика продувается чистым воздухом, чтобы исключить образование взрывоопасных концентраций выделяющихся газов. Термостатирование датчика осуществляется продуваемым воздухом, который нагревается в нагревательном устройстве. Чувствительным элементом схемы термостатирования является контактный термометр. При достижении

температуры 40° С разрываются контакты в цепи питания электронного реле, контакты которого включены в цепи питания датчика и нагревательного устройства. Воздух, подаваемый на продувку, предварительно очищается фильтром от влаги, масла и пыли. Давление воздуха поддерживается равным 1 *кгс/см²* панелью дистанционного управления типа ПДУ. В корпус воздух поступает через эжектор, который засасывает часть воздуха из прибора. При падении давления воздуха ниже 0,4 *кгс/см²* срабатывает реле давления и через реле времени Е-52 разрывает цепь питания прибора.

Газоанализатор выпускается на три предела измерения: 0—150 *мг/нм³*; 0—0,005%; 0—0,03 *мг/л* H_2S. Газ подается на газоанализатор под давлением 2000 *мм вод. ст.* при температуре 10—40° С. Расход газа составляет 4 *л/ч* для шкал 0—150 *мг/нм³* и 0—0,005% H_2S, для шкалы 0—0,03 *мг/л* H_2S расход должен быть не менее 12 *л/ч*.

Газоанализатор предназначен для работы во взрывобезопасном помещении. Питание осуществляется от сети 220 *в*, 50 *гц*; потребляемая мощность 300 *в·а*.

Погрешность и время запаздывания приведены в табл. V.7.

В комплект газоанализатора входят: датчик, вторичный прибор на базе потенциометра с пределами измерения до 17 *мв*, реле давления типа РлД-1, электронное реле ЭлР-1, панель дистанционного управления ПДУ-2, реле времени Е-52 на 220 *в*, стабилизатор напряжения С-0,09, фильтр воздуха ФВ-10, влагоотделитель, побудитель расхода (побудитель расхода и влагоотделитель поставляются по особому заказу). Датчик устанавливается возле точки отбора газа; газоподводящая и воздушная линии выполняются стальной трубкой диаметром 8×1 *мм*.

Изготовитель: ОКБА, Воронежский филиал.

13. Газоанализаторы ультрафиолетового поглощения на Cl_2 типа ГУП-2 и УФ6205—УФ6209

Газоанализатор ГУП-2 предназначен для определения содержания хлора в хлористом водороде (пределы измерения 0—2% Cl_2), ГУП-2А — в отходящих газах хлорирования титана (шкала 0—3% Cl_2), ГУП-2Б — в анодном хлоргазе титано-магниевого производства (шкала 40—100% Cl_2). Действие газоанализатора основано на принципе избирательного поглощения ультрафиолетового излучения анализируемым компонентом в газовой смеси.

Источником ультрафиолетового поглощения в датчике газоанализатора является ртутно-кварцевая лампа ПРК-4, возбуждаемая высокочастотным полем. Генератор высокочастотных колебаний собран на лампе 6П15П по трехточечной схеме (рис. V.35, *а*). Свет от лампы попадает через кювету, продуваемую исследуемой газовой смесью, на один фотоэлемент и непосредственно на второй фотоэлемент.

Фотоэлементы включены в цепи сеток триодов лампы 6П1П, которые работают по схеме симметричных катодных повторителей. При одинаковых сигналах, поступающих от фотоэлементов, разность напряжений на катодных сопротивлениях R_{16} и R_{17} триодов равна нулю.

При наличии хлора в газовой смеси часть излучения поглощается в кювете, в результате на катодных сопротивлениях создаются отличные друг от друга падения напряжения. Разность этих напряжений, пропорциональная содержанию хлора, измеряется вторичным прибором — потен-

циометром, шкала которого отградуирована в процентах содержания хлора.

Датчик прибора герметичен и продувается чистым воздухом под давлением. Термостатирование датчика осуществляется нагретым воздухом или азотом. Схема термостатирования аналогична схеме для ФКГ-3, температура термостатирования 50° С.

Газоанализатор предназначен для работы во взрывобезопасных условиях. Питание осуществляется от сети 220 *в*, 50 *гц*; потребляемая мощность 450 *в·а*.

Расход анализируемого газа через газоанализатор составляет 150 *л/ч* при давлении 25 *мм вод. ст.*, для ГУП-2А — 60 *л/ч*. Допустимое содержание влаги и механических примесей 1 *мг/нм*³. Азот

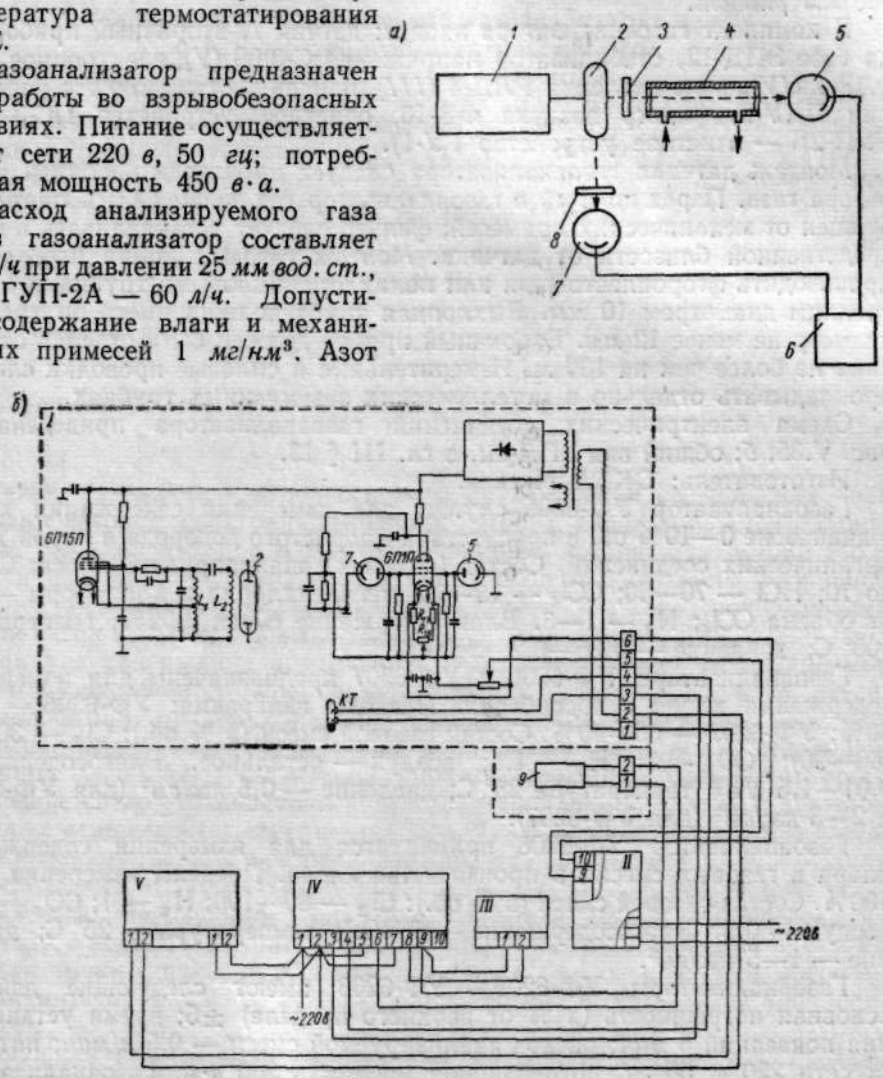


Рис. V.35. Газоанализатор ГУП-2: *а* — блок-схема; *б* — принципиальная электрическая схема и схема внешних электрических соединений

1 — генератор высокой частоты; *2* — газосветная лампа ПРК-4; *3*, *8* — фильтры; *4* — кювета; *5*, *7* — фотоэлементы; *6* — катодный повторитель; *9* — нагреватель

(или воздух) для продувки подается под давлением 0,6—0,9 *кгс/см*²; при падении давления ниже 0,4 *кгс/см*² реле давления выключает системы термостатирования. Расход азота составляет 300 ± 100 *л/ч*.

Время прогрева газоанализатора 3 *ч* с момента включения; время запаздывания (без учета газоподводящей линии) не превышает 10 *сек*,

время установления показаний 1 *мин*, для ГУП-2А — 2 *мин*. Уход нулевой точки за сутки 5% от 100% шкалы. Основная погрешность не превышает ±5% от диапазона шкалы. Дополнительная погрешность не превышает: ±5% — на каждые 10° изменения температуры окружающей среды от 20° С; ±1% — на каждые 7,6 *мм рт. ст.* при отклонении давления от 760 *мм рт. ст.*

В комплект газоанализатора входят: датчик *I*, вторичный прибор *II*, на базе ЭПД-12, стабилизатор напряжения С-0,09 (*V*), электронное реле ЭЛР-1 (*IV*), реле давления РЛД-4 (*III*), панель дистанционного управления ПДУ-2, фильтр воздуха ФВ-10, очистное устройство ПС-3 (для ГУП-2Б — очистное устройство ГУ-1).

Монтаж датчика газоанализатора следует производить вблизи места отбора газа. Перед подачей в газоанализатор газ должен быть тщательно очищен от механических примесей; фильтр следует устанавливать в непосредственной близости от датчика. Монтаж газовых линий необходимо производить фторопластовыми или полихлорвиниловыми трубками с внутренним диаметром 10 *мм*. Выхлопная труба должна иметь внутренний диаметр не менее 12 *мм*. Вторичный прибор должен быть отдален от датчика не более чем на 100 *м*. Измерительные и силовые проводки следует прокладывать отдельно в металлических заземленных трубках.

Схема электрических соединений газоанализатора приведена на рис. V.35, *б*; общий вид ЭПД см. в гл. III § 13.

Изготовитель: ОКБА, Москва.

Газоанализатор УФ-6205 служит для измерения содержания хлора в диапазоне 0—10% об. в присутствии хлористого водорода и паров хлорорганических соединений. Состав (в % об.) анализируемой смеси: Cl_2 — до 10; HCl — 70—80; CCl_4 — 15—20; метиленхлорид и хлороформ — 5% от объема CCl_4; N_2 — 1—3. Влагосодержание смеси 0,02%; температура 100° С; давление — 0,05—0,2 *кгс/см²*.

Газоанализаторы УФ-6206 и УФ-6207 предназначены для измерения содержания хлора в абсорберах. Пределы измерения: УФ-6206 — 30—60%; УФ-6207 — 60—90%. Состав газовой смеси (в % об.): Cl_2 — 30—60 (60—90); CO_2 — 2; H_2 — 1,5; воздух — остальное. Влагосодержание 0,01—1,5 *г/м³*; температура 25° С; давление — 0,5 *кгс/см²* (для УФ-6206) и 2—3 *кгс/см²* (для УФ-6207).

Газоанализатор УФ-6208 применяется для измерения содержания хлора в газовых смесях в производстве хлора. Пределы измерения 80—100%. Состав газовой смеси (в % об.): Cl_2 — 80—100; H_2 — 1; CO_2 — 1,5; воздух — 0,5. Влагосодержание — 1 *г/м³*; температура — 25° С; давление — 1—5 *кгс/см²*.

Газоанализаторы УФ-6205 — УФ-6208 имеют следующие данные: основная погрешность (в % от верхнего предела) ±5; время установления показаний 5 *мин*; расход анализируемой смеси — 0,5 *л/мин*; питание от сети 220 *в*, 50 *гц*, потребляемая мощность 200 *в·а*. Газоанализаторы устанавливаются во взрывобезопасном помещении.

В комплект газоанализаторов входят: рама с приемником, блоком фильтрации, соединительной коробкой СК-32 размерами 742 × 820 *мм*; панельный щит с электроблоком и самопишущим прибором (900×400 *мм*); стабилизатор напряжения С-0,28; разделительный трансформатор (173×176 *мм*); соединительная коробка СК-32; баллон с азотом. Щит с приемником устанавливается в непосредственной близости от места отбора; щит с самопишущим прибором — на расстоянии до 300 *м* от приемника.

В качестве вторичного самопишущего прибора применен электронный прибор ДСР-1 (см. гл. III, § 13).

Изготовитель газоанализаторов УФ-6205 — УФ6208 СКБ аналитического приборостроения АН СССР.

14. Спектрофотометрический газоанализатор на N_2 в газообразном аргоне типа СФ-4102

Газоанализатор СФ-4102 предназначен для измерения, регистрации и сигнализации (допустимых значений) примесей азота в газообразном аргоне. Прибор выпускается на два предела измерения: модификация А на 0—0,5% и модификация Б — на 0—0,1%. В состав анализируемой газовой смеси входят следующие компоненты (кроме азота):

Наименование компонента	Содержание в % об.	
	А	Б
O_2	0,05	0,01
CO_2	0,03	0,01
H_2	0,005	0,001
Ar	Остальное	—
Влага	1 *г/м*³	—

Действие газоанализатора основано на измерении соотношения двух световых потоков, спектральный состав которых характеризуется в одном случае линиями азота, а в другом — линиями аргона. Эти потоки выделяются различными светофильтрами из общего излучения разрядной трубки и воспринимаются двумя фотоэлементами $ФЭ_1$ и $ФЭ_2$, включенными в цепи сеток катодных повторителей.

Так как содержание аргона практически постоянно, то измеряемые потоки фотоэлементов пропорциональны содержанию азота в смеси. Соответственно пропорциональны падения напряжения на катодных сопротивлениях. Разность падений напряжения измеряется вторичным прибором-потенциометром и компенсируется реохордом, движок которого перемещается до установления равенства напряжений. Вместе с движком реохорда перемещается стрелка прибора, указывающая содержание азота.

Перед поступлением в газоанализатор смесь проходит очистку и осушку в фильтре-осушителе. Смесь имеет давление 150 *кгс/см*²; редуктором устанавливается необходимое давление. Газовая схема приведена на рис. V.36. Расход газа устанавливается по ротаметру 30 *л/ч*. Для проверки нулевой точки шкалы прибора используется баллон с чистым аргоном. Газоанализатор питается от сети 220 *в*, 50 *гц*; потребляемая мощность 0,9 *квт*.

Основная погрешность газоанализатора ±10% от верхнего предела измерения. Суммарная дополнительная погрешность от изменения напряжения питания на ±10% от 220 *в* и температуры окружающей среды на ±10° от 20° С не превышает основной погрешности.

Время прогрева газоанализатора 1 *ч*, время установления показаний 2 *мин*. Комплект газоанализатора поставляется смонтированным в шкафу размером 1605×625×500 *мм*. В состав комплекта входят: измерительный блок с вентилем напуска, высокочастотный генератор, выпрямитель, электронный самопишущий мост (на базе МСР1-03), редуктор ВР-0,5, баллон для чистого аргона, форвакуумный насос ВН-494 с электродвигателем, фильтр, вентиль запорный, переключатель.

Газоанализатор СФ-4102 предназначен для работы во взрывобезопасном помещении. Он может быть установлен на расстоянии 2 *м* от места отбора газа на анализ. Дублирующий прибор, подключаемый к МСР1-03, может быть отнесен от газоанализатора на расстояние до 150 *м*.

Изготовитель: Завод средств автоматики, Смоленск.

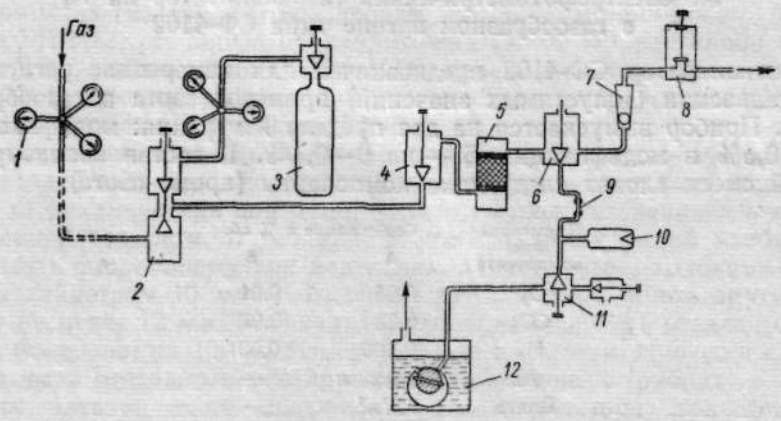


Рис. V.36. Газовая схема газоанализатора СФ-4102:

1 — редуктор ВР-0,5; *2* — вентиль-переключатель; *3* — баллон с контрольным газом; *4* — вентиль точной регулировки; *5* — фильтр; *6* — вентиль напуска; *7* — индикатор расхода; *8* — запорный вентиль; *9* — зарядная трубка; *10* — манометрическая лампа; *11* — вентиль запорный и напуска; *12* — вакуумный насос

15. Газоанализаторы для измерения концентраций различных газов

Технические характеристики газоанализаторов приведены в табл. V.12.

Газоанализатор микроконцентраций газов типа ФЛ-5501. Газоанализатор ФЛ-5501 предназначен для непрерывного или периодического показания и регистрации микроконцентраций различных газов. Действие газоанализатора основано на принципе фотоколориметрирования, при котором происходит химическая реакция между реактивом и анализируемым газом. Пределы измерения, скорость протекания анализируемой газовой смеси через газоанализатор, время реакции и расстояние от места отбора пробы до газоанализатора устанавливаются в процессе эксплуатации и выбора химической реакции для каждого определяемого газа. Индикаторный состав наносится на бумажную ленту во время анализа.

В показывающий и самопишущий прибор встроено трехконтактное позиционное регулирующее устройство с одним указателем задачи и устройство дистанционной передачи показаний.

В комплект газоанализатора входят: измерительный блок, электронный прибор, побудитель расхода, газовый переключатель, два химических фильтра, два сменных ротаметра на 0,15 и 1 *л/мин*. Ротаметр на 0,5 *л/мин* установлен в приборе. Газоанализатор смонтирован на подвесной панели шириной 429 *мм*, высотой 800 *мм*, глубиной 404 *мм*; установочные размеры 550×405 *мм*, диаметры четырех отверстий в передней панели для крепления 13 *мм*. В качестве электронного прибора использован МСР1-11 (см. гл. I, § 9). Время одного цикла работы 2,5; 5; 10 *мин*. Газоанализатор должен быть установлен во взрывобезопасном помещении. Монтаж производится трубками из нержавеющей стали наружным диаметром 10 *мм*.

Таблица V.12

Технические характеристики газоанализаторов различных газов

Тип	Определяемый газ	Пределы измерения в % об	Анализируемая газовая смесь				Напряжение питания в *в* (50 *гц*); потребляемая мощность в *в-а*	Время прогрева в *ч*	Запаздывание в *мин*	Основная погрешность в % от диапазона измерения
			Область применения	Давление в *кгс/см²*	Расход в *л/ч*	Температура в °С				
ФЛ-5501	Окислы азота; H_2S; SO_2; NH_3; Cl_2; озон	0—100	Микроконцентрации различных газов	0	9; 30; 60	5—50	127; 150	0,5	20	±10
АНТХ-2	Непредельные углеводороды	10—50	Углеводородная смесь (фракции C_1—C_4)	0,5—5	10	15—45	220; 500	—	—	±5
ГИП-60	Изобутилен	0—15	Бутан-бутиленовая фракция	1,1	45	0—40	127 или 220; 400	5	1	
ГИП-12 *	CO; CO_2; NO_2 CH_4 NH_3 Ацетилен; пропилен	0—0,05 0—0,1 0—0,5 0—1,0	Многокомпонентные газовые смеси	—	—	—	—	—	—	—
ГИП-12-21	Ацетальдегид	0—5% вес.	Спиртовая шихта в производстве дивинила	0,05	60	0—40	127 или 220; 500	3	5	±6
ГИП-12-22	Пропилен	0—40	Пропановая фракция					5	1	±5
ГИП-12-23	Этилен	0—5	Этановая фракция							±10
ГУД-1А	Дивинил	5—15	Контактный газ в процессе дегидрирования бутиленов	—	15—50	—	127 или 220; 400	4	0,1	±5
ГУД-2А		0—5	Бутан-бутиленовая фракция							

Примечание. Изготовители газоанализаторов АНТХ-2, ГИП-60, ГИП-12 и ГУД-1 — ОКБА, Воронежский филиал; изготовитель газоанализаторов ФЛ-5501: Завод средств автоматики, Смоленск.

* Приведенные пределы измерения являются минимальными; максимальный предел для всех определяемых газов 0—100% об.

Газоанализатор непредельных углеводородов типа АНТХ-2. Действие газоанализатора основано на принципе измерения теплового эффекта каталитической реакции гидрирования непредельных углеводородов газообразным водородом. Количество выделившегося тепла пропорционально количеству непредельных углеводородов, прошедших через катализатор в единицу времени. Прибор работает от сжатого водорода давлением 0,5 *кгс/см²*, расход 2—8 *л/ч*. Датчик газоанализатора выполнен во взрывонепроницаемом исполнении категории В4А-В3Г.

В комплект газоанализатора входят: датчик (термохимический блок типа БТХ-2), вторичный прибор (на базе ЭМД-232 с пневмовыходом), панель подготовки газа, электронное реле ЭлР-1. Габаритные размеры (в *мм*): датчика 355×512×385; панели подготовки газа 460×540×125; электронного реле 290×200×135.

Газоанализатор инфракрасного поглощения типа ГИП-60. Прибор предназначен для показания и регистрации содержания изобутилена в бутан-бутиленовой фракции. Действие газоанализатора основано на избирательном поглощении инфракрасного излучения определяемым компонентом.

В комплект газоанализатора входят: датчик ГИП-60, блок питания излучателей БП-2, испаритель ИБФ-1, регулятор абсолютного давления РАД-4, регулятор расхода газа РРГ-1А, ротаметр РС-3А, электронное реле ЭлР-1, реле давления РлД-4, газоочистное устройство ГОУ-2, панель дистанционного управления ПДУ-А, предохранительный вентиль КП-1, игольчатый вентиль ВИ-1, отборный клапан КО-1. В качестве вторичного прибора может быть использован электронный потенциометр любой модификации с пределами измерения 0—20 *мв*. Габаритные размеры датчика 554×549×282 *мм*.

Газоанализатор инфракрасного поглощения типа ГИП-12. Действие газоанализатора основано на избирательном поглощении инфракрасного излучения определяемым компонентом. Газоанализатор выпускается в следующих трех модификациях: ГИП-12-21 — для определения содержания ацетальдегида в спиртовой шихте производства дивинила из спирта. Поглощение инфракрасного излучения осуществляется анализируемым компонентом в паровой фазе. Насыщенные пары жидкости получаются при барботировании через нее азота; ГИП-12-22 — для определения содержания пропилена в пропановой фракции в процессе получения пропилена на этиленовой установке; ГИП-12-23 — для определения содержания этилена в этановой фракции в процессе получения этилена.

В комплект газоанализатора ГИП-12 входят: датчик во взрывозащищенном исполнении В3Г; щит, на котором смонтированы вторичный прибор (электронный потенциометр любой модификации с пределами измерения 0—40 *мв*), стабилизатор напряжения С-0,09, трехходовой электромагнитный клапан В3Г. Для газоанализаторов ГИП-12-21, ГИП-12-22, ГИП-12-23 вторичный прибор должен иметь пределы измерения 0—17 *мв*. Газоанализатор может работать при температуре воздуха 5—30° С и 5—40° С при наличии холодильника для датчика.

Габаритные размеры датчика 732×283×660 *мм*, щита 600×500 *мм*.

Газоанализатор ультрафиолетового поглощения различных газов типа ГУД-1. Газоанализатор предназначен для определения содержания одного из компонентов газовой смеси, имеющего поглощение в диапазоне спектра 220—320 *ммк* (см. п. 13). Действие газоанализатора основано на поглощении ультрафиолетового излучения определяемым компонентом. Излучение определенной длины волны, проходя через анализируемую газовую

смесь, ослабляется на величину, зависящую от концентрации анализируемого компонента.

Газоанализатор состоит из датчика ДГУД-1, блока питания БП-5, вторичного прибора (ЭПД или другой потенциометр градуировки ПП) с пневмовыходом и феррорезонансного стабилизатора напряжения С-0,5. Габаритные размеры (в *мм*): датчика 969×321×393; блока питания 535×349×433; стабилизатора напряжения 235×280×215; вторичного прибора ЭПД 420×506×352.

§ 2. ХРОМАТОГРАФЫ И ДЕШИФРАТОР ХРОМАТОГРАММ

Хроматографы являются приборами для качественного анализа различных газовых и жидких смесей, значительно отличающихся друг от друга своими физико-химическими свойствами. Применение хроматографов в системах автоматического регулирования позволяет вести технологический процесс автоматически не по косвенным параметрам, а по качественным показателям.

Действие хроматографов основано на предварительном разделении составляющих анализируемую смесь компонентов и последующем выделении каждого компонента при помощи детектора. Выходной электрический импульс детектора передается на электронный автоматический прибор, записывающий хроматограмму, состоящую из ряда пиков, каждый из которых соответствует определенному компоненту анализируемой смеси. Площадь каждого пика пропорциональна процентному содержанию компонентов смеси. Технические характеристики хроматографов приведены в табл. V.13.

1. Газовые хроматографы

Хроматограф типа ХПА-4. Хроматограф ХПА-4 является автоматической промышленной установкой для непрерывного определения и регистрации химического состава газовых потоков на нефтехимических и химических заводах.

Действие хроматографа основано на физическом разделении газовой смеси на составляющие компоненты, при котором компоненты распределяются между двумя фазами: подвижной и неподвижной. Разделение компонентов производится за счет различной поглощаемости или неодинакового растворения компонентов газовой смеси, проходящей через слой неподвижного сорбента. В результате этого скорость движения газов меняется в соответствии со степенью поглощения каждого газа. Чем больше сорбируемость газа, тем больше торможение и меньше его скорость движения. С течением времени в силу различия в скоростях газы отделяются друг от друга. Проба продувается через слой сорбента при помощи газа-носителя. При постоянном расходе газа-носителя и постоянной температуре время выхода из хроматографической колонки компонента всегда постоянно; поэтому может быть установлена определенная очередность выхода компонентов, которая является качественным показателем при хроматографическом анализе.

Каждый из компонентов обнаруживается с помощью детектора по теплопроводности. Хроматограф состоит из датчика ДПХ-4-В3Г *II*, блока подготовки газа БПП-Г2 *I*, блока управления БУ-3 *V*, электропневматического двойного клапана ЭПКД-В3Г *VII*, командного аппарата

Таблица V.13

Технические характеристики хроматографов

Тип	Пределы измерения в % об.	Анализируемая смесь			Газ-носитель			Погрешность в % об. диапазона измерения	Продолжительность цикла в *мин*	Напряжение питания в *в* (*50 гц*); потребляемая мощность в *в·а*	Изготовитель
		Область применения	Давление в *кгс/см²*	Расход в *л/ч*	Наименование	Давление в *кгс/см²*	Расход в *л/ч*				
ХПА-4	0—100	Углеводороды и их изомеры	25	—	N_2; He; воздух	0,6—1,5	0,5—8	—	3—5	220; 440	Завод «Моснефтекип»
ХПА-3-150	0—100	Жидкие углеводороды с температурой кипения до 180° С	0,025	—					3—43	220; 400	
РХ-1, РХ-1Н РХ-3Н	0,001—100	Сложные смеси углеводородов от C_2 до C_5	0,5—5	30	N_2	1—3	15	±5	5; 10; 20	220; 500	ОКБА, Дзержинский филиал
РХ-5, РХ-5Н	0—0,05	Сложные органические вещества с температурой кипения до 200° С	—	—	N_2; воздух	1—1,5	0,5—10	±8	От 1 и более	220; 1000	
	0—0,3							±5			
	0—100							±5			
ХТ-2МУ	0—100	Сложные пары и газы углеводородов, содержащие H_2, CO	0,2—0,3	3	Воздух	1—1,6	10	±5	6; 8; 24	220; 1200	Завод «Моснефтекип»
ХВА-2	0—100	Углеводороды от C_2 до C_5 без учета CO_2, SO_2 и других кислых газов	До 0,5	30	CO_2	1—3	—	±0,7	15	220; —	ОКБА, Воронежский филиал
ХПА-4Б	90—100	Дивинил-ректификат прямой и возвратный	—	10	Воздух	1	3—6	±1	20	220; 550	

Примечание. Приборам РХ-5 и РХ-5Н необходим сжатый воздух давлением 1,4—2,5 *кгс/см²*; приборам ХВА-2 и ХПА-4Б — сжатый воздух давлением 2—5 *кгс/см²*.

КЭП-12у *VI* и вторичного самопишущего прибора ЭПП-09-М2Х *IV* (рис. V.37).

Датчик предназначен для отбора пробы, разделения ее на составляющие компоненты и их определения. Он состоит из трех основных узлов: пневматического пробоотборного крана, разделительной колонки и детектора. Датчик термостатируется; температура термостатирования 80° С.

Пробоотборный кран представляет собой систему пневматических клапанов, собранных в две группы по 4 клапана в каждой группе. Одна группа клапанов предназначена для забора пробы, вторая — для проведения анализа.

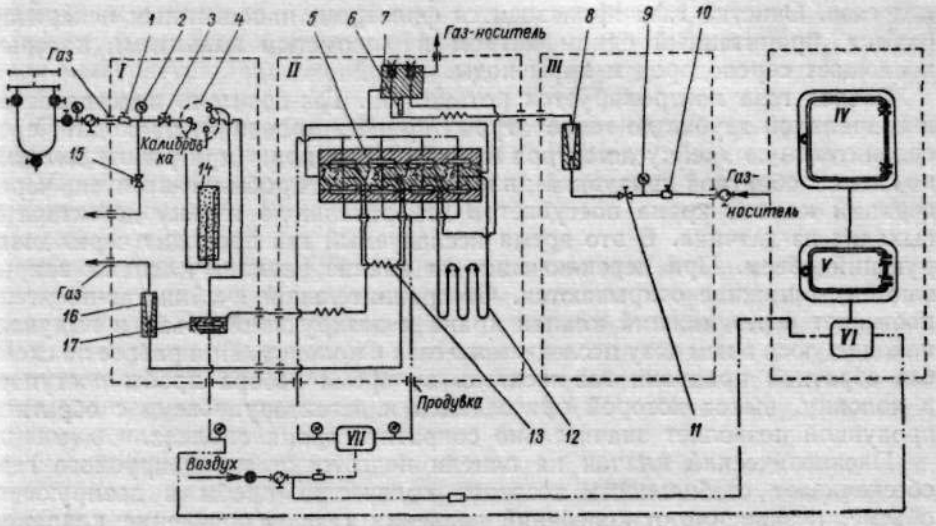


Рис. V.37. Газовая схема хроматографа ХПА-4:

1 — редуктор высокого давления; *2* — манометр на 0—6 *кгс/см²*; *3* — переменный дроссель; *4* — кран переключения; *5* — дозирующий кран; *6* — термометр сопротивления; *7* — детектор; *8* — ротаметр газа-носителя; *9* — манометр на 0—4 *кгс/см²*; *10* — редуктор давления газа-носителя; *11* — переменный дроссель; *12* — колонка; *13* — дозирующий объем; *14* — фильтр сероочистки; *15* — переменный дроссель; *16* — ротаметр анализируемого газа; *17* — пневматический мембранный клапан

Детектор состоит из двух ячеек: сравнительной, через которую проходит только газ-носитель, и измерительной, через которую проходит газ-носитель либо смесь газа-носителя и компонента исследуемого газа. В качестве чувствительных элементов в ячейках установлены термисторы, являющиеся плечами измерительного моста постоянного тока. Термостатирование датчика осуществляется с помощью электронагревателя $R_н$, управляемого электронным терморегулятором ЭТР-4 *VIII*, в котором чувствительным элементом является термометр сопротивления ТС-2 (см. рис. V.38, см. вкладку в конце книги).

Измерительная колонка выполнена в виде U-образной секционной колонки, собранной из отдельных трубок с внутренним диаметром 6 *мм*, длина каждой секции 1 *м*, общая длина 6 *м*. Колонка хроматографа заполняется различными наполнителями в зависимости от состава анализируемых продуктов:

Определяемые компоненты	Вид наполнителя
Неуглеводородные газы, N_2, O_2, CO, H_2, CH_4, NH_3, этан, этилен	Молекулярные сита 5 Å
N_2, O_2, CO, H_2, NH_3	Активированный уголь марки АГ-2 и СКТ
H_2, CO, NH_3, этан, этилен, пропан, пропилен, изобутан, нормальный бутан	Селикагель
H_2, CO, этан, этилен, пропан, пропилен, изобутилен, нормальный бутан, цис-бутен-2, транс-бутен-2, дивинил, бутилен	Окись алюминия

Блок подготовки газа состоит из панели подготовки газа-носителя и панели подготовки анализируемого газа, в которой газ очищается, редуцируется до нужного давления и устанавливается необходимый расход газа. Очистка газа производится фильтром, наполненным аскаритом (асбест, пропитанный едким натром и хлористым кальцием), который поглощает сероводород и пары воды.

Расход газа контролируется ротаметром. Газ-носитель подогревается в спиральной трубке до температуры термостатирования, проходит через сравнительную ячейку детектора и поступает в кран (при работе датчика по схеме с обратной продувкой); в момент забора пробы газ-носитель через верхний клапан крана поступает в измерительную ячейку детектора и выходит из датчика. В это время исследуемый газ проходит через дозирующий объем. При переключении на анализ верхние клапаны закрываются, а нижние открываются. От сравнительной ячейки газ-носитель поступает через нижний клапан крана в дозирующий объем и выдувает находящуюся в нем дозу исследуемого газа в колонку. При работе по схеме без обратной продувки газ-носитель во время забора пробы поступает в колонку, выход которой присоединен к детектору. Схема с обратной продувкой позволяет значительно сократить время анализа.

Пневматический клапан на панели подготовки анализируемого газа обеспечивает стабильность весового количества пробы в дозирующем объеме, независимо от колебаний давления газа. Управление клапаном осуществляется сжатым воздухом, поступающим от КЭП-12у.

Блок управления выполняет следующие функции: преобразование сигналов детектора в напряжение, пригодное для подачи на вход самопишущего прибора; питание измерительной схемы и цепей управления хроматографа; измерение и регулирование температуры в датчике; контроль тока и напряжения небаланса измерительного моста детектора; контроль тока измерительного моста термометра сопротивления; установку нуля измерительного моста детектора; управление работой пробоотборного крана; блокировку датчика от перегрева.

Измерительная схема блока управления *V* (рис. V.38, см. вкладку) состоит из двух независимых мостов постоянного тока: одного для измерения сигналов детектора, а второго — для измерения напряжения термометра сопротивления системы термостатирования. Питание мостов осуществляется от общего блока питания БП-5С *IX*.

Рабочие плечи моста детектора состоят из активного и компенсационного термосопротивлений — термисторов ПТС-1, ПТС-2 и постоянных сопротивлений R_3, R_4. Начальная установка равновесия моста производится реохордами R_1 и R_2. Напряжение для питания моста снимается с делителя R_{17}, R_{18}, R_{19}, а напряжение разбаланса моста с делителя R_7 — R_{11}. При помощи переключателя пределов измерения В-1 и реле P_1—P_4 меняется диапазон измерения в следующих пределах: $-0{,}5 \div +5$; $-0{,}5 \div +10$; $-0{,}5 \div +20$; $-0{,}5 \div +40$; $-0{,}5 \div +80$ *мв*.

Мост термометра сопротивления состоит из постоянных сопротивлений R_{12}—R_{14} и термометра сопротивления ТС-1, находящегося в датчике. Равновесие моста устанавливается для температуры 20° С. Напряжение разбаланса, появляющееся при повышении температуры, подается на вход регулятора при положении переключателя B_2 «Температура датчика». Сопротивление R_{15} является калибровочным и подключается при проверке тока моста (переключатель B_2 в положении «Ток термометра»).

Блок питания БП-5С обеспечивает 24 *в* постоянного тока для питания электромагнитных реле и 10 *в* для питания измерительных мостов детектора и термометра сопротивления.

Входной мост регулятора температуры состоит из постоянных сопротивлений R_1—R_3, переменного сопротивления R_5 и активного плеча моста — платинового термометра сопротивления ТС-2, установленного в непосредственной близости от нагревателя. Потенциометр R_5 регулятора температуры, являющийся задатчиком регулятора, имеет температурную шкалу с пределами 20—80° С.

Самопишущий прибор ЭПП-09М2Х выполнен на базе одноточечного самопишущего потенциометра типа ЭПП-09М2 с пределами измерения 0—10 *мв*, временем пробега кареткой всей шкалы 2,5 *сек*. Прибор снабжен тремя шкалами: 0—25 *ма*; 20—80° С; —0,5÷+5 *мв* (описание прибора приведено в гл. I, § 7).

Командный аппарат КЭП-12у предназначен для задания и выполнения программы управления хроматографом, причем первая команда цикла используется для автоматического измерения температуры датчика. При температуре выше 80° С автоматически выключается цепь питания нагревательного элемента. Переключение измерительных цепей осуществляется герметизированными реле типа РМУГ, обеспечивающими необходимую надежность.

Электропневматический двойной клапан ЭПКД-В3Г предназначен для преобразования электрических сигналов от КЭП-12у в пневматические, необходимые для управления пробоотборным краном. К клапану подводится воздух давлением 2,5—4 *кгс/см*^{2}.

Датчик и электропневматический клапан выпускается во взрывонепроницаемом исполнении и их можно установить в производственном помещении класса В-1, В-1А, В-1Б и на наружных установках класса В-1Г (классификация ПУЭ, гл. VII-3). Блок подготовки газа не имеет токонесущих деталей и может быть установлен в любом помещении.

Блок управления, самопишущий прибор и командный аппарат КЭП-12у выполнены во взрывонепроницаемом исполнении и должны устанавливаться в невзрывоопасном помещении.

Датчик и блок подготовки газа должны быть смонтированы в непосредственной близости от места отбора пробы — в помещении или обогреваемом шкафу с температурой 10—30° С, но не менее чем на 5° С ниже температуры термостатирования. Тряска и вибрация в месте установки датчика и блока подготовки газа не допускаются. Датчик и электропневматический клапан должны быть заземлены.

Блоки хроматографа должны соединяться проводом ПР-500 сечением 1,5 *мм*^{2}. Провода, соединяющие датчик с блоком управления, прокладываются в трех стальных защитных трубах, не больше чем по 7 проводов в одной трубе. Электрические соединительные линии между блоками управления и самопишущим прибором должны быть экранированы.

Газ-носитель подводится из баллона или из заводской сети. (Может быть использован воздух для питания приборов). Баллон должен быть

установлен в помещении с плюсовой температурой; за редуктором, который включается после баллона, необходимо установить фильтр для осушки газа от влаги. Линия, соединяющая фильтр с датчиком, должна быть выполнена из металлической трубки диаметром 5—8 *мм*. При использовании газа из сети необходимо установить три фильтра и редуктор в месте отбора — один фильтр для очистки от влаги и следов масла, второй — от механических примесей, третий — для очистки от вредных примесей (емкость фильтра 10—20 $дм^3$). Анализируемый газ следует подводить по трубе диаметром $^1/_2''$. Если анализируемый газ содержит углеводороды свыше C_4, импульсная линия должна быть нагрета до температуры не ниже 40° С (следует проложить паровой спутник).

Габаритные размеры блоков хроматографа (в *мм*): датчика 435×370×805; блока управления 280×520×480; блока подготовки газа 320×240×680; командного аппарата КЭП-12у 309×271×127; самопишущего прибора 520×520×400.

Хроматограф типа ХПА-4Б. Прибор является модификацией хроматографа ХПА-4. Датчик и электропневматический двойной клапан ЭПКД-В3Г выполнены во взрывонепроницаемом исполнении В3Г. Газораспределительный блок может устанавливаться во взрывоопасном помещении. Действие прибора основано на принципе газожидкостной хроматографии. В качестве детектора использована термохимическая ячейка для измерения теплоты сгорания, в качестве вторичного прибора — самопишущий потенциометр ЭПП-09М2 (см. гл. I, § 7). Расшифровка хроматограммы (вычисление площадей пиков компонентов, вычисление и запоминание отношения площади пика дивинила к сумме площадей всех пиков) производится цифровым анализатором хроматографического спектра типа АХСЦ-14/I, который выдает пневматический сигнал. Последний записывается пневматическим прибором 1РЛ-29А.

В комплект хроматографа входят: датчик ДПХ-4А-В3Г, панель подготовки анализируемого газа; панель подготовки газа-носителя; блок управления БУХ-1Б; вторичный прибор ЭПП-09М2Х электропневматический двойной клапан ЭПКД-В3Г, командный электропневматический аппарат КЭП-12у, анализатор хроматографического спектра АХСЦ-14/I, вторичный прибор 1РЛ-29А, блок питания, преобразователь и выходное устройство АХСД-14/I.

Длина линии связи датчика с блоком управления не более 100 *м*. Габаритные размеры (в *мм*): датчика 805×435×370; блока управления 280×520×400; блока подготовки газа 680×260×240; электропневматического клапана 224×130×116; блока питания 296×498×392; преобразователя 200×100×140; выходного устройства 226×346×335.

Хроматограф типа ХТ-2МУ. Разделение газовой смеси в приборе производится при движении ее через слой сорбента и одновременном нагреве переменным во времени тепловым полем. Отбор пробы газа осуществляется автоматически, по заданной программе, которая устанавливается при помощи командного аппарата КЭП-12у или вручную при помощи ручного дозатора. КЭП-12у используется также для управления режимом разогрева и охлаждения разделительной колонки.

Переменное во времени тепловое поле создается за счет периодического включения тока нагрева разделительной колонки. Температура поднимается за 2—3 *мин* от командной до 200° С. Охлаждение производится вентилятором в течение 1,5—2 *мин*.

Разделительная колонка представляет собой трубку из нержавеющей стали с внутренним диаметром 4 *мм* и длиной 3 *м* или из латуни с внутрен-

ним диаметром 2 *мм*. В качестве сорбента применяется обработанный щелочью алюмогель, селикагель или датемитовый кирпич с пропиткой.

Для определения компонентов смеси в хроматографе применен детектор термохимического типа. В качестве активных элементов детектора используются две платиновые нити R_{23} и R_{21}, нагреваемые током до 600° С. Платиновые нити включаются в газовую схему прибора таким образом, что одна нить находится в потоке газа-носителя и контроли-

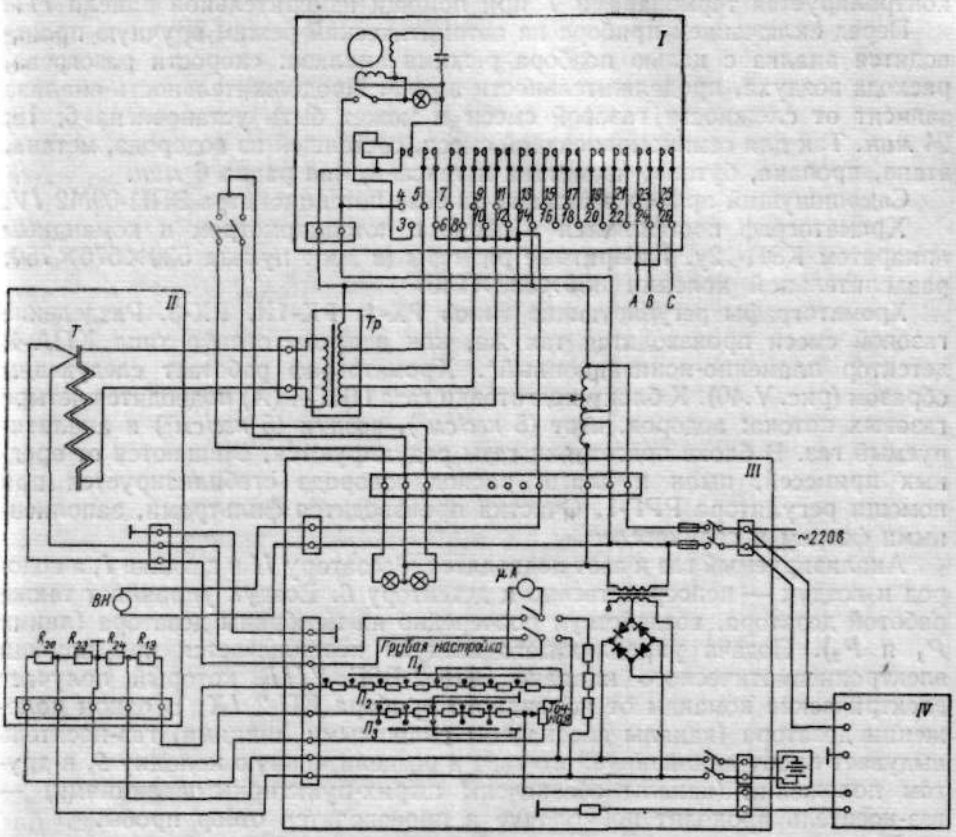


Рис. V.39. Принципиальная электрическая схема хроматографа ХТ-2МУ

руемого газа, выходящих из колонки, а другая — в потоке чистого газа-носителя. При выделении из колонки горючих компонентов на поверхности платиновой нити происходит их каталитическое окисление, вследствие чего меняется температура и сопротивление нитей, включенных в плечи измерительного моста самопишущего прибора.

В качестве газа-носителя в приборе используется воздух под давлением 2 *кгс/см*^{2}, очищенный от пыли, следов углеводородов, влаги и кислых газов. Через пневматический и ручной дозаторы, разделительную колонку и фильтр воздух поступает в камеру детектора. Расход воздуха контролируется ротаметром и регулируется редуктором. Анализируемый газ отсасывается из линии вакуум-насосом, очищается от влаги и кислых газов и через шестиходовой кран поступает в камеру дозатора.

Электрическая схема хроматографа работает следующим образом (рис. V.39). При помощи контактов КЭП-12у *1* на трансформатор *Тр*

разделительной колонки *II* подается напряжение четырьмя ступенями. Одновременно золотники КЭП-12у подают воздух к дозатору. При этом воздух вытесняет газ и наносит его на сорбент в разделительной колонке. Последовательным замыканием контактов КЭП-12у меняется тепловое поле колонки. После выделения последнего компонента нагрев выключается и включается вентилятор *ВН*. Золотники КЭП-12у переключают дозатор в положение «отбор пробы». Тепловой режим разделительной колонки контролируется термопарами *Т* при помощи измерительной панели *III*.

Перед включением прибора на автоматический режим вручную производится анализ с целью подбора режима анализа: скорости разогрева, расхода воздуха, продолжительности цикла. Продолжительность анализа зависит от сложности газовой смеси и может быть установлена 6; 18; 24 *мин*. Так для семикомпонентной смеси, состоящей из водорода, метана, этана, пропана, бутана, изометана и гексана, она равна 6 *мин*.

Самопишущий прибор выполнен на базе потенциометра ЭПП-09М2 *IV*.

Хроматограф поставляется в сборе с потенциометром и командным аппаратом КЭП-12у. Габаритные размеры (в *мм*): пульта 530×570×750; разделительной колонки 350×330×245.

Хроматографы регулирующие типов РХ-1, РХ-1Н, РХ-3. Разделение газовой смеси производится так же, как в хроматографе типа ХПА-4, детектор пламенно-ионизационный*. Хроматограф работает следующим образом (рис. V.40). К блоку подготовки газа ППГ-4 (*Х*) подводится четыре газовых потока: водород, азот (5 *кгс/см*^{2}), воздух (5 *кгс/см*^{2}) и анализируемый газ. В блоке подготовки газы редуцируются, очищаются от вредных примесей, пыли и влаги; расход водорода стабилизируется при помощи регулятора РРГ-1. Очистка производится фильтрами, заполненными фетром и селикагелем.

Анализируемый газ и азот подводятся к дозатору *11* в датчике *I*, а водород и воздух — непосредственно к детектору *8*. Воздух управляет также работой дозатора, воздействуя поочередно на мембраны дозатора (линии P_1 и P_2). Подача управляющего воздуха переключается при помощи электропневматического клапана ЭПКД-В3Г *VIII*, который получает электрические команды от командного прибора КП-2 *IX*. В одном положении дозатора (каналы обозначены сплошными линиями) газ-носитель выдувает пробу анализируемого газа в разделительную колонку *9*, в другом положении (каналы обозначены штрих-пунктирными линиями) — газ-носитель проходит по колонке и производится отбор пробы.

Разделенные компоненты газовой смеси выносятся потоком газа-носителя в горелку пламенно-ионизационного детектора. К горелке подается также водород; воздух, необходимый для поддержания горения, подается под диффузор детектора. Компоненты исследуемого газа (органические соединения) в пламени водорода ионизируются, в результате чего в цепи детектора возникает ионный ток, величина которого пропорциональна количеству поступающего газа. Ионный ток усиливается высокоомным усилителем ПВ-2 *II* и записывается самопишущим прибором с пневмовыходом типа РЭПВ-2 *III* в виде хроматограммы анализируемой смеси.

На выходе пневмопреобразователя образуется ряд импульсов давления воздуха, соответствующих высотам пиков хроматограммы, а следовательно, и компонентам смеси. Выходное давление преобразователя подается в блок

* Детектор хроматермографа может также работать по принципу сравнивания теплопроводности газов. В качестве газа-носителя при этом должен быть применен гелий или водород, а хроматограф может быть использован для анализа не только горючих, но и негорючих компонентов.

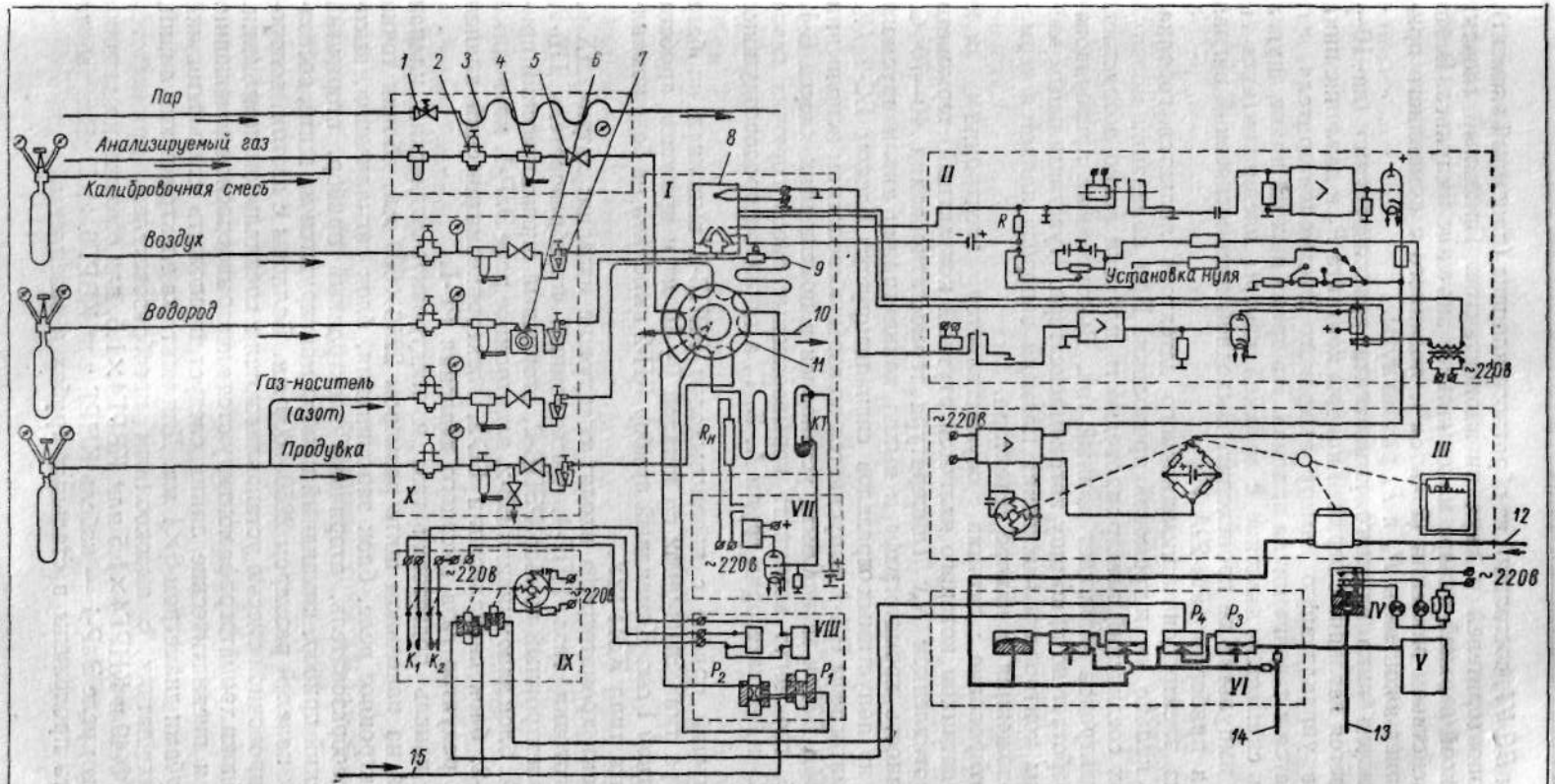


Рис. V.40. Принципиальная схема хроматографа РХ-1:

1 — вентиль регулирующий; *2* — редуктор; *3* — змеевик; *4* — фильтр; *5* — вентиль тонкой регулировки; *6* — регулятор расхода газа; *7* — ротаметр; *8* — детектор; *9* — колонка; *10* — линия в канализацию; *11* — дозатор; *12* — питание сжатым воздухом 1,3 *кгс/см²*; *13* — линия к регулятору; *14* — питание сжатым воздухом 1,2 *кгс/см²*; *15* — питание сжатым воздухом 2 *кгс/см²*

запоминания *БЗ VI*, состоящий из обратного клапана (приемный элемент), двух пневмоповторителей и двух пневмоконтактов. Приемный элемент отсекает в своей верхней камере максимальное значение импульса. В это время под действием давления (2 *кгс/см²*), поданного с командного прибора КП-2, пневмоконтакты P_3 и P_4 разомкнуты.

После выхода пика главного компонента кратковременно (на 10—15 *сек*) снимается давление с верхней камеры контакта P_3 и давление пика передается в управляющую камеру выходного пневмоповторителя, где оно сохраняется в течение цикла анализа. На время выхода пиков других компонентов снимается давление с верхней камеры пневмоконтакта P_4 и отсекание импульсов не происходит. Выходной пневматический сигнал записывается прибором 1РЛ-29А *V*.

Одним из электродов ионизационного детектора является горелка, а вторым — кольцо из нихромовой проволоки. При попадании молекул органических соединений электропроводность пламени резко возрастает, и в цепи электродов возникает ионный ток. Высокоомный преобразователь ПВ-2 работает по принципу автокомпенсатора. Чувствительным элементом схемы контроля и зажигания пламени водорода является термопара, расположенная в камере детектора.

Термостатирование датчика осуществляется электронным реле ЭлР-1 *VII*, датчиком которого является ртутный контактный термометр КТ и сопротивлением $R_н$. Температура термостатирования 40—70° С.

Неисправность хроматографа и выход концентрации анализируемого компонента из допустимых пределов сигнализируется блоком БС-2 *IV*. Датчик хроматографа РХ-1 выпускается во взрывобезопасном исполнении категории В4А-В3Г и может быть установлен в помещениях класса В-I, В-Iа и В-Iб, где могут возникать взрывоопасные смеси горючих газов и паров 1-, 2- и 3-й категории групп А, Б, Г, а также водородовоздушные смеси.

Самопишущий прибор с пневмовыходом РЭПВ-2 выполнен на базе потенциометра типа ЭПП-09М2 со шкалой 0—10 *мв* и временем пробега шкалы кареткой 1 *сек*. Командный прибор КП-2 выполнен на базе командного аппарата типа КЭП-12У.

В комплект хроматографа входят следующие изделия: датчик ДХ-4, панель подготовки газа ППГ-4, высокоомный преобразователь ПВ-2, вторичный электронный прибор РЭПВ-2, вторичный пневматический прибор 1РЛ-29А, блок запоминания БЗ-2, электронное реле ЭлР-1, командный прибор КП-2, блок сигнализации БС-2, электропневматический клапан ЭПКД-В3Г, редуктор газа высокого давления РГ-1.

Датчик, панель подготовки газа и электропневматический клапан монтируются на панельном щите размером 2250×600 *мм*, вблизи точки отбора. Электронное реле, блок запоминания, блок сигнализации, высокоомный преобразователь, вторичный электронный прибор, вторичный пневматический прибор, командный прибор монтируются на щите, состоящем из двух панелей размером 2250×600 *мм*. Баллоны с азотом, водородом и градуировочной смесью устанавливаются в специальном помещении. Остальные блоки хроматографа монтируются в невзрывоопасном помещении.

Газовые и пневматические линии следует проложить стальными или медными трубами диаметром 6×1 *мм*. Для монтажа электрических линий, соединяющих датчик с высокоомным преобразователем, применяется кабель РКТФ-49 и КНРГ4×1,5 или КВРГ4×1,5, для соединения датчика с электронным реле ЭлР-1 — кабель КНРГ или КВРГ6×1,5. Все кабели должны быть проложены в стальных трубах и заземлены.

Хроматограф РХ-1Н выполнен в нормальном исполнении и допускает возможность ручной дозировки с помощью шприца (в лаборатории). Хроматограф РХ-3 не имеет пневматического выхода и может быть использован только для контроля.

2. Газожидкостные хроматографы регулирующие типов РХ-5 и РХ-5Н

Хроматограф может быть использован в качестве датчика по одному компоненту. Хроматограф обеспечивает измерение и в лабораторных условиях (доза вводится вручную шприцем). Действие хроматографа аналогично РХ-1.

При соответствующих вариантах исполнения датчика хроматографа может работать как газовый и как жидкостный. Датчик хроматографа РХ-5 выпускается во взрывозащищенном исполнении и может быть установлен в помещении категории В3Г-В4А; датчик хроматографа РХ-5Н выпускается в нормальном исполнении.

В комплект хроматографа входят: датчик ДХ-5 (для РХ-5Н — датчик ДХ-5Н), панель подготовки газа ППГ-5 (для РХ-5), высокоомный усилитель-преобразователь ПВ-3, электронный потенциометр ЭПП-09М3, блок запоминания БЗ-2, блок контроля БК-2, электропневмопреобразователь ЭПП-180 (для РХ-5), электроконтактный манометр ЭКМ-102 (для РХ-5). Датчик для анализа газов отличается от жидкостного тем, что вместо жидкостного дозатора в нем монтируется десятиходовой пневматический кран в качестве газового дозатора.

Датчик выполнен для настольного монтажа, габаритные размеры 520×385×364 *мм* (с учетом штуцеров и ручек настройки 480 *мм*). Панель подготовки газа для щитового монтажа размером 410×460 *мм*; установочные размеры 386×436 *мм*, диаметры четырех отверстий для крепления 9 *мм*. Блок контроля размером 360×295×282 *мм* выполнен для щитового монтажа, вырез в щите 310×260 *мм*. Преобразователь щитового монтажа размером 430×315×215 *мм*, вырез в щите 350×265 *мм*.

Газожидкостные линии прокладываются медными или стальными трубками диаметром 6×1 *мм*. Датчик соединяется с высокоомным преобразователем кабелем РК75-4-22 (РК-19) и КВРГ7×1,5 или КНРГ7×1,5, с блоком контроля — кабелем КВРГ10×1,5 или КНРГ10×1,5. Вторичные блоки соединяются между собой проводом ШРПЯ2×0,5; ПМВГ-0,75 и МКШЭ2×0,75. Электрические линии прокладываются в газовых трубах $^3/_4''$ и $1''$. Расстояние от датчика до вторичного прибора до 300 *м*. Содержание примесей: в водороде органических газов 1—1,5%; в воздухе органических веществ 0,01%.

3. Жидкостный хроматограф типа ХПА-3-150

Принцип разделения анализируемой смеси такой же, как в хроматографе типа ХПА-4. При подаче команды от блока управления на штуцер «анализ» газ-носитель подогревается до температуры термостатирования и подается в сравнительную ячейку детектора (рис. V.41), а затем в пневматический мембранный кран, с помощью которого осуществляется обратная продувка подобно тому, как в хроматографе ХПА-4.

После пневматического крана газ-носитель (воздух) поступает в дозирующий кран КЗД-1, в колонку, а затем в пневматический мембранный кран, измерительную ячейку детектора и сбрасывается в атмосферу. При работе без обратной продувки мембранный кран заменяется перемычкой.

При подаче команды на штуцер «продувка» газ-носитель из мембранного крана поступает на выход колонки и выталкивает в обратном направлении оставшиеся в ней тяжелые компоненты, которые проходят через дозирующий кран, и через измерительную ячейку детектора сбрасываются в атмосферу. На хроматограмме тяжелые остатки фиксируются при этом в виде одного суммарного пика. При работе с перемычкой направление движения газа-носителя не меняется.

Дозирование жидкости происходит следующим образом. Пластина с калиброванным объемом в дозирующем кране КЗД-1 при подаче команды

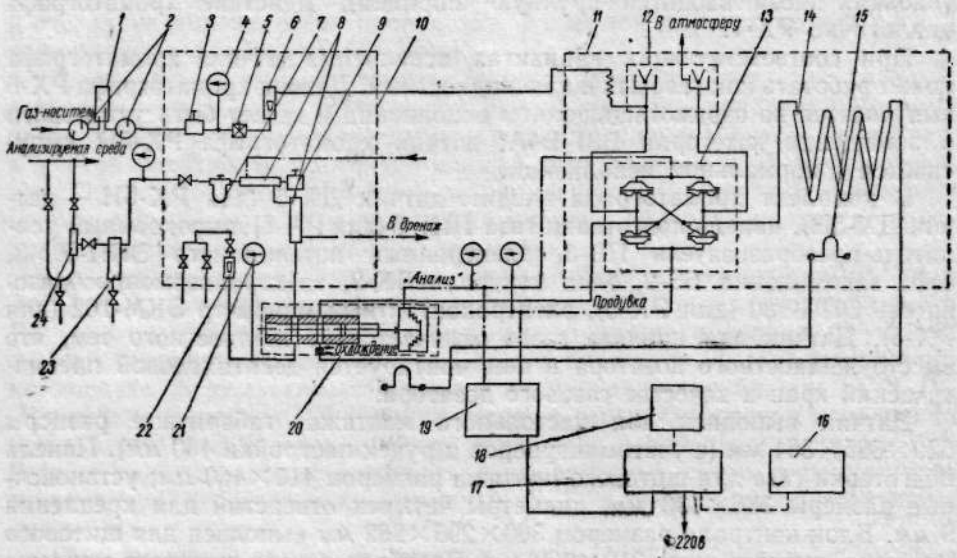


Рис. V.41. Принципиальная схема хроматографа ХПА-3-150:

1 — фильтр селикагелевый; *2* — фильтры от механических примесей; *3* — редуктор; *4* — манометр на 0—6 *кгс/см²*; *5* — дроссель; *6* — ротаметр газовый на 10 *л/ч*; *7* — фильтр пластинчатый; *8* — холодильники; *9* — редуктор давления жидкости; *10* — панель подготовки жидкой пробы БПП-Ж1; *11* — датчик ДП1-384Л-63; *12* — детектор; *13* — кран мембранный пневматический; *14* — колонка; *15* — нагревательный элемент; *16* — вторичный прибор; *17* — блок управления БУ-3; *18* — командный прибор КЭП-12у; *19* — электропневматический переключатель ЭПКД; *20* — кран дозирующий золотниковый КЗД-1; *21* — манометр на 0—6 *кгс/см²*; *22* — ротаметр РС-3А; *23* — вентили запорные; *24* — отстойник;

через штуцер «продувка» попадает в поток анализируемой жидкости, которая заполняет этот объем. При команде через штуцер «анализ» пластина переносит отдозированный объем в поток газа-носителя, который выталкивает пробу через капилляр в разделительную колонку, где происходит мгновенное испарение пробы.

Пневматический мембранный кран выполнен в виде системы из четырех клапанов, собранных в две группы. Клапаны закрываются и открываются сжатым воздухом, который подается электропневматическим клапаном ЭПКД по электрической команде от командного аппарата КЭП-12у. Разделительная колонка выполнена так же, как и в ХПА-4.

Блок управления для преобразования сигналов детектора и управления работой хроматографа типа Б2-3 такой же, как в хроматографе типа ХПА-4. Термостатирование датчика, которое осуществляется регулятором температуры, входящим в состав блока управления, обеспечивает возможность поддержания температуры в пределах 20—120° С. Тепловая блокировка датчика срабатывает при температуре 120° С.

Электрическая схема хроматографа, включая и блок управления, приведена на рис. V.38. Запись хроматограммы производится автоматически прибором типа ЭПП-09-М3Х, который выполнен на базе электронного потенциометра типа ЭПП-09-М3, имеющим следующие шкалы 0—5 *мв*; 20—120° С, 0—25 *ма* (технические данные приведены в гл. I, § 7).

В комплект хроматографа входят: датчик ДПХ-3-В3Г, панель подготовки жидкой пробы БПП-Ж1, блок управления БУ-3, самопишущий прибор ЭПП-09М3Х, двойной электропневматический клапан ЭПКД-В3Г, командный аппарат КЭП-12у. Датчик и клапаны ЭПКД выпускаются во взрывонепроницаемом исполнении; они могут устанавливаться в помещениях класса В-1, В-1а, В-1б и на наружных установках класса В-1г, где могут возникать взрывоопасные смеси 1-, 2-, 3-й категорий, групп А, Б, Г. Панель подготовки жидкой пробы не имеет токонесущих частей.

Условия монтажа хроматографа такие же, как для хроматографа типа ХПА-4. Габаритные размеры (в *мм*): датчика 566×592×505; панели подготовки жидкой пробы 510×405×335; блока управления 280×507×447.

4. Вакуумный газожидкостный хроматограф типа ХВА-2

Разделение газовой смеси на отдельные компоненты происходит так же, как в хроматографе ХПА-4. Газовая схема хроматографа приведена на рис. V.42.

При выходе из разделительной колонки отдельные компоненты в бинарной смеси газ-носитель — компонент поступают в поглотительную колонку *13*, заполненную 35-процентным раствором калиевой щелочи. Газ-носитель растворяется в щелочи, а компоненты исследуемой смеси последовательно накапливаются в верхней части колонки. Давление в колонке, возрастающее пропорционально объему накапливающихся компонентов, измеряется дифманометром *11*, который преобразует его в давление 0,2—1 *кгс/см*^{2}. Изменение давления записывается вторичным прибором в виде кривой с пиками, высоты которых пропорциональны процентному содержанию компонентов в смеси.

Для исключения влияния давления и температуры окружающей среды минусовая полость дифманометра подключается к буферной емкости *10*.

Возрастание давления в колонке за счет накапливания примесей газа-носителя, нерастворимых в щелочи, компенсируется специальным устройством *9*, создающим в минусовой полости дифманометра такое же увеличение давления. Компенсатор *9* представляет собой переменный дроссель, через который определенное количество воздуха из атмосферы поступает в минусовую полость, находящуюся под разрежением.

Для исключения возможности растворения углеводородов в щелочи, а также их конденсации участок системы, соединенный с чувствительным элементом дифманометра, находится под разрежением, которое создается специальным эжекционным устройством *1*.

Непрерывная работа хроматографа в течение длительного времени обеспечивается периодическим обновлением щелочи после каждого анализа. Блок щелочных резервуаров *15* предназначен для хранения запаса щелочи. Верхняя часть служит сборником отработанной щелочи, сливающейся из поглотительной колонки *13*, нижняя часть — резервуаром для свежей щелочи.

Дозирование пробы анализируемого газа в разделительную колонку *14* и щелочи в поглотительную колонку *13* производится дозатором *12*, который состоит из трех нижних и пяти верхних клапанов и дозировочной емкости.

Под действием пневматического сигнала (1—1,2 *кгс/см*²) от программного устройства *4*, который действует на мембрану пневматической головки дозатора, закрываются нижние клапаны K_3 и открываются верхние клапаны K_4. В период анализа газ-носитель (углекислый газ) через верхние клапаны K_1 и K_5 и дозировочную емкость непрерывно поступает в разделительную колонку *14*. Через открытый клапан K_3 исследуемый газ поступает на сброс. Клапаны K_2, K_4, K_6, K_7, K_8 при этом закрыты.

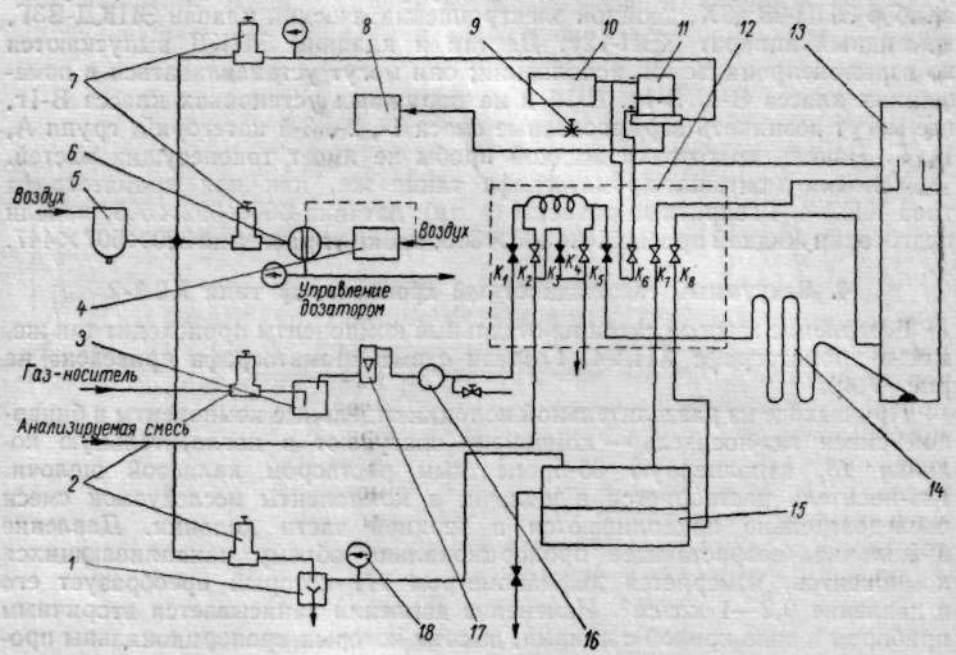


Рис. V.42. Газовая схема хроматографа ХВА-2:

1 — эжектор; *2* — редукторы РГ-2; *3* — осушитель; *4* — программное устройство; *5* — фильтр ФВ-10; *6* — переключатель; *7* — редукторы РДВ-5; *8* — самопишущий прибор; *9* — компенсатор; *10* — буферная емкость; *11* — дифманометр; *12* — дозатор; *13* — поглотительная колонка; *14* — разделительная колонка; *15* — блок щелочных резервуаров; *16* — регулятор расхода РРГ-1-А; *17* — ротаметр; *18* — вакуумметр

В период дозировки газ-носитель продолжает поступать в разделительную колонку *14*. Исследуемый газ через открытые клапаны K_2, K_4 продувается через дозировочную емкость; свежая щелочь под действием разрежения поступает из щелочного резервуара *15*, открытый клапан K_8 в поглотительную колонку. Расход щелочи в период дозировки (30—35 *сек*) устанавливается 10—14 *см*³ для возмещения потерь, связанных с нейтрализацией щелочи углекислым газом в период анализа. Избыток щелочи отсасывается из поглотительной колонки через открытый клапан K_8. Плюсовая и минусовая полости дифманометра *11* соединены открытым клапаном K_6. Клапаны K_1, K_3, K_5 закрыты. По окончании дозировки и возвращении клапанов в исходное положение проба исследуемого газа вымывается газом-носителем из дозировочной емкости *12* в разделительную колонку.

Разделительная колонка *14* представляет собой спираль из трубки диаметром 4—6 *мм* длиной 5 *м*, поглотительная колонка *13* — стальной сосуд. Подача газа в колонку осуществляется через ртутный затвор для предотвращения попадания щелочи в разделительную колонку. Про-

граммное устройство хроматографа *4* является пневматическим, выполненным на базе ПД-35А (см. гл. IX, § 3).

В комплект хроматографа входят: датчик, программное устройство, вторичный самопишущий прибор 1РЛ-29А (*8*). Датчик может устанавливаться во взрывоопасном помещении любой категории, программное устройство и вторичный прибор выполнены в нормальном исполнении. Окружающая среда не должна разрушающе действовать на сталь, хромоникелевые покрытия, цветные металлы и их сплавы. Датчик предназначен для настенного монтажа, он может быть удален от места отбора не более чем на 50 *м*. Баллон с углекислым газом должен быть установлен в наклонном положении. Монтаж газовых линий следует выполнять медными, латунными или хлорвиниловыми трубками диаметром 4—6 *мм*. Подводящая газовая линия выполняется только металлической трубкой. Габаритные размеры датчика 1075×555×320 *мм*.

5. Пневматический дешифратор хроматограмм типа ДХПД-1

Дешифратор ДХПД-1 является пневматическим вычислительным устройством для обработки результатов хроматографического анализа при работе любых хроматографов с дифференциальным детектором. Дешифратор воспринимает пневматический сигнал 0,2—1,0 *кгс/см*^{2} от вторичного прибора хроматографа непосредственно или через электропневматический преобразователь. Дешифратор может обрабатывать хроматограммы, содержащие до 10 пиков, с точностью ±3% от максимального входного сигнала. Блоки дешифратора производят умножение высот пиков на время удерживания компонентов, суммирования выходных сигналов. Дешифратор может реализовать следующие алгоритмы:

определение объемной концентрации

$$C_{io} = \frac{H_i t_i K_i}{\sum_{i=1}^{n} H_i t_i K_i},$$

весовой концентрации

$$C_{iв} = \frac{H_i t_i K_i \mu_i}{\sum_{i=1}^{n} H_i t_i K_i \mu_i},$$

где H_i — высота пика; t_i — время удержания компонента; K_i — калибровочный коэффициент; μ_i — удельный вес; i — порядковый номер пика.

Время цикла работы дешифратора от 5 до 30 *мин*. Калибровочные коэффициенты для каждого пика $K_i = 0{,}15—0{,}85$. Шкала вторичного прибора 0—100%, что соответствует любому диапазону изменения концентрации определяемого компонента (от 25% и выше). В комплект дешифратора входят: блок пневмоэлементов БПД-1, два функциональных блока БФ-2, вторичные приборы 2РЛ-29Б и 3РЛ-29В, регулирующий блок 4РБ-32А, восемь панелей дистанционного управления ПДУ-А, четыре задатчика давления воздуха Р-1, восемь фильтров воздуха ФВ-10.

Давление очищенного, осушенного воздуха 1,4 *кгс/см*^{2}, напряжение питания 220 *в*. Монтаж приборов — щитовой. Длина линии связи дешифратора с хроматографом (при внутреннем диаметре трубок 6 *мм*) 100 *м*, с последующими приборами 5 *м*; при наличии промежуточного реле ПР-14М — до 300 *м*. Габаритные размеры блока пневмоэлементов 550×554×470 *мм*.

Изготовитель: ОКБА, Воронежский филиал.

§ 3. АНАЛИЗАТОРЫ ЖИДКОСТЕЙ

1. Кислородомеры типов РК-20, РЭК-130 и АК-5

Кислородомеры РК-20 и РЭК-130 предназначены для непрерывного автоматического контроля и записи содержания кислорода в питательной воде тепловых электростанций. Принцип действия кислородомера основан на измерении теплопроводности газовой смеси кислорода и водорода, которая образуется в датчике в результате вымывания водородом свободного кислорода, содержащегося в исследуемой воде. Содержание газов (в основном азота и кислорода), растворенных в воде, пропорционально содержанию их в водороде, заключенном в пространстве над исследуемой водой; в связи с этим достаточно определить содержание кислорода в газовой смеси. Градуировка прибора производится на содержание кислорода, так как соотношение азота и кислорода постоянное, а теплопроводности их практически одинаковы.

Измерение производится при помощи неравномерного моста, в котором в качестве плеча с переменным сопротивлением используется платиновая нить, нагреваемая в анализируемом газе. Для компенсации влияния температуры окружающей среды в противоположную ветвь моста включается эталонное плечо из такой же платиновой нити, помещенной в замкнутом пространстве, которое заполнено водородом.

Схема кислородомера РК-20 приведена на рис. V.43. Для анализа контролируемая вода из питательного трубопровода отбирается через дросселирующее устройство *1* в прибор в количестве 0,4 *л/мин*, а затем охлаждается в холодильнике *2* до 25—30° С. Постоянная скорость воды, протекающей через датчик, поддерживается водонапорным устройством *4*, которое одновременно предохраняет от соприкосновения анализируемой воды с атмосферой. Длина трубки, соединяющей холодильник с водонапорным устройством, должна быть не более 350 *мм*. Из водонапорного устройства вода протекает через кольцевую рубашку *8*, охлаждая стенки полостей, в которых находятся платиновые нити — измерительное *10* и эталонное *9* плечи. Из кольцевой рубашки *8* вода попадает в контактную трубку *14* и через водяной затвор *15* вытекает из датчика *13*. В контактную трубку со спиралью из никелевой проволоки подается водород из электролизера *12*, где он получается путем электролиза едкого калия. Возможность попадания газовой смеси из контактной трубки в электролизер исключается благодаря наличию газовыпускного отверстия *11*, через него во время работы прибора непрерывно выходит небольшое количество водорода. Полость, в которой находится измерительное плечо, заполняется газовой смесью, содержащей кислород в количестве, пропорциональном содержанию кислорода в анализируемой воде (измерительное плечо находится над контактной трубкой).

В корпусе датчика расположены также постоянные сопротивления *7* измерительного моста, реостат регулировки прибора и кран установки нуля *3*. В качестве вторичного самопишущего прибора использован самопишущий гальванометр *5*, в котором дополнительно установлены реостаты регулировки тока и переключатель для переключения прибора с измерения на настройку силы тока. Пределы измерения кислородомера: от 0 до 0,70 *мг* O_2 на 1 *л* исследуемой воды. Сопротивление проводов, соединяющих датчик со вторичным прибором, должно быть 5 *ом* и подгоняется подгоночной катушкой $P_у$, расположенной в корпусе прибора.

Кислородомер работает от сети 220 *в*, 50 *гц*. Питание измерительной схемы осуществляется от специального питающего устройства ПУ-23 (*6*),

в котором имеется два селеновых выпрямителя: один с выходным напряжением 10—11,5 *в* для питания электролизера, другой — с напряжением 16—19 *в* для питания измерительного моста. Потребляемая источником питания мощность 35 *в·а*.

В состав комплекта кислородомера входят: датчик ДК-20 для настенного монтажа, самопишущий гальванометр СГ-24, холодильник ХК-21, питающее

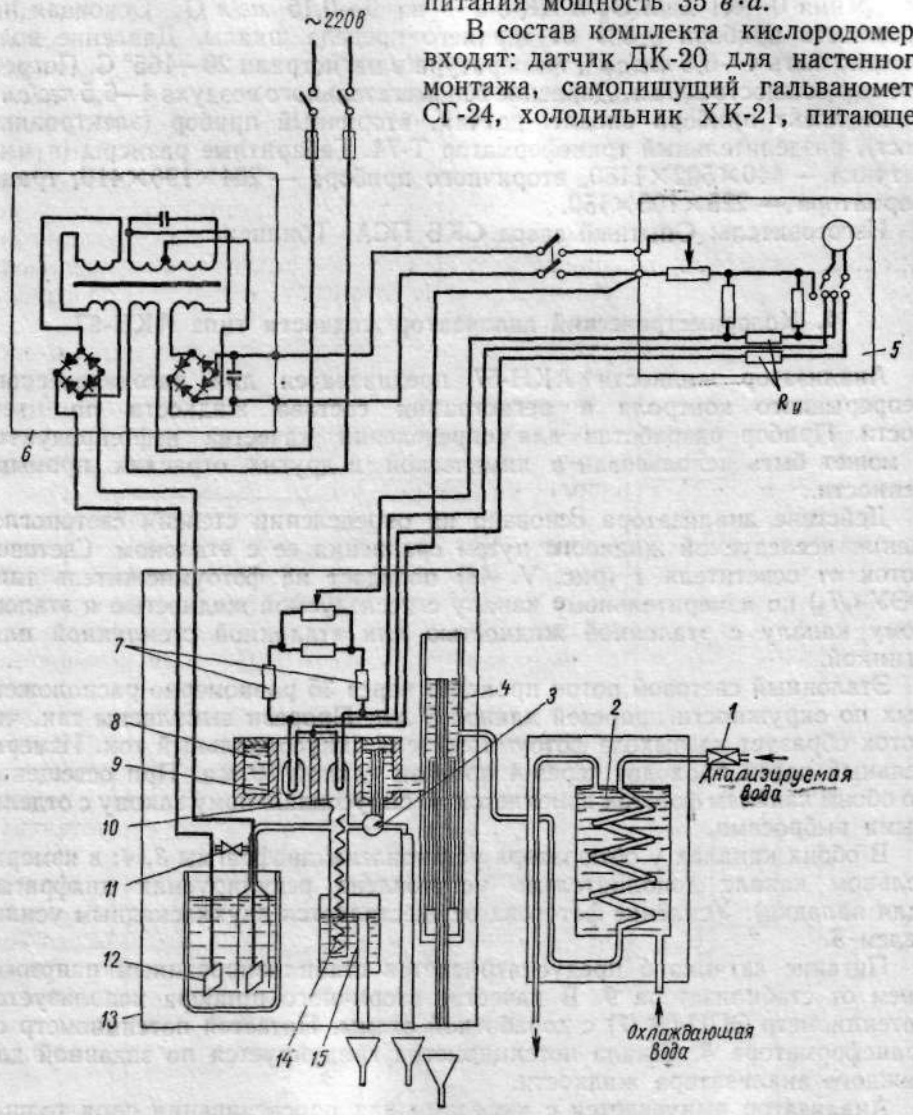


Рис. V.43. Схема кислородомера РК-20

устройство ПУ-23 (дросселирующее устройство с кислородомером не поставляется).

Пределы измерения кислородомера РЭК-130: 0—0,5 *мг/л*. Действие прибора аналогично РК-20. В качестве вторичного прибора используется самопишущий потенциометр, градуированный в миллиграммах кислорода на литр воды.

Изготовитель: Завод электромедицинской аппаратуры, Москва.

Автоматический кислородомер типа АК-5 предназначен для определения содержания кислорода в питательной воде теплоэнергетических установок. Кислородомер выпускается двумя модификациями: АК-5-1 на диапазон измерения 0—0,1 *мг/л* O_2 и АК-5-2 — на 0—0,15 *мг/л* O_2. Основная погрешность прибора ±5% от верхнего предела шкалы. Давление воды должно быть 4—6,5 *кгс/см²*, температура в магистрали 20—165° С. Потребляемая мощность 200 *вт*. Давление вспомогательного воздуха 4—6,5 *кгс/см²*. В комплект прибора входят: датчик, вторичный прибор (электронный мост), разделительный трансформатор Т-74. Габаритные размеры (в *мм*): датчика — 440×502×1180, вторичного прибора — 204×190×410, трансформатора — 225×105×150.

Изготовитель: Опытный завод СКБ ПСА, Тбилиси.

2. Колориметрический анализатор жидкости типа АКН-57

Анализатор жидкости АКН-57 предназначен для автоматического непрерывного контроля и регистрации состава жидкости по цветности. Прибор разработан для определения качества нефтепродуктов и может быть использован в химической и других отраслях промышленности.

Действие анализатора основано на определении степени светопоглощения исследуемой жидкости путем сравнения ее с эталоном. Световой поток от осветителя *1* (рис. V. 44) попадает на фотоумножитель типа ФЭУ ($Л_2$) по измерительному каналу с исследуемой жидкостью и эталонному каналу с эталонной жидкостью или эталонной стеклянной пластинкой.

Эталонный световой поток проходит через 36 равномерно расположенных по окружности прорезей длиной 8 *мм*. Прорези выполнены так, что поток образует на выходе фотоумножителя синусоидальный ток. Измерительный поток проходит через 4 прорези длиной 19 *мм*. При освещении по обоим каналам фототок изменяется по синусоидальному закону с отдельными выбросами.

В обоих каналах у обтюратора установлены диафрагмы *3*, *4*; в измерительном канале дополнительно установлена регулируемая диафрагма (для наладки). Усиление фототока осуществляется двухкаскадным усилителем *5*.

Питание датчика *6* предусматривается стабилизированным напряжением от стабилизатора *9*. В качестве вторичного прибора используется потенциометр ЭПП-09 (*7*) с доработкой схемы. Питается потенциометр от трансформатора *8*. Шкала потенциометра градуируется по заданной для каждого анализатора жидкости.

Анализатор выпускается с кюветами для просвечивания слоя толщиной 4—20 *мм*; 20—40 *мм*; 40—50 *мм*. Нечувствительность для темных нефтепродуктов 0,1%, для светлых 0,5%. Стабильность работы при постоянных режимах ±1%.

Датчик имеет взрывобезопасное исполнение; давление воздуха для продувки датчика должно быть не менее 0,3 *кгс/см²*. Расстояние вторичного прибора от датчика должно быть не более 300 *м*. Датчик устанавливается вблизи места отбора пробы в закрытом обогреваемом щите (температура 5—20° С).

Температура анализируемой жидкости должна быть не более 80° С; давление — до 5 *кгс/см²*. В корпусе датчика устанавливается реле

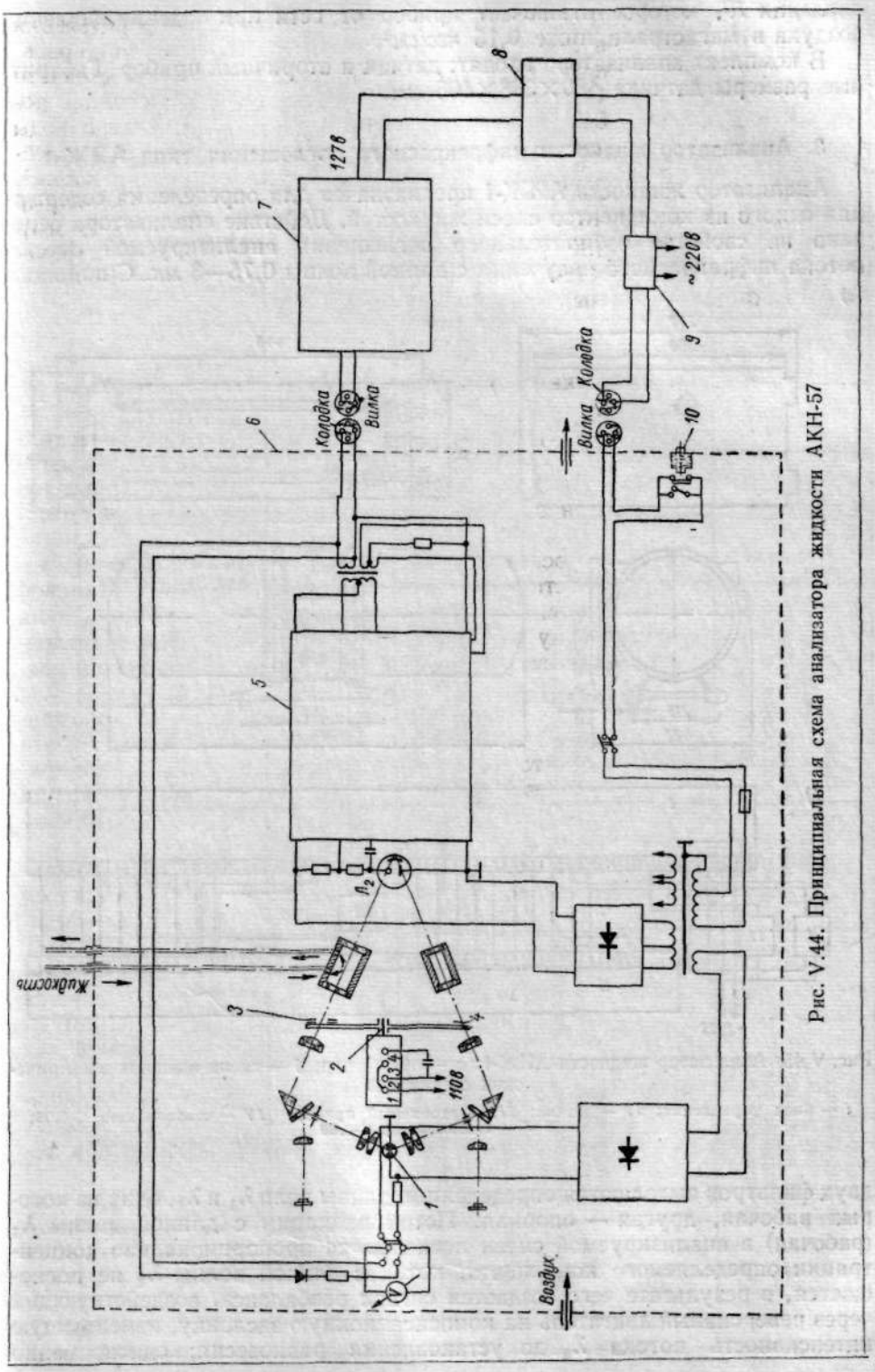


Рис. V.44. Принципиальная схема анализатора жидкости АКН-57

давления *10*, которое отключает прибор от сети при падении давления воздуха в магистрали ниже 0,15 *кгс/см²*.

В комплект анализатора входят: датчик и вторичный прибор. Габаритные размеры датчика 480×398×406 *мм*.

3. Анализатор жидкости инфракрасного поглощения типа АИЖ-1

Анализатор жидкости АИЖ-1 предназначен для определения содержания одного из компонентов смеси жидкостей. Действие анализатора основано на свойстве избирательного поглощения анализируемой смесью потока инфракрасного излучения с длиной волны 0,75—3 *мк*. С помощью

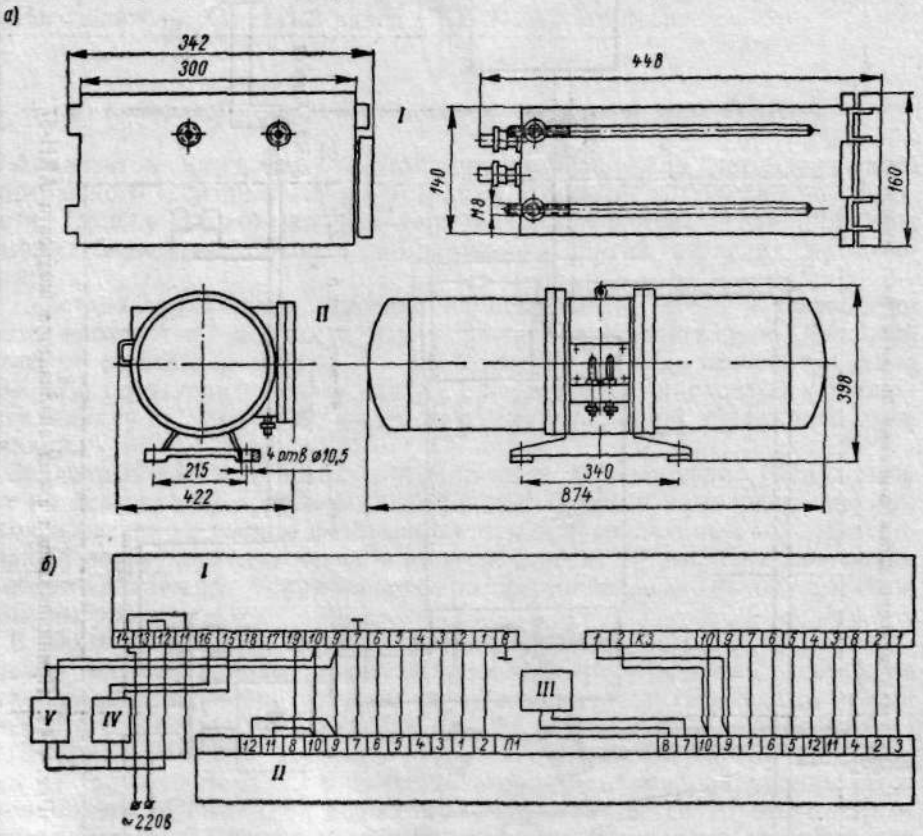


Рис. V.45. Анализатор жидкости АИЖ-1: *а* — общий вид; *б* — схема внешних электрических соединений

I — блок управления; *II* — датчик; *III* — вторичный прибор; *IV* — стабилизатор С-0,06; *V* — стабилизатор С-0,09

двух фильтров выделяются определенные длины волн λ_1 и λ_2, одна из которых рабочая, другая — опорная. Поток радиации с длиной волны λ_1 (рабочая) в анализируемой смеси поглощается пропорционально концентрации определяемого компонента, поток с длиной волны λ_2 не поглощается, в результате чего создается сигнал разбаланса, воздействующий через реверсивный двигатель на компенсационную заслонку, изменяющую интенсивность потока λ_2 до установления равновесия; одновременно

Технические характеристики анализаторов жидкости

Тип	Принцип действия; исполнение датчика	Определяемый компонент	Пределы измерения в % об.	Область применения	Основная погрешность в % об. от диапазона измерения	Напряжение питания в *в* (50 *гц*); потребляемая мощность в *в·а*	Время прогрева в *ч*	Запаздывание в *мин*	Состав комплекта	Габаритные размеры в *мм*
ФКЖ-2	Фотоэлектрический	Двухвалентная медь	10—20 *г/л*	Медно-аммиачный раствор	±10	220; —	3	1	Датчик; фильтр ФЖ-1; вторичный прибор ЭПД, ПС1 или ПСР	740×300×325 240×162×142 —
		Нитробензол	0,01—0,15	Производство анилина						
АСУ-1	Ультразвуковой; взрывозащищенный	Дивинил	65—75	Углеводородная шихта в производстве синтетического каучука	±5	220; 300	1	—	Датчик *; электронный блок БП-4; вторичный прибор ПВ-4	—
РАЖ-1	Радиоактивный; взрывозащищенный	Метиловый спирт	65—85	Водный раствор метилового спирта	±5	220; —	3,5	1	Датчик; реле времени; электронный блок; фильтр ФВ-10; панель ПДУ; вторичный прибор ЭПД	782×346×300 230×163×175 422×288×166 —
ИС-4	Зависимость упругости паров от соотношения соответствующих компонентов	—	0—100; 0—400; 0—800; 0—6400 *мм вод. ст.*	Двухкомпонентная смесь в процессах ректификации; агрессивная среда	—	—	—	—	Датчик; регулирующий блок 4РБ-32А; вторичный прибор 3РБ-29В	502×375×295 —

Продолжение табл. V.14

Тип	Принцип действия; исполнение датчика	Определяемый компонент	Пределы измерения в % об.	Область применения	Основная погрешность в % об. от диапазона измерения	Напряжение питания в *в* (50 *гц*); потребляемая мощность в *в·а*	Время прогрева в *ч*	Запаздывание в *мин*	Состав комплекта	Габаритные размеры в *мм*
АИЖ-1-01	Инфракрасное поглощение; взрывозащищенное	Вода	0—10% вес.	Метанол-сырец	±4	220; 210	0,5	2,5	Датчик; блок управления; вторичный прибор ПСР; преобразователь	873×318×422 342×160×448 —
АИЖ-1-02			0—0,5% вес.	Метанол-ректификат						
АИЖ-1-11 АИЖ-1-12		Уксусный ангидрид	90—100 50—100	Уксусная кислота						
АИЖ-1-21		Азотная кислота	40—55	Азотная кислота	±2,5					
АЖЦ-1	Фотоколориметрический	Аммиак	0,005 *г/л*	Конденсат аммиачного производства	±10	220; 160	—	—	Датчик; вторичный прибор ПСР1-03; регулятор давления жидкости РДЖ-1; холодильник; фильтр очистки жидкости ФЖ-1; редуктор давления воздуха РДВ-5; фильтр воздуха ФВ-10; стабилизатор напряжения С-0,09	

Примечания:

1. Датчики анализаторов продуваются воздухом или азотом, 0,5—1 *кгс/см²*.
2. Изготовитель: анализаторов ФКЖ-2 и РАЖ-1 — ОКБА Москва; ИС-4, АСУ-1 — Воронежский филиал; АИЖ-1 — Северодонецкий филиал; АЖЦ-1 — Тульский филиал.

* Все изделия монтируются на панельном щите 900×2250×400 *мм*.

поворачивается ползунок реохорда, с которого снимается сигнал, пропорциональный концентрации определяемого компонента.

В составе анализируемых смесей могут быть жидкости, которые при испарении образуют в воздухе взрывоопасные смеси 1, 2, 3-й категорий групп А, Б, Г. Давление смеси, подводимой к анализатору, должно быть 0,05—0,5 *кгс/см*^{2}; температура — 5—40° С. Смесь должна быть очищена от механических примесей размером более 0,05 *мм*; уменьшение светового потока за счет примесей должно быть не более 10%.

Датчик анализатора выпускается во взрывонепроницаемом исполнении ВЗГ и может работать в помещениях всех классов. Тип вторичного прибора (бесшкальный, показывающий, регистрирующий, сигнализирующий, регулирующий) определяется по условиям заказа. Выходной сигнал датчика 0—10 *мв* и 0—20 *мв*.

В комплект анализатора может быть включен преобразователь с пневматическим или токовым сигналом. Технические характеристики анализатора приведены в табл. V.14.

Блок управления предназначен для дистанционного управления датчиком, для питания излучателя и схемы выхода. Схема внешних электрических соединений и общие виды датчика блока управления приведены на рис. V.45. Подвод анализируемой жидкости производится коррозионностойкой в анализируемой среде трубкой диаметром 6×1 *мм*. Электрические связи осуществляются кабелем в металлических трубах. Датчик и блок управления должны быть заземлены. Датчик монтируется на фундаменте высотой 1 *м* четырьмя болтами М10, блок управления — на щите или стене четырьмя шпильками М8. Вырез в щите 305×145 *мм*.

Промышленностью выпускается также ряд других анализаторов жидкости, характеристики которых приведены в табл. V.14.

4. Солемеры

Солемер котловой воды типа КСКВ. Солемер работает в комплекте с электронными регуляторами (см. гл. X, § 1) и служит для преобразования отклонения солесодержания от заданного значения в сигнал переменного тока, пропорциональный этому отклонению. Принцип работы датчика основан на изменении электропроводности солевого раствора.

В комплект солемера помимо датчика СКВ входит специальное отборное устройство, которое состоит из шламоотстойника, дроссельной приставки и расширителя. Котловая вода из барабана котла попадает в шламоотстойник (типа ШМ-1). Осветленная в шламоотстойнике она затем поступает в дроссельную приставку (типа ДП-1), где проходит через цилиндрическое сито и набор проходных шайб; при этом ее давление снижается до 1 *ата*. В дроссельной приставке образуется пароводяная смесь с температурой 100° С, пар конденсируется, смешивается с остальной частью пробы, охлаждается и поступает в датчик.

Датчик выпускается на пределы условного солесодержания NaCl в водном растворе (в *мг/л*): 70—250; 200—550; 500—1100; 1000—2500; 2300—5500; 5000—9000. Датчик СКВ может работать при давлении 140 *кгс/см*^{2}, температуре контролируемой пробы 20—50° С. Расход котловой воды через датчик 20 *кг/ч*, охлаждаемой воды на расширитель 180 *кг/ч* при температуре 10° С; после расширителя температура должна быть не более 50° С. Напряжение питания 26 *в*, 50 *гц*.

Изготовитель: Завод тепловой автоматики, Москва.

Индикаторы солесодержания типов РЭС-106 и РЭС-111. Индикаторы предназначены для непрерывного указания, регистрации и сигнализации

солесодержания насыщенного пара котлов. Индикатор работает при давлении насыщенного пара до 110 *кгс/см*². Контроль солесодержания пара осуществляется косвенно, путем измерения электропроводности конденсата этого пара. Измерение электропроводности конденсата производится по схеме моста переменного тока, в котором электроды датчика шунтируют одно из плеч моста, создавая разбаланс в зависимости от солесодержания.

Отбор пробы пара осуществляется парозаборным устройством *1* щелевого типа ПУ-66 (рис. V.46). Затем пар поступает в дегазационный холодильник ДФХ-26 (*2*), где осуществляется его конденсация и дегазация. Непрерывная продувка предотвращает чрезмерное накопление в холодильнике газов и ограничивает растворение их в конденсате. Из дегазационного холодильника конденсат с температурой 100° С поступает в датчик ДС-27 *3*. Конденсат в датчике заполняет межэлектродное пространство, а пар создает паровую рубашку вокруг внешнего электрода, поддерживая постоянную температуру конденсата 100° С.

В качестве самопишущего прибора для РЭС-106 используется трехточечный электронный автоматический мост типа ЭМП-62 *4*, переделанный в равновесный мост переменного тока; для РЭС-111 применяется МС-06.

Пределы измерения солемера 0—4 *мг/кг* условного содержания. Погрешность показаний при проверке по активным сопротивлениям — не более ±1% от предела измерения. Напряжение питания 220 *в* для РЭС-106 и 127 *в* для РЭС-111; 50 *гц*.

В комплект индикатора содержания солей в паре входят: два парозаборных устройства ПУ-66, два дегазационных холодильника ДФХ-26, два датчика ДС-27 и электронный самопишущий трехточечный прибор.

Парозаборное устройство устанавливается на вертикальном участке паропровода, по которому поток пара направлен вниз. Диаметр отверстия для его установки в паропроводе равен 40 ± 0,5 *мм*. Длина парозаборной трубки $L = D_{вн} + \delta - (3 \div 5)$ *мм*, где $D_{вн}$ — внутренний диаметр паропровода, δ — толщина стенки паропровода.

Дегазационный холодильник крепится в вертикальном положении. Паропроводящая трубка должна быть проложена с постоянным уклоном 1 : 10 в сторону холодильника. Схема соединений и габаритные размеры приведены на рис. V.46. Сопротивление соединительных проводов должно быть 5 *ом*.

Изготовитель: Завод электромедицинской аппаратуры, Москва.

Солемеры Ленинаканского опытного завода аналитического приборостроения. Солемеры со следящей температурной компенсацией предназначены для измерения условного солесодержания по NaCl водных растворов различных теплоэнергетических установок. *Солемеры СС1* обеспечивают сигнализацию предельного солесодержания в одной установке, *солемеры СС2* — в четырех точках последовательно. Действие солемеров СС1 и СС2 основано на зависимости удельной электропроводности раствора от солесодержания.

Датчик солемера представляет собой сосуд с двумя электродами, заполненный контролируемым раствором. Измерительная схема обеспечивает измерение удельного сопротивления измерительной ячейки с электродами, так как удельное сопротивление является величиной, обратной удельной электропроводности. При изменении температуры на 10° С электропроводность может измениться на 25%. Для устранения влияния

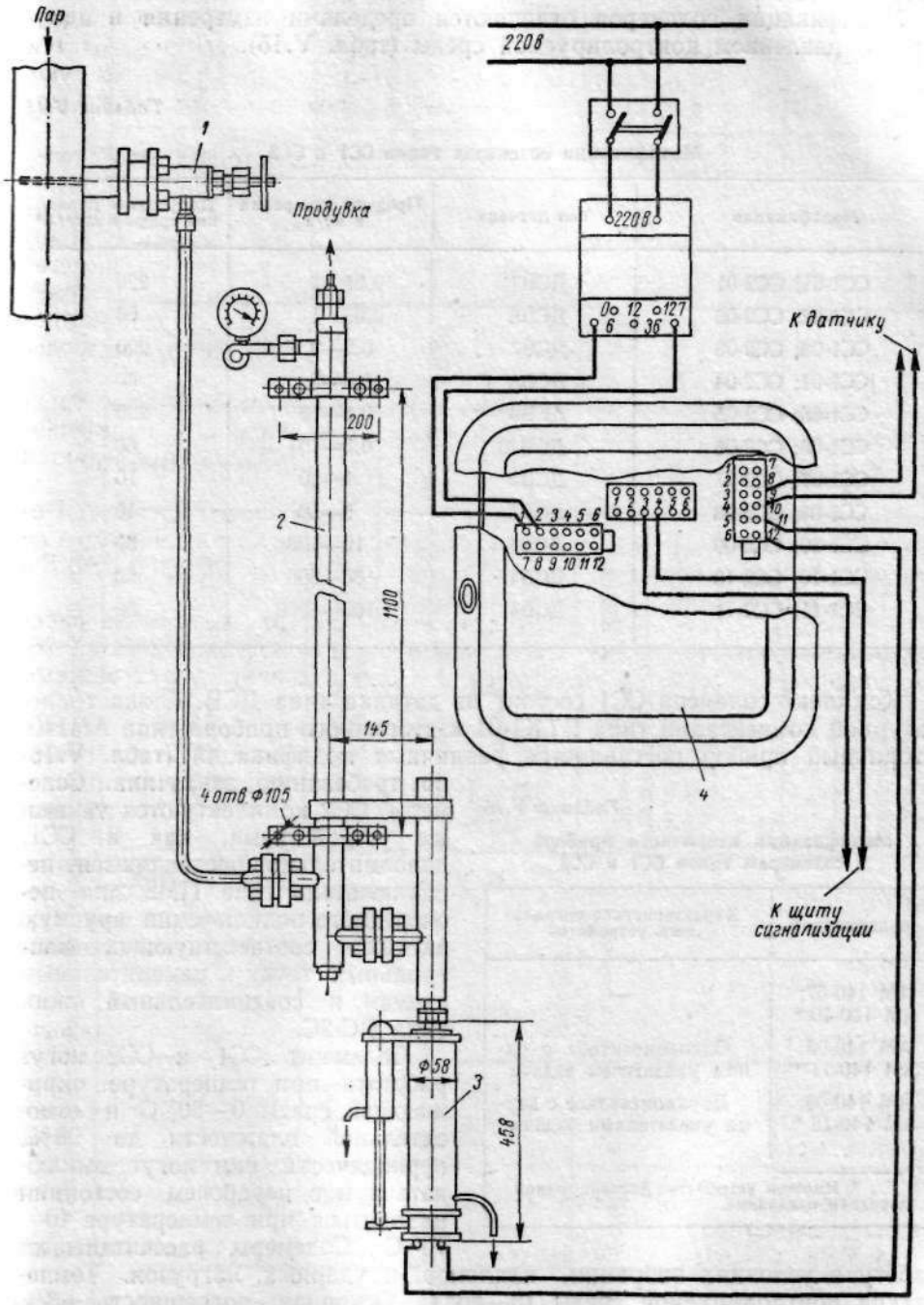


Рис. V.46. Схема внешних соединений индикатора солесодержания в паре РЭС-106

температуры предусмотрена температурная компенсация, которая осуществляется в мостовой схеме.

Модификации солемеров отличаются пределами измерения и допустимым давлением контролируемой среды (табл. V.15).

Таблица V.15

Модификации солемеров типов СС1 и СС2

Модификация	Тип датчика	Пределы измерения в *мг/л*	Допустимое давление среды в *кгс/см²*
СС1-01; СС2-01	ДСВ7	0,05—1	220
СС1-02; СС2-02	ДСВ8	0,05—1	60
СС1-03; СС2-03	ДСВ7	0,2—3	220
СС1-04; СС2-04	ДСВ8	0,2—3	60
СС1-05; СС2-05	ДСВ9	0,5—10	220
СС1-06; СС2-06	ДСВ10	0,5—10	60
СС1-07; СС2-07	ДСВ5	1—20	10
СС1-08; СС2-08	ДСВ5	5—50	10
СС1-09; СС2-09	ДСВ4	10—100	50
СС1-10; СС2-10	ДСВ4	50—500	50
СС1-11; СС2-11	ДСВ4	100—1000	50

Комплект солемера СС1 состоит из датчика типа ДСВ, блока температурной компенсации типа БТК1-01 и вторичного прибора типа АМ140. Вторичный прибор поставляется различных модификаций (табл. V.16) по требованию заказчика. Солемеры СС2 комплектуются такими же устройствами, как и СС1, дополнительно поставляются переключатель типа ПМ2 для поочередного подключения вручную датчиков соответствующих контрольных точек к измерительным схемам и соединительный ящик типа ЯС-2С.

Таблица V.16

Модификации вторичного прибора к солемерам типов СС1 и СС2

Модификация	Характеристика сигнального устройства
АМ 140-07; АМ 140-10 *	—
АМ 140-08; АМ 140-11 *	Одноконтактное с одним указателем задачи
АМ 140-09; АМ 140-12 *	Двухконтактное с двумя указателями задачи

* Имеется устройство дистанционной передачи показаний.

Солемеры СС1 и СС2 могут работать при температуре окружающей среды 0—50° С и относительной влажности до 98%, периодически они могут выключаться и в нерабочем состоянии находиться при температуре 40—70° С. Солемеры рассчитаны на работу в условиях вибрации, наклонов и ударных нагрузок. Температура контролируемой среды 15—85° С. Основная погрешность ±3% от верхнего предела измерения. Дополнительная погрешность при отклонении температуры от градуировочной (50° С) в пределах 15—85° С равна ±3%. Погрешность срабатывания сигнальных контактов ±1,5%.

Таблица V.17

Технические характеристики солемеров-сигнализаторов СВЭ, САС, СЭМС, СЭ, УСВ, ЦКТИ, ССП

Тип	Пределы измерения, в *мг/л*	Градуировочная температура в °С	Область применения	Количество точек контроля	Основной состав комплекта
СВЭ-154	0—20	30; 50; 80	Питательная вода в трубопроводе	1	Датчик ДС-154; охладитель ОС-154; вторичный прибор МПР-12С
СВЭ-254	0—50	15; 30; 55			Датчик ДС-154; фильтр ФСК-53; вторичный прибор МПР-12
СВЭ-156	0—1000	15; 30; 55			Датчик ДС-254; охладитель ОС-254; фильтр ФСК-53; вторичный прибор МПР-12С
САС-154	0—500; 500—1000	15; 55			Датчик ДС-254; фильтр ФСК-53; вторичный прибор МПР-12С
СЭ-12-01	0—1	30; 50	Водные растворы	1	Датчик ДМС2 или ДМС3; вторичный прибор МПР7-01. Для СЭ-12-02 и СЭ-12-03 — соединительный ящик ЯС-30; переключатель ПМ1-04А
СЭ-12-02	0—10			4	
СЭ-12-03	0—10			6	
СЭ-13-01	0,05—3	20—80		1	Датчик ДСВ14-05; вторичный прибор МПР7-05
СЭ-13-02				4	
СЭ-13-03				6	
УСВ2-01 *	10—400 *ком/см*	0—90 **		1	Датчик ДСВ16-09; вторичный прибор МПР7-06

Продолжение табл. V.17

Тип	Пределы измерения в *мг/л*	Градуировочная температура в °С	Область применения	Количество точек контроля	Основной состав комплекта	Тип	Пределы измерения в *мг/л*	Градуировочная температура в °С	Область применения	Количество точек контроля	Основной состав комплекта
СЭМС-01	0—1	30	Дистиллат и бидистиллат	1	Датчик ДМС1-01; вторичный прибор ЭМВ2-220	ЦКТИ (СПП)	0—200 *мкг/кг*	—	Давление среды 12—380 *кгс/см²*. Перегретый пар	1	—
СЭМС-02	0—5	50		6	Датчик ДМС1-02; вторичный прибор ЭМВ2-221; соединительный ящик ЯС-07	ЦКТИ (СПВ)			Питательная вода		
						ЦКТИ (СКТ)			Конденсат турбин		
ЭМС-03	0—5	50		12	Датчик ДМС1-02; вторичный прибор ЭМВ2-222; соединительный ящик ЯС-03	ССП1	0,5—3	20—80 **	Водные растворы (P= =60 *кгс/см²*)	1	Датчик ДСВ14-17; Блок сигнализации БС7-01
						ССП2	3—20; 10—70; 10—100; 100—1000				

* Предназначен для регистрации удельного электрического сопротивления воды.
** Температура контролируемой среды.

Питание от сети 220 *в*, 50 *гц*; потребляемая мощность 45 *в·а*. Сопротивление внешней линии каждой цепи измерительной ячейки и сопротивление термокомпенсатора 5 ± 0,1 *ом*; длина линии 100 *м*.

Солемеры СВЭ, САМС, СЭ, ССП, УСВ, ЦКТИ работают по такому же принципу, как солемеры СС1 и СС2. Все солемеры обеспечивают показания и сигнализацию предельных значений солесодержания. Технические характеристики приведены в табл. V.17. Комплекты солемеров могут работать в условиях вибрации, наклонов, ударных нагрузок при температуре окружающего воздуха 0—50° С и относительной влажности 98%. Сигнализаторы ССП1 и ССП2 могут работать при относительной влажности до 100%.

Условия эксплуатации и технические характеристики вторичных приборов приведены в гл. I.

5. Концентратомеры

Бесконтактные концентратомеры типов КНЧ-1, КНЧ-2-1 и АКС-1. Технические характеристики концентратомеров приведены в табл. V.18.

Действие концентратомера основано на измерении электропроводности жидкостного контура связи безэлектродного датчика индукционным методом при частоте 50 *гц*. Принципиальная схема концентратомера КНЧ-2-1 приведена на рис. V.47.

Чувствительный элемент датчика *I* состоит из питающего ($Тр_1$) и дифференциального ($Тр_2$) трансформаторов, которые выполнены на тороидальных сердечниках. Жидкостный контур связи между питающим и дифференциальным трансформаторами представляет собой погруженный в контролируемый раствор виток $W_{ж}$. Для питающего трансформатора $Тр_1$ он является вторичной обмоткой, для дифференциального — первичной.

По первичной обмотке W_1 питающего трансформатора протекает ток частотой 50 *гц*, создающий магнитный поток в сердечнике, который наводит электродвижущую силу в обмотках W_2, W_3 и $W_{ж}$. Под действием наведенной э. д. с. в жидкостном витке протекает ток, прямо пропорциональный электропроводности контролируемого раствора. При изменении последней изменяется сопротивление жидкостного витка, что приводит к изменению потока Φ_1, а разность магнитных потоков $\Phi_1 - \Phi_2 = \Delta\Phi$ создает на входе вторичного прибора сигнал, и двигатель прибора начинает перемещать сердечник дифференциальной катушки прибора до тех пор, пока не компенсируется разностный поток $\Delta\Phi$ обратным потоком Φ_3. Вместе с сердечником перемещается стрелка вторичного прибора, показывающая величину электропроводности раствора.

Принципиальная схема КНЧ-1 отличается от КНЧ-2-1 незначительно.

Концентратомеры КНЧ-1 и КНЧ-2-1 состоят из датчика *I*, переходной коробки *II* и вторичного прибора *III*.

Датчик выпускается в двух модификациях — погружным и проточным во взрывозащищенном исполнении ВЗГ (так же выполнена и переходная коробка) для работы в помещениях любого класса, где возможно образование взрывоопасных смесей газов и паров 1-, 2-, 3-й категорий групп А, Б, Г.

Вторичный прибор выполнен на базе электронного дифференциально-трансформаторного прибора ЭПИД (см. гл. III, § 13), в который встроен

Таблица V.13

Технические характеристики концентратомеров КНЧ-1, КНЧ-2-1, АКС-1

Тип	Определяемая среда	Пределы измерения в %	Анализируемая среда				Напряжение питания в *в* (50 *гц*); потребляемая мощность в *в·а*	Запаздывание в *мин*	Основная погрешность в %	Окружающая среда	
			Область применения	Давление в *кгс/см²*	Расход в *л/ч*	Температура в °С				Температура в °С	Влажность в %
КНЧ-1-1	H_2SO_4	95—99	Водный раствор H_2SO_4	3	10	55	220; 45	1	±0,2	—50÷+50	90
КНЧ-1-2		93—96									
КНЧ-1-3		72—78									
КНЧ-1-4		65—70							—		
КНЧ-1-5	SO_3 (свободный)	15—25	Олеум						±0,5		
КНЧ-1-6	Поваренная соль	7—26	Водный раствор поваренной соли						±0,75		
КНЧ-2-1	H_2SO_4	95—99	Водный раствор H_2SO_4	1,5	10	55	127 или 220; 120	1,5	±0,2	—50÷+50	98
АКС-1	Кальцинированная сода	70—120 *мг/л*	Содовый раствор	—	3	25	220; 150	1	±1	—20÷+50	80

Примечание. Изготовитель: ОКБА, Харьковский филиал.

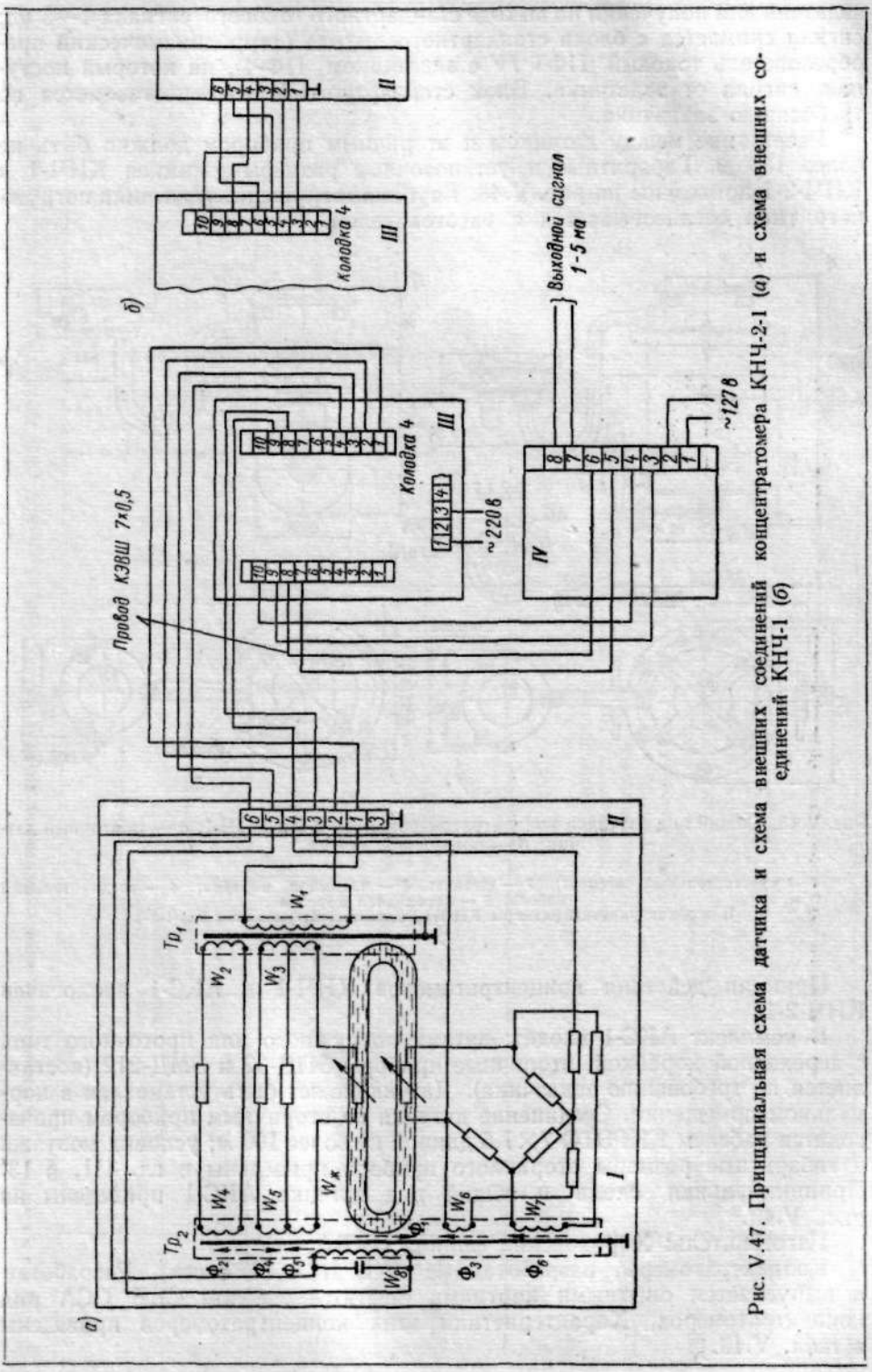


Рис. V.47. Принципиальная схема датчика и схема внешних соединений концентратомера КНЧ-2-1 (*а*) и схема внешних соединений КНЧ-1 (*б*)

задатчик для получения на выходе стандартного токового сигнала 1—5 *ма*; сигнал снимается с блока стандартного выхода (ферродинамический преобразователь токовый ПФТ *IV* с задатчиком ПФ-4), на который поступает сигнал от задатчика. Блок стандартного выхода поставляется по требованию заказчика.

Расстояние между датчиком и вторичным прибором должно быть не более 150 *м*. Габаритные и установочные размеры датчиков КНЧ-1 и КНЧ-2-1 приведены на рис. V.48. Глубина погружения *H* датчика погружного типа согласовывается с изготовителем.

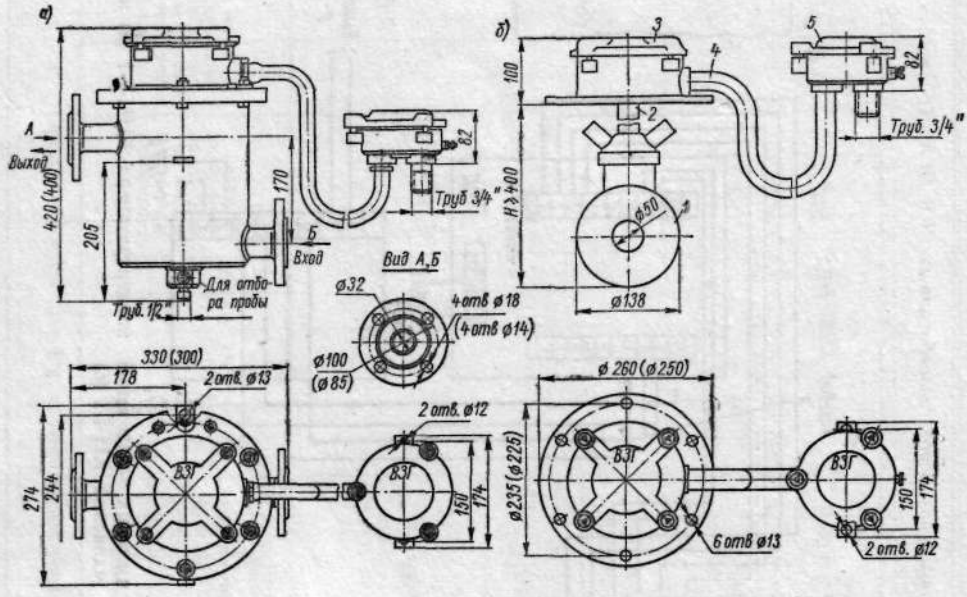


Рис. V.48. Общий вид датчиков концентратомеров КНЧ-2-1 и КНЧ-1: *а* — проточный датчик; *б* — погружной датчик

1 — чувствительный элемент; *2* — штанга; *3* — клеммная коробка; *4* — соединительный кабель; *5* — переходная коробка
В скобках указаны размеры КНЧ-1, отличные от размеров КНЧ-2-1

Принцип действия концентратомеров КНЧ-1 и АКС-1 аналогичен КНЧ-2-1.

В комплект АКС-1 входят: датчик погружного или проточного типа с переходной коробкой, вторичные приборы ЭПД-32 и ЭМД-212 (поставляется по требованию заказчика). Датчик может быть установлен в нормальном помещении. Соединение датчика со вторичным прибором производится кабелем КНРЭТО-7×1,5 длиной не более 100 *м*; условия монтажа и габаритные размеры вторичного прибора приведены в гл. III, § 13. Принципиальная схема и общий вид датчика АКС-1 приведены на рис. V.49.

Изготовитель: Харьковский филиал ОКБА.

Концентратомеры, разработанные СКБ ПСА (Тбилиси). Разработан и выпускается опытными партиями опытным заводом СКБ ПСА ряд концентратомеров. Характеристики этих концентратомеров приведены в табл. V.19.

Таблица V.19

Технические характеристики концентратомеров, разработанных СКБ ПСА (Тбилиси)

Тип	Исполнение датчика	Пределы измерения (удельная электропроводность) в *сим/см*	Анализируемая среда					Основная погрешность в % от максимального значения шкалы	Тип вторичного прибора	Основной комплект
			Область применения	Давление в *кгс/см²*	Расход в *л/ч*	Температура в °С	Вязкость в *пз*			
КК-1	Искробезопасное; ИО → водород	$1\cdot10^{-6}$—$1\cdot10^{-5}$ $1\cdot10^{-5}$—$1\cdot10^{-4}$ $1\cdot10^{-4}$—$1\cdot10^{-3}$	Неагрессивные разбавленные водные растворы кислот, щелочей и солей	5	10	1—110	0,1	±2,5	ЭМД-232	Датчик, измерительный блок, вторичный прибор
КК-2, КК-3		$1\cdot10^{-4}$—10^{-1}								
КК-4, КК-5,	Специальное СОГ; для паровоздушной среды 1-, 2-, 3-й категорий групп А, Б, Г. Проточный и погружной	$1\cdot10^{-4}$—10^{-2}	Агрессивные чистые, сильно загрязненные суспензионные и пленкообразующие водные растворы электролитов; водные растворы кислот и щелочей							Датчик, распределительная коробка, вторичный прибор, промежуточный блок
КК-6, КК-7,		$1\cdot10^{-2}$—10^{-1} $1\cdot10^{-1}$—1								
КК-8, КК-9		$1\cdot10^{-2}$—10^{-1} $1\cdot10^{-1}$—1								

Продолжение табл. V.19

Тип	Исполнение датчика	Пределы измерения (удельная электропроводность) в *сим/см*	Анализируемая среда					Основная погрешность в % от максимального значения шкалы	Тип вторичного прибора	Основной комплект
			Область применения	Давление в *кгс/см²*	Расход в *л/ч*	Температура в °С	Вязкость в *пз*			
КК-10, КК-11	Искробезопасное; для паровоздушной смеси 1-, 2-, 3-й категорий групп А, Б, Г. *Проточный и погружной*	$1 \cdot 10^{-6}$—$1 \cdot 10^{-3}$	Разбавленные растворы кислот, щелочей и солей (агрессивные и неагрессивные)	5	10	1—110	0,1	±20	Регулятор-сигнализатор	Комплект датчиков. Проточный (или погружной) коаксиальный или трехэлектродный, блок питания, блок регулятора-сигнализатора
КК-12, КК-13	Специальное СОГ. Проточный и погружной	$1 \cdot 10^{-3}$—$5 \cdot 10^{-2}$ $5 \cdot 10^{-2}$—1	Растворы электролитов (агрессивные и неагрессивные)							Датчик, соединительная коробка, электронный блок
СПК-26-01	—	$1 \cdot 10^{-2}$—$2 \cdot 10^{-2}$	Едкий натр и другие растворы кислот, солей, щелочей	Атмосферное	10	20	—	±10	Сигнализатор	26 датчиков, пульт управления, феррорезонансный стабилизатор

Тип	Исполнение датчика	Пределы измерения (удельная электропроводность) в *сим/см*	Анализируемая среда					Основная погрешность в % от максимального значения шкалы	Тип вторичного прибора	Основной комплект
			Область применения	Давление в *кгс/см²*	Расход в *л/ч*	Температура в °С	Вязкость в *пз*			
АНК-И-02	Проточный	0,2—5%	Серная кислота и едкий натр	10	—	30±10	—	±4	ППр-4-05	Датчик, электронный прибор
АР-3		18—22%	Соляная кислота в потоке	0,3—0,5	36	30—40	—	±2,5**	ЭМД, ЭМВ-2, МСР, АУС	Датчик, вторичный прибор, разделительный трансформатор
АНИ-250-В	Взрывобезопасное для паровоздушной смеси 1, 2 и 3-й категорий групп А, Б, Г. Проточный	0—5 *	Рассол и другие жидкости маловязкие	0,25	—	85±10	—	±5	—	Датчик, вторичный прибор; электронный блок; КЭП-12у

Примечания:

1. Принцип действия датчиков КК-1—КК-13 — кондуктометрический: датчик АНК-И-02 низкочастотный, индукционный с жидкостным контуром связи аналогично КНЧ-2-1 (см. табл. V.18); датчик АР-3 — рефрактометр; датчик АНИ-250-В — нефелометр непрерывно-циклического действия.
2. Изготовитель: КК-1—КК-9 — завод «Гориприбор», Гори; КК-10—КК-13, СПК-26-01, АНК-И-02, АР-3, АНИ-250-В — Опытный завод СКБ ПСА, Тбилиси.

* Пределы измерения в оптических единицах оптической плотности.
** Погрешность от диапазона измерения.

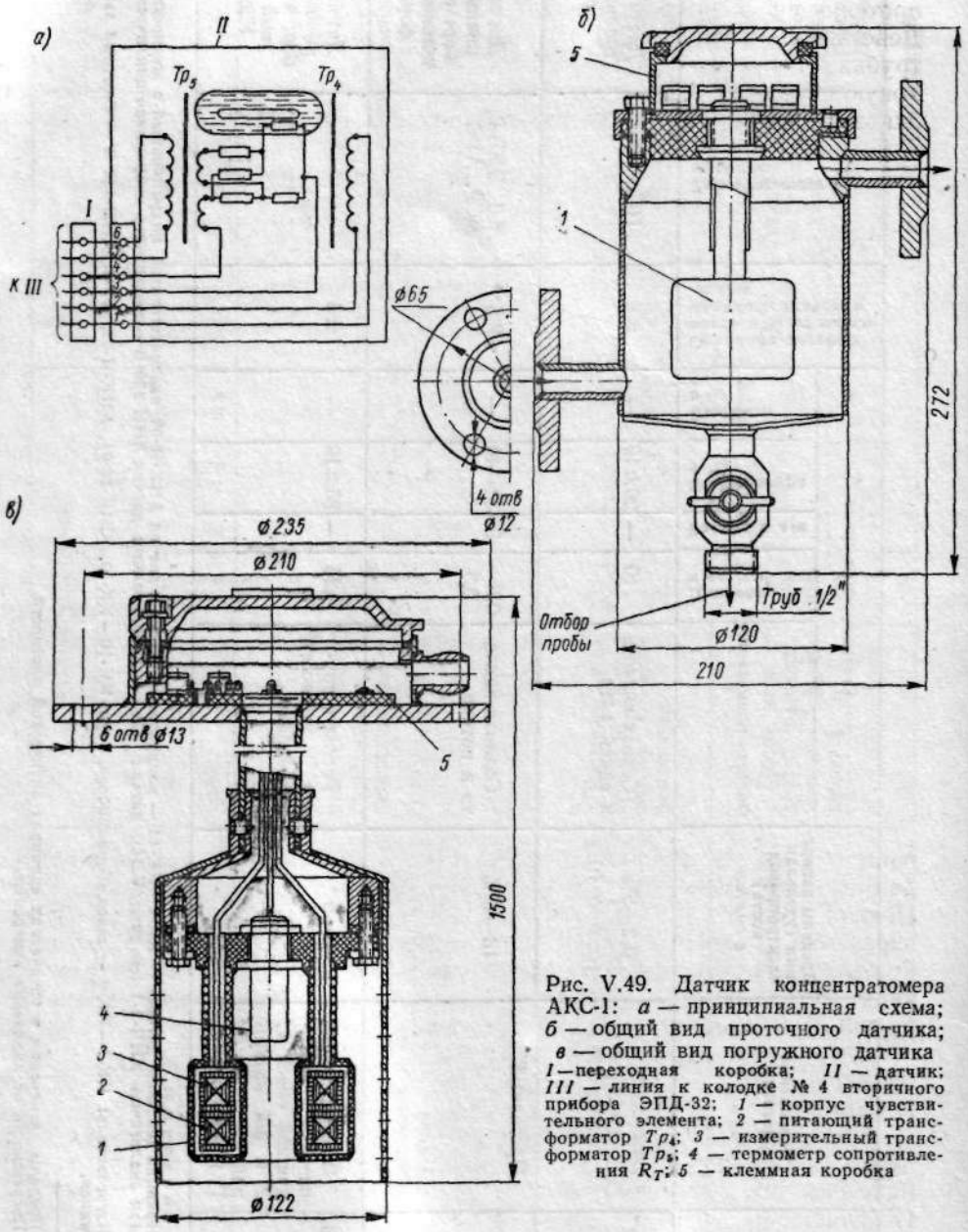


Рис. V.49. Датчик концентратомера АКС-1: *а* — принципиальная схема; *б* — общий вид проточного датчика; *в* — общий вид погружного датчика
I — переходная коробка; *II* — датчик; *III* — линия к колодке № 4 вторичного прибора ЭПД-32; *1* — корпус чувствительного элемента; *2* — питающий трансформатор $Тр_4$; *3* — измерительный трансформатор $Тр_5$; *4* — термометр сопротивления R_T; *5* — клеммная коробка

§ 4. ПЛОТНОМЕРЫ

1. Пьезометрические плотномеры типа КМ

Пьезометрический концентратомер (плотномер) предназначен для автоматического измерения и записи плотности или концентрации жидкости, протекающей по трубопроводу и находящейся под атмосферным давлением. Действие концентратомера основано на измерении давления воздуха в двух трубках, через которые продувается воздух. Трубки погружены на одинаковую глубину в однородные жидкости с разными плотностями; плотность одной из жидкостей является эталоном. Давление в трубках устанавли-

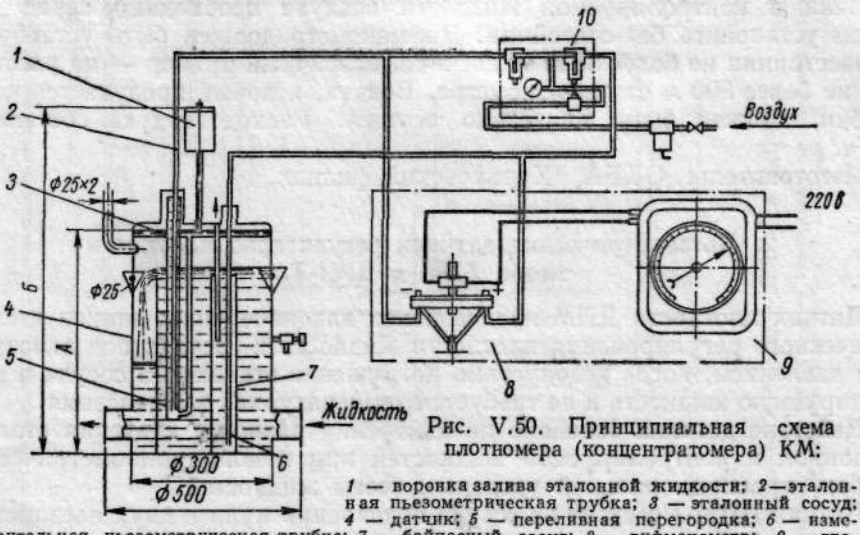


Рис. V.50. Принципиальная схема плотномера (концентратомера) КМ:

1 — воронка залива эталонной жидкости; *2*—эталонная пьезометрическая трубка; *3* — эталонный сосуд; *4* — датчик; *5* — переливная перегородка; *6* — измерительная пьезометрическая трубка; *7* — байпасный сосуд; *8* — дифманометр; *9* — вторичный прибор; *10* — блок питания

Тип датчика	*А*	*Б*	Контролируемая жидкость
КМ-1	1038	1324	HNO_3 до 60%
КМ-3	1053	1571	H_2SO_4 до 70%
КМ-4	1538	1904	HNO_3 до 60%

вается таким, которое необходимо для продувания через слой жидкости данной концентрации. Схема концентратомера приведена на рис. V. 50. Подача воздуха 2—6 *кгс/см*^{2} в пьезометрические трубки производится через блок питания БПВЩ-2, состоящий из редуктора, манометра и двух контрольных стаканчиков. Давление в трубках измеряется дифманометром типа ДМ и передается на вторичный прибор, показывающий и регистрирующий. Комплект прибора имеет индекс измерителя давления ЭМИД-7.

Датчик КМ выпускается в нескольких модификациях в зависимости от характера измеряемой жидкости и глубины погружения эталонной пьезометрической трубки.

Пропускная способность датчика 50 *м*^{3}/*ч*. Прибор градуируется в единицах плотности — *г/см*^{3} или концентрации — %. На шкале прибора нанесены также основные контрольные точки по перепаду в *мм вод. ст.* Погрешность измерения ±4% от максимального значения шкалы. Показания прибора не зависят от расхода контролируемой жидкости, изменения ее температуры, изменения расхода продуваемого воздуха. Прибор может быть применен для измерения концентрации в тех случаях, когда имеется однозначная зависимость плотности ее от концентрации.

В комплект плотномера входят: датчик КМ, блок питания воздухом БПВЩ-2 (по особому заказу поставляется БПВЩ-3 с тремя контрольными стаканчиками), фильтр воздуха ФВ-10. Дополнительно поставляются приборы АУС или ЭМИД-7.

Датчик КМ устанавливается в разрезе трубопровода контролируемой жидкости, текущей к открытому приемнику. Уровень жидкости в выходной полости датчика должен быть не более 300 *мм*. При расходе жидкости в трубопроводе более 50 $м^3/ч$ датчик надо устанавливать на байпасной линии. Поток жидкости через датчик должен быть непрерывным. При наличии в контролируемой жидкости воздуха необходимо перед датчиком установить бак-отстойник. Дифманометр должен быть установлен на расстоянии не более 35 *м* от датчика, вторичный прибор — на расстоянии не более 500 *м* от дифманометра. Воздух, который продувается через трубки, должен быть тщательно осушен. Расход воздуха составляет 2 *л/ч*.

Изготовитель: ОКБА, Харьковский филиал.

2. Пьезометрические датчики регуляторов плотности типов ДПМ и ДРП-Т

Датчик плотности ДПМ предназначен для измерения, записи и автоматического регулирования плотности жидкости в сосудах под атмосферным давлением, когда недопустимо погружение эталонного сосуда в контролируемую жидкость и не требуется температурная компенсация.

Действие датчика основано на измерении разности давления столбов эталонной и контролируемой жидкостей при помощи пьезометрических трубок, пропорциональной удельным весам жидкостей.

Датчик ДПМ-7 состоит из сосуда подавления нуля и двух пьезометрических трубок, смонтированных на баке с контролируемой жидкостью. Подключение трубок к измерительной схеме и габаритные размеры сосуда подавления нуля приведены на рис. V.51. Измерительная схема такая же, как и для концентратомера КМ (рис. V.50).

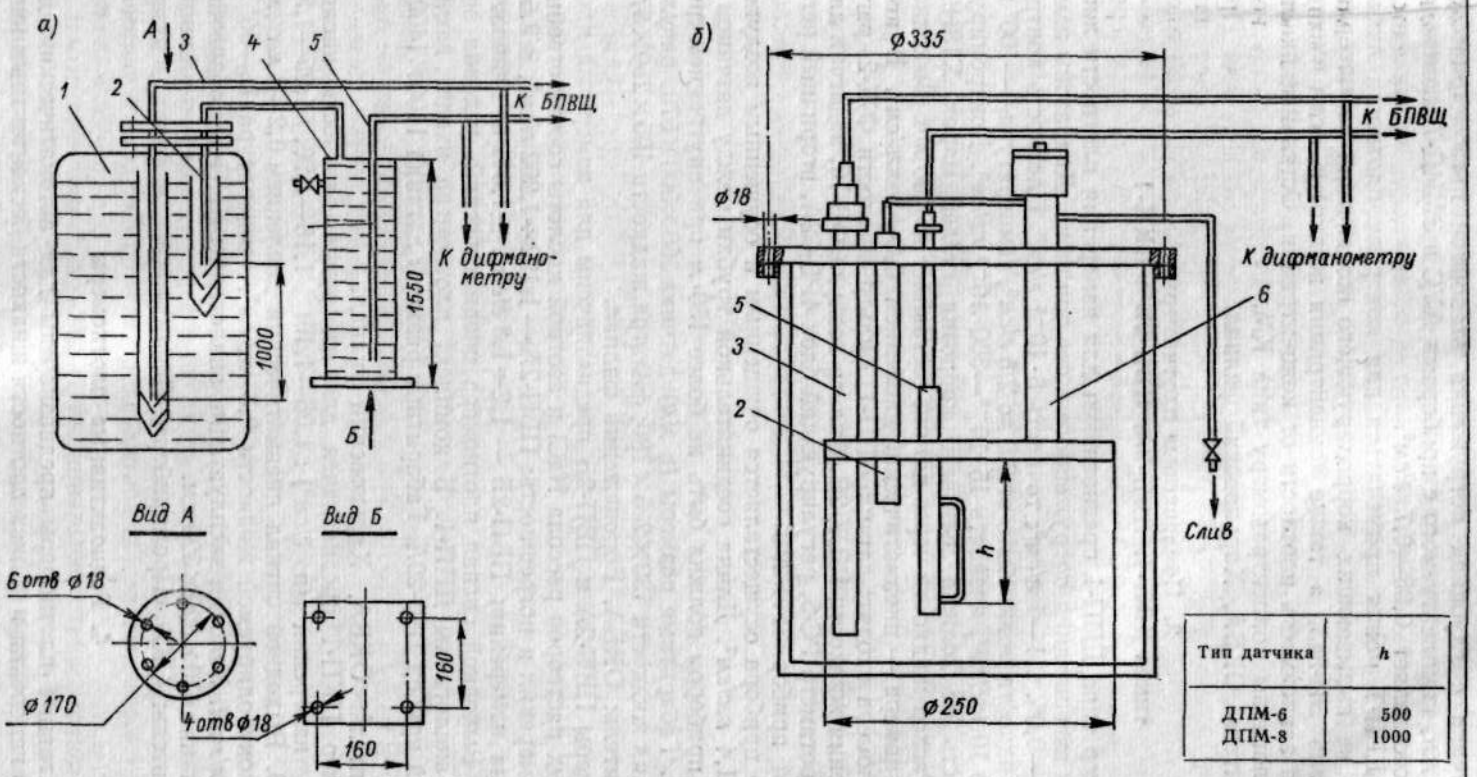
Пьезометрические трубки изготовлены из стали 1Х18Н9Т, по особому заказу материал может быть изменен. Пределы измерения: 0,04—0,35 $г/см^3$ (при комплектации датчика приборами ДМПК-4, 3РЛ-29В, 4РБ-32А или ЭМИД-7).

Погрешность выходного пневматического сигнала $\pm 2{,}5$ *мм вод. ст.* Расход воздуха 2 *л/ч*, давление воздуха 2—10 $кгс/см^2$. Глубина погружения пьезометрических трубок 1,5—5 *м*. Пьезометрические трубки не должны устанавливаться в баках, где происходит газо- или паровыделение. Расстояние от контролируемого бака до сосуда подавления нуля должно быть не больше 30 *м*. Датчики ДПМ-6 и ДПМ-8 аналогичны ДПМ-7.

Комплект поставки: датчик ДПМ, блок питания БПВЩ-2, фильтр воздуха ФВ-10.

Датчик плотномера ДРП-Т предназначен для измерения плотности жидкости, приведенной к нормальным условиям. Датчик (проточного типа) применяется для измерения и записи, а также для регулирования плотности жидкости, протекающей по трубопроводу при атмосферном давлении. Конструкция датчика, а также схема измерения такая же, как для плотномера типа КМ.

Датчик плотномера ДРП-Т может работать в условиях тропического климата при температуре окружающего воздуха 10—55° С и относительной влажности до 95%.



Тип датчика	h
ДПМ-6 ДПМ-8	500 1000

Рис. V.51. Датчик плотномера ДПМ: *а* — ДПМ-7; *б* — ДПМ-6 и ДПМ-8

1 — бак с контролируемой жидкостью; *2* — дополнительные пьезометрические трубки; *3* — измерительная пьезометрическая трубка; *4* — сосуд подавления нуля; *5* — эталонная пьезометрическая трубка; *6* — сифон

Для датчика с глубиной погружения эталонной пьезометрической трубки 500 *мм*, комплектуемого с приборами АУС и ЭМИД-7, изменение плотности составляет 0,08—0,7 *г/см*^{3}.

Датчик ДРП-Т может применяться для контроля плотности любых жидкостей, не вызывающих корродирующего воздействия на материал датчика сталь ЭИ-943, а также концентрации жидкости, если имеется однозначная зависимость плотности от концентрации. Остальные данные ДРП-Т аналогичны концентратомеру типа КМ.

Изготовитель: ОКБА, Харьковский филиал.

3. Поплавковые плотномеры типов ДПП-1, ПВП-2А, ПВП-2Б и ПКП-1

Плотномер типа ДПП-1 предназначен для измерения плотности жидкости путем взвешивания погруженного в нее поплавка. Диапазоны измерения: 0,01—0,05, 0,1—1 *г/см*^{3}; точность $5 \cdot 10^{-5}$ *г/см*^{3}. Плотность контролируемой жидкости может быть от 0,5 до 2,5 *г/см*^{3}, температура 0—100° С, давление до 10 *кгс/см*^{2}, вязкость $15 \cdot 10^{-6}$—$500 \cdot 10^{-6}$ *кг/см*^{3}. Контролируемая жидкость не должна вызывать коррозии сталей марок Х18Н9Т и Х18Н9. Расход жидкости через датчик составляет до 200 *л/ч*. Выходной сигнал плотномера — пневматический давлением 0,2—1 *кгс/см*^{2}. В комплект плотномера входят: датчик ДПП-1, фильтр жидкости ФЖ-2, регулятор давления жидкости РДЖ-2В, фильтр воздуха ФВ-10, задатчик давления Р-1, ротаметр РС-5, регулирующий блок 4РБ-32А, вторичный регистрирующий прибор 3РЛ-29В.

Питание прибора осуществляется очищенным и осушенным воздухом давлением 1,4 *кгс/см*^{2}. Длина соединительной трубки между датчиком и вторичным прибором должна быть не более 150 *м* при внутреннем диаметре 6 *мм*. Габаритные размеры (в *мм*): датчика $360 \times 500 \times 570$; регулятора давления жидкости $130 \times 235 \times 180$; фильтра жидкости $195 \times 250 \times 375$.

Изготовитель: ОКБА, Воронежский филиал.

Плотномеры ПВП-2А и ПВП-2Б предназначены для измерения плотности водных растворов рассола NaCl и азотной кислоты соответственно. Пределы измерения и погрешность: ПВП-2А — $1{,}192 \div 1{,}202$ *г/см*^{3}; $\pm 2{,}5\%$ от диапазона измерения; ПВП-2Б — $1{,}2 \div 1{,}3$ *г/см*^{3}, $\pm 1{,}5\%$ от диапазона измерения. Выходной сигнал плотномера пневматический, условия эксплуатации аналогичны ДПП-1. В комплект плотномера входят: датчик и вторичный прибор 1РЛ-29А. Габаритные размеры датчика $1100 \times 1400 \times 310$ *мм*.

Изготовитель: ОКБА, Харьковский филиал.

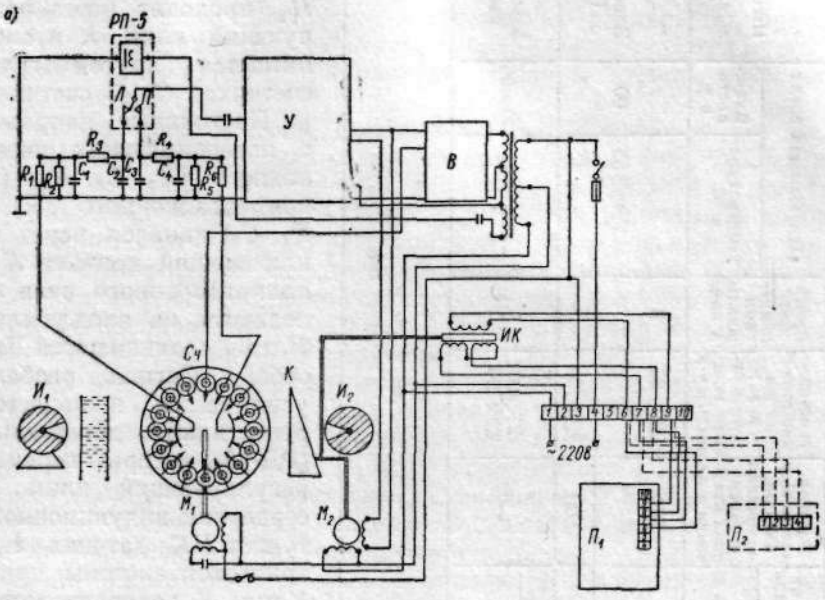
Плотномер ПКП-1 предназначен для измерения плотности кислот. Диапазоны измерения (в *г/см*^{3}) : 1,05—1,16; 1,15—1,26; 1,25—1,36; 1,35 — 1,46. Выходной сигнал пневматический давлением 0,2—1 *кгс/см*^{2}. Давление контролируемой жидкости 0,5 *кгс/см*^{2}, температура 15—80° С, расход 0,3 *л/мин*. Условия эксплуатации аналогичны ДПП-1. Габаритные размеры датчика $470 \times 320 \times 320$ *мм*.

Изготовитель: СКБ «Промприбор», Ленинакан.

4. Радиоактивные плотномеры

Радиоактивные плотномеры предназначены для автоматического непрерывного измерения и записи плотности жидкости бесконтактным методом. Действие их основано на явлении поглощения прямого пучка γ-из-

лучения при прохождении его через слой жидкости. γ-лучи от радиоактивного источника (цезий-137) проходят через контролируемую среду и воспринимаются приемником — сцинтилляционным счетчиком. Одновременно с этим от второго источника (контрольного) γ-лучи попадают на



Блок	Активность в г-экв радия	L	H	B	K	b	a
Э-1	10	405	332	280	138	245	200
Э-2	3,0	385	292	240	118	215	165
Э-3	0,5	335	262	210	103	165	145

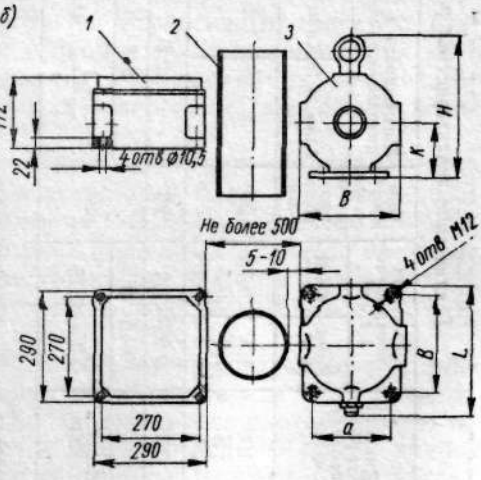


Рис. V.52. Радиоактивный плотномер ПЖР-2М: *а* — принципиальная электрическая схема; *б* — установка блоков плотномера

1 — электронный блок; *2* — труба с контролируемой жидкостью; *3* — блок источника

счетчик, минуя контролируемую среду. Усиленные сигналы счетчиков сравниваются между собой и по их разности определяется степень поглощения γ-лучей и соответственно плотность контролируемой среды. Технические характеристики радиоактивных плотномеров приведены в табл. V.20.

Плотномер типа ПЖР-2М. Принципиальная схема плотномера приведена на рис. V.52, *а*. Излучение от основного источника $И_1$ проходит через контролируемую жидкость и воспринимается группой счетчиков *Сч* (3 счетчика); ток счетчиков создает на интегрирующей ячейке постоянное

Таблица V.20

Технические характеристики радиоактивных плотномеров

Тип	Пределы измерения в $г/см^3$	Диаметр трубопровода в *мм*	Диапазон измерения в $г/см^3$		Толщина стенок трубопровода в *мм*	Погрешность в % от диапазона измерения		Расстояние между блоками источника и приемника излучения в *мм*	Напряжение питания в *в* (50 *гц*); потребляемая мощность в *в·а*	Время прохождения шкалы в *мин*	Окружающая среда		Изготовитель
			Клин № 1*	Клин № 2*		Клин № 1*	Клин № 2*				Температура в °С	Влажность в %	
ПЖР-2М	0,5—2,5	100 150 300	1,5 1,0 0,5	0,75 0,5 0,25	20	±3	±5	500	220; 95	3	—30÷+35	90	Завод КИП, Таллин
ПЖР-5	0,3—2,5	300	0,05—1,0		25	±2		500	220; 50	1			
ПР-1024	0,5—3	100 300	0,15—0,5 0,05—0,15		20	±2 $\pm\frac{0,3}{D_{тр}}$ $г/см^3$		—	127 или 220; 90	1	—5÷+40	30—95	Завод «Калугаприбор»

Примечания:
1. Исполнение плотномеров пылебрызгозащищенное.
2. Источник излучения для всех плотномеров Cs-137.

* Сменный регулирующий клин для ПЖР-2М.

напряжение, пропорциональное величине излучения. Одновременно излучение от компенсационного источника $И_2$ проходит через регулирующий клин $К$ и воспринимается другой группой счетчиков $Сч$ (3 счетчика).

Постоянные напряжения с интегрирующих ячеек основного (R_1, C_1, R_3, C_2) и компенсационного (R_6, C_4, R_4, C_3) каналов через переключающий контакт $Л$ и $П$ поляризованного реле $РП$-5 подаются на вход усилителя $У$, где сравниваются между собой. Сигнал разбаланса усиливается и подается на реверсивный двигатель $М_2$ (РД-09), который перемещает регулирующий клин $К$ и сердечник индукционной катушки $ИК$ датчика телеметрической системы прибора. Клин $К$ поворачивается до тех пор, пока поглощение γ-излучения в последнем не сравняется с поглощением в контролируемой жидкости, а сигнал разбаланса исчезнет. Питание схемы осуществляется выпрямителем $В$.

Счетчики расположены на вращающемся барабане и включаются попеременно ртутным коммутатором таким образом, что за один оборот одни и те же счетчики работают как в основном, так и в компенсационном канале. Благодаря этому компенсируется погрешность, вызванная различной эффективностью счетчиков. Барабан вращается двигателем $М_1$ (СД-54).

Комплект плотномера состоит из блока источника излучения, электронного блока и вторичного самопишущего прибора ЭПИД ($П_1$) или ДСР1 ($П_2$). Блок источ-

ника выполнен пылебрызгонепроницаемым. Конструкция блока позволяет перемещать источник относительно коллиматорного отверстия контейнера и ставить его в нерабочее положение — перекрывать излучение на выходе источника.

Установка блоков плотномера и габаритные размеры их приведены на рис. V.52, *б*. Правильная работа плотномера обеспечивается при полном заполнении трубопровода, постоянстве толщины стенок трубопровода в месте измерения.

Плотномер типа ПР-1024. Плотномер ПР-1024 работает так же, как и ПЖР-2М. Принципиальная схема его приведена на рис. V.53. Компенсационный источник *КИ* излучения в плотномере ПР-1024 используется для уменьшения погрешности. Излучения обоих источников воспринимаются одним счетчиком *Сч*, регистрируются фотоумножителем *Фу* раздельно во времени при помощи прерывателя (свинцовый полуцилиндр), который вращается с постоянной скоростью вокруг счетчика и попеременно перекрывает (ослабляет в 10—20 раз) потоки излучения. В течение одного полупериода регистрируется излучение только одного источника, соответственно заряжаются конденсаторы электронного блока: C_2 — током, определяемым потоком излучения основного источника; C_3 — током от компенсационного источника. Поочередная зарядка конденсаторов обеспечивается контактами реле P_1 (для конденсатора C_2) и реле P_2 (для конденсатора C_3). Реле, в свою очередь, включаются контактами K_1 и K_2 прерывателя. Время заряда каждого конденсатора меньше полупериода вращения прерывателя, что исключает смешивание сигналов.

Напряжения на конденсаторах сравниваются между собой при помощи вибропреобразователя ВП; напряжение разбаланса через усилитель *У* поступает на вход вторичного прибора *IV*. Реверсивный двигатель вторичного прибора перемещает движок реохорда R_0 до установления равновесия, т. е. до установления равенства напряжений на конденсаторах C_2 и C_3. При этом положение движка реохорда R_0 определяет величину измеряемой плотности.

В комплект плотномера входят: контейнер основного источника излучения *I*, приемник плотномера *II*, электронный блок *III*, вторичный прибор ЭМД-252, стабилизатор напряжения С-0,09 *V*. В рабочем положении контейнер основного источника и блок приемника крепятся на одном кронштейне. Габаритные размеры кронштейна для диаметра трубопровода 100—200 *мм* равны 870×330 *мм*, для трубопровода 200—300 *мм* — 970××430 *мм*.

При монтаже плотномера должно быть обеспечено следующее: постоянная толщина просвечиваемого слоя, т. е. полное заполнение трубопровода, и постоянная толщина стенок трубопровода. Измерение плотности пульпы следует вести на вертикальном участке трубопровода. Участок трубопровода, на котором устанавливается плотномер, должен быть удален от задвижек и вентилей не менее чем на 1 *м*. Истирание трубопровода, а также зарастание его должны быть незначительны, в противном случае необходимо его футеровать соответствующими стойкими материалами. В трубопроводе необходимо предусмотреть пробоотборное устройство для проведения ареометрических замеров при тарировке плотномера.

Электронный блок должен быть установлен на расстоянии не более 100 *м* от приемника, вторичный прибор — на расстоянии до 1 *м* от электронного блока. Силовой кабель и кабель связи прокладываются в стальных трубах раздельно. Схема внешних соединений приведена на рис. V.53.

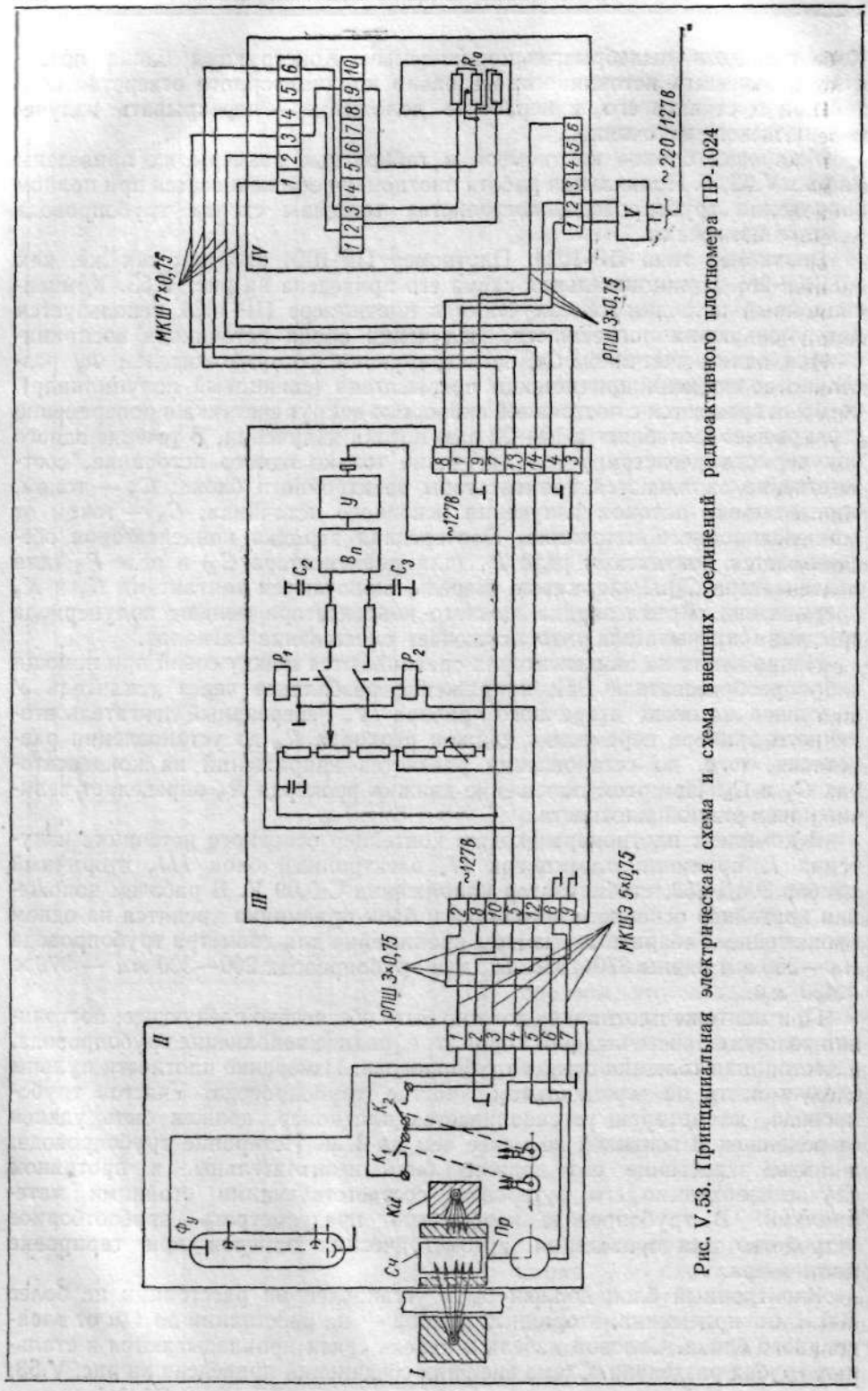


Рис. V.53. Принципиальная электрическая схема и схема внешних соединений радиоактивного плотномера ПР-1024

Кабель для соединения электронного блока со вторичным прибором входит в комплект прибора.

Плотномер типа ПЖР-5. В качестве приемника излучения в плотномере ПЖР-5 служит дифференциальная ионизационная камера, состоящая из основного и компенсационного отделений. Принципиальная схема плотномера приведена на рис. V.54, *а*. γ-излучение основного источника $И_2$, пройдя через контролируемый объект, попадает в основное отделение ионизационной камеры *ИК*, в которой создается ток, пропорциональный плотности контролируемой жидкости. γ-излучение компенсационного источника *И1* проходит через компенсирующий клин *К* и попадает в компенсационное отделение ионизационной камеры, ток в котором пропорционален толщине компенсационного клина в просвечиваемой части.

На высоковольтные электроды обоих отделений подаются электрические потенциалы различных знаков. Разностный сигнал, выделяющийся на общем высокоомном сопротивлении R_1, преобразуется, усиливается в усилителе *У* электронного блока и управляет реверсивным двигателем M_2, который перемещает компенсационный клин *К*. Перемещение последнего прекращается, когда поглощение γ-излучения в нем становится равным поглощению в контролируемой жидкости; разностный сигнал при этом исчезает. Одновременно с клином перемещается настроечная шкала прибора и сердечник индукционной катушки *ДИ*, являющейся задатчиком вторичного прибора *ВП*.

Двигатель M_1 предназначен для передвижения основного источника. При рабочем положении источника электродвигатель M_1 находится на упоре.

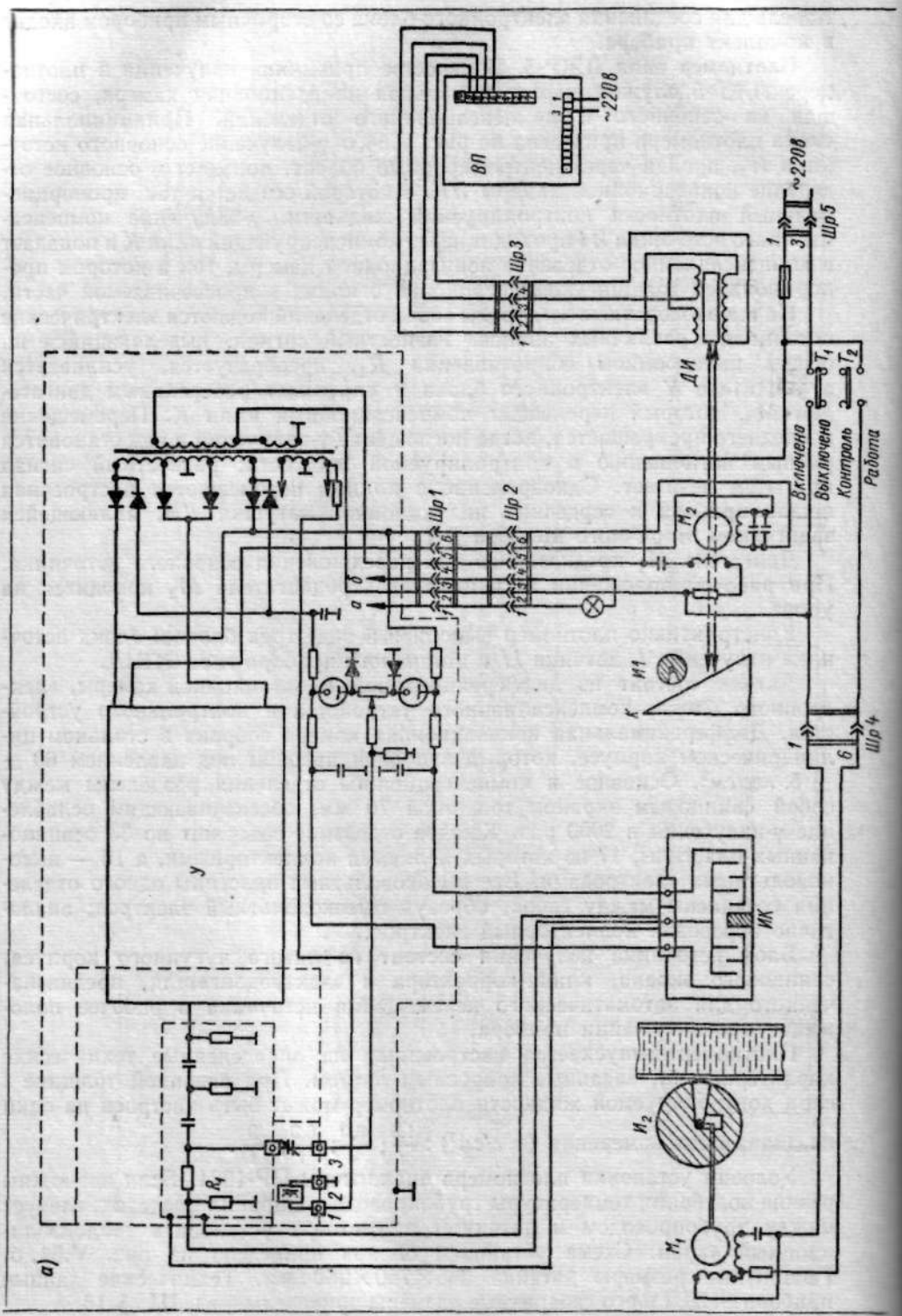
Конструктивно плотномер выполнен в виде трех блоков: блока источника излучения *I*, датчика *II* и вторичного прибора типа ЭПИД.

Датчик состоит из дифференциальной ионизационной камеры, электронного блока, компенсационного устройства и контрольного устройства. Дифференциальная ионизационная камера собрана в стальном цилиндрическом корпусе, который заполнен аргоном под давлением 60 ± 5 *кгс/см*^{2}. Основное и компенсационное отделения разделены между собой свинцовым экраном толщиной 70 *мм*, обеспечивающим ослабление γ-излучения в 2000 раз. Каждое отделение содержит по 33 освинцованных пластины, 17 из которых являются коллекторными, а 16 — высоковольтными электродами. Все высоковольтные пластины одного отделения соединены между собой, образуя высоковольтный электрод; аналогично образован коллекторный электрод.

Блок источника излучения состоит из литого чугунного корпуса, свинцового экрана, клина-корректора и электродвигателя, предназначенного для автоматического перемещения источника в рабочее положение при включении прибора.

Плотномер выпускается настроенным на определенные технические характеристики, заданные вопросным листом. При заданной толщине l слоя контролируемой жидкости плотномер может быть настроен на один из диапазонов измерения (в *г/см*^{3}) : $\frac{1,5}{l}$; $\frac{3,0}{l}$; $\frac{6,0}{l}$; $\frac{9}{l}$.

Условия установки плотномера аналогичны ПР-1024. Если возможны резкие колебания температуры трубопровода в широких пределах, следует между трубопроводом и датчиком плотномера установить теплоизоляционный экран. Схема установки блоков приведена на рис. V.54, *б*. Габаритные размеры датчика $365 \times 750 \times 260$ *мм*. Технические данные прибора ЭПИД и его габаритные размеры приведены в гл. III, § 13.


а)
ВП
~220в
Шр3
Шр5
ДИ
Шр1
Шр2
Шр4
Включено
Выключено
Контроль
Работа
И1
И2
ИК
У
R_1
M_1
M_2
T_1
T_2

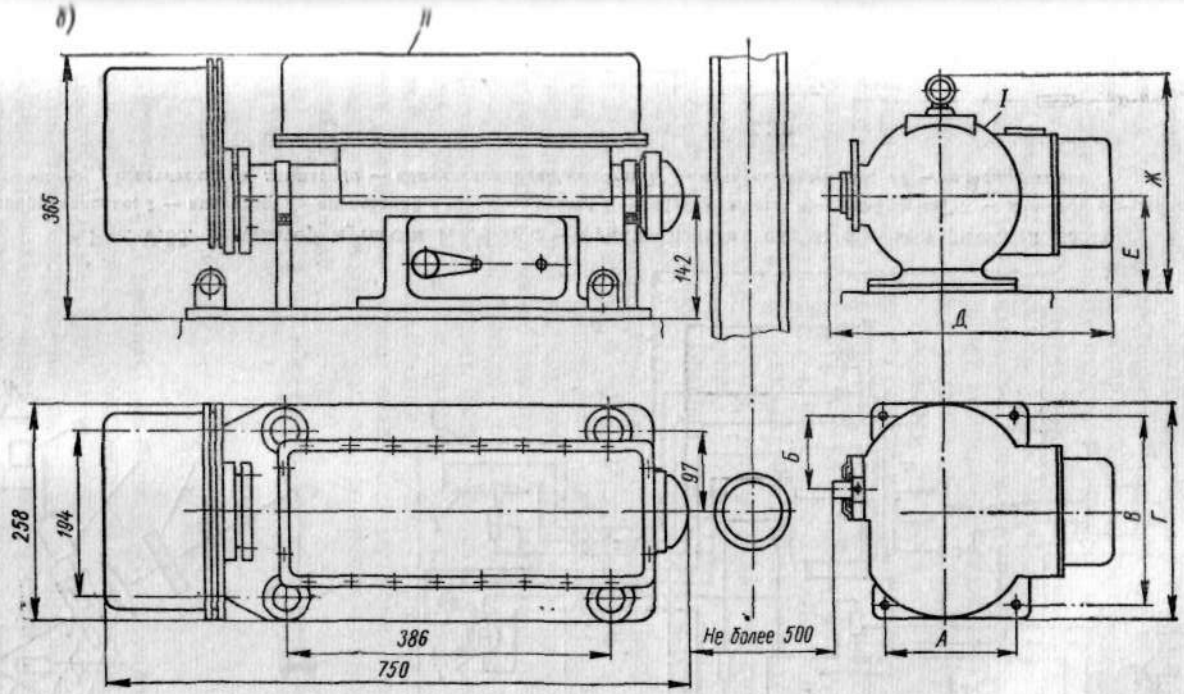


Рис. V.54. Плотномер ПЖР-5: *а* — принципиальная электрическая схема; *б* — установка блоков

Активность в *мг-экв радия*	*А*	*Б*	*В*	*Г*	*Д*	*Е*	*Ж*
До 500	170	80	230	260	410	118	300
» 2000	200	100	276	310	460	133	335

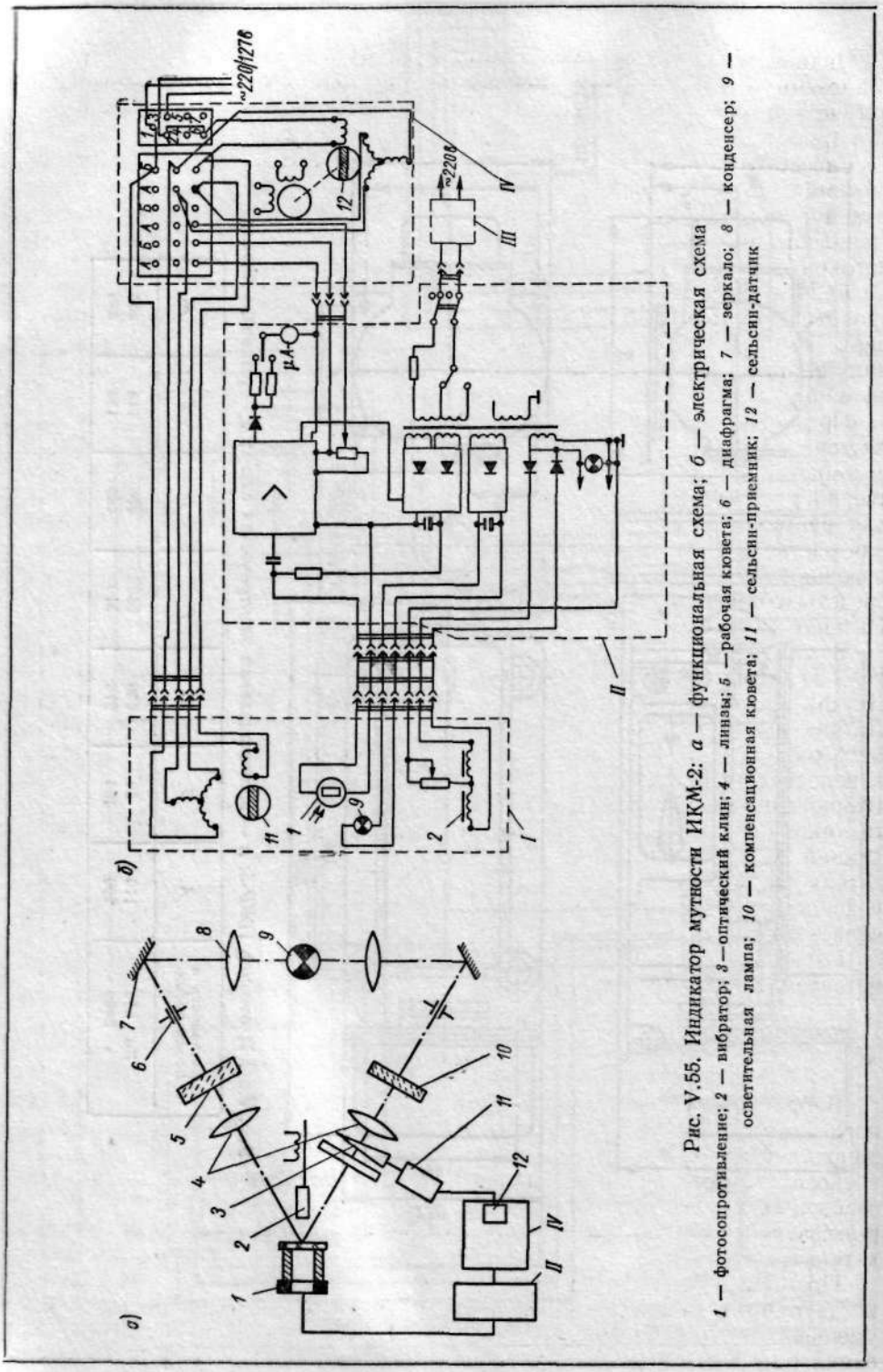


Рис. V.55. Индикатор мутности ИКМ-2: *а* — функциональная схема; *б* — электрическая схема

1 — фотосопротивление; *2* — вибратор; *3* — оптический клин; *4* — линзы; *5* — рабочая кювета; *6* — диафрагма; *7* — зеркало; *8* — конденсер; *9* — осветительная лампа; *10* — компенсационная кювета; *11* — сельсин-приемник; *12* — сельсин-датчик

§ 5. ИНДИКАТОР МУТНОСТИ ТИПА ИКМ-2

Индикатор мутности ИКМ-2 предназначен для контроля растворов глиноземного производства. Действие индикатора основано на измерении оптической плотности контролируемого раствора фотоэлектрическим методом (рис. V.55).

Равенство рабочего и компенсационного световых потоков устанавливается на чистом растворе без твердых составляющих. При этом переменная составляющая напряжения на фотосопротивлении отсутствует. Появление взвешенных частиц в растворе вызывает разбаланс световых потоков и на фотосопротивлении появляется переменная составляющая. Сигнал разбаланса усиливается в электронном блоке и подается на электронный мост. Подвижная система моста приводит в движение сельсинную пару, которая перемещает компенсационный клин в сторону выравнивания световых потоков и установления баланса. Стрелка моста указывает величину оптической плотности раствора.

Пределы измерения по оптической плотности 0,24. Индикатор поставляется с одним из трех типов кювет: кювета № 1 (разность толщин рабочей и компенсационной кювет 7,5 — 2 = 5,5 *мм*) для раствора с содержанием твердого в жидком до 0,2 *г/л*; кювета № 2 (разность толщин 5 — 2 = 3 *мм*) для раствора до 20 *г/л*; кювета № 3 (разность толщин 5 — 3 = 2 *мм*) для раствора до 2 *г/л*. Шкала прибора безразмерная от 0 до 100. Градуировочная кривая для перевода показаний приборов в *г/л* строится непосредственно на объекте. Температура раствора должна быть не более 98° С. Питание от сети 220 *в*, 50 *гц*.

В комплект индикатора входят: датчик ДФ-2 *I*, электронный блок БЭ-4 *II*, вторичный прибор Р-1 *IV*, стабилизатор напряжения С-0,09 *III*. Датчик индикатора выполнен в пылебрызгонепроницаемом исполнении. Датчик индикатора должен устанавливаться ниже уровня контролируемого раствора не менее чем на 2 *м*. Электронный блок устанавливается в непосредственной близости от датчика, на расстоянии не более 2 *м*. Вторичный прибор может быть установлен на расстоянии до 50 *м* от датчика. Комплектно с индикатором поставляется соединительный кабель длиной 20 *м* для подключения вторичного прибора. Пропускаемый через датчик раствор не должен содержать пузырьков воздуха; диаметр труб, подводящих и отводящих раствор, должен быть выбран так, чтобы исключалась их забивка.

Изготовитель: Опытное производство конструкторского бюро «Цветметавтоматика», Москва.

§ 6. ВИСКОЗИМЕТРЫ

Вибрационный вискозиметр типа ВАВ-3 предназначен для непрерывного измерения вязкости ньютоновских жидкостей, для неньютоновских жидкостей он может быть использован в качестве индикатора. Действие вискозиметра основано на демпфировании контролируемой жидкостью свободных продольных колебаний магнитострикционной пластинки, которые создаются импульсами тока, периодически проходящими через обмотку датчика.

Посылка очередного импульса генератором происходит в тот момент, когда амплитуды свободных колебаний магнитострикционной пластинки уменьшаются до определенной постоянной величины. Механические колебания пластинки в результате изменения ее магнитных свойств индукти-

Таблица V.21

Технические характеристики вискозиметров

Тип	Пределы измерения	Контролируемая жидкость		Принцип действия	Исполнение	Напряжение питания в *в* (50 *гц*); потребляемая мощность в *в·а*	Выходной сигнал	Погрешность в %
		Давление абсолютное в *кгс/см²*	Температура в °С					
ВР	1—100; 2—200; 5—500; 10—1000; 20—2000; 50—5000; 100—10 000; 200—20 000; 500—50 000; 1000—100 000 *спз*	17	—30÷+200	Ротационный	Нормальное	220	Пневматический 0,2—1,0 *кгс/см²*	±2,5
ВПР-1	20—120 *сек*	7	—			220/380; 1200		
ВАВ-3	0—5000; 0—50 000; 0—500 000 *спз·г/см³*	0,002—16	300	Вибрационный	Взрывозащищенное и нормальное	220; 68	Электрический 0—50 *мв*	±5
ВАВ-1 *	0—50; 0—500; 0—5000; 0—50 000 *спз·г/см³*					220; 120		
ВК-1	0—25; 0—50; 0—500; 0—5000 *спз*	17	350	Капиллярный (перепад давления на капилляре)	Нормальное	—	Пневматический 0,2—1,0 *кгс/см²*	±2

* Модификации ВАВ-1 аналогичны модификациям ВАВ-3

руют в катушке датчика переменное напряжение той же частоты и формы, которое после преобразований управляет частотой повторения возбуждающих импульсов. Частота этих импульсов пропорциональна вязкости жидкости и току микроамперметра М-24, шкала которого отградуирована в условных единицах «вязкость × плотность». Для передачи показаний на вторичный прибор с сопротивления, включенного последовательно с микроамперметром, снимается напряжение 0—50 *мв*. Питание всех элементов вискозиметра осуществляется от трансформатора. В случае колебания напряжения в сети больше, чем на +5 или —10%, вискозиметр необходимо питать через феррорезонансный стабилизатор мощностью не менее 70 *вт*.

В комплект вискозиметра входят датчик и преобразователь. Датчик (погружной) представляет собой трубу из нержавеющей стали, в дно которой вставлена магнитострикционная пластинка из пермендюра К50Ф2. Пластинка защищена от механических повреждений кожухом с отверстиями для пропуска жидкости. Катушка возбуждения также смонтирована в трубе. Габаритные размеры датчика (в *мм*): наружной части — 120× ×285 (до фланца); диаметр фланца 90; глубина погружения 100; 400; 1000.

Преобразователь включает в себя измерительную и силовую части вискозиметра; на передней панели смонтированы микроамперметр, переключатель диапазонов и ручки настройки. Конструктивно он выполнен для щитового монтажа. Габаритные размеры преобразователя 305×175× ×374 *мм*. Расстояние преобразователя до датчика должно быть не более 100 *м*. Выпускаются следующие модификации вискозиметра: ВАВ-3-01-10, ВАВ-3-01-40, ВАВ-3-01-100 и ВАВ-3-02Л с соответствующими типами датчиков Д3-10, Д3-40, Д3-100 и Д3Л. Цифра в индексе датчика — глубина погружения его в сантиметрах; для датчика Д3Л глубина погружения составит 10 *см*.

Технические характеристики вискозиметра ВАВ-3 и некоторых других типов вискозиметра приведены в табл. V.21.

Изготовитель: СКБ «Промприбор», Ленинакан.

§ 7. pH-МЕТРЫ

pH-метры применяются для определения свойств растворов по количеству свободных водородных ионов. Молекула воды распадается при диссоциации на один ион водорода и один ион гидроксила; концентрация диссоциированных ионов чистой воды составляет $[H^+] = [OH^-] = 10^{-7}$. Ионное произведение чистой воды K считается величиной постоянной и при температуре 22° С равно $K = [H^+] \cdot [OH^-] = 10^{-14}$. Растворы с равной концентрацией ионов $[H^+]$ и $[OH^-]$ называются нейтральными. Концентрация водородных ионов характеризуется отрицательным десятичным логарифмом и обозначается символом pH. Свойства раствора определяются величиной pH, характеризующей активные концентрации ионов.

Для измерения величины pH используется электрический метод, который основан на следующем явлении. При погружении в раствор определенных типов электродов возникает электрический потенциал на границе электрод—раствор, величина которого зависит от активной концентрации водородных ионов в растворе и температуры последнего. Измерение величины pH производится косвенным методом — измерением э. д. с. между измерительным и сравнительным электродами. Потенциал сравнительного

электрода постоянный. В качестве измерительных применяются стеклянные, водородные и сурьмяные электроды; в качестве сравнительных — насыщенный каломельный и хлоросеребряный электроды. В промышленности наиболее широкое распространение получили измерительные стеклянные и сурьмяные электроды.

Стеклянный электрод представляет собой толстостенную стеклянную трубку диаметром 11,75 *мм* с приваренным на конце тонкостенным (0,05—0,1 *мм*) полым шариком из электродного стекла, заполненную раствором бромистоводородной кислоты, кислотность которой постоянна. Для снятия потенциала с внутренней поверхности шарика внутри трубки вставлен вспомогательный бромосеребряный контактный электрод.

Сурьмяный электрод представляет собой стержень, один конец которого заканчивается сурьмяным цилиндром, а второй закреплен неподвижно. На стержень надета полихлорвиниловая трубка и трубка из нержавеющей стали.

Из сравнительных электродов наибольшее распространение получили хлоросеребряные проточные и непроточные электроды. Корпус непроточного электрода выполнен из стеклянной трубки диаметром 11,75 *мм*. В верхней части корпуса расположен серебряный контактный электрод и кристаллическое хлористое серебро. Свободная полость заполнена раствором хлористого калия. Электрической контакт между контролируемым раствором и раствором, заполняющим внутреннюю часть электрода, осуществляется на поверхности стекла.

Проточный электрод выполнен в пластмассовом корпусе, в котором находится серебряный контакт. Полость вокруг контакта заполнена кристаллическим хлористым серебром. Хлоросеребряный электрод ввернут в сосуд для раствора хлористого калия, через который осуществляется контакт электрода с контролируемой средой. Хлористый калий защищает также электрод от воздействия температуры контролируемого раствора. Раствор хлористого калия из сосуда вытекает в контролируемую среду через пористую прокладку наконечника, предотвращая диффузию посторонних ионов из контролируемой среды в электрод, и создает четкую границу между контролируемым раствором и раствором хлористого калия.

Каломельный электрод имеет корпус из органического стекла или полиэтилена, в который залита химически чистая ртуть. Поверх ртути помещается слой каломельной пасты, приготовленной из каломели на насыщенном при комнатной температуре растворе хлористого калия. Для защиты от воздействия температуры контролируемого раствора каломельный электрод помещается в трубку, заполненную насыщенным раствором хлористого калия и закрытую снизу пористой керамиковой перегородкой.

Электроды помещаются в специальные устройства — датчики, которые защищают их от механических повреждений и обеспечивают возможность установки на трубопроводах или аппаратах с контролируемым раствором.

В качестве измерителя э. д. с. электродной системы используется компенсационная схема высокоомного потенциометра. Особенность измерительной схемы состоит в том, что при измерении э. д. с. электродной системы, имеющей внутреннее сопротивление 500—1000 *Мом*, не должно быть потребления тока, так как в противном случае вследствие падения напряжения на внутреннем сопротивлении датчика появляются ошибки в измерении э. д. с., а при токе, превышающем 10^{-12} *а*, поляризуется стеклянный электрод и сокращается срок его службы.

Датчики pH-метров, представляющие собой комплекс измерительного и сравнительного электродов и дополнительных устройств, выпускаются

в различном конструктивном исполнении: погружными и проточными. Тип датчика зависит от свойств контролируемой среды и пределов измерения. Технические характеристики датчиков приведены в табл. V.22.

Изготовители: Завод измерительных приборов, Гомель (датчики ДПг-5274, ДПг-5275, ДПг-4, ДПр-3, ДМ-5); Опытный завод СКБ ПСА, Тбилиси (датчики ДППг-7, ДППг-9, ДППр-9, ДППр-10, ДППр-18); Опытный завод УНИХИМ, Свердловск (датчик ПМ-С).

Датчики ДПг-5274, ДПг-5275, ДПр-5315. В датчиках ДПг и ДПр применены измерительные электроды типа 5079-02 нескольких модификаций, различающихся маркой стеклянного электрода; рекомендуемые условия применения стеклянных электродов приведены в табл. V.23. В качестве сравнительных электродов применены непроточный хлорсеребряный электрод 5268 сопротивлением $(2 \div 18) \cdot 10^{-3}$ *Мом* или проточный хлорсеребряный С-15.684.02 и С-15.684.04 сопротивлением $(4 \div 10) \cdot 10^{-3}$ *Мом*.

Для взаимозаменяемости датчиков в их конструкции предусмотрена возможность установки компенсатора, с помощью которого характеристика датчика приводится к номинальной.

Компенсатор не рекомендуется применять, если в цехе устанавливается один, два pH-метра. В этом случае коррекция показаний при замене электродов осуществляется с помощью элементов настройки во вторичном приборе.

Применение проточных электродов целесообразно в тех случаях, когда требуется точность контроля выше 0,2 pH или при контроле растворов с малой электропроводностью. Непроточные вспомогательные электроды следует применять для контроля с точностью 0,2—0,3 pH; их не рекомендуется применять при контроле растворов с общей концентрацией ионов менее 0,2 pH.

Применение непроточных вспомогательных электродов повышает надежность работы датчика и облегчает эксплуатацию pH-метров.

Компенсатор представляет собой мостовую схему, с выхода которой снимается напряжение, включаемое последовательно с электродвижущей силой электродной системы, для компенсации разброса характеристик электродов. С помощью переменного сопротивления выходное напряжение можно менять в пределах ± 50 *мв*.

Датчик должен устанавливаться в закрытом помещении или в утепленном шкафу. Датчики ДПг и ДПр выпускаются также с устройством температурной компенсации. Однако применение автоматической температурной компенсации снижает надежность работы pH-метров; в связи с этим не рекомендуется использовать температурную компенсацию в следующих случаях: а) при наличии автоматического регулирования температуры контролируемого раствора; б) при значениях pH, близких к величине pH изопотенциальной точки электродной системы; в) при сезонных или других медленных изменениях температуры контролируемого раствора; г) если погрешность за счет колебаний температуры раствора не превышает технологически необходимую точность контроля pH (табл. V.24).

Модификации датчиков приведены в табл. V.25 и V.26, габаритные размеры и общий вид датчиков — на рис. V.56.

pH-метр типа ПМ-С. pH-метр применяется для измерения pH загрязненных растворов, не содержащих соединений серебра, меди, свинца. Он состоит из датчика погружного типа и потенциометра, выполненного на базе электронного потенциометра типа ЭПД любой модификации.

Технические характеристики

Погружные датчики

Тип	Пределы измерения в pH	Контролируемая среда			Рабочая длина в *м*	Материал датчика
		Область применения	Давление в *кгс/см²*	Температура в °С		
ДПг-5274 *	—1,5÷+14	Растворы и пульпы, не содержащие ионов фтора (в закрытой емкости)	0	0—100	0,8; 1,2; 1,6	—
ДПг-5275	—1,5÷+14	Растворы и пульпы, не содержащие ионов фтора (в открытой емкости)	0	0—100	0,8; 1,2; 1,6	
ДППг-7	*eH*=0—1400 *мв*	Растворы при приготовлении гипохлорида и хлорировании целлюлозы	3,5	10—50	0,6; 0,85; 1,35; 2,35	Титан
ДППг-9 **	1—14	Различные среды	3	0—100	0,8; 1,2; 1,6	Нержавеющая сталь Х17Н13М2Т, 0Х21Н6М2Т, фторопласт, резина НРП-1225
ДПг-4 ***	—1÷+13,5	Растворы и пульпы	0—6	0—100	1,2; 1,6; 2,0	Сталь Х18В9Т, фторопласт, резина НРП-1257, полипропилен, титан
ПМ-С	2—12	Загрязненные растворы, не содержащие соединений Ar, Cu, Pb	0	10—32; 40—80	—	—

* Материал датчиков приведен в табл. V.26 и V.27.
** Рабочая длина 0,4 *м*.
*** Выпускаются опытными партиями.

Таблица V.22

датчиков pH-метров

Проточные датчики						
Тип	Пределы измерения в pH	Контролируемая среда			Диаметр условного прохода в *мм*	Материал датчика
		Область применения	Давление в *кгс/см²*	Температура в °С		
ДПр-5315 *	−15÷+14	Растворы и пульпы, транспортируемые по трубопроводу	0	0—100	24	—
ДПр-3 ***	−1÷+13,5	То же	0—6	0—100	15	Сталь нормированная; полипропилен; резина НРП-1064, НРП-1257
ДМ-5 ***	−1÷+13,5	Растворы и пульпы в магистралях	0—6	0—100	30	Сталь Х18Н9Т; титан; фторопласт; полипропилен; резина НРП-1257
ДППр-9	−1÷+13	Маточные растворы, сточные воды промышленности органического синтеза	4	0—100	25	Полипропилен; титан
ДППр-10	−1,5÷+14,5; *eH* = 0÷1200 *мв*	Растворы целлюлозно-бумажной промышленности	0	5—70	20	Пластмасса СНП
ДППр-18	0—14	Растворы гидроксиламинсульфатов и нитрита аммония в производстве капролактама	4	6—100	30	Нержавеющая сталь Х17Н13М2Т

Таблица V.23

Условия применения стеклянных электродов

Марка	Наименование	Температура в °С	pH
УНТ	Универсальный электрод для измерения pH при низких температурах	До 20—40 *	До 12,5
КСТ	Электроды для измерения pH кислых растворов при средних температурах	Выше 20	До 11
УСТ	Универсальные электроды измерения pH при средних температурах	15—50	3—12,5
ЩВТ	Электроды для измерения pH щелочных растворов при высоких температурах	Выше 50	3—14

Примечание. Длина гибкого провода выбирается из ряда 185, 145, 105, 15 *см*. Если длина не указана, поставляется провод 15 *см*.

* Недопустим 0° С.

Таблица V.24

Изменение показаний pH-метра при повышении температуры раствора на 5° С

pH раствора	Изменение показаний в pH	pH раствора	Изменение показаний в pH	pH раствора	Изменение показаний в pH	pH раствора	Изменение показаний в pH
—2	—0,10	2	—0,03	6	0,03	10	0,1
—1	—0,08	3	—0,02	7	0,04	11	0,11
0	—0,06	4	0	8	0,06	12	0,13
1	—0,05	5	0,01	9	0,08		

Примечание. Данные соответствуют электродным системам Н.02.51 и Н.02.52.

В потенциометр ЭПД встроен блок температурной компенсации и трансформатор для питания блока. На оси реохорда потенциометра установлены два дополнительных реохорда, один из которых включается в схему блока температурной компенсации, а второй — в схему регулирования.

Датчик состоит из сурьмяного измерительного электрода *I* и хлоросеребряного сравнительного электрода *II* (рис. V.57). Электрод автоматически очищается при помощи резиновых щеток, непрерывно скользящих по боковой поверхности электрода. Перемещение щеток осуществляется от двигателя Д-В3 через червячную передачу.

Таблица V.25

Модификации погружных датчиков ДПг-5274 и ДПг-5275

Модификация	Тип электродной системы	Тип вспомогательного электрода	Наибольшая глубина погружения в *м*	Материалы деталей, соприкасающихся с контролируемым раствором	Тип крепления
5274/01 *	Н.02.51	Хлоросеребряный	0,8	Сталь Х18Н9Т; фторопласт	Фланцевое, на крышке аппарата
5274/02 *			1,2		
5274/03 *			1,6		
5274/04 *		Проточный С-15.684.02	0,8	Сталь гуммированная; декорозит	
5274/05 *			1,2		
5274/06 *			1,6		
5274/07	Н.02.52	Хлоросеребряный 5268.52	0,8	Сталь Х18Н9Т	
5274/08			1,2		
5274/09			1,6		
5274/10			0,8	Сталь гуммированная; декорозит	
5274/11			1,2		
5274/12			1,6		
5274/13 *			0,8	Сталь Х18Н9Т	
5274/14 *			1,2		
5274/15 *			1,6		
5275/01 *	Н.02.52	Хлоросеребряный проточный С-15.684.02	0,8	Сталь Х18Н9Т; декоррозит	Бортовое; на внутренней стенке аппарата
5275/02 *			1,2		
5275/03 *			1,6		
5275/04 *	Н.02.51	Хлоросеребряный 5268.52	0,8	Сталь Х18Н9Т	
5275/05 *			1,2		
5275/06 *			1,6		
5275/07			0,8		
5275/08			1,2		
5275/09			1,6		

* Оснащаются компенсатором.

*

Таблица V.26

Модификации проточных датчиков ДПр-5315

Модификация	Диаметр условного прохода в *мм*	Тип электродной системы	Тип вспомогательного электрода	Тип присоединения к магистрали	Материал деталей, соприкасающихся с контролируемым раствором
5315/01 * 5315/04	22	Н.02.51	Хлоросеребряный проточный С-15.684.04	Резиновый шланг	Сталь Х18Н9Т; декоррозит; полиэтилен
5315/03 * 5315/06	32			Фланцы	
5315/02 * 5315/05	22			Приварные штуцера	Сталь Х18Н9Т; фторопласт-4; полиэтилен
5315/07 * 5315/10	22	Н.02.52	Хлоросеребряный 5268.52	Резиновый шланг	Сталь Х18Н9Т; резина; полиэтилен
5315/08 * 5315/11	22			Приварные штуцера	
5315/09 * 5315/12	32			Фланцы	

* Оснащаются компенсатором.

Сравнительный электрод состоит из хлоросеребряного электрода и термометра сопротивления узла температурной компенсации, помещенных в одну трубу.

Технические данные приведены в табл. V.22. Пределы измерения 2—12 pH; основная погрешность не превышает ±0,15 pH в диапазоне 2—7 pH и ±0,25 pH в диапазоне 7—12 pH. Схема внешних соединений pH-метра приведена на рис. V.58, *а*.

Высокоомный преобразователь типа ПВУ-5256. Прибор преобразует электродвижущую силу, развиваемую датчиком в постоянный ток, пропорциональный pH, который измеряется миллиамперметром М-170; шкала его отградуирована в единицах pH. На крышке прибора имеется два реостата, с помощью которых можно изменить начало шкалы в пределах —2÷ +6 pH и диапазон шкалы 2—14 pH. Прибор выпускается на следующие пределы измерения: 0—4; 0—8; 0—14; 4—10; 6—14 pH; погрешность составляет ±0,12; ±0,16; ±0,28; ±0,12; ±0,16 pH соответственно.

Преобразователь работает с датчиками, имеющими стеклянный измерительный электрод с сопротивлением до 1000 *Мом* и электрод сравнения с сопротивлением до 20 *ком*. К прибору ПВУ-5256 может быть

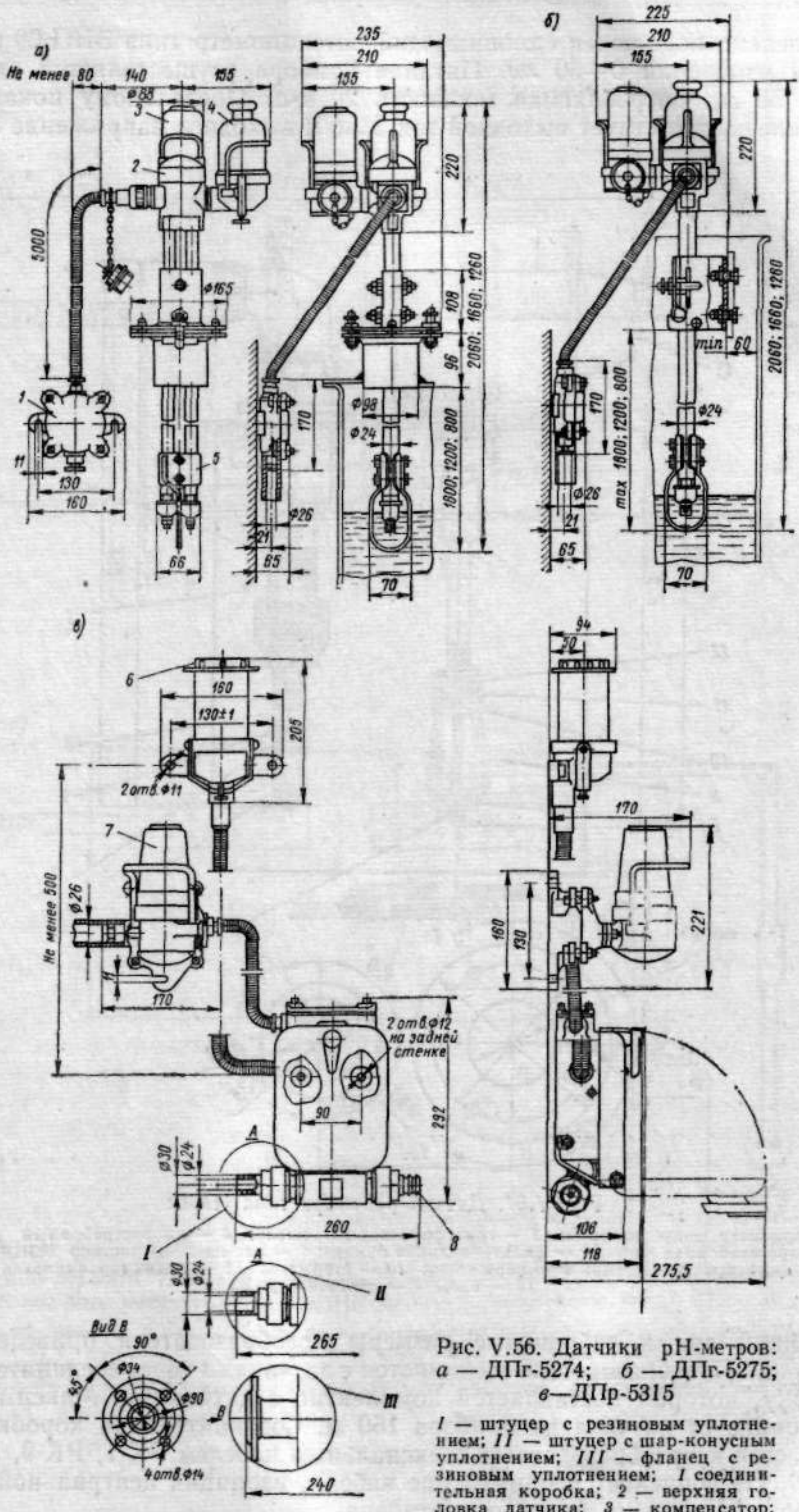


Рис. V.56. Датчики pH-метров: *а* — ДПг-5274; *б* — ДПг-5275; *в*—ДПр-5315

I — штуцер с резиновым уплотнением; *II* — штуцер с шар-конусным уплотнением; *III* — фланец с резиновым уплотнением; *1* соединительная коробка; *2* — верхняя головка датчика; *3* — компенсатор; *4* — проточный электрод сравнения; *5* — погружная часть датчика; *6* — проточный вспомогательный электрод; *7* — компенсатор; *8*—проточная камера

параллельно подключен самопишущий потенциометр типа ЭПП-09 с пределами измерения 0—50 *мв*. Питание прибора осуществляется от сети 220 *в*, 50 *гц*; потребляемая мощность 20 *в·а*. Предельному показанию по шкале соответствует выходной ток 5 *ма* и выходное напряжение 50 *мв*.

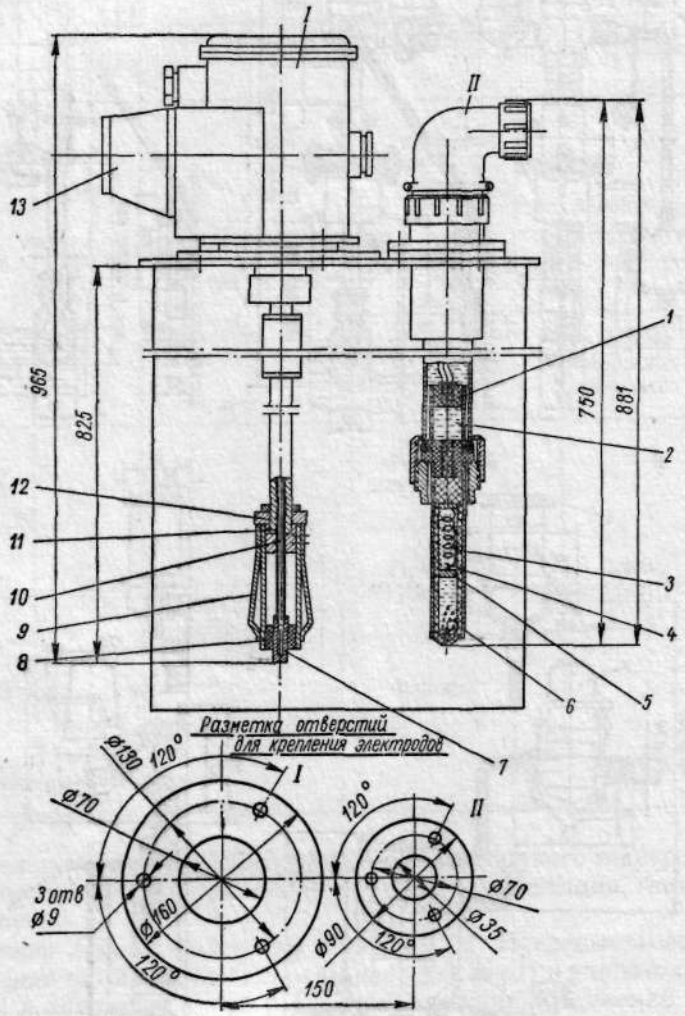


Рис. V.57. Датчик pH-метра типа ПМ-С:

1 — термометр сопротивления; *2* — трансформаторное масло; *3* — хлоросеребряный электрод; *4* — хлоросеребряная паста; *5* — фильтровальная бумага; *6* — насыщенный раствор KCl; *7* — сурьмяный цилиндр; *8* — щетка; *9* — держатель; *10* — стержень; *11* — полихлорвиниловая трубка; *12* — вал; *13* — двигатель Д-В3

Общий вид и габаритные размеры преобразователя приведены на рис. V.59. Преобразователь соединяется с датчиками через соединительную коробку, которая поставляется комплектно с датчиками. Максимальное расстояние от датчика до прибора 150 *м*. Соединительная коробка подключается к преобразователю коаксиальным кабелем РК-1, РК-9, РК-20, РК-49. Не допускается применение кабеля, изоляция центральной жилы которого выполнена не из полиэтилена.

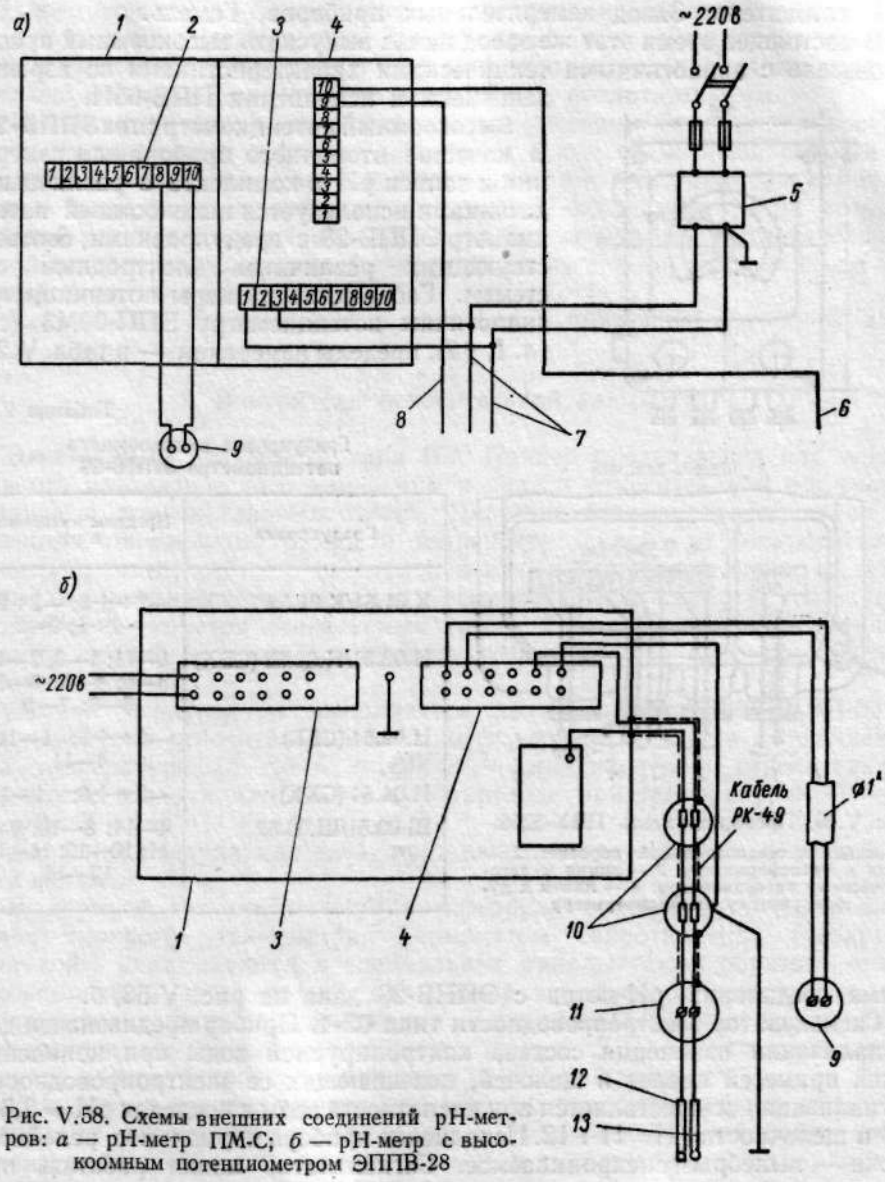


Рис. V.58. Схемы внешних соединений pH-метров: *а* — pH-метр ПМ-С; *б* — pH-метр с высокоомным потенциометром ЭППВ-28

1 — потенциометр; *2* — колодка № 6; *3* — колодка № 3; *4* — колодка № 4; *5* — трансформатор; *6* — линия к хлоросеребряному электроду; *7* — линия к двигателю сурмяного электрода; *8* — линия к сурмяному электроду; *9* — термокомпенсатор; *10* — соединительная коробка; *11* — датчик; *12* — вспомогательный электрод; *13* — измерительный электрод

Для защиты от механических повреждений и электрических помех кабель следует прокладывать в заземленных трубах диаметром 1″; вместе с кабелем прокладывается изолированный провод для заземления схемы прибора.

Изготовитель: Завод измерительных приборов, Гомель.

В настоящее время этот же завод начал выпускать высокоомный преобразователь с аналогичными техническими характеристиками во взрывозащищенном исполнении ППВ-65И.

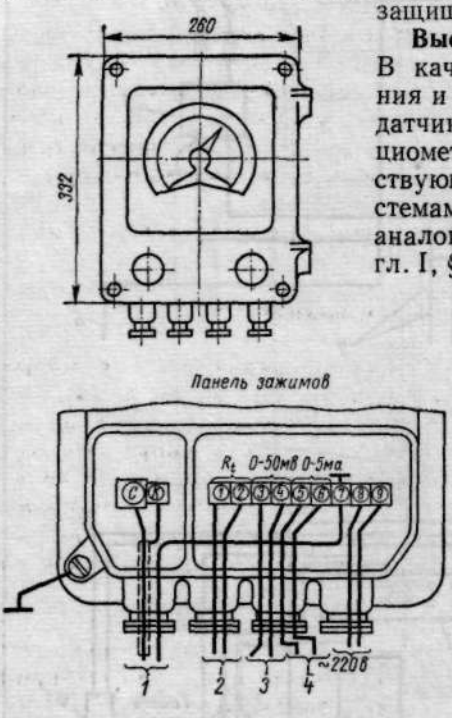


Рис. V.59. Преобразователь ПВУ-5256:

1 — линия к соединительной коробке; *2* — линия к трансформатору; *3* — линия к автоматическому потенциометру; *4* — линия к дублирующему миллиамперметру

Высокоомный потенциометр типа ЭППВ-28. В качестве вторичного прибора для измерения и записи pH в комплекте с различными датчиками используется высокоомный потенциометр ЭППВ-28 с градуировками, соответствующими различным электродным системам. Габаритные размеры потенциометра аналогичны потенциометру ЭПП-09М3 (см. гл. I, § 7), пределы измерения — в табл. V.27.

Таблица V.27

Градуировка высокоомного потенциометра ЭППВ-28

Градуировка	Пределы измерения в pH
К.01.51/К.01.52	−2÷+8; −2÷0; −1÷1; 0−2
Н.02.51/Н.02.52 (СБХ)	1—11; 1—3; 2—4; 3—5; 4—6; 5—7; 6—8; 7—9
Н.02.54 (СБК)	−2÷+8; 1—11; 4—11
Н.04.54 (СХК)	−2÷+8; 1—11
Ш.03.51/Ш.03.52	4—14; 8—10; 9—11; 10—12; 11—13; 12—14

Схема соединений pH-метра с ЭППВ-28 дана на рис. V.58, *б*.

Сигнализатор электропроводности типа СЭ-1. Прибор предназначен для сигнализации изменения состава контролируемой воды при появлении в ней примесей кислот и щелочей, повышающих ее электропроводность. Сигнализация осуществляется при кислотности воды в пределах pH = 3,5÷÷3 и щелочности pH = 11÷12. Исполнение прибора нормальное, релейного блока — пылебрызгонепроницаемое. Сигнализатор может работать при температуре окружающего воздуха 0—40° С. Питание от сети 220 *в*, 50 *гц*.

Длина датчика для установки в канавах 1010 *мм*, для установки на трубопроводах 430 *мм*; габаритные размеры релейного блока: 284×××192×133 *мм*.

Изготовитель: ОКБА, Тульский и Харьковский филиалы.

§ 8. ВЛАГОМЕРЫ

Влажность газов оценивается ее абсолютной или относительной величиной. Значение относительной влажности определяется отношением веса водяного пара в 1 $м^3$ газовой смеси к максимально возможному весу 1 $м^3$ водяного пара, насыщающего пространство при температуре газовой смеси. Измерение влажности газов обычно производится одним из трех методов: психрометрическим, по точке росы и поглотительным.

Психрометрический метод использует изменение охлаждения поверхности увлажненного тела при испарении с нее воды в зависимости от влажности газа. Чем меньше влажность газа, тем ниже температура тела. Метод точки росы сводится к определению температуры, при которой водяной пар, содержащийся в газе, достигает насыщения. Поглотительный метод основан на изменении физических свойств тела, находящегося под воздействием влажного газа.

Технические характеристики влагомеров приведены в табл. V. 28.

1. Измерители относительной влажности

Электронный психрометр типа ПЭ. Прибор предназначен для непрерывного автоматического измерения и записи относительной влажности воздуха и других газовых смесей. Действие психрометра основано на принципе определения разности температур «сухого» и «мокрого» термометров, зависящей от относительной влажности газа, а также от величины барометрического давления, температуры и скорости обтекания «мокрого» термометра исследуемым газом. Максимальное значение психрометрической разности температур достигается при скорости газового потока 4 *м/сек*.

Датчик психрометра выполняется двух модификаций: ДВП-03 — для измерения относительной влажности воздуха или газа в помещении при температуре 10—40° С; ДВП-04 — для измерения относительной влажности воздуха или газа в трубопроводе при температурах 10—40; 40—70; 70—140° С.

Давление воздуха или газа, протекающего через датчик, должно быть 1—2 *кгс/см²*.

В корпусе датчика находится резервуар с водой для смачивания чулка «мокрого» термометра. Термометры сопротивления («мокрый» и «сухой») укладываются в специальные каналы таким образом, чтобы просасываемый через датчик для обдува термометров воздух или газ предварительно очищался фильтрами. Датчик ДВП-03 имеет прямоугольный фланец для крепления на щите. Датчик ДВП-04 устанавливается на щите или трубопроводе с помощью круглого фланца.

В комплект датчика входят герметичный бачок из листовой меди, заполненный дистиллированной водой с примесью сулемы (одна часть сулемы на 20 000 частей воды по объему), и вытяжное устройство, состоящее из крыльчатки и двигателя.

Заполнение резервуара датчика водой из бачка осуществляется следующим образом: при убывании воды в резервуаре датчика за счет испарения с поверхности «мокрого» термометра обнажается нижний конец трубки, опущенной в резервуар, и в полость бачка проникает воздух, который вытесняет из него часть воды в резервуар датчика. Бачок устанавливается выше резервуара датчика на 250—500 *мм*. Вытяжное

Таблица V.28

Технические характеристики влагомеров

Тип	Пределы измерения относительной влажности в %	Пределы измерения абсолютной влажности в $г/нм^3$	Контролируемая среда			Напряжение питания в *в* (50 *гц*); потребляемая мощность в *в·а*	Тип вторичного прибора	Изготовитель
			Область применения	Давление в $кгс/см^2$	Температура в °С			
ПЭ	20—100	—	Воздух в помещении и трубопроводах	1—2	10—140	220; 160	ЭМД; ЭМВ; МСР	Завод «Гориприбор», Гори
ИВ-3	—	0,8—8; 5—20; 10—80	—	0,5	5—40	220; 110	ПСР	КБ «Цветметавтоматика», Москва
ДВ-2	—	0—50	Дутье доменных печей	0,1	—	48	—	Завод «Теплоприбор», Челябинск
КИВГ	0—10; 0—200; 0—50; 0—100; 0—200; 0—500; 0—1000 *ppm*	—	Газы, не содержащие щелочных, кристаллизирующихся и агрессивных сред	0,1—60	5—50	220	ПСР	ОКБА, Ангарский филиал
ДВХ-61	0—0,05% вес.	—	Хлор-газ	0,5—1,5	20—50		ЭМД	СКБ «Промприбор», Ленинакан
СВУ-62	—	0,04—0,12	CO_2	35—80	10—70		ПСР	
ВЭВ-3	40—80	—	Воздух производственных помещений	Атмосферное	10—40		МСР	
ДВИП	40—98	—			—30÷+35		ДСР	Завод аналитических приборов, Киев
ЭВС-2 (сигнализатор)	40—90	—			—40÷+40		—	СКБ «Промприбор», Ленинакан

устройство монтируется на одном уровне с датчиком на расстоянии 100—150 *мм* от него.

Психрометр комплектуется вторичными приборами ЭМД, ЭМВ или МСР.

Измерительная схема прибора выполнена в виде двойного моста *I*, *II* (рис. V.60, *а*), в котором плечи R_1 и R_3 являются общими для двух мостов. В один мост включен «сухой» термометр сопротивления $R_{тс}$, в другой — «мокрый» $R_{тм}$. На диагонали двойного моста образуется разность потенциалов, пропорциональная разности температур «сухого» и «мокрого» термометров. Перестановкой движка реохорда $R_р$ — восстанавливается равновесие моста. Усиление напряжения разбаланса осуществляется электронным усилителем *4*, на выходе которого установлен реверсивный двигатель *РД*, управляющий движком реохорда $R_р$. Сопротивление R_4 — уравнительное; начало шкалы зависит от сопротивления $R_н$, конец — от $R_п$. Двигатель *СД* приводит в движение диаграмму.

Психрометр поставляется в различных модификациях (табл. V.29). Питание от сети 220 *в*, 50 *гц*; потребляемая мощность вытяжного устройства 21 *в·а*, вторичного прибора 130 *в·а*. Соединительные линии от термометров сопротивления (датчика) до вторичного прибора выполняются медным проводом. Сопротивление линии одного термометра должно быть 5 *ом*. При монтаже датчика ДВП-04 необходимо учесть, что заборная часть датчика должна быть помещена в среду, влажность которой измеряется; бачок и вытяжное устройство выносятся в помещение, где температура не превышает 40° С. Датчики монтируются горизонтально. Схема внешних соединений психрометра приведена на рис. V.60, *б*. В комплект психрометра входят следующие узлы: датчик ДВП; бачок для воды, смачивающей чулок «мокрого» термометра; вытяжное устройство (поставляется по требованию заказчика); электронный автоматический самопишущий и регулирующий прибор. При заказе психрометра необходимо указать интервал температур среды, место измерения влажности, потребность в вытяжном устройстве, регулирующем устройстве и тип его, тип датчика.

Изготовитель: завод «Гориприбор», Гори.

Таблица V.29

Модификации психрометра ПЭ

Модификация	Тип датчика	Тип вторичного прибора	Тип выходного устройства
ПЭ-25 ПЭ-26	ДВП-03 ДВП-04	ЭМВ	—
ПЭ-27 ПЭ-28	ДВП-03 ДВП-04		Контактное трехпозиционное устройство
ПЭ-29 ПЭ-30	ДВП-03 ДВП-04	ЭМД	Пневматическое изодромное устройство
ПЭ-31 ПЭ-32	ДВП-03 ДВП-04	МСР	Реостатный задатчик 10%; 20%

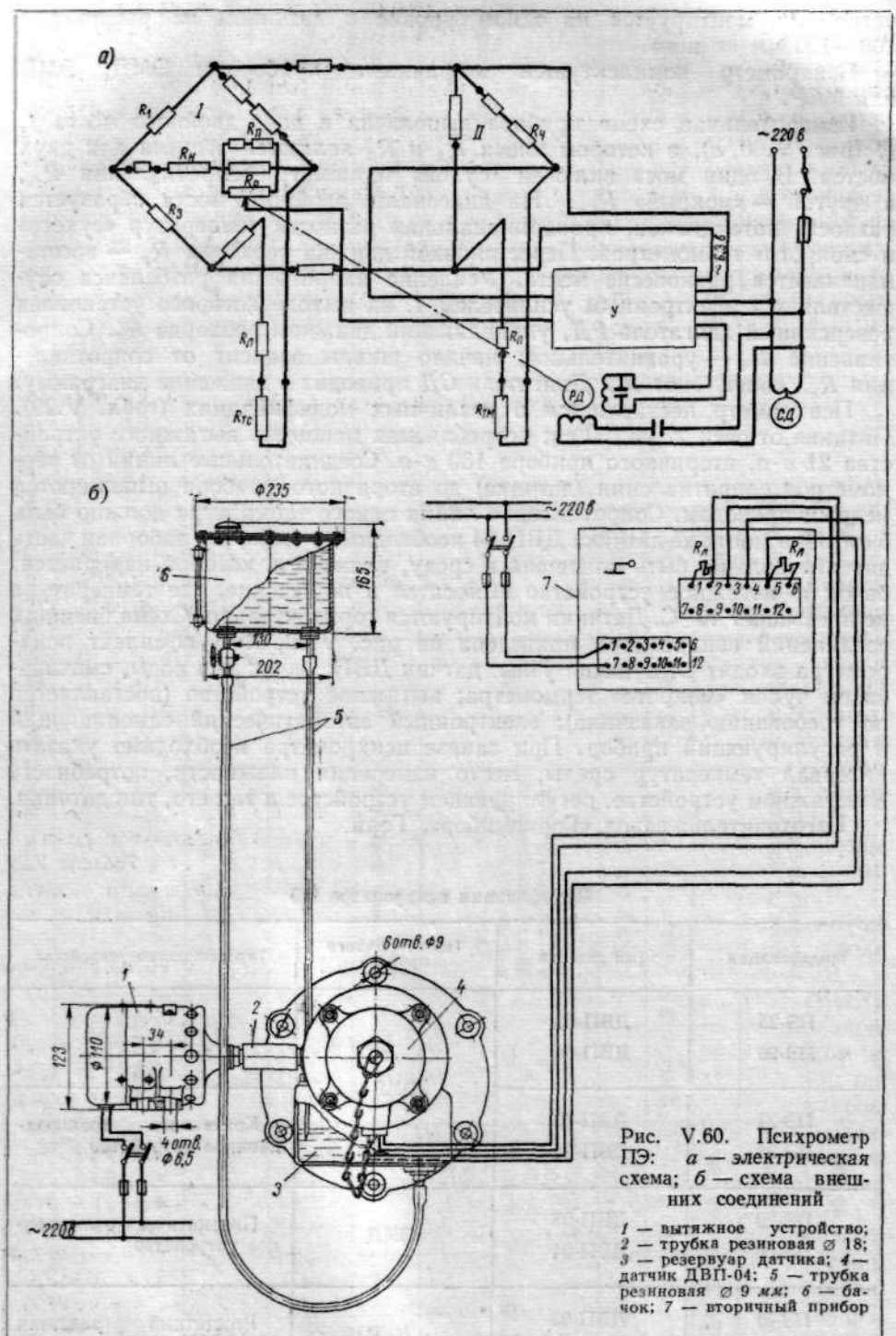


Рис. V.60. Психрометр ПЭ: *а* — электрическая схема; *б* — схема внешних соединений

1 — вытяжное устройство; *2* — трубка резиновая ∅ 18; *3* — резервуар датчика; *4* — датчик ДВП-04; *5* — трубка резиновая ∅ 9 *мм*; *6* — бачок; *7* — вторичный прибор

Датчик влажности воздуха типа ДВИП. Прибор предназначен для измерения, регистрации и регулирования относительной влажности воздуха в производственных и складских охлаждаемых помещениях. Действие датчика влажности основано на принципе деформационного гигрометра. В конструкции датчика в качестве чувствительного элемента используется мембрана (из животной пленки), прогиб которой является функцией влажности воздуха. Перемещение центра мембраны передается сердечнику индукционной катушки дифференциально-трансформаторной системы передачи показаний. Вторичный прибор выполнен на базе ДСР-1 (см. гл. III, § 13). Датчик монтируется в вертикальном положении вдали от источников тепла в условиях, где нет вибрации и отсутствуют в воздухе взвешенные частицы, могущие попасть на чувствительный элемент. Габаритные размеры датчика 155×175×60 *мм*.

2. Анализатор микроконцентраций влаги в газах типа КИВГ

Анализатор КИВГ предназначен для измерения, регистрации и сигнализации влажности газа в диапазоне 1—10^3 *рр* (миллионных долей по объему), что соответствует влажности по точке росы от —76° С до —20° С.

Действие прибора основано на непрерывном извлечении влаги из контролируемого газового потока пленкой фосфорного ангидрида и одновременном разложении воды на водород и кислород в толще пленки путем электролиза. Ток электролиза пропорционален абсолютному количеству влаги, поступающему в прибор, и служит косвенным показателем его. При этом расход газа через прибор поддерживается постоянным. Для низких давлений (0—2 *кгс/см*^{2}) система регулирования расхода представляет собой комбинированную диафрагму, на которой автоматически обеспечивается постоянный перепад давления. При более высоких давлениях перед диафрагмой поддерживается редуктором постоянное давление.

Проверка газовой схемы прибора осуществляется индикатором (ротаметром) расхода. Расход газа через анализатор устанавливается равным 100 *нсм*^{3}/*мин*.

Чувствительный элемент прибора представляет собой пластмассовую трубку, в которой расположены два электрода из платиновой проволоки; между электродами нанесена пятиокись фосфора.

Влагомер выпускается в нормальном (КИВГ) и в искробезопасном (КИВГИ) исполнениях. В комплект прибора входят: датчик с панелью подготовки газа, блок регистрации и блок питания. Датчик выпускается в модификациях как лабораторный и переносный. Датчик проточный, но при запыленности до 5 *мг/м*^{3} и давлении до 5 *кгс/см*^{2} может использоваться как погружной. Блок регистрации выполнен на базе электронного потенциометра ПСР1-03 с пределами измерения 0—50 *мв*. Блоки регистрации и питания устанавливаются во взрывобезопасном помещении на расстоянии не более 300 *м* от датчика.

Анализатор нельзя использовать для измерения влажности газов, содержащих примеси аммиака, аминов и других щелочных, легкополимеризующихся (бутадиен, пропадиен, формальдегид, ацетилен), а также агрессивных газов и паров по отношению к нержавеющей стали 1Х18Н9Т. По особому заказу может быть изготовлен анализатор для агрессивных газов, не вызывающих коррозию винипласта и титана. Присутствие спиртов, водорода и органических веществ, склонных к дегидратации при

соприкосновении с пятиокисью фосфора, приводит к завышенным результатам измерения.

Постоянная времени анализатора 3—5 *мин*. Остальные технические данные приведены в табл. V.28. Габаритные размеры блока питания и датчика 210×320×170 *мм*.

§ 9. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА К ГАЗОАНАЛИЗАТОРАМ И АНАЛИЗАТОРАМ ЖИДКОСТЕЙ

Вспомогательные устройства предназначены для подготовки газов и жидкостей к подаче в анализатор. По выполняемым функциям они классифицируются в следующие группы: газозаборные и пробоотборные устройства; фильтры для очистки от механических и химических примесей; приборы для контроля и регулирования давления и расхода; охладители; просасывающие устройства (насосы, эжекторы, вентиляторы); комплексные устройства для очистки, охлаждения, регулирования; ряд других специальных устройств.

1. Газозаборное и пробоотборное устройства

Газозаборное устройство типа ГЗУ-2 предназначено для отбора пробы и очистки газа от пыли. В конструкцию его входит керамический фильтр с порами размером 70—90 *мк*. Перепад давления на газозаборном устройстве составляет 10 *мм вод. ст.* при расходе газа 200 *л/ч*. Температура запыленного газа может быть в интервале 100—600° С, давление 0,1 *кгс/см*^{2}; при относительной влажности менее 80% температура газа может быть и ниже 100° С.

Запыленность отбираемого газа должна быть не более 120 *г/нм*^{3}. После газозаборного устройства она не превышает 2 *г/нм*^{3}. Керамический фильтр должен находиться в центре газохода. Штуцер его приваривается под углом 60° к направлению газового потока. Экран располагается со стороны подачи газа.

Изготовитель: ОКБА, Харьковский филиал.

Пробоотборное устройство типа ПУ-2 предназначено для отбора проб некристаллизующихся растворов из аппаратов (под атмосферным давлением), прокачивания проб через датчик анализатора и возврата в аппарат. Основные материалы, из которых изготовлено пробоотборное устройство, сталь Х18Н9Т и фторопласт-4. Температура жидкости может быть в пределах 0—100° С. Объем пробы 150 ± 50 *мл*, цикличность отбора 15 *сек*. Питание устройства осуществляется осушенным и очищенным сжатым воздухом под давлением 2—10 *кгс/см*^{2}.

Изготовитель: ОКБА, Северодонецкий филиал.

2. Фильтры для механической и химической очистки газов

Фильтры для очистки от механических примесей. Применяются *ватные, электрические, керамические фильтры*. Применение керамических фильтров при анализе дымовых газов не допускается для температур ниже 200° С (во избежание засорения смолой). Действие электрофильтра основано на способности газа ионизироваться в электрическом

поле и заряжать механические примеси (туман и др.), которые затем оседают на электроде с противоположным знаком. Питание очистного устройства электрофильтра осуществляется от встроенного в его корпус выпрямителя, обеспечивающего напряжение 4000—5000 *в*. Качество работы газоочистного устройства проверяется специальным контрольным фильтром, заполненным гигроскопической ватой, которая разрушается туманом

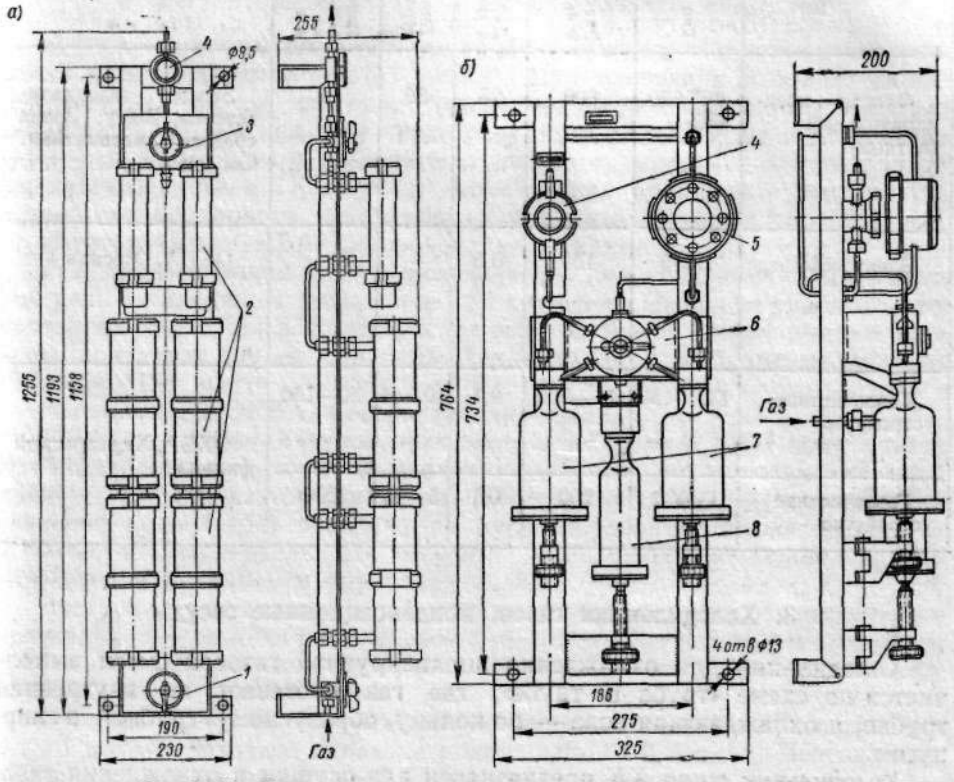


Рис. V.61. Газоочистное устройство: *а* — ГОУ-1М; *б* — ГОУ-2

1 — кран для переключения фильтров; *2*— фильтры; *3* — кран для переключения фильтров и продувки; *4* — контрольный фильтр; *5* — фильтр с твердым поглотителем; *6* — кран; *7* — склянки с жидким наполнителем; *8* — склянка для сбора конденсата

серной кислоты, если газ недостаточно очищен электрофильтром. Контрольные фильтры устанавливаются перед газоанализатором.

Изготовитель керамического фильтра (типа ФК-172) трест «Уралмонтажавтоматика»; контрольного фильтра (типа ФК) — Завод газоанализаторов, Выру.

Фильтры для очистки от химических примесей. *Газоочистное устройство типа ГОУ-1М* (рис. 61 и табл. V.30) предназначено для осушки и очистки газа от сероводорода и тумана щелочи твердыми поглотителями. Емкость фильтра 0,3—1 *л*. *Газоочистное устройство типа ГОУ-2* предназначено для очистки от тумана серной кислоты, следов хлора, сернистого газа и аммиака жидкими поглотителями. Запыленность газа до очистки должна быть не более 5 *г/нм*^{3}, содержание влаги 70 *г/нм*^{3}; емкость фильтра 0,2—0,5 *л*.

Таблица V.30

Технические характеристики фильтров для очистки от механических и химических примесей

Наименование	Тип	Газ для очистки			Перепад давления на фильтре в *мм вод. ст.*	Изготовитель
		Расход в *л/ч*	Давление в *кгс/см²*	Температура в °С		
Фильтр предварительный (ватный)	ФП-630 ФП-1	600	25	50	100	Завод газоанализаторов, Выру; Завод средств автоматики, Смоленск
Электрофильтр	ЭФ-5	150	0,8	—	—	ОКБА, Москва
Газоочистное устройство	ГОУ-1М	14—200	0,1	10—45	50—150	ОКБА, Харьковский филиал
Газоочистное устройство	ГОУ-2	200	0,1	5—45	200	

3. Холодильники газов, конденсационные сосуды

Холодильник для охлаждения анализируемой газовой смеси выполняется по схеме «труба в трубе», где газ протекает по внутренней трубке, а охлаждающая вода — по кольцу, образуемому трубкой и корпусом.

Холодильник типа ХК предназначен для осушки и охлаждения газовой смеси при начальной температуре до 600° С и давлении 25 *кгс/см²*; температура газа на выходе 40° С. Расход газа не более 10 *л/мин*; расход воды 0,3 *м³/ч*; температура воды 10° С. Перепад давления на холодильнике при расходе 10 *л/мин* равен 20 *мм вод. ст.*

Изготовитель: Завод газоанализаторов, Выру; Завод средств автоматики, Смоленск.

Холодильник типа ХГФ-1 применяется для охлаждения и очистки газов, не вызывающих коррозии нержавеющей стали Х18Н9Т и допускающих применение фторопласта-4. Холодильник обеспечивает охлаждение газа до 30° С при температуре в точке отбора до 600° С и расходе его до 200 *л/ч*, давлении в пределах ±1000 *мм вод. ст.* Запаздывание за счет холодильника — до 10 *сек.*

Изготовитель: ОКБА, Харьковский филиал.

Охладитель типа ОГ-39 обеспечивает охлаждение до 40° С при начальной температуре газа 300° С и температуре охлаждающей воды 25° С.

Изготовитель: трест «Уралмонтажавтоматика», Свердловск.

Конденсационные сосуды предназначены для сбора и отвода конденсата, выделяющегося из анализируемого газа, отработанной воды из эжектора

и для создания гидравлического затвора в открытых концах газопроводных трубок. Сток воды происходит через переливную трубку, обеспечивающую постоянный уровень воды в сосуде и тем самым постоянную величину гидравлического напора.

Изготовитель: Завод газоанализаторов, Выру.

4. Регуляторы давления и расхода газов и жидкостей

Двухступенчатый редуктор типа ДР-1 обеспечивает понижение давления газа с 320 *кгс/см²* до 0,1 *кгс/см²*. При изменении входного давления на ±50 *кгс/см²* выходное давление поддерживается с точностью ±0,001 *кгс/см²*. Расход газа через регулятор 10—1200 *л/ч*, температура —5÷+60° С. Регулятор применяется для газов, не вызывающих коррозии нержавеющей стали 1Х18Н9Т и допускающих применение фторопласта и полихлорвинилового пластиката. Габаритные размеры 180×290 *мм*.

Изготовитель: ОКБА, Северодонецкий филиал.

Реле давления типа РлД-4 предназначено для управления электрической цепью с помощью пневматических сигналов. Давление срабатывания контактов реле 30 *мм вод. ст.*; расход воздуха 40—80 *л/ч*; разрывная мощность контактов 500 *вт* при напряжении до 200 *в*. Габаритные размеры 126×158×178 *мм*.

Изготовитель: ОКБА, Северодонецкий филиал.

Регулятор давления агрессивных жидкостей типа РДЖ-1 применяется для поддержания постоянства давления жидкости, поступающей на автоматический анализатор жидкости. Действие регулятора (поддерживает давление после себя) основано на дросселировании потока жидкости. В качестве чувствительного элемента используется мембрана, жестко связанная с клапаном и управляющая им.

Настройка регулятора на заданное выходное давление осуществляется пружиной при помощи регулировочного винта. Под действием выходного давления мембрана развивает усилие, противодействующее усилию сжатой пружины.

Пределы настройки регулятора по выходному давлению составляют 0,1—1 *кгс/см²*. Входное давление может быть 1—6 *кгс/см²*. Перепад давления на клапане не менее 0,6 *кгс/см²*. При выходном давлении 0,1—0,4 *кгс/см²* расход жидкости через регулятор может быть установлен от 10 до 200 *л/ч*. При изменении входного давления на ±25% от номинального значения выходное давление меняется на ±0,015 *кгс/см²* относительно заданного значения. Регулятор должен быть установлен вблизи анализатора жидкости в горизонтальном положении. Температура регулируемой жидкости должна быть в пределах 5—45° С. Детали регулятора, соприкасающиеся с жидкостью, изготовляются из следующих материалов: стали марок 1Х18Н9Т, Х23Н28, Х23Н28М3Д3 и фторопласта-4. Габаритные размеры 185×185 *мм*.

Изготовитель: ОКБА, Воронежский филиал.

Регулятор расхода агрессивных газов типа РРГ-1. Действие регулятора основано на поддержании постоянного перепада давлений на калиброванной диафрагме, благодаря чему обеспечивается постоянный расход газа через нее. Регулятор имеет две модификации, отличающиеся материалами, из которых он изготовлен: РРГ-1А — из стали Х18Н9Т, сплавов К40НХМ, Н36ХТЮМ8 и полиэтилена; РРГ-1Б — из стали 0Х23Н28М3Д3Т, сплавов К40НХМ, Н36ХТЮМ8 и полиэтилена. Габаритные размеры 100×108 *мм*.

Регулятор выпускается на следующие пределы: 1—200 *л/ч*. Регулятор нормально работает при входном давлении в диапазоне —500—+2000 *мм вод. ст.* и перепаде на регуляторе не менее 250 *мм вод. ст.* при расходе 1—150 *л/ч* и не менее 500 *мм вод. ст.* при расходе 150—200 *л/ч*. Перепад на мембране должен быть не менее 100 *мм вод. ст.* Температура газа — в пределах 5—45° С. При изменении входного давления на ±25% расход поддерживается с точностью ±1%. При изменении плотности газа дополнительная погрешность не превышает ±0,5% на каждый процент изменения плотности. При изменении температуры газа на ±5% дополнительная погрешность составляет ±2%. Регулятор монтируется вблизи газоанализаторов на щите или панели.

Изготовитель: ОКБА, Воронежский филиал.

5. Комплексные устройства регулирования, очистки и осушки газов

Блоки Б-1, Б-3, Б-4, Б-5, Б-7, Б-8 предназначены для контроля и регулирования расхода анализируемой газовой смеси, осушки, очистки от агрессивных примесей и контроля чистоты газа. Перед подачей в блок газовая смесь должна быть очищена от механических примесей. Блоки Б-1 и Б-5 состоят из газораспределительного узла, двух химических фильтров (наполнитель выбирается в зависимости от вида агрессивных примесей), осушителей (наполнитель — гранулированный кальций), контрольного фильтра, регулятора расхода и ротаметра. В блоках Б-3 и Б-7 нет химических фильтров. В блоках Б-4 и Б-8 отсутствуют химические фильтры-осушители. Агрессивных примесей в газе должно быть не более 50 *г/нм*^{3}, влаги — не более 30 *г/нм*^{3}. Плотность смеси может быть в пределах 0,2—1,5 *кг/нм*^{3}, давление — не выше 0,1 *кгс/см*^{2}. Блоком обеспечивается уменьшение содержания агрессивных примесей до 0,01 *г/нм*^{3}, влаги — до 0,5 *г/нм*^{3}. Давление на выходе блока 40 *мм вод. ст.* Номинальный расход может составить 0,5—0,7 *л/мин*, точность регулирования расхода ±20%.

Предельное значение избыточного давления газовой смеси для блоков Б-1, Б-3, Б-4 равно 0,06—0,2 *кгс/см*^{2}; для блоков Б-5, Б-7, Б-8 составляет 0,02 *кгс/см*^{2}. Габаритные размеры блоков (в *мм*): Б-1 — 1070×330×180; Б-3 — 720×330×180; Б-4 — 485×330×180; Б-5 — 1015×295×167; Б-7 — 715×295×167; Б-8 — 347×295×167.

Блок Б-12 предназначен для контроля и регулирования расхода газовой смеси в пределах 0,3—2 *л/мин* от номинального. Блок состоит из ротаметра с контрольным фильтром, запорного и запорно-регулирующего вентилей. Температура газовой смеси 20 ± 10° С, допускается кратковременное повышение до 60° С. Рабочее давление газовой смеси в замкнутой системе 4 *кгс/см*^{2}, при работе на сброс в атмосферу 0,5 *кгс/см*^{2}.

Изготовители: Завод газоанализаторов, Выру; Завод средств автоматики, Смоленск.

6. Просасывающие и нагнетательные устройства газов и жидкостей

Гидрокомпрессор типа ГК-5015 применяется для просасывания анализируемого газа и создания давления 400 *мм вод. ст.* Гидрокомпрессор состоит из газоструйного эжектора и ограничителя давления газа. Инжекция газа производится потоком воды через сопло, создающее разрежение в месте выхода воды. Газ выходит под давлением 400 *мм вод. ст.* При прохождении через гидрокомпрессор газ очищается и охлаждается. Произ-

водительность гидрокомпрессора 700—1000 *л/ч* при давлении питающей воды 1,5—2,5 *кгс/см²*.

Изготовитель: трест «Уралмонтажавтоматика», Свердловск.

Воздушный эжектор типа ВЭЖ предназначен для просасывания контролируемого газа через газоанализатор. Струя воздуха подается через сужающее сопло под давлением 1,5 *кгс/см²* и затем расширяется в конусной расточке корпуса. Под воздействием образующегося перепада давления анализируемый газ засасывается в корпус через штуцер и выходит через отверстия в корпусе. Эжектор выпускается двух модификаций: ВЭЖ-1 (с корпусом из латуни ЛС-59-1) и ВЭЖ-2 (с корпусом из стали 1Х18Н9 и 1Х18Н9Т).

Газ, просасываемый через эжектор, и воздух должны быть осушены и очищены. В тех случаях, когда анализируемый газ может образовать с воздухом взрывоопасную или горючую смесь, воздух необходимо заменить азотом. Эжектор обеспечивает расход газа 200 *л/ч* и разрежение в газовой линии не менее 800 *мм вод. ст.* Для очистки воздуха и редуцирования его давления до 1,5 *кгс/см²* — комплектно с эжектором поставляются фильтр ФВ-10 и панель дистанционного управления ПДУ-1. Эжектор включается в схему после газоанализатора.

Изготовитель: ОКБА, Харьковский филиал.

Побудитель расхода типа ПР-7 представляет собой ротационный насос с электроприводом, просасывающий газовую смесь через газоанализатор. Производительность 4,5 *л/мин* при разрежении около 30 *мм вод. ст.* Разрежение, создаваемое ПР-7, составляет 0,15 *кгс/см²* при расходе 3 *л/мин*. Питание от сети 127 *в*, 50 *гц*. Мощность на валу двигателя 6,7 *вт*. Габаритные размеры 150×130×196 *мм*.

Изготовители: Завод газоанализаторов, Выру; Завод средств автоматики, Смоленск.

Пневматический нагнетатель газа типа ПНГ-1 предназначен для подачи неагрессивных газов (по отношению к стали Х18Н9 и фторопласту-4) в газоанализатор. Нагнетатель является мембранным насосом с пневматическим приводом. Производительность 200 *л/ч*, давление нагнетания 0,15 *кгс/см²*, расход воздуха до 3 *нм³/ч*. В комплект нагнетателя входят нагнетатель, фильтр воздуха ФВ-10, панель дистанционного управления ПДУ-2. Габаритные размеры 250×110 *мм*.

Изготовитель: ОКБА, Дзержинский филиал.

Пневматический нагнетатель жидкости типа ПНЖ-1 предназначен для подачи анализируемых жидкостей в анализатор жидкости. Нагнетатель является диафрагменным насосом двойного действия с пневматическим приводом. Расход воздуха 50 *л/ч* при напоре 1 *кгс/см²*. Исполнение взрывобезопасное. Габаритные размеры 182×162×156 *мм*.

Изготовитель: ОКБА, Дзержинский филиал.

7. Газораспределительные устройства

Блок распределения газа типа РБ-3. Устройство (рис. V.62) предназначено для попеременного отбора газа из 4-х точек и возврата обратно в точку отбора после газоанализатора. Сигнализация точек отбора осуществляется 4-ламповым табло *П* и лампами, смонтированными на корпусе блока. Система переключения — автоматическая, состоящая из 4 входных и выходных клапанов с приводом от синхронного двигателя *СД*. Время отбора из каждой точки 3 *мин*. Для постоянного отбора из одной

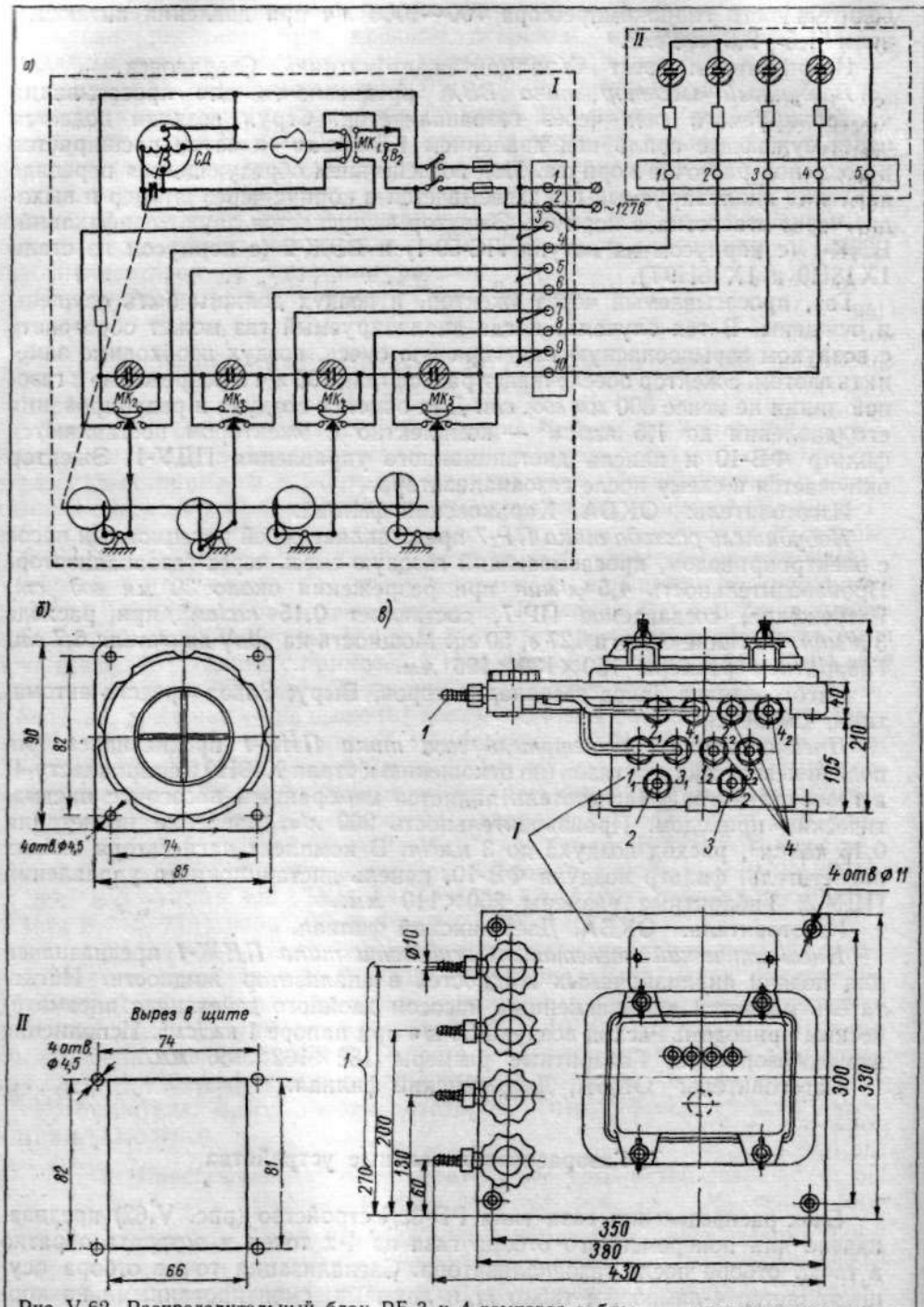


Рис. V.62. Распределительный блок РБ-3 и 4-ламповое табло: *а* — электрическая схема; *б*, *в* — общий вид

1 — вход газа; *2* — к приемнику; *3* — от приемника; *4* — выход газа

точки двигатель отключается выключателем B_2. Питание от сети 127 *в*, 50 *гц*; потребляемая мощность 15 *в·а*.

Блок выпускается в двух модификациях: РБ-3 — для газовых смесей, не содержащих агрессивных примесей; РБ-3А — для агрессивных газовых смесей, содержащих окислы азота или пары топлива до 40 *мг/л*. Анализируемая смесь не должна содержать механических примесей и конденсированной влаги. Блок может работать при температуре газа и окружающего воздуха 5—50° С, относительной влажности до 98%, а также в условиях качки и наклона до 45°.

Изготовитель: Завод газоанализаторов, Выру.

Автоматический многоточечный газовый переключатель типа ГП-1. Переключатель ГП-1 предназначен для поочередной подачи анализируемого газа из шести точек или помещений на один газоанализатор. Время срабатывания каждого клапана (на одну точку отбора) 60 ± 10 *сек*. Давление или разрежение газа на входе в переключатель должно быть 1500 *мм вод. ст*. Габаритные размеры 205×260×370 *мм*.

Изготовитель: ОКБА, Харьковский филиал.

§ 10. МАСС-СПЕКТРОМЕТРЫ

Масс-спектрометрический метод анализа является наиболее совершенным в определении изотопного и молекулярного (химического) состава вещества независимо от их химических и физических свойств; он дает возможность определить содержание многих компонентов сложных смесей, обеспечивая при этом высокую скорость проведения анализа.

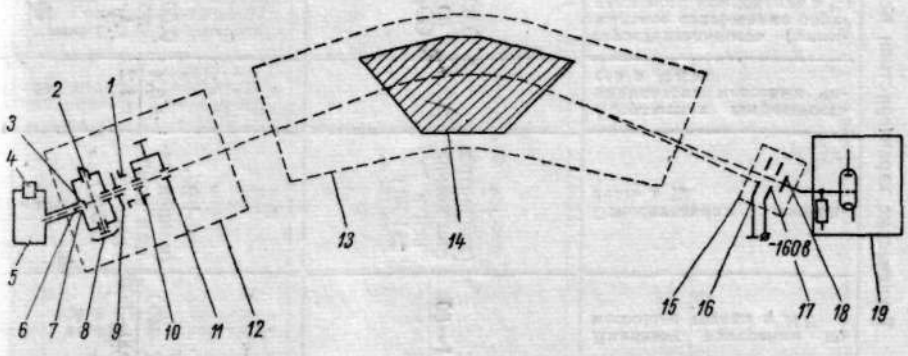


Рис. V.63. Принципиальная схема измерения масс-спектрометрическим методом

Принципиальная схема измерения масс-спектрометрическим методом показана на рис. V.63. Исследуемое вещество вводится в баллон напуска *5*, где пробы жидких и твердых веществ подвергаются полному испарению. По трубке напуска через диафрагму *6* с малым отверстием, обеспечивающим молекулярный характер натекания газовой смеси, газ поступает в ионизационную камеру *7* источника ионов *12*. В камере молекулы исследуемого вещества ионизируются электронами, эмитируемыми накаленным катодом *8*. Образовавшиеся ионы под действием выталкивающего электрода *3* выходят из ионизационной камеры, фокусируются в узкий пучок прямоугольного сечения системой электрических линз (вытягивающий электрод *9*, фокусирующий электрод *1* и корректирующий электрод *10*) и ускоряются в электрическом поле ускоряющего электрода *11*. Электроны,

Таблица V. 31

Технические характеристики некоторых масс-спектрометров

Тип	Область применения	Диапазон измерения по массовым числам в *МЕ*	Относительная погрешность в %	Абсолютная погрешность индикатора массовых чисел в *МЕ*	Чувствительность (минимальное содержание определяемого компонента в %)	Максимальная напряженность магнитного поля электромагнита в *э*	Время запуска в *ч*	Расход воды для охлаждения в *л/мин*	Расход* жидкого азота в *л*	Напряжение питания в *в* (50 *гц*); потребляемая мощность в *кв·а*	Габаритные размеры в *мм*	Вес в *кг*
МХ-1302	Анализ молекулярного (химического) состава газовых смесей и легко испаряющихся веществ; анализ изотопного состава газообразных веществ	1—80	+2 (концентрация компонента ⩾ ⩾10%)	±0,4	0,02 по CO_2	5500	3	5—6	3	220/127 или 380/220; 4,5	900×1360×902	750
МХ-1303	Анализ молекулярного (химического) состава сложных газообразных, жидких и твердых веществ; анализ изотопного состава	2—400 / 200—600	+2 (концентрация комплекса⩾ ⩾5%)	±0,4 / ±1,2	0,002 по Ar	7500	2—3	6—8	5—6	380/220; 10	1250×1270×900 (аналитическая стойка); 1870×1220×900 (измерительная стойка); 1340×820×840 (стойка-приставка системы напуска)	1800

Продолжение табл. V.31

Тип	Область применения	Диапазон измерения по массовым числам в *МЕ*	Относительная погрешность в %	Абсолютная погрешность индикатора массовых чисел в *МЕ*	Чувствительность (минимальное содержание определяемого компонента в %)	Максимальная напряженность магнитного поля электромагнита в *э*	Время запуска в *ч*	Расход воды для охлаждения в *л/мин*	Расход* жидкого азота в *л*	Напряжение питания в *в* (50 *гц*); потребляемая мощность в *ква*	Габаритные размеры в *мм*	Вес в *кг*
МИ-1305	Анализ изотопного состава газов, жидких и твердых веществ; анализ молекулярного состава при обеспечении молекулярного напуска	1—204 2—408	±1 (однолучевой метод измерения) ±0,2 (двухлучевой метод)	±0,5 ±1	0,001	7700	—	5—6	3—3,5	380/220; 8,5	1855×1230×900 (аналитическая стойка) 1855×1260×900 (измерительная стойка)	1800
МВ-2302	Анализ изотопного состава газообразных веществ	1—100 2—200	±1	±0,2 ±0,4	0,01	5400	3		4—5	220/127 или 380/220; 7	1450×1010×720 (аналитическая стойка) 1600×1220×762 (измерительная стойка)	1500

* Расход жидкого азота за 8 *ч* непрерывной работы; для МХ-1303 — за 7 *ч* непрерывной работы.

прошедшие ионизационную камеру, улавливаются коллектором электронов *2*.

Состав ионного пучка соответствует молекулярному составу анализируемой газовой смеси. В камере анализатора *13* под действием поперечного магнитного поля, создаваемого электромагнитом *14*, поток разделяется на ионные пучки, отличающиеся отношением масс ионов к их зарядам; одновременно производится фокусировка ионов, одинаковых по массе, но выходящих из источника ионов под различными углами к основной траектории пучка. После камеры анализатора ионы проходят через входную щель *16* приемника ионов *15* и попадают на коллектор *18*. Электрод *17*, на который подается отрицательный потенциал, задерживает вторичные электроны с коллектора *18*. В цепи коллектора ионы различной массы создают электрические токи, которые после предварительного усиления в электрометрическом каскаде *19*, измеряются и записываются электронным самопишущим прибором ЭПП-09. При постепенном изменении напряженности магнитного поля может быть записан спектр ионных токов или масс-спектр, характеризующий молекулярный состав исследуемого вещества. Для проведения количественного анализа необходима предварительная градуировка масс-спектрометра по каждому из компонентов, наличие которых предполагается в исследуемом веществе. Процессы испарения проб в баллоне напуска и ионообразования происходят в условиях глубокого вакуума.

Конструкция масс-спектрометра состоит из системы напуска, аналитической части и измерительной части. Система напуска предназначена для подготовки и ввода проб в источник ионов. При анализе газообразных веществ проба из стеклянных ампул поступает в промежуточный объем, а затем в баллон напуска. При этом давление резко падает, что обеспечивает возможность молекулярного натекания газа. При анализе жидких и твердых веществ пробы в стеклянных ампулах вводятся в вакуумный шлюз *4*; после откачки последнего на высокий вакуум ампула разбивается и проба поступает в баллон напуска. Измерительная часть предназначена для питания электромагнита, источника ионов и системы напуска стабилизированным напряжением, для измерения и регистрации ионных токов, измерения давления в вакуумной системе, индикации массовых чисел. В аналитической части создается, формируется и разделяется ионный пучок по массам.

Технические характеристики некоторых масс-спектрометров приведены в табл. V.31.

Изготовители: Завод электронных микроскопов и электроавтоматики, Сумы (прибор МХ-1303) и СКБ аналитического приборостроения Академии Наук СССР (остальные типы).

ГЛАВА VI

РЕГУЛЯТОРЫ ПРЯМОГО ДЕЙСТВИЯ

К регуляторам прямого действия относятся регуляторы, не требующие для своей работы подвода энергии извне.

§ 1. РЕГУЛЯТОРЫ ТЕМПЕРАТУРЫ ПРЯМОГО ДЕЙСТВИЯ

Регулятор РТ (рис. VI.1) относится к манометрическим терморегуляторам (табл. VI.1) и состоит из герметичной термосистемы и клапана. При номинальном значении регулируемой температуры усилие, развиваемое сильфоном *1* под действием давления в термосистеме, уравновешивается усилием пружины *2*. При регулировании греющей средой применяется регулятор с прямым клапаном (*I*), а при регулировании охлаждающей средой — регулятор с обратным клапаном (*II*).

В регуляторах РПД и РПДП отсутствуют узлы настройки температуры регулирования компенсационным сильфоном. Собственно клапан РПДП снабжен ребрами для охлаждения и размещен над измерительной системой прибора.

§ 2. РЕГУЛЯТОРЫ ДАВЛЕНИЯ ПРЯМОГО ДЕЙСТВИЯ

Клапаны регулирующие «после себя» типа 25ч10нж и «до себя» типа 25ч12нж. Клапаны 25ч10нж и 25ч12нж предназначены для поддержания постоянного давления в трубопроводе пара, воздуха и нефтепродуктов при давлении 16 *кгс/см*^{2} и температуре 300° С. Чувствительным элементом регулятора является резиновая мембрана, жестко связанная с золотниками. В регуляторе «после себя» при повышении контролируемого давления проходное сечение клапана уменьшается, а в регуляторе «до себя» увеличивается. Усилие мембраны уравновешивается грузом. Верхняя полость мембранной головки заполняется водой или другой жидкостью для защиты мембраны от высокой температуры.

Пределы регулируемых давлений (в *кгс/см*^{2}): 0,15—0,65; 0,65—0,85; 0,85—1,0; 1,0—2,0; 2,0—2,5; 2,5—3,5; 3,5—5,0; 5,0—8,0; 8,0—9,5; 9,5—13,0. Диаметр условного прохода клапана в *мм*: 50, 80, 100 и 150, условная пропускная способность по холодной воде при перепаде давления на клапане 1 *кгс/см*^{2} соответственно 40, 100, 160 и 360 *м*^{3}*/ч*.

Изготовитель: Бугульминский механический завод.

Регулятор давления мазута типа РДП. Регулятор РДП (табл. VI.2) предназначен для поддержания в мазутопроводе заданного постоянного давления «после себя». Он состоит из пружинного задатчика

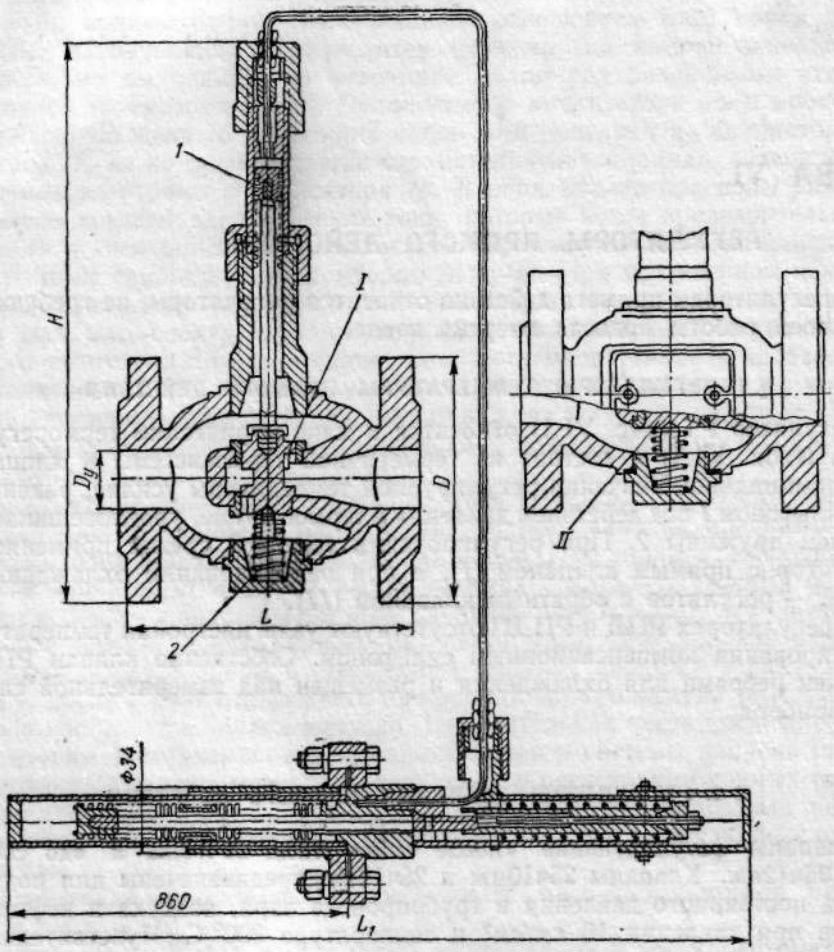


Рис. VI.1. Регулятор температуры РТ

D_y	D	H	L	L_1
25	115	225	140	440
40	145	280	170	445
50	160	300	200	445

Таблица VI.1

Технические характеристики регуляторов температуры прямого действия

Тип	Диаметр условного прохода в *мм*	Диапазон настройки в °С	Давление среды в *кгс/см²*		Длина капилляра в *м*	Условная пропускная способность в *т/ч*
			регулируемой	в которую погружен термобаллон		
РТ	25	20—60, 60—100; 100—140; 140—180	16 (при прямом клапане), 6 (при обратном)	64	1,6	6,3
	40				2,5	16
	50				6,0	25
РПД	1″ 1½″ 2″	30—40; 40—50; 50—60; 60—70; 70—80; 80—90; 90—100; 100—110	10	10	3	—
РПДП	25 40 50	То же, что у РПД и 110—120; 120—130; 130—140 140—150; 150—160	16	64	2; 4; 5; 6	—

Примечания:
1. Неравномерность регуляторов 10° С.
2. Изготовители: регуляторов РТ и РПД — Сафоновский завод «Теплоконтроль», регулятора РПДП — Казанский завод «Теплоконтроль».

Таблица VI. 2

Технические характеристики регуляторов РДП

Модификация	Диаметр условного прохода в *мм*	Пропускная способность в *л/ч* *	Число седел	Габаритные размеры в *мм*	Диапазон настройки в *кгс/см²* **	Давление до регулятора в *кгс/см²*	Перепад на клапане в *кгс/см²*
РДП-1	15	600	1	∅ 175×293	0,1—1	0,5—3	0,5
РДП-2	20	900		∅ 175×293	1—2,5	2—6	1
РДП-3	25	1200		∅ 175×293	2—4	3—8	
РДП-4	50	2500	2	∅ 225×340			

* При перепаде 1 *кгс/см²* и вязкости мазута 5° Е.
** Погрешность — ±2% от верхнего предела настройки.

и регулирующего клапана, разделенных гофрированной мембраной из нержавеющей стали.

Изготовитель: завод «Теплоприбор», Челябинск.

Регулятор давления типа РД-32М. Регулятор РД-32М (табл. VI.3) относится к статическим регуляторам давления прямого действия «после себя»

Таблица VI. 3

Технические характеристики регуляторов РД-32М

Модификация	Давление на входе в *кгс/см²*	Давление на выходе в *мм вод. ст.*	Давление на входе в *кгс/см²*	Максимальная пропускная способность, при диаметре седла (в *мм*)			Давление на входе в *кгс/см²*	Максимальная пропускная способность в *нм³/ч* при диаметре седла (в *мм*)	
				4	6	10		4	6
РД-32М-10Н	0,05—3	90—200	1	13	25	45	7	63	125
РД-32М-6Н	3—10		2	20	40	75	8	72	145
РД-32М-4Н	10—16		3	30	55	100	9	81	168
			4	38	70	—	10	91	190
РД-32М-10П	0,05—3	200—350	5	45	90	—	12	110	—
РД-32М-6П	3—10		6	53	105	—	14	125	—
РД-32М-4П	10—16						16	142	—

и предназначен для редуцирования давления неагрессивного газа с высокого или среднего давления на низкое и поддержания его в заданных пределах. Регулятор (рис. VI.2) состоит из двух узлов: мембранной камеры *5* и крестовины с седлом *1* и заслонкой *2*. Чувствительный элемент — мембрана *3*. Для защиты линии низкого давления от чрезмерного повышения давления (при отсутствии расхода газа) предусмотрен сбросный клапан *4*.

Регулятор комплектуется седлами диаметром 4, 6 и 10 *мм*, а в зависимости от регулируемого давления на выходе — пружиной низкого или повышенного давления. При установке специально рассчитанных

Таблица VI.4

Технические характеристики регуляторов РДУК-2

Модификация	Диаметр условного прохода	Диаметр седла клапана	Наибольшее входное давление	Выходное давление	Максимальная пропускная способность в *нм³/ч**	Габаритные размеры в *мм*	Изготовитель
	мм		*кгс/см²*				
РДУК2Н-50/35 РДУК2В-50/35	50	35	6	0,005—0,6 0,6—6	3500 6560	300×230×320	Завод «Газаппарат», Саратов
РДУК2Н-100/50 РДУК2В-100/50	100	50	12	0,005—0,6 0,6—6	10 500	450×350×560	
РДУК2Н-100/70 РДУК2В-100/70		70		0,005—0,6 0,6—6	25 177		
РДУК2Н-200/105 РДУК2В-200/105	200	105		0,005—0,6 0,6—6	47 200	690×600×650	Завод «Строймеханизация», Москва
РДУК2Н-200/140 РДУК2В-200/140		140	6 12	0,005—0,6 0,6—6	37 500 70 250		

* Максимальная пропускная способность приведена для наибольших значений входного и выходного давлений.

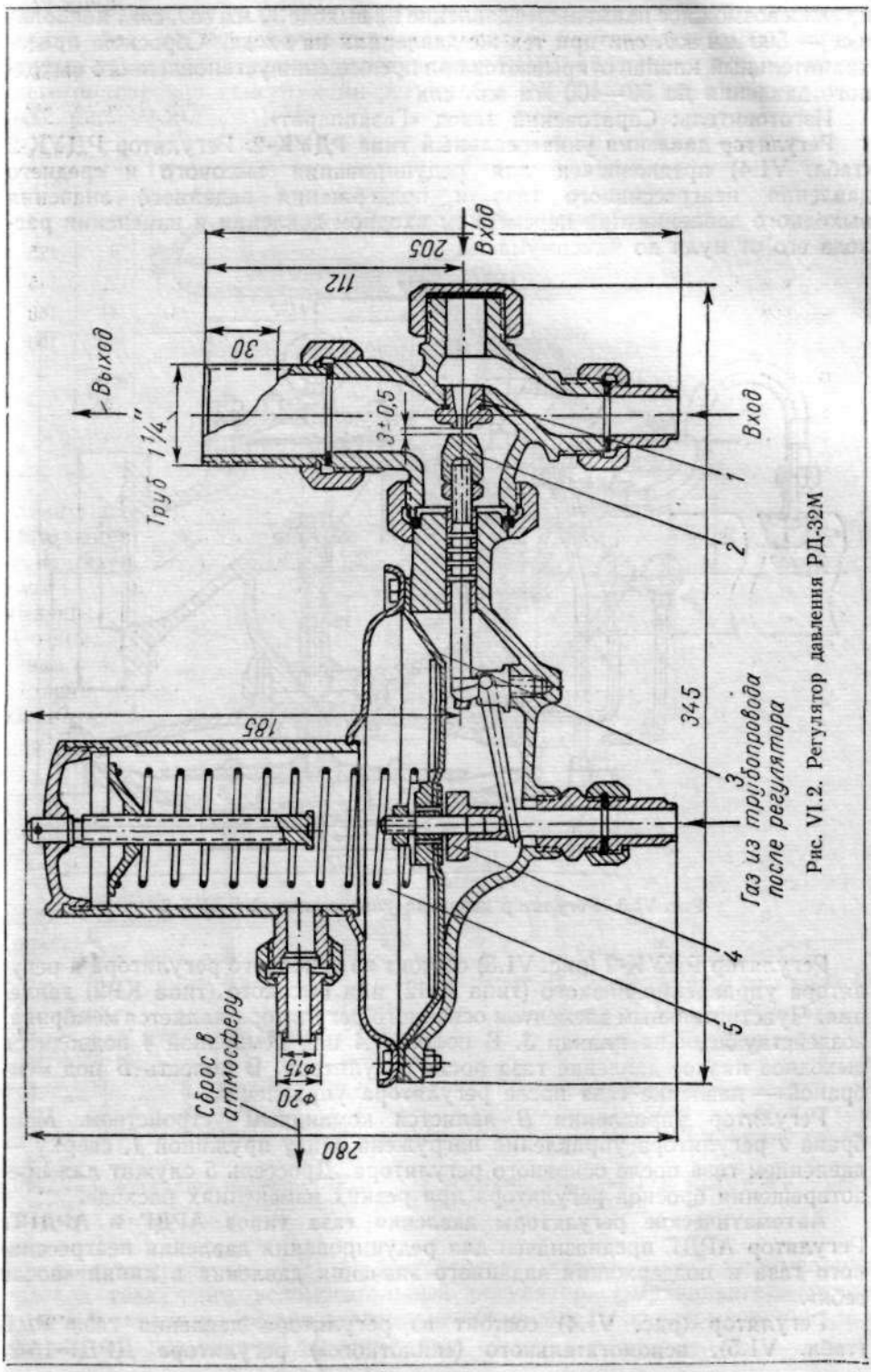


Рис. VI.2. Регулятор давления РД-32М

пружин возможное наименьшее давление на выходе 30 *мм вод. ст.*, наибольшее — 500 *мм вод. ст.* при тех же давлениях на входе. Сбросной предохранительный клапан открывается при превышении установленного выходного давления на 50—100 *мм вод. ст.*

Изготовитель: Саратовский завод «Газаппарат».

Регулятор давления универсальный типа РДУК-2. Регулятор РДУК-2 (табл. VI.4) предназначен для редуцирования высокого и среднего давления неагрессивного газа и поддержания заданного значения выходного давления при переменном входном давлении и изменении расхода его от нуля до максимума.

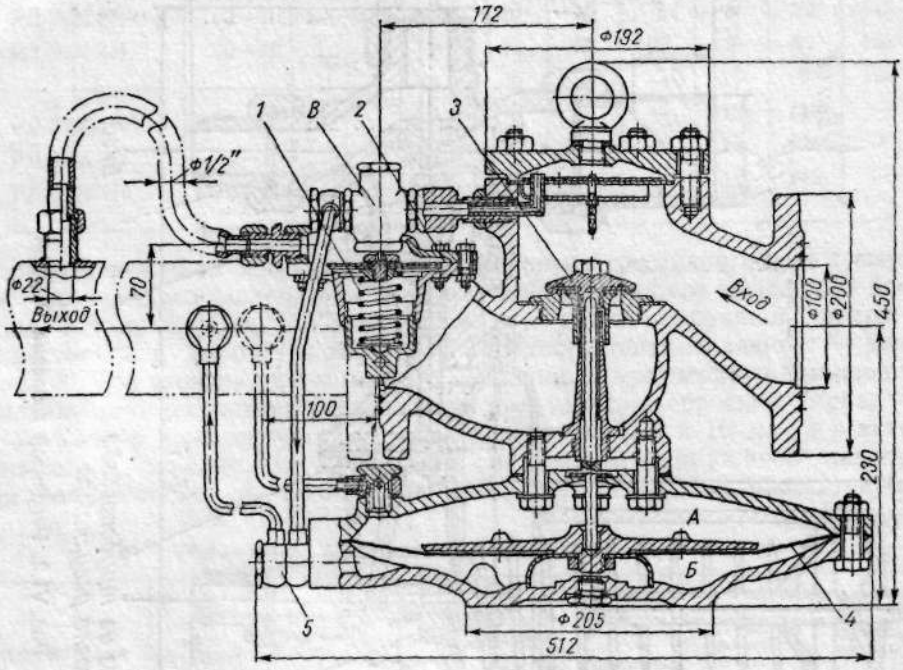


Рис. VI.3. Регулятор давления универсальный РДУК-2

Регулятор РДУК-2 (рис. VI.3) состоит из основного регулятора и регулятора управления низкого (типа КН2) или высокого (типа КВ2) давления. Чувствительным элементом основного регулятора является мембрана, воздействующая на клапан *3*. В полость *А* над мембраной *4* подводится выходное низкое давление газа после регулятора. В полость *Б* под мембраной — давление газа после регулятора управления.

Регулятор управления *В* является командным устройством. Мембрана *2* регулятора управления нагружена снизу пружиной *1*, сверху — давлением газа после основного регулятора. Дроссель *5* служит для предотвращения бросков регулятора при резких изменениях расхода.

Автоматические регуляторы давления газа типов АРДГ и АРДГТ. Регулятор АРДГ предназначен для редуцирования давления неагрессивного газа и поддержания заданного значения давления в линии «после себя».

Регулятор (рис. VI.4) состоит из регулятора давления газа РДГ (табл. VI.5), вспомогательного («пилотного») регулятора ДРДГ-15-2,

фильтра-дросселя ФДГ-1 и выравнивателя давления *ВД*. Значение давления газа, поддерживаемого регулятором в линии «после себя», определяется величиной давления от регулятора ДРДГ-15-2. Конструкция последнего аналогична конструкции регулятора РД-32М без сбросного клапана (см. рис. VI.2).

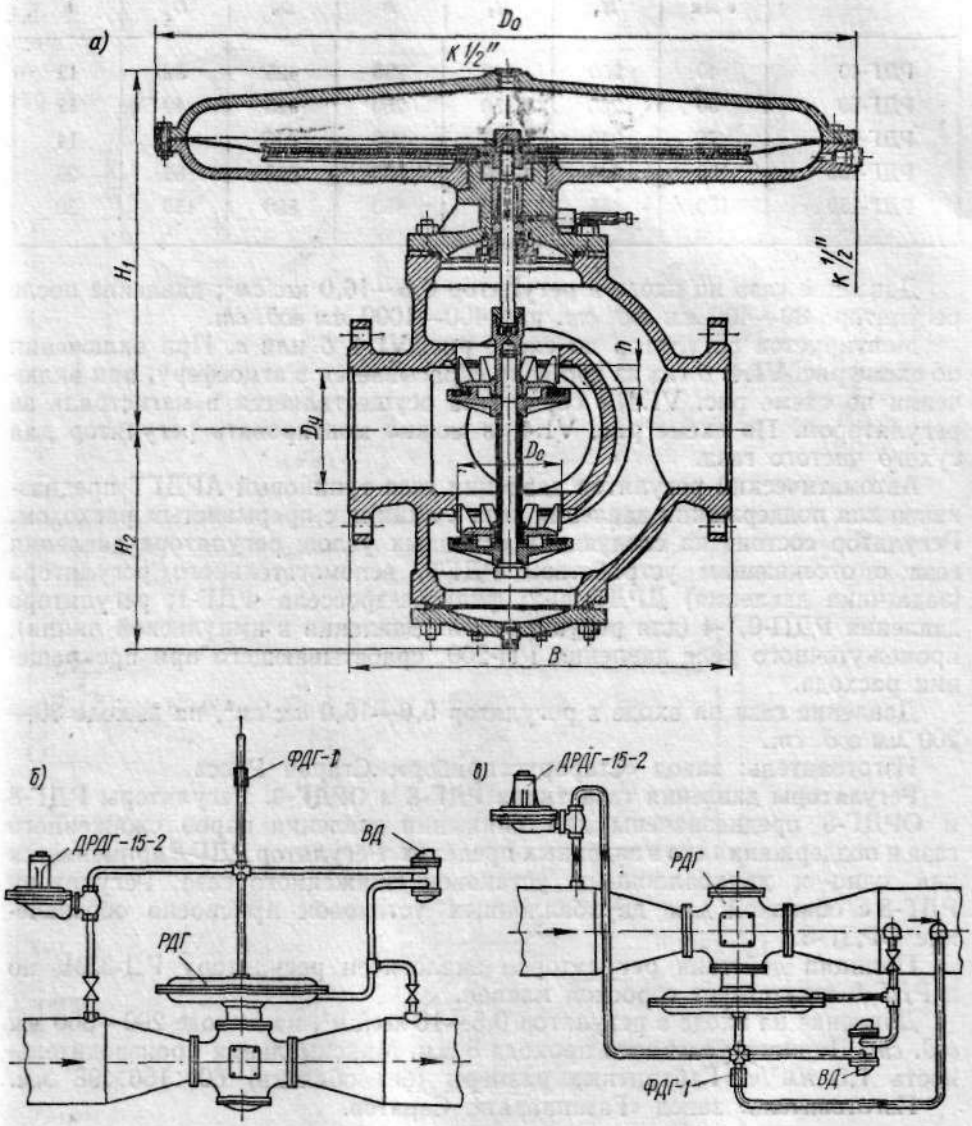


Рис. VI.4. Регулятор давления АРДГ: *а* — регулятор давления газа РДГ; *б* и *в* — принципиальные схемы включения регулятора

Фильтр-дроссель ФДГ-1 обеспечивает необходимый минимальный расход газа через вспомогательный регулятор. Выравниватель давления *ВД* предназначен для предохранения мембраны от разрывов при одностороннем повышении давления газа.

Таблица VI. 5

Габаритные размеры (в *мм*) регулятора РДГ и его золотника (рис. VI. 4)

Модификация	Диаметр условного прохода в *мм*	Регулятор				Золотник	
		H_1	H_2	B	D_0	D_c	h
РДГ-40	40	260	140	230	425	32	12
РДГ-50	50	265	150	250	425	40	12
РДГ-70	70	310	165	290	625	60	14
РДГ-100	100	345	220	350	625	85	25
РДГ-150	150	455	275	480	880	130	30

Давление газа на входе в регулятор 0,6—16,0 *кгс/см²*; давление после регулятора 80—400 *мм вод. ст.* или 400—1000 *мм вод. ст.*

Монтируется регулятор по схеме рис. VI.4, *б* или *в*. При включении по схеме рис. VI.4, *б* газ из дросселя сбрасывается в атмосферу, при включении по схеме рис. VI.4, *в* сброс газа осуществляется в магистраль за регулятором. По схеме рис. VI.4, *в* можно монтировать регулятор для сухого чистого газа.

Автоматический регулятор давления газа тупиковый АРДГТ предназначен для поддержания давления газа в линиях с прерывистым расходом. Регулятор состоит из следующих основных узлов: регулятора давления газа с отсекающим устройством РДГТ; вспомогательного регулятора (задатчика давления) ДРДГ-20-2; фильтра-дросселя ФДГ-1; регулятора давления РДП-0,1-4 (для редуцирования давления в импульсной линии); промежуточного реле давления РП-200, срабатывающего при прекращении расхода.

Давление газа на входе в регулятор 0,6—16,0 *кгс/см²*, на выходе 80—200 *мм вод. ст.*

Изготовитель: завод «Староруссприбор», Старая Русса.

Регуляторы давления газа типов РДГ-8 и ОРДГ-8. Регуляторы РДГ-8 и ОРДГ-8 предназначены для снижения давления паров сжиженного газа и поддержания его в заданных пределах. Регулятор РДГ-8 применяется для одно- и двухбаллонных установок сжиженного газа. Регулятору РДГ-8 с обвязкой для двухбаллонных установок присвоено обозначение ОРДГ-8.

Принцип действия регуляторов аналогичен регулятору РД-32М, но в РДГ-8 отсутствует сбросной клапан.

Давление на входе в регулятор 0,5—16 *кгс/см²*, на выходе 200—360 *мм вод. ст.* Диаметр условного прохода 8 *мм*. Максимальная производительность 1,5 *нм³/ч*. Габаритные размеры (без обвязки) 60×166×98 *мм*.

Изготовитель: завод «Газаппарат», Саратов.

§ 3. РЕГУЛЯТОРЫ УРОВНЯ ПРЯМОГО ДЕЙСТВИЯ

Регулятор уровня типа РУ-16. Регулятор РУ-16 (рис. VI.5) предназначен для автоматического поддержания заданного уровня агрессивной жидкости при температуре 5—60° С и давлении 10 *кгс/см²* в резервуаре и применяется при автоматизации насосных установок рудничных водоотливов в случае заливки насоса из заливного бака. Корпус клапана

в барабане котла. Чувствительным элементом уровня является термостатная трубка, смонтированная под небольшим углом к горизонту. Верхняя ее часть сообщена с паровым, а нижняя — с водяным пространством

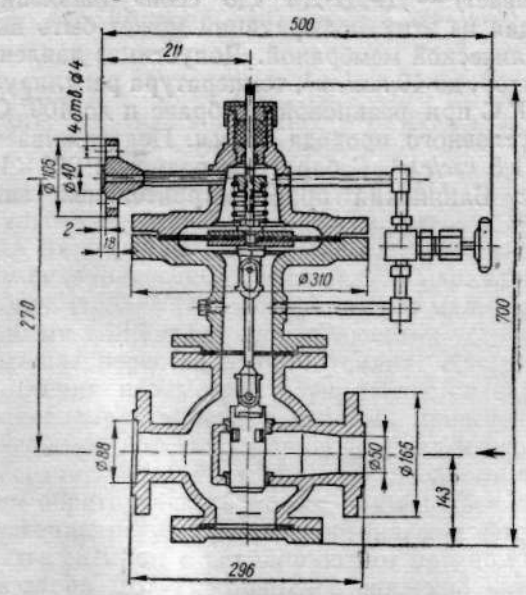


Рис. VI.6. Дифференциальный регулятор давления ДРД-50

котла. Изменение длины термостатной трубки через шарнирно соединенный с ее подвижным концом рычаг и цепь передается золотнику регулирующего клапана. Диапазон поддержания уровня ±125 *мм*.

Условное давление в термостате уровня и в клапанной части 25 и 40 *кгс/см²*. Диаметр условного прохода клапана 50 *мм*. Максимальная пропускная способность при перепаде на клапане 1,5 *кгс/см²* (в *т/ч*): 5; 6; 8; 10; 12; 15; 19; 24; 30. Регулирующий клапан — двухседельный. Габаритные размеры клапана регулятора 540×670×420 *мм*.

Изготовитель: завод «Теплоприбор», Улан-Удэ.

§ 4. РЕГУЛЯТОРЫ ПРЯМОГО ДЕЙСТВИЯ РАСХОДА И ПЕРЕПАДА ДАВЛЕНИЯ

Дифференциальный регулятор давления типа ДРД-50. Регулятор ДРД-50 (рис. VI.6) применяется для автоматического поддержания заданного перепада давлений на клапане регулятора питания паровых котлов (типа ОРП-50) и др.

Регулятор состоит из мембранной головки и регулирующего клапана. Регулирующий клапан — двухседельный. Диаметр условного прохода клапана 50 *мм*, условное давление 4—40 *кгс/см²*. Поддерживаемый регулятором перепад 0,8—1,6 *кгс/см²*; сопротивление клапана 0,3 *кгс/см²*; неравномерность регулятора по перепаду давления 0,3 *кгс/см²*.

Изготовитель: завод «Теплоприбор», Улан-Удэ.

Дифференциальный регулятор давления типа ДРД2. Регулятор ДРД2 предназначен для поддержания заданной разности давлений неагрессивных жидкостей и газов. Принцип действия регулятора аналогичен регулятору ДРД-50. Вместо двухседельного золотника в ДРД-2 использован шариковый клапан.

Регуляторы ДРД2 выпускаются двух модификаций: «после себя» (давление закрывает) — ДРД2-Д3 «до себя» (давление открывает) — ДРД2-ДО. Каждая из этих модификаций может быть выполнена с резиновой или металлической мембраной. Допустимое давление среды, поступающей в регулятор, до 40 *кгс/см²*, температура регулируемой и окружающей среды до 60° С при резиновой мембране и до 400° С при металлической. Диаметр условного прохода 15 *мм*. Поддерживаемый регулятором перепад — 0,5—1,5 *кгс/см²*. Габаритные размеры: 275×140×140 *мм*.

Изготовитель: Бакинский приборостроительный завод.

ГЛАВА VII

ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ РЕГУЛЯТОРЫ, ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ МЕХАНИЗМЫ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА

Гидравлические струйные регуляторы комплектуются из унифицированных узлов (чувствительные элементы, усилители, задающие устройства и др.) и применяются для регулирования как отдельных параметров, так и соотношения двух или нескольких параметров. В зависимости от необходимого закона регулирования могут поставляться астатические, статические и изодромные регуляторы. Подробное описание всех элементов гидравлических струйных регуляторов приведено в книге «Автоматические приборы и регуляторы» (изд. «Машиностроение», 1964 г.); в настоящей главе даны только краткие данные по этим регуляторам. Гидравлические струйные регуляторы выпускаются заводом «Теплоавтомат», Харьков.

§ 1. ЧУВСТВИТЕЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ, ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ УСИЛИТЕЛИ, ЗАДАЮЩИЕ, СТАБИЛИЗИРУЮЩИЕ И СИНХРОНИЗИРУЮЩИЕ УСТРОЙСТВА

Чувствительные элементы регулятора (табл. VII.1) предназначены для восприятия импульсов по давлению, разрежению или перепаду давления и преобразования их в усилия, передаваемые через систему рычагов на струйную трубку гидравлического усилителя. Гидравлические усилители со струйной трубкой (табл. VII.2) воспринимают малые усилия, развиваемые чувствительными элементами или задающими устройствами, и преобразуют их в большие перестановочные усилия. Настройка регуляторов на требуемые значения параметров осуществляется задающими устройствами, технические характеристики которых приведены в табл. VII.3.

Стабилизирующие устройства системы гидравлической струйной автоматики могут обеспечить жесткую и упругую (изодромную) связь. Гидравлическая жесткая обратная связь может применяться при стабилизации процесса по положению регулирующего органа, для чего на исполнительном механизме, сочлененном с регулирующим органом, устанавливается датчик синхронизатора ДСГ-1, командное давление которого передается в устройство обратной связи гидравлического регулятора. Обычно для этой цели применяется соответствующий тип сильфонного импульсного устройства. Упругая обратная связь осуществляется гидравлическим изодромом ИГ, управляющим задающим устройством МНПИ-1, которое подает на струйную трубку регулятора усилие, переменное по величине и знаку. Изготовляется два типа изодромов: ИГ-1 и ИГ-2 (табл. VII.4).

Таблица VII. 1

Технические характеристики чувствительных элементов

Наименование	Тип	Назначение	Каталожный номер	Статическое давление в *кгс/см²*	Измеряемый параметр			Среда	Габаритные размеры в *мм*
					диапазон настройки	единица измерения	зона нечувствительности		
Устройство импульсное с уравновешенным сильфоном	УИС-1	Для восприятия импульса по давлению	1	16	6,3—16	*кгс/см²*	±0,005	Неагрессивная жидкость или газ	489×190×145
			2	25	16—25		±0,01		489×190×145
			3	32	25—32		±0,01		489×190×145
			4	64	32—64		±0,02		465×190×135
			5	100	64—100		±0,05		480×190×135
			9	10	1,6—10		±0,005		489×190×135
Устройство импульсное рычажное сильфонное	УИРС-1		3	10	0—10		±0,25		302×136×200
			4	4	0—4		±0,01		317×136×200
			5	45	0—45		±0,15		315×130×200
Устройство импульсное сильфонное	УИС-3		3	0,5	0,04—0,4		±0,05		150×105×85
			4	2	0,25—1,6		±0,02		150×105×85
Устройство импульсное дифференциальное сильфонное	УИДС-2	Для восприятия импульса по перепаду давлений	3	64	1000	*мм рт. ст.*	±10	Неагрессивная жидкость	329×269×215

Наименование	Тип	Назначение	Каталожный номер	Статическое давление в *кгс/см²*	Измеряемый параметр			Среда	Габаритные размеры в *мм*
					диапазон настройки	единица измерения	зона нечувствительности		
Устройство импульсное с мембраной низкого давления	УИМН-1	Для восприятия импульса по давлению, разрежению или перепаду давлений	3	0,01	0,4—10	*мм. вод. ст.*	±0,1	Неагрессивный газ	550×550×256
			4		1—25		±0,2		
Устройство импульсное с мембраной среднего давления	УИМС-1		7	0,1	4—100		±0,7		250×250×130
			8		6,3—160		±1		
			9		16—400		±2		
			10		4—100		±7		
	УИМС-3		5	0,063	2,5—40		±0,3		350×350×220
			6		4—63		±0,4		
Устройство импульсное с мембраной высокого давления	УИМВ-2		5	25	4—40	*мм рт. ст.*	±2	Неагрессивная жидкость или газ	270×260×250
			6		10—100		±6		270×260×250
			7		До 40		±2		250×260×330

Примечание. Среда должна быть неагрессивной по отношению к стали, меди, дюралюминию и резине; температура ее должна быть в диапазоне 5—60° С.

Таблица VII. 2

Технические характеристики гидравлических усилителей

Наименование	Тип	Давление масла за приемными соплами в *кгс/см²* * при среднем положении трубки		Расход масла в *л/ч*		Зона нечувствительности в *кгс*	Габаритные размеры в *мм*
		среднем	крайнем	через струйную трубку	через золотниковый каскад		
Усилитель однокаскадный гидравлический	УОКГ-4	3,8	6,7 и 0, 0 и 6,7	340—370	—	±0,007	480×220×190
Усилитель двухкаскадный гидравлический	УДКГ-4	—	—	340—370	800	±0,01	535×220×190

* Давление масла на входе 12 *кгс/см²*, после дросселя 8 *кгс/см²*.

Таблица VII. 4

Технические характеристики гидравлических изодромов

Тип	Время изодрома в *сек*	Зона нечувствительности в *кгс/см²*	Ход поршня от среднего положения в *мм*	Тип задающего устройства	Габаритные размеры в *мм*
ИГ-1	5—60	±0,15	±20	МНПИ-1 (кат. № 7, 8)	260×180×130
ИГ-2	24—600	±0,22	±60	МНПИ-1 (кат. № 9, 10)	450×245×205

Примечание. Давление рабочего агента до 12 *кгс/см²*.

При автоматизации некоторых объектов возникает необходимость синхронизировать движение нескольких параллельно работающих исполнительных механизмов. Для этих целей применяются синхронизирующие устройства — датчик ДСГ-1 и приемник ПСГ-1 (табл. VII.5). Датчик синхронизатора ДСГ-1 предназначен для преобразования механических перемещений в командное давление рабочего агента. Приемник синхронизатора ПСГ-1 — для восприятия командного давления и управления исполнительным механизмом в системе синхронизации.

Технические характеристики задающих устройств

Наименование и назначение	Тип	Каталожный номер	Место установки	Габаритные размеры в *мм*
Механизм ручной настройки, для настройки регулятора путем изменения натяжения импульсной пружины (ход движка — 30 *мм*)	МРН-1	7	На импульсном устройстве	114×105×85
		8	На гидравлическом усилителе	114×105×85
		9	На мембранном импульсном устройстве, имеет вывод на наклонный фронт пульта	135×105×85
		10	То же, на гидравлическом усилителе	135×105×85
		11	То же, на мембранном импульсном устройстве, имеет вывод на вертикальный фронт пульта	142×105×85
		12	На гидравлическом усилителе	142×105×85
Указатель настройки корректора, для настройки регулятора путем изменения положения корректора	УНК-1	9	На фронте пульта; вращению по часовой стрелке соответствует уменьшение регулируемого параметра	Диаметр 120, длина шарниров Гука 220
		10	То же, увеличение регулируемого параметра	Диаметр 120, длина шарниров Гука 220
		11	То же, уменьшение регулируемого параметра	Диаметр 120, длина гибкого вала 1500
		12	То же, увеличение регулируемого параметра	Диаметр 120, длина гибкого вала 1500
		13	То же, уменьшение регулируемого параметра (комплектуется с МРН-1, кат. № 9 и 11)	Диаметр 120, длина шарниров Гука 145
Механизм дистанционной настройки, для дистанционной настройки регулятора при помощи электропривода путем воздействия на корректор или импульсную пружину	МДН-1	—	Может быть соединен с электрическим датчиком указателя настройки ДУП-1, который комплектуется с показывающим прибором УПД-1	338×164×120
Механизм настройки с приводом от изодрома, для передачи на гидравлический усилитель импульса обратной связи от изодрома	МНПИ-1	7	На мембранном импульсном устройстве, работает с изодромом ИГ-1	148×330×105
		8	На гидравлическом усилителе; работает с изодромом ИГ-1	
		9	На мембранном импульсном устройстве, работает с изодромом ИГ-2	
		10	На гидравлическом усилителе; работает с изодромом ИГ-2	

Таблица VII. 5

Технические характеристики гидравлических синхронизирующих устройств

Тип	Каталожный номер	Зона чувствительности	Диапазон изменения командного давления	Диапазон настройки		Габаритные размеры в *мм*
				верхний предел	нижний предел	
			кгс/см²			
ДСГ-1	5	±0,1 *мм*	3,9±0,2	3,6—7,5	0,5—4,4	308×140×107
ПСГ-1	3	±0,08 *кгс/см²*	3,7±0,2	4,2—5	0,5—1,3	320×158×117

Примечания:
1. Давление рабочего агента 12 *кгс/см²*.
2. Ход поршня 20 *мм*.
3. ДСГ-1 работает в комплекте с СПГК-1 (кат. № 11, 12), СПГК-2 и СПГК-4 (кат. № 5, 6); ПСГ-1 — в комплекте с СПГК-1 (кат. № 13, 14), СПГК-2 и СПГК-4 (кат. № 3, 4).

§ 2. ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ МЕХАНИЗМЫ

Гидравлические исполнительные механизмы (сервоприводы) выпускаются двух типов: проходные СПГП с поступательным движением штока и кривошипные СПГК с поворотным рычагом. Каждый тип сервопривода имеет несколько модификаций, их технические характеристики приведены в табл. VII.6. Полный ход исполнительного механизма СПГП равен 200 *мм*, зона нечувствительности ±0,15 *кгс/см²*. Угол поворота кривошипа исполнительного механизма СПГК равен 90°, зона нечувствительности ±0,4 *кгс/см²*. Минимальное время хода поршня ненагруженных исполнительных механизмов при работе с усилителями УОКГ составляет 15—35 *сек*, с усилителями УДКГ 5—15 *сек*. Увеличение времени хода соответствует увеличению диаметра поршня исполнительного механизма.

Таблица VII. 6

Технические характеристики гидравлических исполнительных механизмов

Основные характеристики			
Тип	Диаметр поршня в *мм*	Развиваемое усилие или крутящий момент *	Габаритные размеры в *мм*
СПГП-2	80	520—580 *кгс*	520×160×185
СПГП-4 (кат. № 0)	120	1220—1300 »	632×195×230
СПГП-4 (кат. № 1)	120	1220—1300 »	632×230×274
СПГП-5	150	1950—2050 »	630×230×274
СПГК-1	80	56—78 *кгс·м*	655×352×416
СПГК-2	120	126—176 »	710×480×445
СПГК-4	150	200—275 »	745×475×568

* При перепаде на поршне 12 *кгс/см²*.

Продолжение табл. VII.6

Характеристика модификаций		
Тип	Каталожный номер	Характеристика
СПГП-2	—	Крепление параллельно оси цилиндра
СПГП-4	0	Крепление параллельно оси цилиндра
	1	Крепление фланцевое (опорная плоскость перпендикулярна оси цилиндра)
СПГП-5	—	То же
СПГК-1	9	Вывод вала с рычагом правый
	10	Вывод вала с рычагом левый
	11	Комплектуется с датчиком синхронизатора типа ДСГ-1; вывод вала с рычагом и профилированным кулачком правый
	12	То же; вывод вала с рычагом и профилированным кулачком левый
	13	Комплектуется с приемником синхронизатора типа ПСГ-1; вывод вала с рычагом и профилированным кулачком правый
	14	То же; вывод вала с рычагом и профилированным кулачком левый
СПГК-2	1	Вывод вала с рычагом правый
СПГК-4	2	Вывод вала с рычагом левый
	3	Комплектуется с приемником синхронизатора типа ПСГ-1; вывод вала с рычагом и профилированным кулачком правый
	4	То же; вывод вала с рычагом и профилированным кулачком левый
	5	Комплектуется с датчиком синхронизатора типа ДСГ-1; вывод вала с рычагом и профилированным кулачком правый
	6	То же; вывод вала с рычагом и профилированным кулачком левый

§ 3. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА

Источники питания — маслонасосные установки МСА — предназначены для снабжения систем авторегулирования трансформаторным маслом под давлением 8—13 *кгс/см*^{2}. Маслонасосные установки в зависимости от производительности изготовляются трех типов (табл. VII.7).

Гидравлические струйные регуляторы и вспомогательная аппаратура устанавливаются в пультах и колонках, технические характеристики

Таблица VII. 7

Технические характеристики маслонасосных установок

Тип	Емкость бака в *л*	Тип маслонасоса	Тип асинхронного двигателя	Мощность двигателя в *квт*	Производительность в *л/мин*	Габаритные размеры в *мм*	Количество обслуживаемых регуляторов	
							с однокаскадным усилителем	с двухкаскадным усилителем
МСА-18	38	ШДП-18	АОЛ32-4	1	18	600×350×700	2	1
МСА-1-50	80	ШДП-50	Т42-4	2,8	50	750×545×626	6	3
МСА-2-125	275	ШДП-125	А51-4	4,5	125	1095×680×908	15	8

Примечание. Число оборотов двигателя 1450 в 1 *мин*; напряжение переменного тока 380/220 *в*.

Таблица VII. 8

Технические характеристики пультов и колонок

Наименование	Тип	Количество устанавливаемых регуляторов	Габаритные размеры в *мм*
Колонка индивидуального регулятора	КР-1	1	650×800×1195
Колонка двух регуляторов	КР-2	2	950×800×1195
Колонка индивидуального регулятора количества	КИР-1	1	540×380×600
Колонка индивидуального регулятора давления	КИР-1	1	430×355×600 500×355×600
Колонка индивидуального противопомпажного регулятора	КИР-1	1	580×265×640 620×260×640 545×350×600
Пульт автоматических регуляторов	ЩАРМ-2	4	1150×800×925
То же, с элементами кинематики	ЩАРМ-2К	2	1150×800×925
То же, горения	ЩАРГ-2	5	1450×925×800
То же, горения с элементами кинематики	ЩАРГ-2К	3	1450×800×925
То же, питания	ЩАРП-2	1	650×930×800

Примечание. Колонки КР-1, КР-2 комплектуются с маслонасосом.

Таблица VII. 9

Технические характеристики вспомогательных устройств

Наименование	Тип	Каталожный номер	Назначение и место установки	Габаритные размеры в *мм*
Клапан запорный масляный	КЗМ-1	8	Отключение подачи масла; устанавливается на коллекторе	151×67,5×68
		9	То же; устанавливается на трубопроводе	133×67,5×68
Клапан пружинный	КП-1	3	Предотвращение слива и уравновешивание статического давления масла в трубопроводе; крепится на панели	142×60×81
		4	То же; крепится на сливной линии	130×60×100
Клапан дроссельный масляный	КДМ-1	—	Изменение скорости гидравлического исполнительного механизма	112×77×77
Клапан обратный	КО-1	3	Предотвращение слива масла при исчезновении давления; устанавливается на трубопроводе с $D_y = 10$ *мм*	122×31×27
		4	То же; для установки на трубопроводе с $D_y = 26$ *мм*	140×50×50
Клапан дистанционного управления блокирующий	КДУБ-1	1	Ручное дистанционное управление исполнительным механизмом или переключение его на автоматическое управление; сервопривод без приемника синхронизатора	185×250×160
		2	То же; сервопривод с приемником синхронизатора	
Клапан шунтирующий масляный	КШМ-2	—	Соединение между собой полостей сервопривода при переходе на ручное управление	195×185×154
Устройство переключающее электромагнитное	УПЭМ-1	—	Смещение струйной трубки гидравлического усилителя в крайнее положение при получении электрического сигнала	260×116×178

Продолжение табл. VII.9

Наименование	Тип	Каталожный номер	Назначение и место установки	Габаритные размеры в *мм*
Датчик указателя положения	ДУП-1	1	Дистанционный контроль положения сервопривода; работает в комплекте с УПД-1; устанавливается на СПГК-1	150×125×70
		2	То же; устанавливается на СПГК-2	170×156×75
		3	То же; является самостоятельным узлом	95×90×30
Указатель положения дистанционный	УПД-1	—	Дистанционный контроль положения сервопривода; работает в комплекте с ДУП-1	76×76×54,5

которых приведены в табл. VII.8. Технические характеристики вспомогательных устройств, комплектуемых с гидравлическими струйными регуляторами, приведены в табл. VII.9.

ГЛАВА VIII

ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКИЕ РЕГУЛЯТОРЫ

§ 1. КОМБИНИРОВАННАЯ СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ «ТЕПЛОАВТОМАТ»

Комбинированная система «Теплоавтомат» представляет собой общепромышленную систему, состоящую из датчиков с электрическим выходом, электронных устройств выработки закона регулирования, электронных функциональных блоков, электрогидравлических и электропневматических преобразователей и гидравлических, пневматических или электрических исполнительных механизмов.

Система предназначена для автоматического регулирования как одного параметра, так и соотношения или суммы двух или нескольких параметров (давления, расхода, уровня, температуры и т. д.) и обеспечивает все основные законы регулирования (П, И, ПИ, ПИД). Система позволяет строить и сложные схемы автоматического регулирования — многоконтурные, каскадные и др.

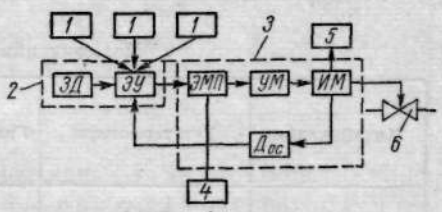


Рис. VIII.1. Структурная схема регуляторов «Теплоавтомат»

Структурная схема регуляторов «Теплоавтомат» представлена на рис. VIII.1. Сигналы от датчиков *1*, пропорциональные величинам измеряемых параметров, поступают в электронный регулирующий блок *2*, где они сравниваются с сигналом задатчика *ЗД* и сигналом обратной связи $Д_{ос}$. Усиленный электронным усилителем *ЭУ* сигнал разбаланса подается на исполнительный механизм *3* (электромеханический преобразователь *ЭМП*, усилитель мощности *УМ*, управляющий исполнительным механизмом *ИМ*). В схеме регулятора имеется устройство дистанционного ручного управления исполнительным механизмом *4* и указатель положения *5* регулирующего органа *6*. В более сложном случае в схему могут быть включены выносной программный задатчик (вместо встроенного *ЗД*), дифференцирующее звено или устройство размножения сигналов. Вместо встроенных в исполнительный механизм преобразователей, последние могут быть вынесены в виде самостоятельных изделий. Максимальная частота вибраций в месте установки изделий 30 *гц*, амплитуда — 0,2 *мм*.

Система «Теплоавтомат» построена по агрегатному принципу и включает в себя 14 специально разработанных изделий и различные серийные первичные приборы (датчики) и исполнительные механизмы.

1. Датчики, задатчики и преобразователи-усилители

Специальные датчики для работы в системе «Теплоавтомат» не требуются. В качестве датчиков могут использоваться различные первичные приборы с электрическим выходом, серийно изготовляемые промышленностью для целей контроля и автоматического регулирования. Это первичные приборы с дифференциально-трансформаторными (четырехпроводными), индукционными (трехпроводными), ферродинамическими и реостатными датчиками, с унифицированным выходом постоянного тока, а также термопары, термометры сопротивления и радиационные пирометры. Описания и технические характеристики этих типов датчиков приведены в гл. I—V.

Входной сигнал регулирующего блока по переменному току — примерно 1 *в*. Для преобразования и усиления до этого уровня сигналов от термопар и радиационных пирометров, а также любых низкоомных (сопротивлением до 600 *ом*) датчиков с выходным напряжением постоянного тока до 50 *мв* применяются специальные приставки-преобразователи ПТП-2. Для преобразования и усиления сигналов от термометров сопротивления или от датчиков переменного тока с низким уровнем выходного сигнала используются приставки ПТС-1.

В *приставке ПТП-2* т. э. д. с. термопары сравнивается с напряжением потенциометрической схемы. Компенсация изменения температуры свободных концов термопары осуществляется при помощи медного сопротивления. Напряжение небаланса измерительной схемы подается на бесконтактный модулятор, трансформатор и затем — полупроводниковый усилитель.

Модификации приставок ПТП-2 приведены в табл. VIII.1.

Таблица VIII.1

Модификации приставок ПТП-2

Модификация	Тип термопары	Градуировка	Пределы регулирования	
			в °С	в *мв*
1	ТХА	ХА	0—600	0—24,91
2	ТХА	ХА	0—800	0—33,32
3	ТХА	ХА	0—1100	0—45,16
4	ТХА	ХА	400—900	16,4—37,37
5	ТХА	ХА	600—1100	24,91—45,16
6	ТХК	ХК	0—300	0—22,91
7	ТХК	ХК	0—400	0—31,49
8	ТХК	ХК	200—600	14,66—49,02
9	ТХК	ХК	0—600	0—49,02
10	ТПП	ПП-1	0—1300	0—13,129
11	Радиационный пирометр	По особому согласованию		

Питание ПТП-2 осуществляется от сети 127 *в*, 50 *гц* через стабилизатор С-0,05 или С-0,09. Потребляемая мощность — до 5 *в·а*. Сопротивление нагрузки не менее 18 *ком*. Нелинейность характеристики «выход—вход» не более 2%.

В *приставке ПТС-1* термометр сопротивления, задатчик и манганиновые сопротивления составляют мостовую схему, которая питается напряжением 12 *в* от блока БЭР-2к. В диагональ моста включается первичная обмотка трансформатора, со вторичной обмотки которого сигнал подается на вход регулирующего БЭР-2к или дифференцирующего ЭДР-2к блока. Термометр сопротивления подключается к приставке по трехпроводной схеме.

Модификации приставок ПТС-1 приведены в табл. VIII.2.

Таблица VIII. 2

Модификации приставок ПТС-1

Модификация	Тип термометра сопротивления	Градуировка	Пределы регулирования в °С	Сопротивление термометра в *ом*	
				в начале шкалы	в конце шкалы
1	ТСМ	23	—50÷+50	41,71	64,29
2	ТСМ	23	—50÷+100	41,71	75,58
3	ТСМ	23	0—50	53,00	64,29
4	ТСМ	23	0—100	53,00	75,58
5	ТСП	21	0—150	46,00	72,78
6	ТСП	21	0—200	46,00	81,43
7	ТСП	21	0—300	46,00	98,34
8	ТСП	21	0—400	46,00	114,72
9	ТСП	21	0—500	46,00	130,55
10	ТСП	21	—120÷+30	23,63	51,45
11	ТСП	21	200—500	81,43	130,55

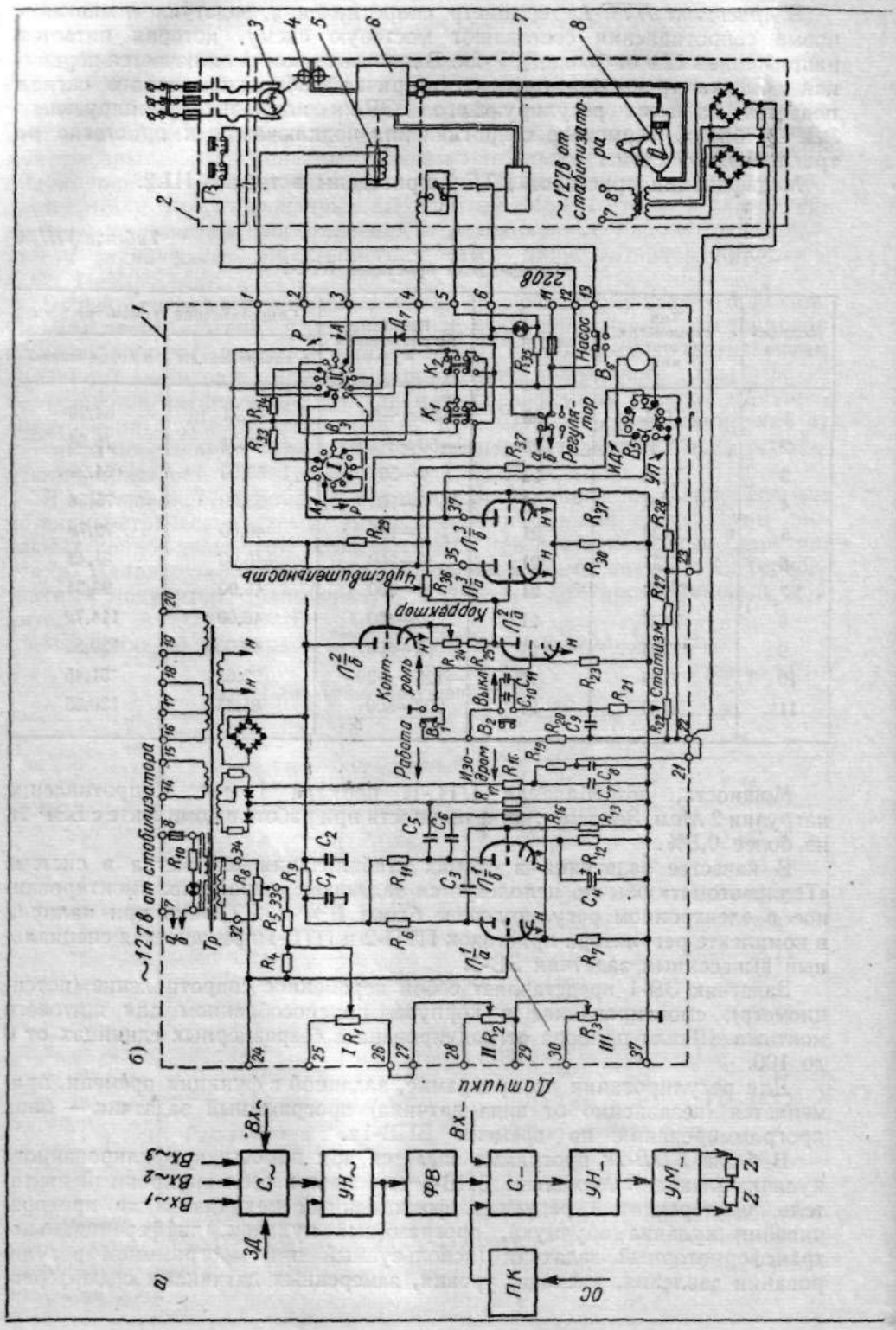
Мощность, потребляемая ПТС-1, порядка 1 *в·а*. Сопротивление нагрузки 2 *Ом*. Зона нечувствительности при работе в комплекте с БЭР-2к не более 0,5%.

В качестве задатчика в схемах стабилизации параметра в системе «Теплоавтомат» обычно используется задающее устройство, смонтированное в электронном регулирующем блоке БЭР-2к. Только при наличии в комплекте регулятора приставок ПТП-2 и ПТС-1 применяется специальный вынесенный задатчик ЗВ-1.

Задатчик ЗВ-1 представляет собой переменное сопротивление (потенциометр), смонтированное в корпусе, приспособленном для щитового монтажа. Шкала прибора отградуирована в безразмерных единицах от 0 до 100.

Для регулирования по программе, заданной в функции времени, применяется (независимо от вида датчика) программный задатчик — блок программирования по времени БПВ-1к.

В *блоке БПВ-1к* программа задается при помощи профилированного кулачка (лекала). Механизм БПВ-1 включает в себя синхронный двигатель, шестеренчатый редуктор, фрикционный механизм (для проворачивания кулачка вручную), программный кулачок, дифференциально-трансформаторный задатчик (используемый при программном регулировании давления, расхода, уровня, замеренных датчиками с дифферен-


а)
б)
~127 в от стабилизатора
~127 в от стабилизатора
220 в
Насос
Регулятор
Чувствительность
Корректор
Контроль
Работа
Выкл
Изодром
Статизм
Датчики
Вх~1
Вх~2
Вх~3
С~
УН~
ФВ
С_
УН_
УМ_
ПК
ЗД
ОС
Вх_
Z

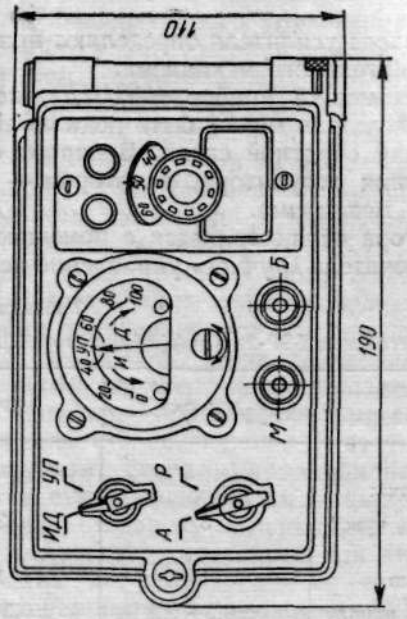


Рис. VIII.2. Электронный регулирующий блок БЭР-2к: *а*—структурная схема блока; *б*—принципиальная электрическая схема блока БЭР-2к в комплекте с исполнительным механизмом АГП-1; *в* — общий вид

1 — электронный регулирующий блок БЭР-2к; *2*—магнитный пускатель; *3* — электродвигатель; *4* — маслонасос; *5* — электромагнитная приставка; *6* — гидравлический усилитель; *7* — реле давления; *8* — гидравлический исполнительный механизм

циально-трансформаторным индуктивным, ферродинамическим или реостатным датчиком), реостатный задатчик (используемый при программном регулировании температуры, измеренной термопарой или термометром сопротивления) и микропереключатель для сигнализации конца программы.

Питание БПВ-1 производится от сети 220 *в*, 50 *гц*, потребляемая мощность — 15 *в·а*.

Времена циклов — 2,5; 3,75; 5; 10; 15; 20; 40; 60; 80; 120 и 160 *ч*.

2. Регулирующий и дифференцирующий блоки БЭР-2к и ЭДР-2к

Электронный регулирующий блок БЭР-2к (рис. VIII.2) предназначен для выработки П-, И- и ПИ-закона регулирования и оперативного управления исполнительным механизмом.

Как следует из структурной схемы блока БЭР-2к, сигналы от датчиков переменного тока Bx_1, Bx_2, Bx_3, и Bx_4 и задатчика *ЗД* суммируются при помощи сумматора переменного тока $C_{\sim}$.

Алгебраическая сумма сигналов усиливается двухкаскадным усилителем напряжения переменного тока $УН_{\sim}$, охваченным для стабилизации коэффициента усиления обратной связью.

Усиленный сигнал выпрямляется фазированным выпрямителем *ФВ* и поступает на один из входов сумматора постоянного тока C_{-}, куда подается также преобразованный пассивным контуром *ПК* сигнал обратной связи *ОС* по положению исполнительного механизма и в случае необходимости унифицированный сигнал постоянного тока от датчиков системы

ЭАУС или дифференциатора системы «Теплоавтомат» *Вх_*. Алгебраическая сумма этих сигналов усиливается усилителями напряжения *УН_* и мощности *УМ_* постоянного тока. Нагрузкой усилителя мощности являются входные устройства электрогидравлических или электропневматических преобразователей (*ZZ*) или преобразователя сигнала ПТ-I, предназначенного для связи с электрическими исполнительными механизмами.

Знак и величина разбаланса на входе усилителя определяют направление и скорость перемещения исполнительного механизма.

В схему блока включен показывающий прибор (*УП/ИД*), который в зависимости от положения переключателя может быть подключен либо к выходу усилителя, либо к датчику обратной связи. В первом случае прибор служит индикатором действия регулятора, во втором — указателем положения исполнительного механизма.

Выбор режимов работы регулятора осуществляется с помощью переключателя. При положении переключателя «ручное» управление исполни-

Таблица VIII. 3

Технические характеристики регулирующего блока БЭР-2к и дифференциатора ЭДР-2к

Наименование	БЭР-2к	ЭДР-2к
Число входных каналов переменного тока:		
с регулируемой в пределах 0—100% чувствительностью	3	3
с нерегулируемой чувствительностью	1	1
Уровень входного сигнала по каждому каналу переменного тока в *в*	±0,3÷±2	±0,3÷±2
Число входных каналов постоянного тока (с нерегулируемой чувствительностью)	1	—
Уровень входного сигнала постоянного тока в *в*	±5÷±12	—
Минимальная зона нечувствительности в % (не более)	0,5	—
Пределы установки статизма в %	0—250	—
Минимальное значение постоянной времени изодрома в *сек*	2	—
Максимальное значение произведения постоянной времени изодрома на коэффициент статизма при максимальной статической ошибке регулирования ±1% в *сек·%* (не менее)	70 000	—
Пределы изменения постоянной времени дифференцирования-интегрирования в *сек*:		
без дополнительной емкости	—	0—5
с дополнительной емкостью 4 *мкф*	—	0—25
Напряжение питания от стабилизатора С-0,05 или С-0,09 в *в*	127	127
Пределы изменения выходного сигнала (напряжение постоянного тока) в каждом плече, не менее в *в*	0—48	—
Напряжение питания вспомогательных цепей	220 *в*, 50 *гц*	—
Потребляемая мощность в *в·а*	130	25

тельным механизмом осуществляется с помощью кнопок «Больше» или «Меньше».

Конструктивно блок БЭР-2к состоит из двух самостоятельных узлов: регулирующего электронного блока и корпуса с дверцей (тип собственно блока — БЭР-2, блока в корпусе — БЭР-2к). Подключение блока к корпусу осуществляется с помощью специального штепсельного разъема.

Органы оперативного управления регулирующего блока: переключатель режима работы, кнопки дистанционного управления исполнительным механизмом, показывающий прибор *УП/ИД*, задатчик, сигнальные лампы — размещены на передней стенке дверцы. Органы статической и динамической настройки (статизм, время изодрома, чувствительность общая и по каждому из выходов, корректор и др.) размещены на передней панели блока (за закрытой дверцей).

Тумблеры включения и выключения регулятора размещены на внутренней стенке дверцы.

Схема и конструкция блока БЭР-2к допускают возможность дистанционного управления исполнительным механизмом и нормальную работу указателя положения в случае, когда БЭР-2 извлечен из корпуса.

Для выработки Д-составляющей закона регулирования служит *электронный дифференциатор-размножитель ЭДР-2к*. Помимо выработки сигнала, пропорционального первой производной от сигнала датчика или суммы сигналов от датчиков и задатчика, этот прибор может вырабатывать сигнал, пропорциональный интегралу от сигнала датчика или суммы сигналов от датчиков и задатчика, размножать эти сигналы на три независимых канала, а также усиливать мощность этих сигналов до величины, достаточной для питания первичной обмотки ферродинамических датчиков.

Дифференциатор-размножитель ЭДР-2к смонтирован в кожухе, имеющем те же габариты, что и кожух блока БЭР-2к. Технические характеристики регулирующего блока БЭР-2к и дифференциатора ЭДР-2к приведены в табл. VIII.3.

3. Исполнительные механизмы и преобразователи к ним

Для электрогидравлической ветви системы выпускаются следующие четыре типа гидравлических исполнительных механизмов:

1) автономный гидравлический привод АГП-1, представляющий собой гидравлический исполнительный механизм с электрическим управлением и автономным маслоснабжением;

2) автономный регулирующий клапан АРК-1, представляющий собой гидравлический исполнительный механизм с электрическим управлением и автономным маслоснабжением, конструктивно объединенный с регулирующим клапаном;

3) привод гидравлический кривошипный ПГК-1, представляющий собой исполнительный механизм для систем с централизованным маслоснабжением;

4) регулирующий клапан с гидравлическим приводом РКГП-1 — в отличие от ПГК-1 конструктивно объединенный с регулирующим клапаном.

На рис. VIII.3 представлена структурная схема перечисленных выше исполнительных механизмов, а в табл. VIII.4 — их технические характеристики.

Наибольшее количество элементов содержит АРК-1. Электрический сигнал поступает от электронного регулирующего блока на электромеханический преобразователь *ЭМП*, управляющий гидроусилителем *ГУ*. Гидроусилитель получает масло от маслонасоса *МН* и управляет гидравлическим исполнительным механизмом *ИМ*, который, в свою очередь, перемещает иглу регулирующего клапана *РК*. По пути к исполнительному механизму масло проходит через отсекающий (блокирующий) золотник *ОЗ*, обеспечивающий перекрытие рабочих линий и гидравлическую фиксацию исполнительного механизма при переводе регулятора в режим ручного дистанционного управления и при прекращении питания маслом, а также шунтирование полостей исполнительного механизма при включении устройства местного ручного управления *РУ*. С исполнительным механизмом связаны датчик обратной связи $Д_{ос}$ и местный указатель положения *УП*.

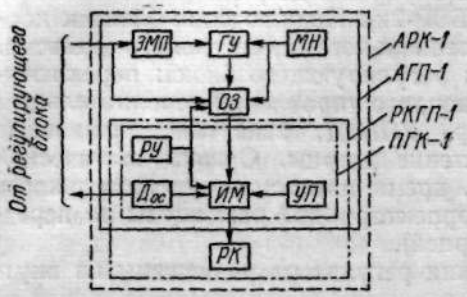


Рис. VIII.3. Структурная схема исполнительных механизмов «Теплоавтомат»

Таблица VIII. 4

Технические характеристики исполнительных механизмов системы «Теплоавтомат»

	АГП-1	АРК-1	ПКГ-1	РКГП-1
Рабочее давление масла в *кгс/см²*	12—20	6—10	12—25	12—25
Развиваемый крутящий момент в *кгс·м* при давлении в *кгс/см²*:				
20	115	—	115	—
25	—	—	140	—
Рабочий угол поворота выходного рычага в *град*	90	—	90	—
Условный проход клапана в *мм*	—	50, 80, 100, 150	—	50, 80, 100, 150
Условное давление регулируемой среды в *кгс/см²*	—	40	—	64
Температура регулируемой среды в °С	—	120	—	120
Пределы изменения величины электрического сигнала управления (напряжение постоянного тока) в каждом плече в *в*	0—48	0—48	—	—
Зона нечувствительности, выраженная в единицах разности входных токов, не более в *ма*	±0,5	±0,5	±0,5 *	±0,5 *
Минимальное время полного хода поршня в *сек*	10	14	10	10
Напряжение питания при частоте 50 *гц* в *в*	380/220	380/220	—	—
Потребляемая мощность в *в·а*	650	650	6	6

* При работе в комплекте с блоком преобразователей БП-1.

Исполнительные механизмы АГП-1 и АРК-1 представлены на рис. VIII.4.

Исполнительные механизмы с автономным маслоснабжением (АГП-1 и АКР-1) целесообразно применять, когда небольшое количество исполнительных механизмов находится на значительном расстоянии друг от друга.

Применение ПГК-1 и РКПГ-1 предполагает наличие технологического источника маслоснабжения или специальной маслонасосной. Эти исполнительные механизмы работают в комплекте с электрогидравлическими преобразователями и отсечными устройствами, смонтированными в блоках преобразователей типа БП-1, по четыре комплекта в каждом блоке.

Рабочее давление масла для БП-1 12—25 *кгс/см²*, наибольшая пропускная способность каждого электрогидравлического преобразователя 30 *л/мин*, зона нечувствительности, выраженная в единицах разности входных токов, не более ±0,5 *ма*. Питание электромагнитов отсекающих золотников осуществляется от сети 220 *в*, 50 *гц*; потребляемая мощность 45 *в·а*. Габаритные размеры блока БП-1 — 665×540×260 *мм*.

В качестве исполнительных механизмов электрической и электропневматической ветвей системы «Теплоавтомат» используются электрические и пневматические исполнительные механизмы, описанные в гл. IX и XIII.

Для управления электрическими исполнительными механизмами применяется триггерная приставка ПТ-1. Приставка преобразует непрерывный выходной сигнал регулирующего блока БЭР-2к в релейный и усиливает его до уровня, достаточного для управления через магнитные усилители МУ-2Э или МУ-2К или магнитный пускатель МКР-0-58 электрическими исполнительными механизмами.

Зона нечувствительности приставки ПТ-1, выраженная в единицах разности токов, не более 2 *ма*. Питание от сети 220 *в*, 50 *гц*. Потребляемая мощность 6 *в·а*. Габариты 120×136×126 *мм*.

Для управления пневматическими исполнительными механизмами выходной сигнал БЭР-2к преобразуется в унифицированный пневматический сигнал 0,2—1 *кгс/см²* при помощи электропневматического преобразователя ЭПП-2. Этот блок состоит из пропорционального электропневматического преобразователя, пневматического интегратора, устройства, исключающего возможность отклонения выходного сигнала за диапазон 0,2—1 *кгс/см²*, усилителя мощности, системы ручного управления выходным давлением и электрического датчика обратной связи.

Зона нечувствительности, выраженная в разности входных токов, не менее ±0,5 *ма*. Минимальное время изменения выходного давления от 0,2 до 1 *кгс/см²* (или наоборот) при максимальном входном электрическом сигнале не более 5 *сек*. Расход воздуха до 4 *л/мин*, потребляемая мощность 16 *в·а*. Все элементы ЭПП-2 собраны в одном корпусе, приспособленном для щитового монтажа (габарит ЭПП-2 185×120×440 *мм*).

§ 2. ЭЛЕКТРОННО-ГИДРАВЛИЧЕСКАЯ СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ «КРИСТАЛЛ»

Электронно-гидравлическая система автоматического регулирования «Кристалл» представляет собой комплекс приборов и устройств, с помощью которых могут быть осуществлены регуляторы различной структуры. Система выпускается Московским заводом тепловой автоматики (МЗТА) и предназначена для автоматизации теплотехнических процессов котельных малой и средней мощности.

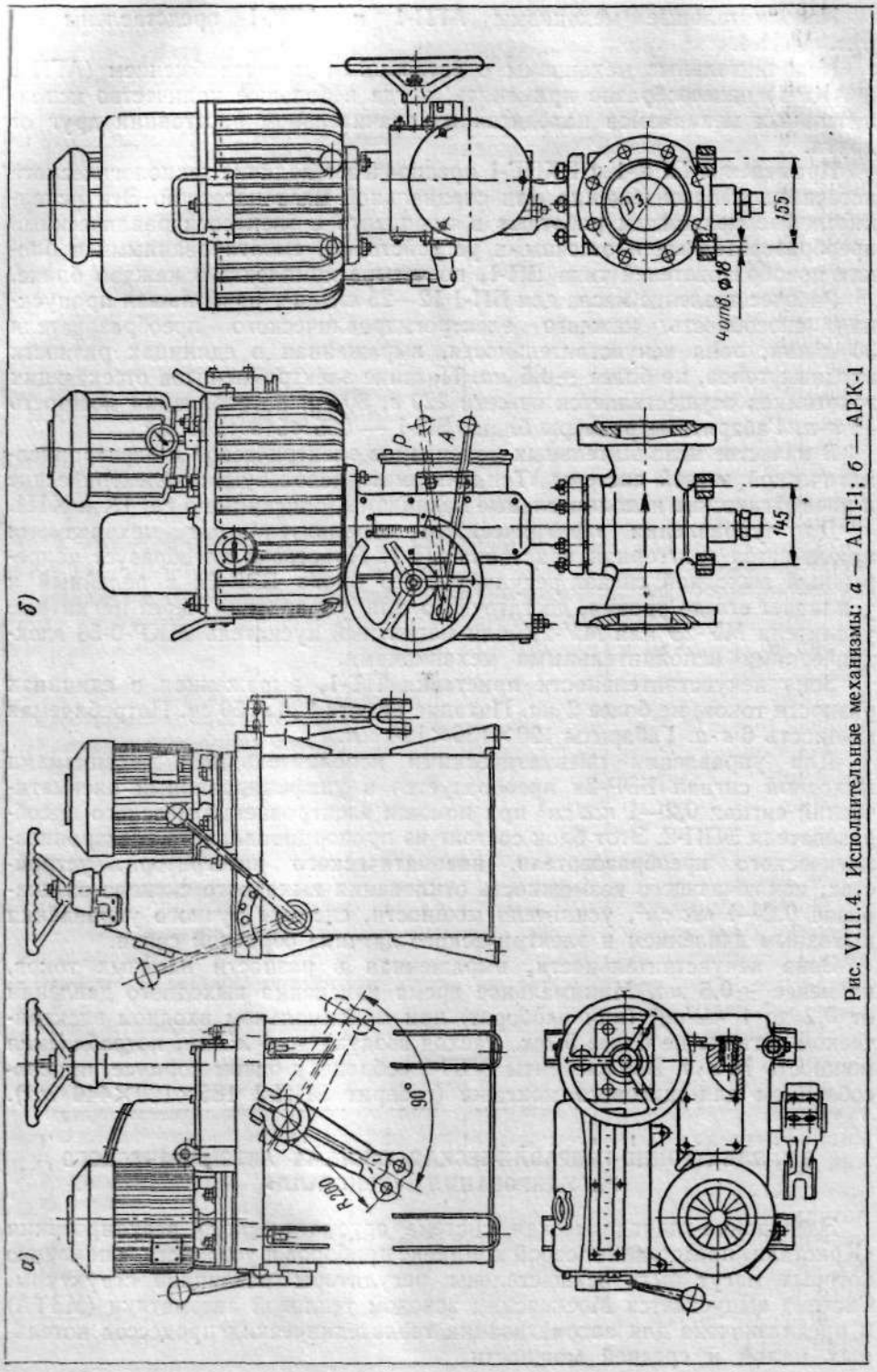


Рис. VIII.4. Исполнительные механизмы: *а* — АГП-1; *б* — АРК-1

Принцип работы электронно-гидравлического регулятора понятен из структурной схемы (рис. VIII.5). Первичные приборы *1* (не более трех) измеряют параметр и преобразуют его в сигнал переменного тока. В транзисторном усилителе *2* эти сигналы суммируются с сигналом от задатчика *3*, усиливаются и подаются на обмотки электрогидравлического реле *5*, управляющего гидравлическим исполнительным механизмом *6*. Устройство обратной связи *7* преобразует перемещение вала исполнительного механизма в электрический сигнал, который заводится на вход усилителя. Дистанционное управление осуществляется кнопкой *4*.

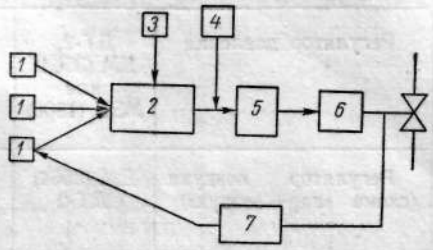


Рис. VIII.5. Структурная схема электронно-гидравлического регулятора

В комплекте с электронно-гидравлическим регулятором применяются первичные приборы: дифференциальные тягомеры ДТ2 МЗТА (см. гл. II), дифференциальные манометры ДМ модели 3564 и манометры электрические дистанционные МЭД модели 2306 московского завода «Манометр» (см. гл. II, III), а также термометры сопротивления; электронные бесконтактные транзисторные усилители УТ и УТ-ТС; гидравлические исполнительные механизмы ГИМ, ГИМ-Д, ГИМ-2Д, ГИМ-И и ГИМ-ДИ, отличающиеся встроенными в них устройствами обратной связи.

Система «Кристалл» предусматривает возможность выполнения одно- и двухимпульсных регуляторов: астатических (И-регуляторов), статических (П-регуляторов), с упругой обратной связью (ПИ-регуляторов), а также осуществления жесткой обратной связи между регуляторами и введения динамической связи между ними.

Перечень приборов и устройств, входящих в регуляторы, которые могут быть укомплектованы с помощью системы «Кристалл», дан в табл. VIII.5.

1. Транзисторные усилители типа УТ и УТ-ТС

Транзисторные усилители УТ и УТ-ТС системы «Кристалл» предназначены для применения в схемах автоматического регулирования теплотехнических процессов в котельных малой и средней мощности, а также на других промышленных объектах. Принципиальная схема усилителя типа УТ приведена на рис. VIII.6.

Усилитель, кроме основного своего назначения — усиления сигнала рассогласования, выполняет также функцию суммирования сигналов от нескольких первичных приборов и сигнала обратной связи. Схема суммирования включает в себя цепи питания первичных обмоток дифференциально-трансформаторных датчиков ДТ (обмотка *II* $Тр_1$), мост задатчика и реостаты чувствительности по каналу каждого датчика (R_{12}—R_{14}). Для получения минимального фазового небаланса первичные обмотки датчиков соединяются последовательно, для чего обмотка *II* $Тр_1$ имеет несколько отводов. Мост задатчика образуется из сопротивления R_{15}, R_{18}, R_{20}, R_{21}, емкости C_{10}, а также сменного сопротивления R_0, переключаемого к клеммам *ВГ*.

Фазовые характеристики моста задатчика совпадают с характеристиками дифференциально-трансформаторных датчиков, поэтому сигнал от

Таблица VIII. 5

Перечень приборов и устройств, входящих в регуляторы

Наименование регулятора	Первичные приборы		Транзисторный усилитель		Гидравлический исполнительный механизм	
	Тип (модификация)	Количество	Тип	Количество	Тип	Количество
Регулятор давления	ДТ-2, ДМ (3564) или МЭД (1306)	1	УТ	1	ГИМ-Д, ГИМ-ДИ или ГИМ-Д2И	1
Регулятор воздуха (схема «пар—воздух»)	ДМ (3564) ДТ-2	1 1	УТ	1	ГИМ или ГИМ-Д	1
Регулятор воздуха (схема «газ—воздух»)	ДТ-2	2	УТ	1	ГИМ	1
Регулятор соотношения расходов	ДТ-2 ДМ (3564)	2	УТ	1	ГИМ, ГИМ-Д, ГИМ-ДИ или ГИМ-Д2И	1
Регулятор расхода	ДМ (3564) или ДТ-2	1	УТ	1	ГИМ-ДИ или ГИМ-Д	1
Регулятор разрежения	ДТ-2	1	УТ	1	ГИМ	1
Регулятор уровня	ДМ (3564)	1÷2	УТ	1	ГИМ-1И или ГИМ-Д	1
Регулятор температуры	ТСМ-Х	1	УТ-ТС	1	ГИМ-1И, ГИМ-ДИ или ГИМ-Д2И	1
Регулятор соотношения температур	ТСМ-Х	2	УТ-ТС	1	ГИМ-1И, ГИМ-ДИ или ГИМ-Д2И	1

Примечание. Комплектно с регуляторами также поставляются: устройство для поддержания в заданных пределах давления воды, используемой для питания гидравлических исполнительных механизмов РК-2, обеспечивающее нормальную работу четырех регуляторов, и штанга — ШРМ для сочленения исполнительного механизма с регулирующим органом.

последних суммируется с сигналом от задатчика с небольшим фазовым небалансом. Нуль задатчика можно менять изменением сопротивления R_0. Диапазон действия задатчика регулируется сменным сопротивлением $R_ш$, подключаемым к клеммам *БВ*.

Фазочастотноизбирательные свойства усилителя обеспечиваются демодулятором (триод T_1), фильтром (R_{16}, R_{17}, C_8, C_9) и модулятором (триод T_2). Демодулятор и модулятор построены по схеме перевернутого транзис-

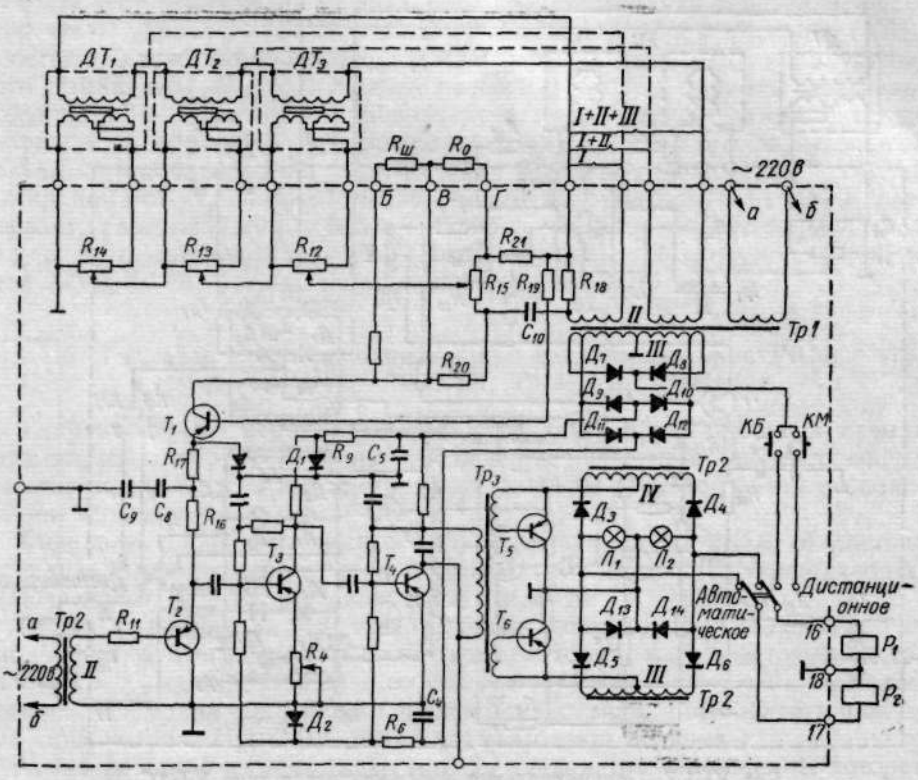


Рис. VIII.6. Принципиальная схема усилителя типа УТ

тора, работающего в ключевом режиме. Демодулятор питается напряжением, получаемым на сопротивлении R_{21}. Коммутирующий ток задается сопротивлением R_{19}. Модулятор питается от обмотки *II* $Тр_2$ через сопротивление R_{11}. Собственно усилитель выполнен на транзисторах *Т3*—*Т6*. Все триоды его включены по схеме с общим эмиттером, за счет чего достигается максимальный коэффициент усиления. Предварительный усилитель T_3—T_4 стабилизируется за счет параллельной обратной связи, для чего используются два источника питания: обмотка *III* $Тр_1$ и диоды $Д_9$—$Д_{12}$.

Коэффициент усиления регулятора можно изменять переменным сопротивлением R_4, вынесенным на переднюю панель. Связь между модулятором и первым каскадом — реостатно-емкостная, а между вторым и оконечным каскадом — трансформаторная ($Тр_3$).

Оконечный каскад собран на двух триодах типа П203, специально предназначенных для работы в двухтактных схемах. Каскад питается от отдельных обмоток (*III* и *IV* $Тр_2$) и выпрямителей ($Д_3$—$Д_6$). Нагрузкой оконечного каскада могут быть обмотки электрогидравлического реле

или оконечного магнитного усилителя, которые подключаются к клеммам *16—18* и *17—18*; параллельно нагрузке включены лампочки накаливания $Л_1$ и $Л_2$, сигнализирующие об отклонении параметра от заданного значения, а также диоды $Д_{13}$ и $Д_{14}$, предохраняющие транзисторы T_5 и T_6 от перенапряжения.

При необходимости напряжение на нагрузку можно подавать от отдельного выпрямителя ($Д_7$, $Д_8$) через *КБ* (кнопка «Больше») или *КМ* (кнопка

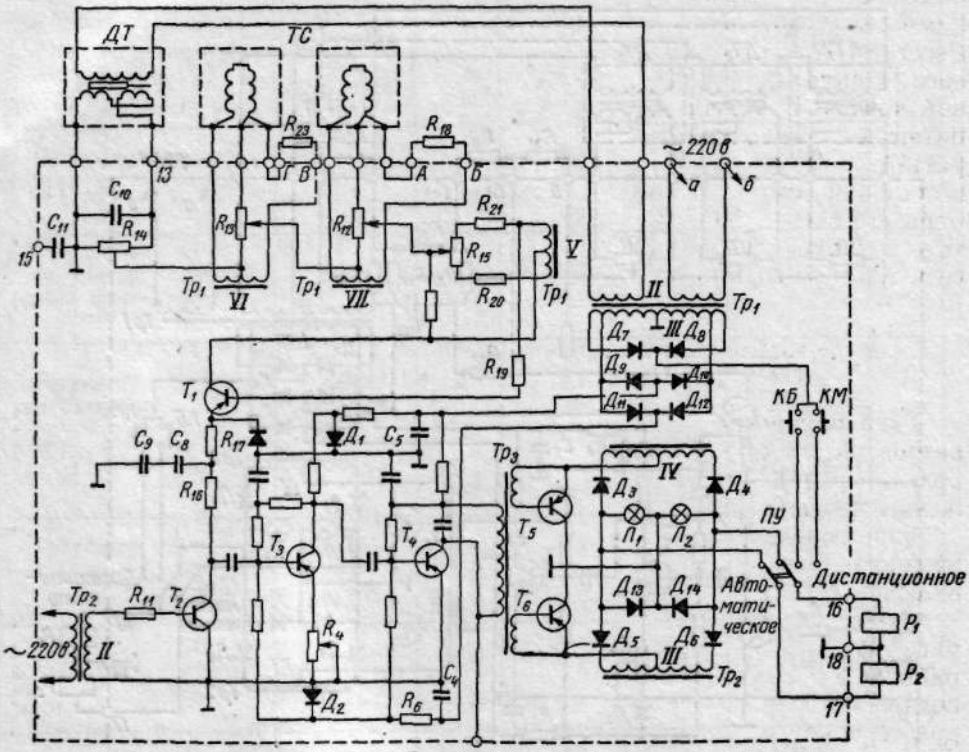


Рис. VIII.7. Принципиальная схема усилителя типа УТ-ТС

«Меньше»). Питание всего усилителя осуществляется от двух силовых трансформаторов $Тр_1$ и $Тр_2$. Емкости C_4 и C_5 сглаживают напряжение, полученное от двух идентичных выпрямителей. Опорные диоды $Д_1$ и $Д_2$ вместе с сопротивлением R_6 и R_9 обеспечивают развязку цепей питания.

На рис. VIII.7 дана принципиальная схема усилителя типа УТ-ТС, применяемого в тех случаях, когда в качестве первичных приборов используются термометры сопротивления.

В усилителе УТ-ТС узел задатчика образуется из сопротивлений R_{15}, R_{20} и R_{21}. Потенциометры R_{12}, R_{13} и R_{14} регулируют долю сигнала каждого первичного прибора, поступающего на усилитель. Обмотка *II* $Тр_1$ служит для питания дифференциально-трансформаторного датчика (используемого в качестве упругой обратной связи), обмотки *VI* и *VII* $Тр_1$ питают мосты, к которым подключены термометры сопротивления *ТС*. Емкость C_{10} выравнивает фазовую характеристику дифференциально-трансформаторного большого датчика (первичные приборы типа ДМ, ДТ). При применении первичного прибора с малым датчиком (МЭД, датчик обратной связи)

следует замкнуть клеммы *13—15*, подключить емкость C_{11} параллельно C_{10}. Настройка мостов усилителя на заданную температуру производится сменным сопротивлением R_{18}, R_{23}. Питание демодулятора осуществляется с верхней половины обмотки $V\ Tp_1$. В остальном схема усилителя УТ-ТС аналогична схеме усилителя УТ.

Конструктивно усилитель выполнен на каркасном металлическом шасси. На передней панели расположены лампочки, сигнализирующие об отклонении параметра от заданного значения, ручка задатчика, переключатель управления *ПУ* и кнопки «Больше» (*КБ*) и «Меньше» (*КМ*). Реостат «Нечувствительность» (R_4) и «Чувствительность» по каналу каждого датчика (R_{12}, R_{13}, R_{14}), а также клеммы *А*, *Б*, *В*, *Г* закрыты специальной крышкой. Первичные приборы, исполнительный механизм, а также питающее напряжение подключаются к усилителю через штепсельный разъем, установленный на задней стенке усилителя. Усилитель заключен в стальной кожух, снабженный резиновым уплотнением, габаритные размеры его равны 250×120×345 *мм*. Прибор рассчитан на утопленный монтаж в вертикальной плоскости. Питание усилителя осуществляется от сети 220 *в*, 50 *гц*; потребляемая мощность 25 *в·а*.

2. Гидравлические исполнительные механизмы типов ГИМ, ГИМ-Д, ГИМ-2Д, ГИМ-1И, ГИМ-ДИ, ГИМ-Д2И

Гидравлические исполнительные механизмы применяются в схемах автоматического регулирования в качестве устройств, перемещающих регулирующие органы и формирующих сигналы обратной связи по положению сервомотора.

Гидравлический исполнительный механизм (рис. VIII.8, *а*) состоит из гидравлического сервомотора *1*, блока управления и обратной связи *2*, включающего электрогидравлическое реле *3*.

Схема управления исполнительным механизмом показана на рис. VIII.8, *б*. Когда катушки электромагнитов $Э_1$ и $Э_2$ обесточены, клапаны K_1 и K_2 находятся в нижнем положении и закрывают слив; при этом вода из магистрали под рабочим давлением поступает в обе полости цилиндра сервомотора. При отклонении регулируемой величины от заданного значения на одной из обмоток $Э_1$ или $Э_2$ появляется напряжение, которое увеличивается по мере увеличения отклонения. При достижении определенного так называемого напряжения срабатывания соответствующий клапан переместится из одного положения в другое. При этом подвод воды из магистрали перекроется и откроется слив из соответствующей полости цилиндра сервомотора. Поршень сервомотора перемещает регулирующий орган до тех пор, пока напряжение на обмотке электромагнита не уменьшится до величины напряжения отпускания; клапан перейдет в нижнее положение, слив воды прекратится, и сервомотор остановится.

Электрогидрореле выполнено сборным, из трех дисков. Для стабилизации положения сервомотора в реле предусмотрены обратные клапаны, разобщающие полости сервомотора между собой при нижнем положении обоих распределительных клапанов.

Поступательное движение штока сервомотора с помощью кривошипной передачи преобразовывается во вращательное перемещение вала и рычага, соединяемого с регулирующим органом.

Гидравлические исполнительные механизмы изготавливаются шести модификаций, отличающиеся устройством блока управления и обратной связи.

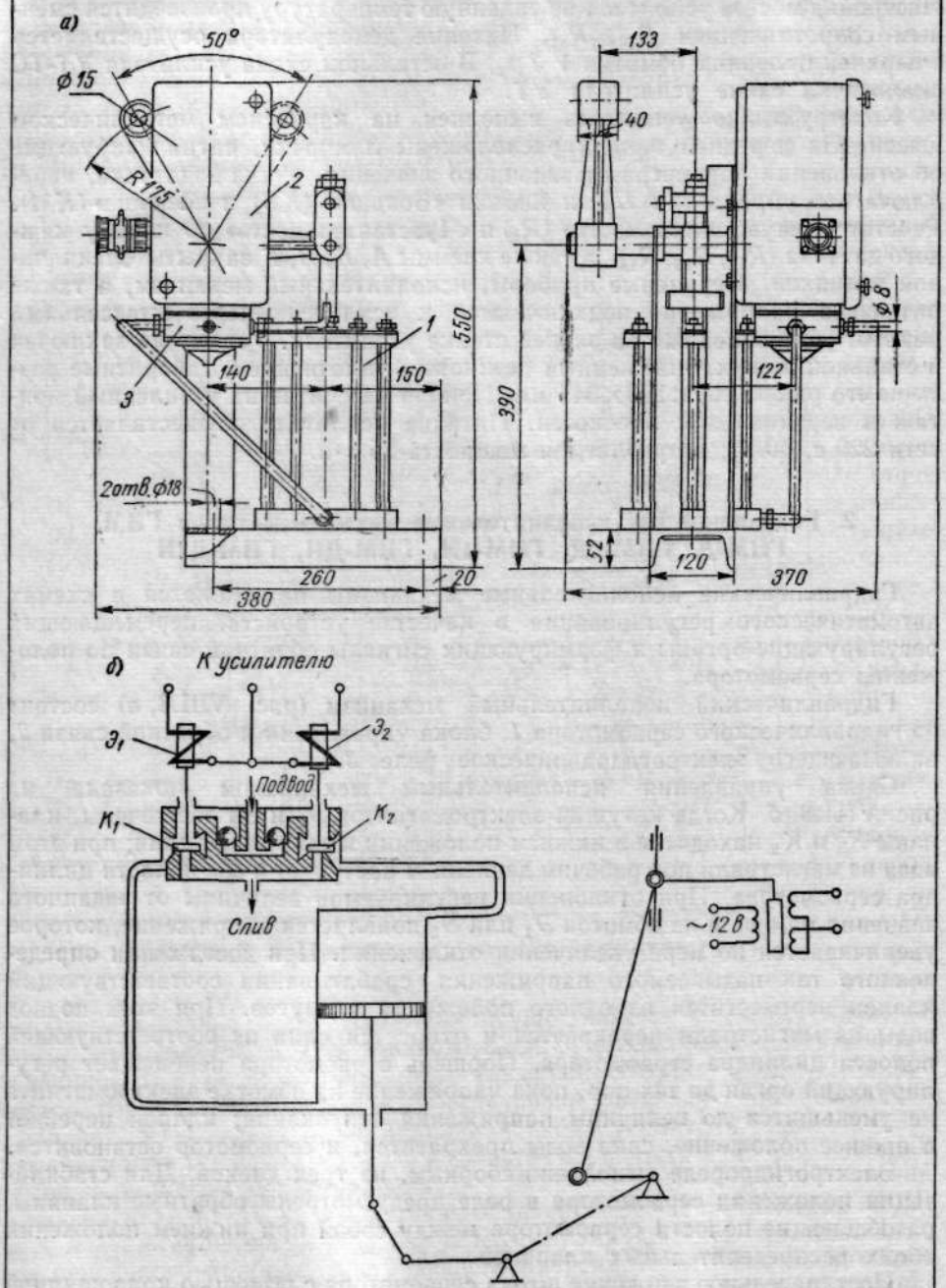


Рис. VIII.8. Гидравлический исполнительный механизм: *а* — общий вид; *б* — схема управления исполнительным механизмом

В модификации ГИМ исполнительный механизм не снабжается никакими устройствами обратной связи.

В модификациях ГИМ-Д и ГИМ-2Д схема управления обеспечивает жесткие связи по положению сервомотора. Для этой цели в первой модификации установлен один, а во второй — два дифференциально-трансформаторных датчика, плунжеры которых кинематически связаны с валом сервомотора. Два датчика используются в схемах связанного регулирования, когда один датчик служит для образования жесткой обратной связи данного регулятора, а второй меняет задание другому регулятору (например, регулятору соотношения); на этом же принципе строится схема слежения.

Модификация ГИМ-1И имеет пневматическое устройство упругой обратной связи (изодромное устройство), позволяющее получить пропорционально-интегральный закон регулирования. При помощи этого устройства перемещение сервомотора преобразуется в сигнал перепада давления воздуха, а перепад затем преобразуется в электрический сигнал. Перепад давления получается за счет изменения объема двух камер, образованных двумя парами сильфонов, которые сообщаются между собой через переменный дроссель. При закрытом дросселе получается электрический сигнал жесткой обратной связи по положению сервомотора, при открытии дросселя — электрический сигнал упругой обратной связи с постоянной времени изодрома, определяемой степенью открытия дросселя.

Модификация ГИМ-ДИ имеет пневматическое устройство упругой обратной связи (изодромное устройство) и устройство жесткой обратной связи, а ГИМ-Д2И — два датчика устройства изодромной обратной связи и датчик жесткой обратной связи. При этом постоянная времени изодрома всегда одинакова для обоих датчиков.

Давление воды (1,1—1,6 *кгс/см*^{2}) перед электрогидравлическим реле обеспечивается при помощи редукционного клапана типа *РК*, который устанавливается на три-четыре сервомотора. Для этой же цели можно использовать напорный бачок, расположенный на высоте 10—15 *м* от уровня установки исполнительного механизма. Максимальный момент на валу сервомотора при давлении перед реле 1,3 *кгс/см*^{2} составляет 700 *кгс·см*, а время полного хода при том же давлении и моменте на выходном валу 400 *кгс·см* — 30 $^{-5}_{+15}$ *сек*. Время изодрома может регулироваться в пределах от 5 до 1500 *сек*.

3. Комплект аппаратуры автоматического регулирования «Кристалл» в щите

Для автоматизации и контроля котлов ДКВР паропроизводительностью 2,5; 4; 6,5 и 10 *т/ч* МЗТА изготавливает комплекты аппаратуры автоматического регулирования «Кристалл», смонтированной в щите (ЩШ-3Д-600×500×2250, ГОСТ 3244—56).

1. Тип Щ-ДКВР-1 — для котлов, работающих на твердом топливе, с топкой, имеющей ленточную цепную решетку или решетку с покачивающимися колосниками и с пневматическим забрасывателем для обоих типов. Комплект аппаратуры в щите типа Щ-ДКВР-1 обеспечивает: автоматическое регулирование основных параметров котла (давление пара в барабане, расход воздуха, разрежение в топке, уровень воды в барабане; дистанционное управление двигателями цепной решетки, дымососа, вентилятора, пневмозабрасывателя, вентилятора возврата уноса; световую

и звуковую сигнализацию при отклонении одного из вышеуказанных параметров от нормы, а также исправность электродвигателей.

2. Тип Щ-ДКВР-3 — для котлов, работающих на жидком топливе с форсунками воздушного распыла типа НГМГ; с паромеханическими форсунками типа ГМГ; на газообразном топливе со смесительными или подовыми горелками низкого давления; на жидком и газообразном топливе со смесительными горелками низкого давления. Комплект аппаратуры автоматического регулирования в щите типа Щ-ДКВР-3 обеспечивает: автоматический розжиг котла на газе; ручной розжиг котла на газе (мазуте); автоматическое регулирование основных параметров котла (см. Щ-ДКВР-1), а также автоматический останов котла в случае возникновения аварийного режима.

ГЛАВА IX

ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ, РЕГУЛЯТОРЫ, ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ МЕХАНИЗМЫ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА

Пневматические приборы и регуляторы широко применяются для контроля и автоматизации технологических процессов. На элементах универсальной системы промышленной пневмоавтоматики (УСЭППА) можно строить любые системы автоматического регулирования, автоматической оптимизации, релейные схемы защиты и циклической автоматики, системы телеуправления и телеконтроля, машины централизованного контроля и управления и другие устройства промышленной автоматики. На элементах универсальной системы промышленной пневмоавтоматики построена система автоматических регуляторов завода «Тизприбор» (СТАРТ), которая так же, как агрегатная унифицированная система (АУС), предназначена для комплексной автоматизации производственных процессов в различных отраслях промышленности. Для построения релейных схем сигнализации и управления пневматическими исполнительными механизмами выпускается агрегатная унифицированная система элементов дискретного действия (АУСЭДД). Все вышеперечисленные системы имеют унифицированный диапазон давлений, равный $0{,}2 \div 1$ *кгс/см*^{2}.

Новой ветвью пневмогидроавтоматики является струйная автоматика, названная пневмоникой (по аналогии с электроникой). Особенностью струйной пневмоавтоматики является то, что все операции в элементах приборов выполняются на потоках воздуха без использования механических подвижных деталей, а узлы приборов и приборы изготовляются способом печатных схем. Для струйной пневмоавтоматики характерен модульный принцип построения приборов. Система модулей струйной техники (СМСТ) включает в себя модули, предназначенные для построения приборов дискретного действия, приборов непрерывного действия и приборов смешанного типа.

Пневматические регуляторы, описанные в § 5 настоящей главы, применяются большей частью для автоматического регулирования и контроля отдельных, не связанных между собой параметров.

§ 1. УНИВЕРСАЛЬНАЯ СИСТЕМА ЭЛЕМЕНТОВ ПРОМЫШЛЕННОЙ ПНЕВМОАВТОМАТИКИ (УСЭППА)

Универсальная система промышленной пневмоавтоматики состоит из набора унифицированных элементов дискретного и непрерывного действия, каждый из которых выполняет простейшую операцию. Питание приборов осуществляется очищенным от пыли, масла и влаги воздухом

давлением 1,4 ± 0,14 *кгс/см²* от общего коллектора или через индивидуальные редуктор и фильтр от сети сжатого воздуха. Рабочий диапазон изменения дискретных пневматических сигналов — от 0 до 1,4 ± ± 0,14 *кгс/см²*, диапазон изменения непрерывных пневматических сигналов от 0,2 до 1 *кгс/см²*, электрические дискретные сигналы являются сигналами постоянного тока напряжением от 0 до 24^{+3}_{-4} *в*. Приборы рассчитаны на работу в пожаро- и взрывоопасных условиях эксплуатации (кроме приборов с электрическим сигналом) и могут быть установлены в условиях агрессивных сред, не воздействующих на конструкционные стали, цветные металлы и их сплавы, защищенные хромоникелевыми покрытиями и молотковой эмалью, а также на анодированный алюминий.

Приборы предназначены для монтажа на платах, связь между элементами можно осуществить по каналам в платах или трубками из хлорвинилового пластиката с внутренним диаметром не менее 4 *мм*. Для подсоединения арматуры приборы имеют резьбовые отверстия М3,5, в которые ввертываются штуцера, или гладкие отверстия, в которые вставляются штуцера без резьбы. Монтаж приборов на платах может осуществляться с помощью штуцеров и заглушек, навертываемых на ножки с другой стороны платы; с помощью винтов, ввертываемых в резьбовые отверстия в корпусных деталях элемента и проходящих сквозь плату; с помощью планок и стягивающих винтов, ввертываемых в гайки, заформованные в плату. Все элементы имеют крепежные отверстия М3. Пневмоэлектропреобразователь и электропневмопреобразователь системы УСЭППА описаны в гл. X. Элементы универсальной системы промышленной пневмоавтоматики выпускаются Усть-Каменогорским заводом приборов автоматики и экспериментальным Калининградским заводом СКБ «Газприбораавтоматика».

1. Элементы непрерывной техники

Пневматические сопротивления. *Постоянный дроссель П2Д.7* представляет собой капилляр, изготовленный из никелевой трубки. Внутренний диаметр капилляра 0,18 или 0,3 *мм* (по спецификации заказа), длина капилляра 11,5 или 20 *мм*. Габаритные размеры дросселя П2Д.7 равны 20×14×30 *мм*.

Переменный дроссель П2Д.2 представляет собой щелевой конический дроссель, образованный иглой и втулкой, габаритные размеры его равны 24×24×46,5 *мм*.

Переменный дроссель П2Д.1 имеет шкалу (в процентах или в минутах). Габаритные размеры равны 43,5×36×47,5 *мм*. Коэффициент проводимости переменных дросселей от 0 до 1.

Делители. *Делители П2С.1 и П2С.2* работают в пневматических схемах автоматического управления в качестве делителей давления и сумматоров. В корпусе делителя конструктивно объединены постоянный и переменный дроссели.

Делители осуществляют математическую операцию

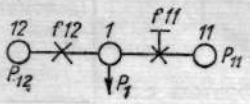
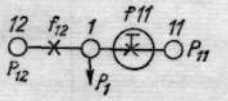
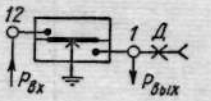
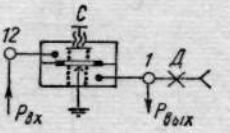
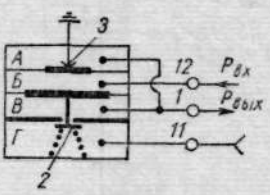
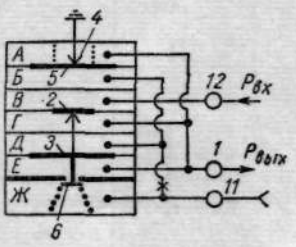
$$P_1 = \frac{P_{11} \cdot f_{11} + P_{12} \cdot f_{12}}{f_{11} + f_{12}},$$

где f_{11} и f_{12} — проводимости дросселей; P_1, P_{11}, P_{12} — давления, обозначенные в табл. IX.1.

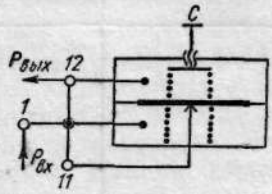
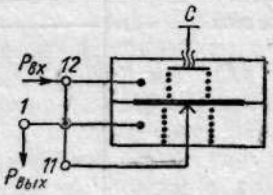
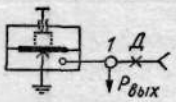
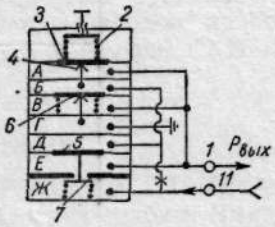
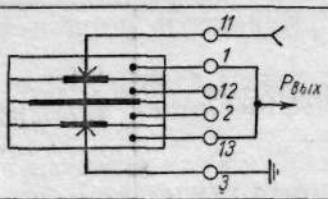
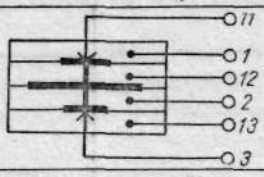
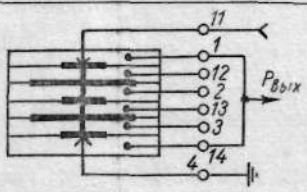
Габаритные размеры делителя П2С.1 равны 46,5×30×30, делителя П2С.2 — 47,5×43,5×36.

Таблица IX. 1

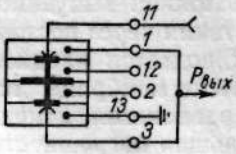
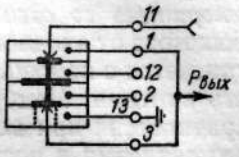
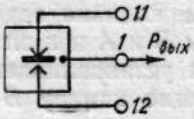
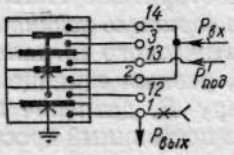
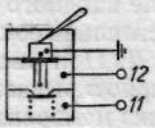
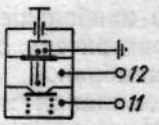
Элементы УСЭППА

Наименование	Тип	Принципиальная схема
Делители	П2С.1	
	П2С.2	
Повторители	П2П.1	
	П2П.2	
	П2П.6	
	П2П.7	

Продолжение табл. IX.1

Наименование	Тип	Принципиальная схема
Повторитель с запоминанием	П2П.5 (запоминание максимума)	
	П2П.5 (запоминание минимума)	
Задатчики	П23Д.3	
	П23Д.4	
Элементы сравнения	П2ЭС.1	
	П2ЭС.2	
	П2ЭС.3	

Продолжение табл. IX.1

Наименование	Тип	Принципиальная схема
Универсальные реле	П1Р.1	
	П1Р.3	
Клапаны	П3К.1	
	П3К.5	
Ячейки памяти	П2ЭП.1	
Пневмотумблер	П1Т.2	
Пневмокнопка	П1КН.3	

Повторители. *Повторитель П2П.1* (табл. IX.1) предназначен для выдачи слабо усиленного по мощности пневматического сигнала, равного по давлению входному сигналу. Повторитель состоит из двух секций, отделенных друг от друга гибкой мембраной, жесткий центр которой служит заслонкой выпускного сопла, имеющего выход в атмосферу. Давление питания через постоянный дроссель *Д* подается на штуцер *1*, на штуцер *12* подается входное давление. При изменении входного давления равновесие мембраны нарушается и она устанавливается в новое положение равновесия, изменяя соответственно величину выходного давления. Наибольшая погрешность повторения сигнала — 25 *мм вод. ст.* Габаритные размеры повторителя П2П.1 равны 24×30×30 *мм*.

Повторитель со сдвигом П2П.2 предназначен для выдачи сигнала, отличающегося от входного на постоянную величину, равную ±0,2 *кгс/см*². Это достигается с помощью двух пружин, натяжение которых можно регулировать винтами. Мембрана следящей камеры устанавливается в положение равновесия при выходном давлении, равном алгебраической сумме входного давления и постоянной величины, задаваемой натяжением пружин. Класс точности прибора —1 (при сдвиге ±0,2 *кгс/см*²). Габаритные размеры повторителя П2П.2 равны 52×30×30 *мм*.

Повторитель грубый П2П.6 предназначен для повторения пневматического сигнала, значительно усиленного по мощности, с невысокой точностью повторения. Повторитель П2П.6 применяется в схемах с глубокой отрицательной обратной связью, которая компенсирует неточность повторителя. Входное давление подается через штуцер *12* в камеру *Б*, давление питания подается через штуцер *11* в камеру *Г* под клапан. При открытом клапане задросселированное им давление питания проходит в камеры *В* и *А* и к штуцеру *1* (выходное давление). Изменение входного давления устанавливает в новое положение равновесия мембраны, ограничивающие камеру *Б*. Одна из них управляет шариковым клапаном впуска *2*, другая — клапаном сброса *3* типа «сопло — заслонка». Наибольшая погрешность повторения сигнала 0,05 *кгс/см*². Габаритные размеры повторителя П2П.6 равны 25×40×40 *мм*.

Повторитель-усилитель мощности П2П.7 предназначен для усиления пневматического сигнала по мощности с коэффициентом усиления по давлению, равным единице. Входное давление $P_{вх}$ подается через штуцер *12* в камеру *В*, давление питания через штуцер *11* проходит в камеру *Ж* и через постоянный дроссель — в камеры *Б* и *Д*. При открытом клапане *6* давление питания, задросселированное клапаном, проходит в камеру *Е*, в камеры *А* и *Г* обратных связей и к штуцеру *1* (выходное давление $P_{вых}$). Изменение входного давления устанавливает мембрану *2* в новое положение относительно сопла, при этом значительно изменяется давление в камерах *Б* и *Д*. При увеличении входного давления мембрана *3* прогибается вниз и приоткрывает клапан *6*, при уменьшении этого давления прогибается вниз мембрана *5* и приоткрывается клапан сброса выходного давления *4*. Наибольшая погрешность повторения сигнала 50 *мм вод. ст.* Габаритные размеры повторителя П2П.7 равны 33,5×40×40 *мм*.

Повторитель с запоминанием П2П.5 предназначен для запоминания и выдачи наибольшего или наименьшего сигнала, поступающего на его вход. Повторитель состоит из двух секций, отделенных друг от друга гибкой мембраной, жесткий центр которой служит заслонкой сопла. При запоминании максимума входное давление подается на штуцер *1* и через сопло проходит на штуцер *12*. Регулировочным винтом создается небольшое положительное усилие пружины, обеспечивающее открытие

сопла при возрастании давления в камере под мембраной на 3—7 *мм рт. ст.* Если входное давление увеличивается, сопло открыто, и на выходе повторяется входное давление со сдвигом, создаваемым пружиной. После того как входное давление достигнет максимума, а затем начнет убывать, мембрана прогнется и прикроет сопло, максимальное давление «запомнится» в камере над мембраной, а выходное давление будет равно алгебраической разности максимального давления и сдвига, создаваемого пружиной.

При запоминании минимума схема коммутации повторителя остается прежней, но входное давление подается на штуцер *12*, а выходное давление снимается со штуцера *1*. Работа повторителя протекает аналогично, только минимальное давление «запоминается» в камере под мембраной, а выходное давление равно алгебраической сумме минимального давления и сдвига. Габаритные размеры повторителя П2П.5 равны 30×30×59 *мм*.

Задатчики. *Задатчик маломощный П2ЗД.3* (табл. IX.1) предназначен для создания стабильного давления сжатого воздуха, подаваемого обычно в глухие камеры приборов пневмоавтоматики. Установка задания производится с помощью настроечного винта, при вращении которого изменяется натяжение пружины. Мембрана устанавливается в положение равновесия при выходном давлении, пропорциональном силе сжатия пружины. Рабочий диапазон выходного давления 0,2—1 *кгс/см*^{2}. Габаритные размеры задатчика П2ЗД.3 равны 52×30×30 *мм*.

Задатчик управления типа П2ЗД.4 предназначен для получения стабильного пневматического сигнала. Давление питания подается в камеру *Ж* и через постоянный дроссель — в камеры *Б* и *Д*. При открытом клапане *7* давление питания, задросселированное клапаном, проходит в камеру *Е*, на выход задатчика и в камеры *А* и *В* обратных связей. Изменение степени сжатия задающей цилиндрической пружины *2* (с помощью маховичка) устанавливает мембрану *3* в новое положение относительно сопла *4*, при этом изменяется давление в камерах *Б* и *Д*.

При увеличении этого давления мембрана *5* прогибается вниз и приоткрывает клапан *7*, при уменьшении этого давления мембрана *3* прогибается вверх и приоткрывает клапан сброса *6*. Задатчик предназначен для щитового монтажа, по спецзаказу он может поставляться для монтажа на плате, габаритные размеры его равны 102×40×40 *мм*.

Элементы сравнения. *Элемент сравнения П2ЭС.1* (табл. IX.1) предназначен для сравнения двух непрерывных пневматических сигналов и получения выходных дискретных сигналов 0 или 1 при рассогласовании сравниваемых давлений. Сравниваемые давления подаются на штуцера *2* и *12*, давление питания подается на штуцер *11*, штуцер *3* соединяется с атмосферой, выходное давление снимается со штуцера *13*, соединенного со штуцером *1*. При рассогласовании сравниваемых давлений перемещается мембранный блок, состоящий из трех плоских резинотканевых мембран, связанных между собой жестким центром, и открывает или сопло, соединенное со штуцером *11*, или сопло, соединенное со штуцером *3*. Положение сопел вдоль оси элемента регулируется, что обеспечивает высокую точность настройки элемента сравнения. Наибольшая разность между давлениями в момент срабатывания элемента — 50 *мм вод. ст.* Габаритные размеры элемента сравнения П2ЭС.1 равны 74×40×40 *мм*.

Элемент сравнения грубый П2ЭС.2 предназначен для тех же целей, что и элемент сравнения П2ЭС.1, и имеет сходную конструкцию. Наибольшая разность между давлениями в момент срабатывания — 0,05 *кгс/см*^{2}.

Габаритные размеры элемента сравнения П2ЭС.2 равны 59×30×30 *мм*.

Элемент сравнения П2ЭС.3 предназначен:

а) для сравнения двух или четырех непрерывных пневматических сигналов и получения выходных дискретных сигналов 0 или 1 при неравенстве нулю алгебраической суммы сравниваемых давлений;

б) для алгебраического суммирования трех пневматических сигналов: двух со знаком + и одного со знаком —. Сравниваемые давления подаются на штуцера *2*, *3*, *12*, *13*, давление питания подается на штуцер *11*, штуцер *4* соединяется с атмосферой, выходное давление снимается со штуцера *14*, соединенного со штуцером *1*. При работе П2ЭС.3 в качестве элемента сравнения открыт либо верхний, либо нижний пневматический контакт. При работе П2ЭС.3 в качестве сумматора на штуцер *2* или на штуцер *3* подается выходное давление, которое в данном случае равно алгебраической сумме сравниваемых давлений. Наибольшая погрешность П2ЭС.3 не превышает 100 *мм вод. ст.* Габаритные размеры элемента сравнения П2ЭС.3 равны 84×40×40 *мм*.

Все описанные элементы непрерывной техники выпускаются Усть-Каменогорским заводом приборов автоматики.

2. Элементы дискретной техники

Реле. *Реле универсальные трехмембранные П1Р.1* (табл. IX.1) *и П1Р.3* предназначены для выполнения элементарных логических и счетных операций с дискретными сигналами в любых пневматических системах автоматического управления. Реле имеют две основные части: мембранный блок, состоящий из резинотканевых мембран, соединенных между собой жестким центром, и два пневмоконтакта «сопло—заслонка». Командные давления подаются на штуцера *12* и *2*. Одно из командных давлений поддерживается постоянным (давление «подпора»), другое может принимать два дискретных значения: 0 или 1, соответствующие 0 или 1,4 *кгс/см²*. Появляющееся при этом суммарное усилие, действуя по оси жесткого центра, вызывает перемещение его в ту сторону, куда направлено результирующее усилие.

Мембранный блок реле П1Р.1 при отсутствии обоих командных сигналов находится в неопределенном положении, мембранный блок реле П1Р.3 при отсутствии командных сигналов фиксируется в определенном положении с помощью цилиндрической пружины. Величина давления подпора выбирается в зависимости от условий работы: если под действием давления подпора питающее сопло должно быть закрыто, то подпор устанавливается равным приблизительно 0,8 давления питания, в противном случае достаточно 0,6 давления питания. Разность между командными давлениями при размыкании и замыкании пневмоконтактов для реле П1Р.1 равна $0{,}28P_{пит}$, для реле П1Р.3 составляет $0{,}22P_{пит}$. Габаритные размеры реле П1Р.1 равны 36×30×30 *мм*, реле П1Р.3 — 39×30×30 *мм*. Реле выпускаются Усть-Каменогорским заводом приборов автоматики.

Клапаны. *Клапан одноконтактный П3К.1* (табл. IX.1) предназначен для коммутации непрерывных и дискретных пневматических сигналов в системах автоматического управления. Клапан состоит из трех камер, разделенных двумя плоскими мембранами, жесткий центр которых служит заслонкой выпускного сопла. Давление подпора подается на штуцера *2* или *12*, входное давление на штуцера *1* или *11*. Командное давление, подаваемое на штуцера *12* или *2*, может принимать два дискретных значения: 0 или 1. В зависимости от величины командного сигнала мембранный блок занимает два положения, при которых пневмоконтакт открыт или закрыт. Габаритные размеры клапана П3К.1 равны 24,5×30×30 *мм*.

Клапан ПЗК.5 предназначен для выполнения логической операции «ИЛИ»; на выходе клапана должен появиться единичный сигнал, если этот сигнал подан хотя бы на один из входов клапана. Клапан может также пропускать на выход больший из двух подаваемых на вход непрерывных сигналов. Клапан состоит из нескольких шайб, разделенных прокладками. Между двумя шайбами, имеющими сопла, расположена свободно лежащая, не зажатая по периферии мембрана. Шайбы стянуты полыми винтами, одновременно являющимися штуцерами. Мембрана всегда прикрывает сопло, в которое подан меньший сигнал, а камера, в которой перемещается мембрана, соединена с выходным штуцером *1*. Входное давление подается на штуцера *11* и *12*. Габаритные размеры клапана ПЗК.5 равны 20×20×15 *мм*. Клапаны ПЗК.1 и ПЗК.5 выпускаются Усть-Каменогорским заводом приборов автоматики.

Перекидной клапан КП-2 экспериментального калининградского завода СКБ «Газприборавтоматика» также предназначен для выполнения логической операции «ИЛИ»; габаритные размеры его равны 30×30×30 *мм*.

3. Прочие элементы

Ячейка памяти. *Ячейка памяти непрерывного сигнала П2ЭП.1* (табл. IX.1) предназначена для повторения непрерывного сигнала или для сохранения и выдачи какого-либо текущего значения непрерывного сигнала в течение некоторого промежутка времени в зависимости от значения управляющего сигнала. Ячейка памяти П2ЭП.1 конструктивно объединяет разгруженный клапан с неопределенным нулем и повторитель.

Входное давление подается на штуцера *2* и *14*. Под действием давления подпора сопло открыто, и входное давление из разгруженного клапана проходит через сопло во входную камеру повторителя, где оно может сниматься со штуцера *12*. Со штуцера *1* снимается давление, равное входному давлению повторителя.

Если на штуцер *3* подать командный сигнал, то сопло прикроется, и во входной камере повторителя запрется («запомнится») то давление, которое было на выходе в момент подачи командного сигнала. Это давление поддерживается на выходе до тех пор, пока не будет снят командный сигнал. Погрешность повторителя входного сигнала при открытом сопле не превышает ±25 *мм вод. ст.* Габаритные размеры ячейки памяти П2ЭП.1 равны 40×30×30 *мм*. Она выпускается Усть-Каменогорским заводом приборов автоматики

Обратные клапаны. *Обратные клапаны ОК-1 и ОК-3* экспериментального калининградского завода СКБ «Газприборавтоматика» имеют две камеры. При подаче давления в одну из них мембрана перемещается, открывается пневматический контакт и камеры сообщаются между собой. При подаче давления в другую камеру пневмоконтакт закрывается. Клапан ОК-1 устанавливается на трубопроводе (красномедная трубка 8×1) с помощью накидных гаек и ниппелей, его длина равна 65 *мм*, диаметр — 37 *мм*. Клапан ОК-3 крепится на плате, габаритные размеры — 23×25×25 *мм*.

Пневмотумблеры. *Пневмотумблер П1Т.2* (табл. IX.1) предназначен для ручного включения питания схемы или соединения схемы с атмосферой. Тумблер монтируется на щите, но может быть также закреплен на плате. Давление питания подается через штуцер *11* в камеру, закрытую пневмоконтактом типа «сопло—заслонка». При повороте рычага тумблера стержень открывает пневмоконтакт и пропускает давление питания в схему через

штуцер *12*. При обратном повороте рычага контакт закрывается пружиной, стержень отходит вверх, и сжатый воздух из схемы по отверстиям внутри стержня проходит в атмосферу. Габаритные размеры пневмотумблера П1Т.2 равны 51×20×20 *мм*, он выпускается Усть-Каменогорским заводом приборов автоматики.

Пневмотумблер ТУП-3 выпускается экспериментальным калининградским заводом СКБ «Газприборавтоматика», его конструкция идентична конструкции тумблера П1Т.2, габаритные размеры равны 47×25×25 *мм*.

Пневмокнопки. *Пневмокнопка П1КН.3* (табл. IX.1) предназначена для кратковременной подачи давления питания в схему, она монтируется на щите, но может быть также закреплена на плате. Давление питания подается через штуцер *11* в камеру, закрытую пневмоконтактом типа «сопло—заслонка». При нажатии кнопки стержень открывает пневмоконтакт и пропускает давление питания в схему через штуцер *12*. При отпускании кнопки контакт закрывается пружиной, стержень отходит вверх, и сжатый воздух из схемы по отверстиям внутри стержня проходит в атмосферу. Габаритные размеры пневмокнопки П1КН.3 равны 41×20×20 *мм*, она выпускается Усть-Каменогорским заводом приборов автоматики.

Конструкция *пневмокнопок КУП-4 и КУП-5* идентична конструкции кнопки П1КН.3. У *кнопок КУП-6 и КУП-7* при отсутствии командного сигнала вход сообщается с выходом, при нажатии на штифт пневмоконтакт закрывается. Кнопки КУП-4 и КУП-6 крепятся к панели щита гайкой М22 и имеют больший диаметр штифта, чем кнопки КУП-5 и КУП-7, которые крепятся гайкой М12. Габариты кнопки КУП-4 равны 36×25× ×25 *мм*, кнопок КУП-5 и КУП-6 — 40×25×25 *мм*, кнопки КУП-7 — 44×25×25 *мм*. Эти пневмокнопки выпускаются экспериментальным калининградским заводом СКБ «Газприборавтоматика».

Конечные выключатели. *Выключатели ВКП-3 и ВКП-6* предназначены для формирования пневматического дискретного сигнала при механическом воздействии на шток. ВКП-3 в зависимости от коммутации может иметь нормально разомкнутый или нормально замкнутый пневматический контакт, схема ВКП-6 идентична схеме пневмокнопки П1КН.3. У ВКП.3 рабочий ход штока не менее 3 *мм*, общий ход — не более 10 *мм*, у ВКП-6 эти величины равны соответственно 2 и 3 *мм*. Габаритные размеры ВКП-3 — 110×40×40 *мм*, ВКП-6 — 30×25×25 *мм*. Конечные выключатели выпускаются экспериментальным калининградским заводом СКБ «Газприборавтоматика».

Переключатели. *Переключатель ПП-4* является малогабаритным командоаппаратом с ручным приводом, он состоит из шести пневматических конечных выключателей типа ВКП-6 и поворотного валика с рукояткой и съемными кулачками. Рукоятка переключателя может занимать последовательно семь фиксированных положений, кулачки могут обеспечивать замыкание контакта в одном, двух или трех соседних положениях. Диаграмма замыкания контактов переключателя задается установкой кулачков соответствующего профиля и оговаривается при заказе. Габаритные размеры переключателя ПП-4 равны 160×115×70 *мм*.

Переключатель ПП-5 отличается от переключателя ПП-4 тем, что его рукоятка может занимать три положения; возврат из крайних положений в среднее осуществляется пружиной. Кулачки могут обеспечить замыкание контактов в одном и двух последовательных положениях.

Переключатели ПП-4 и ПП-5 выпускаются экспериментальным калининградским заводом СКБ «Газприборавтоматика».

Усилители. *Усилитель УП-2* предназначен для управления потоком сжатого воздуха (газа) давлением до 64 *кгс/см²* с помощью пневматического командного сигнала давлением 1,4 *кгс/см²*. При отсутствии командного давления выход усилителя сообщается с атмосферой, подача давления в глухую камеру вызывает перемещение мембраны и двух клапанов, один из которых закрывает выход в атмосферу, а другой соединяет вход усилителя с выходом. Диаметр условного прохода усилителя равен 6 *мм*, габариты — 95×124×134 *мм*.

Усилитель УП-3 отличается от усилителя УП-2 наличием ручного дублера.

Усилители УП-2 и УП-3 выпускаются экспериментальным калининградским заводом СКБ «Газприборавтоматика».

Пневматические емкости. Емкости ПОЕ.25 и ПОЕ.50 применяются в схемах для регулировки постоянных времени в дифференцирующих и интегрирующих приставках, инерционных звеньях и т. п. Емкости их равны соответственно 25 и 50 *см³*, выпускаются они Усть-Каменогорским заводом приборов автоматики.

Фильтр ПОФ.2. Фильтр предназначен для местной очистки подаваемого в приборы воздуха. Фильтр состоит из корпуса, в котором находятся несколько сменных войлочных дисков, поджатых винтом, габаритные размеры его равны 30×34×20 *мм*. Фильтр выпускается Усть-Каменогорским заводом приборов автоматики.

Вентиль ПОВ.1. Вентиль предназначен для открывания и закрывания вручную пневматической линии связи и является элементом щитового монтажа. Вентиль состоит из двух секций, разделенных мембраной, жесткий центр которой прикрывает сопло при повороте маховичка, при открытом вентиле мембрана отжимается давлением проходящего воздуха. Габаритные размеры вентиля равны 46 (max)×20×20 *мм*. Выпускается Усть-Каменогорским заводом приборов автоматики.

§ 2. СИСТЕМА СТАРТ

Приборы системы СТАРТ (система автоматических регуляторов завода «Тизприбор») построены на универсальных элементах промышленной пневмоавтоматики (УСЭППА) и могут применяться в различных отраслях промышленности. Основные технические характеристики приборов этой системы совпадают с характеристиками универсальных элементов промышленной пневмоавтоматики и приведены выше. Все элементы приборов системы СТАРТ монтируются на плате из органического стекла с помощью соединительных напаек, шаг и размеры которых унифицированы. Связь между элементами осуществляется через отверстия в ножках и каналы в плате. Плата крепится к металлической раме, которая закрепляется на основании прибора. Для подключения прибора к штуцерам внешних пневмолиний применяется гибкий резиновый шланг. Линии связи и линии питания регуляторов должны прокладываться медными, латунными, пластикатовыми или алюминиевыми трубками с внутренним диаметром 6 *мм*. В целях получения наибольшей стабильности регулирования, минимального времени переходного процесса и уменьшения величины запаздывания расстояния от измерительного блока (датчика) до регулятора и от регулятора до исполнительного механизма должны быть минимальными (5—10 *м*). Вторичные самопишущие или показывающие приборы с встроенными в них задатчиками могут устанавливаться на расстоянии до 250—300 *м* от регулятора. В случаях регулирования процессов, для

которых запаздывания в линиях связи не имеют существенного значения, регуляторы могут устанавливаться на значительных расстояниях от измерительных блоков и исполнительных механизмов (до 300 *м*).

При местном монтаже регулятор устанавливается на корпусе вторичного прибора ПВ10.1Э или ПВ10.1П. В случае дистанционного монтажа регулятора — непосредственно на процессе — используются две вспомогательные детали: гнездо (с регулятором) и вилка (со вторичным прибором). Регулятор ПР3.22 всегда комплектуется с гнездом, так как он не предназначен для совместной работы со вторичным прибором.

Принцип действия отдельных элементов приборов системы СТАРТ описан в предыдущем параграфе. Приборы системы СТАРТ входят в государственную систему приборов ГСП.*

1. Регуляторы

Позиционные регуляторы. *Регулятор ПР1.5* предназначен для получения дискретных пневматических сигналов 0 и 1 при повышении или понижении поступающего на вход регулятора давления сжатого воздуха, пропорционального величине регулируемого или измеряемого параметра, когда последний отклоняется от заданного значения. Прибор может быть настроен на получение пневматического сигнала при превышении измеряемым параметром заданного значения (сигнал «на максимум»)

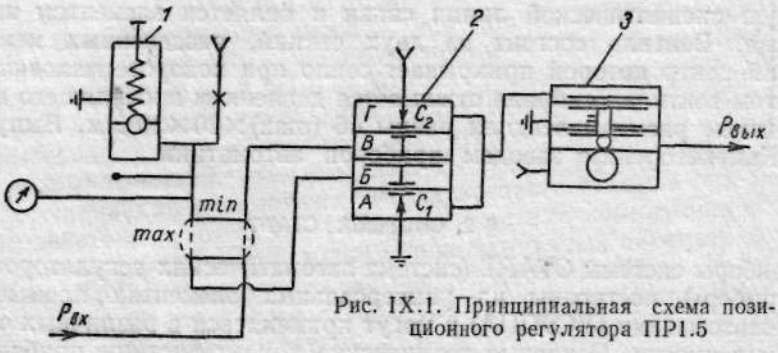


Рис. IX.1. Принципиальная схема позиционного регулятора ПР1.5

или при понижении параметра ниже заданного значения (сигнал «на минимум»).

При настройке на минимум (рис. IX.1) входной сигнал от измерительного блока поступает в камеру *Б* элемента сравнения *2*, давление задания от задатчика *1* подводится к камере *В*. Если входной сигнал больше величины давления задания, то сопло C_2 закрыто, и сигнал на выходе элемента сравнения равен 0. Как только входной сигнал станет меньше заданного, сопло C_2 откроется и на выходе сформируется сигнал *1*, который поступает на усилитель мощности *3* и далее — на выход регулятора. При настройке на максимум давление задания подается в камеру *Б*, а давление от измерительного блока — в камеру *В*, перенастройка регулятора производится поворотом диска, который переключает входные каналы регулятора. Основная допустимая погрешность срабатывания регулятора составляет ±1% от максимального значения давления на входе регулятора

* Вторичные приборы системы СТАРТ описаны в § 6 настоящей главы.

(1 *кгс/см²*). Расход воздуха 2,5 *нл/мин*. Общий вид регулятора приведен на рис. IX.2.

Регулятор с настраиваемой зоной нечувствительности ПР1.6 предназначен для получения дискретных пневматических сигналов 0 и 1 при выходе параметра за пределы установленной зоны нечувствительности. Прибор может быть настроен на максимум, в этом случае сигнал 1 получается при превышении параметром максимальной границы зоны, и на минимум,

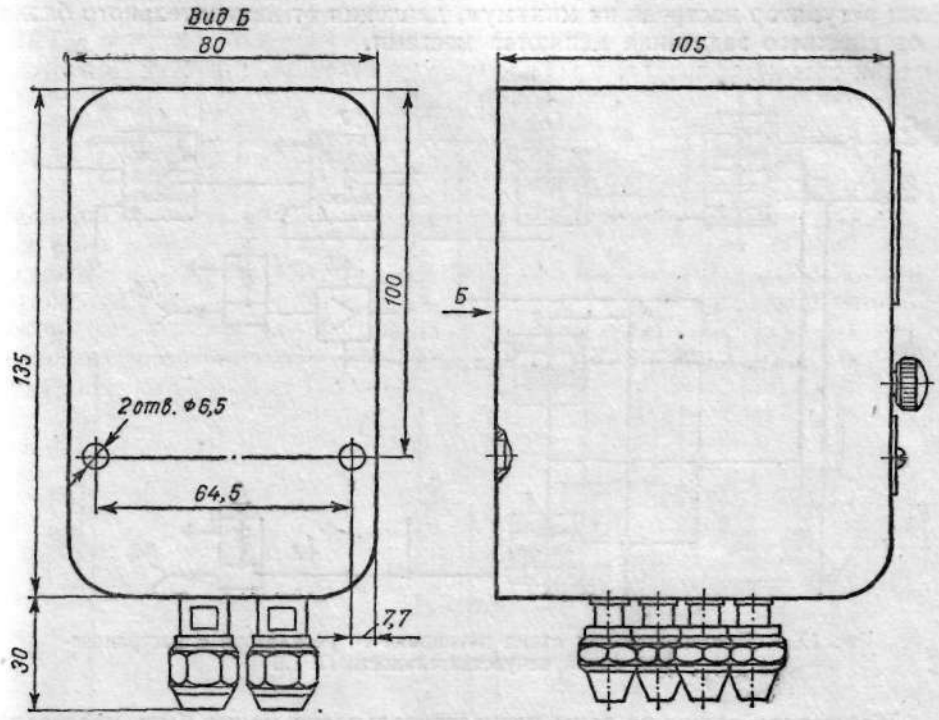


Рис. IX.2. Позиционный регулятор ПР1.5

когда сигнал 1 появляется при снижении параметра за минимальную границу зоны нечувствительности.

Основным элементом регулятора (рис. IX.3) является пятимембранный элемент сравнения *1*, на который поступают давления от измерительного прибора $P_п$, от дистанционного задатчика $P_з$ и давление, равное половине величины зоны нечувствительности $^1/_2\Delta$. Последняя настраивается задатчиком *9* и проходит на элемент *1* через одно из сопел трехмембранного реле *8*. Задатчик *5* служит для настройки выходного давления 1 *кгс/см²*, которое усиливается по мощности элементом *6* и подается на узел выходных выключающих реле *3* и *4*.

Трехмембранное реле *2*, включенное по схеме «НЕ», в зависимости от сигнала, поступающего с элемента сравнения *1*, управляет выходными реле *3* и *4* и трехмембранными реле *7* и *8*, выполняющими функции клапана величины $^1/_2\Delta$.

При настройке регулятора на максимум сигнал от измерительного блока поступает в камеру *Д*, а задание — в камеру *Б* элемента *1*. Пока параметр $P_п$ меньше верхнего значения зоны нечувствительности, сопло C_2

закрыто, сопло C_1, сообщающееся с атмосферой, открыто, сигнал на выходе элемента *1* равен 0, на выходе элемента *2* равен 1, на выходе элементов *3* и *4* — равен 0. Как только параметр превысит верхнюю границу зоны нечувствительности, сигнал на выходе элемента *1* станет равным 1, а давление от задатчика *5* пройдет на выход регулятора. В момент смены сигнала давление, соответствующее величине $^1/_2\Delta$, переключается из камеры *Г* в камеру *В* элемента *1*, при этом результирующая величина задания принимает значение нижней границы зоны нечувствительности. Если регулятор настроен на минимум, давления от измерительного блока и от внешнего задатчика меняются местами.

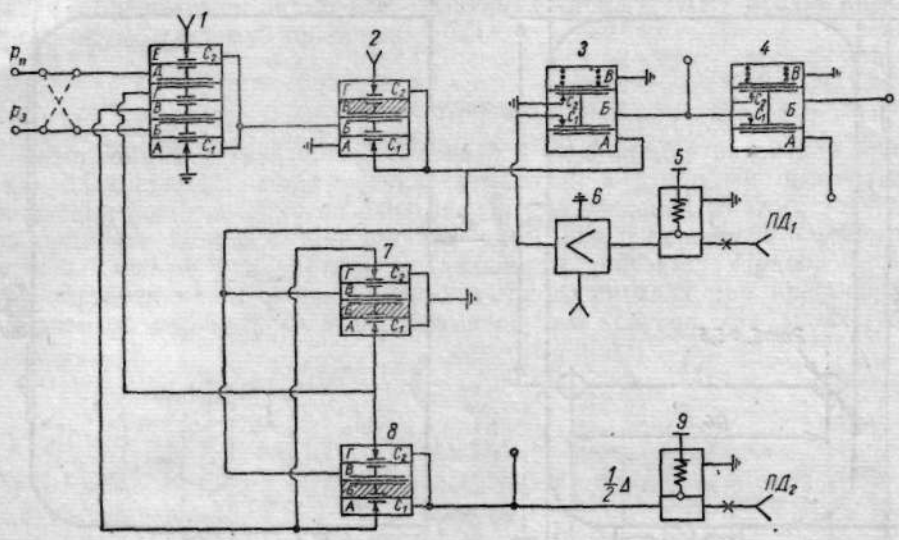


Рис. IX.3. Принципиальная схема позиционного регулятора с настраиваемой зоной нечувствительности ПРI.6

Абсолютная величина зоны нечувствительности может быть настроена на любое значение в пределах от 0,1 до 0,8 *кгс/см²*, при этом нижняя граница зоны нечувствительности должна быть не менее 0,2 *кгс/см²*, верхняя граница — не более 1 *кгс/см²*. Основная допустимая погрешность срабатывания ±1% для зоны нечувствительности от 0,1 до 0,4 *кгс/см²* и ±1,5% для зоны нечувствительности от 0,4 до 0,8 *кгс/см²*. Расход воздуха 3,5 *нл/мин*. Габаритные размеры регулятора соответствуют приведенным на рис. IX.4, *б*.

Пропорциональный регулятор ПР2.5. Регулятор предназначен для получения непрерывного регулирующего воздействия на исполнительный механизм с целью поддержания заданной величины регулируемого параметра. Прибор представляет собой регулятор с дистанционным заданием, получаемым от ручного задатчика вторичного прибора или от любого другого устройства со стандартным пневматическим сигналом.

Если давление $P_з$ (рис. IX.4) и давление, поступающее от измерительного прибора — датчика, равны, то вся система находится в равновесии. Если измеряемая величина стала больше заданной, сопло C_2 будет прикрываться и выходное давление элемента сравнения *1* уменьшится. Это давление поступает в камеру отрицательной обратной связи *Б* элемента сравнения *4* и на регулируемый дроссель сумматора *3*, настройка которого

определяет степень воздействия отрицательной обратной связи. В камеру положительной обратной связи *Д* элемента *4* поступает давление от задатчика *2*, с помощью которого выходное давление регулятора настраивается на оптимальную для данного процесса величину. На нерегулируемый дроссель сумматора *3* поступает давление с выхода прибора. Выходное

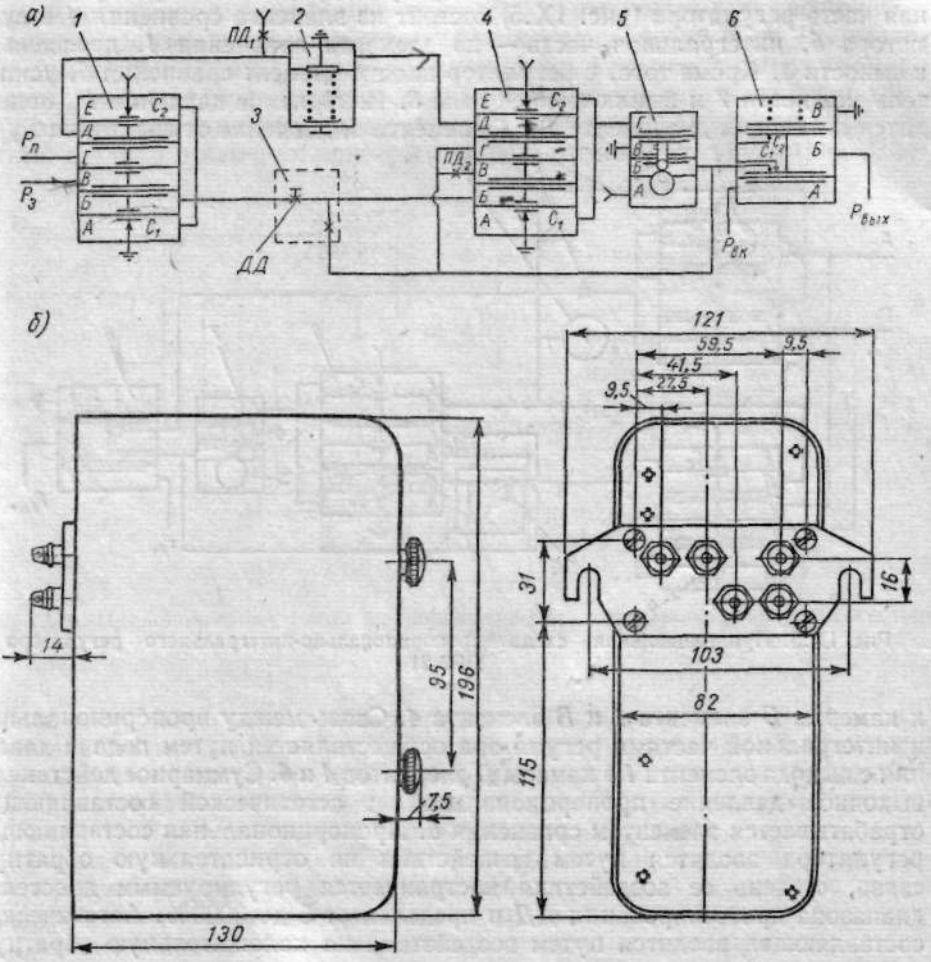


Рис. IX.4. Пропорциональный регулятор ПР2.5: *а* — принципиальная схема; *б* — общий вид

давление элемента *4*, равное сумме давлений в камерах *Б* и *Д*, поступает на усилитель мощности *5* и через сопло C_1 выключающего реле *6* — на выход прибора. Выключающее реле *6* служит для отключения регулятора при переходе на ручное управление путем подачи давления питания $P_{вк}$ в камеру *А*, при этом закрывается сопло C_1 и открывается сопло C_2. Для гашения автоколебаний, возникающих в системе, в элемент сравнения *4* вводятся две обратные связи — положительная в камеру *В* и отрицательная в камеру *Г*. Автоколебания, возникающие в случаях нарушения равновесия системы, затормаживаются с помощью постоянного дросселя $ПД_2$, включенного в линию положительной обратной связи.

Настройка диапазона дросселирования регулятора производится в пределах от 5 до 3000%, смещение контрольной точки не превышает ±1% от максимального значения давления, поступающего на вход. Расход воздуха 3 *нл/мин*.

Пропорционально-интегральные регуляторы. Назначение *регулятора ПР3.21* идентично назначению регулятора ПР2.5. Пропорциональная часть регулятора (рис. IX.5) состоит из элемента сравнения *4* и сумматора *5*, интегральная часть — из элемента сравнения *1*, дросселя *2* и емкости *3*. Кроме того, в регулятор входит элемент сравнения *6*, усилитель мощности *7* и выключающее реле *8*. Измеряемое давление $P_п$ подводится к камерам *Д* элемента *1* и *Г* элемента *4*, давление от задатчика $P_з$ —

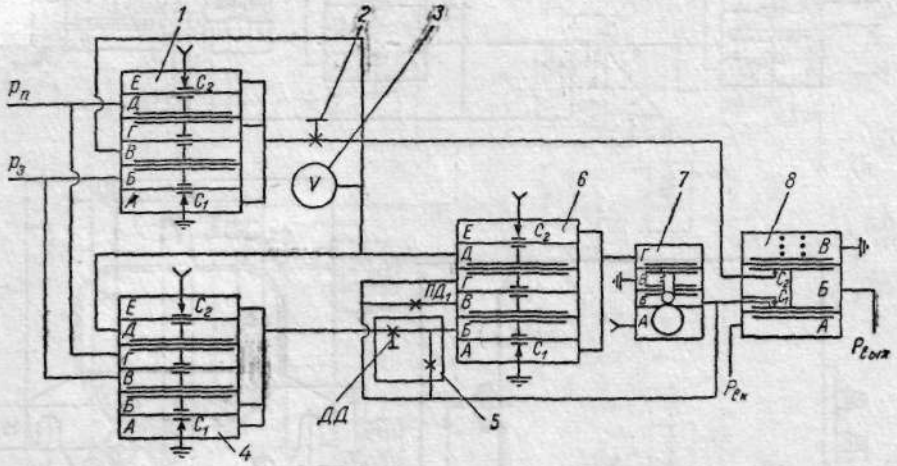


Рис. IX.5. Принципиальная схема пропорционально-интегрального регулятора ПР3.21

к камерам *Б* элемента *1* и *В* элемента *4*. Связь между пропорциональной и интегральной частями регулятора осуществляется путем подачи давления с выхода элемента *1* в камеры *Д* элементов *4* и *6*. Суммарное действие на выходное давление пропорциональной и астатической составляющих отрабатывается элементом сравнения *6*. Пропорциональная составляющая регулятора вводится путем воздействия на отрицательную обратную связь, степень ее воздействия настраивается регулируемым дросселем диапазона дросселирования *ДД* в пределах от 5 до 3000%. Астатическая составляющая вводится путем воздействия на положительную обратную связь, степень ее воздействия настраивается регулируемым дросселем времени изодрома *2* в пределах от 3 *сек* до 100 *мин*. Давление, отрабатываемое элементом суммирования *6*, поступает на вход усилителя мощности *7*, а затем через выключающее реле *8* — на выход прибора. Назначение последних двух элементов идентично назначению этих элементов регулятора ПР2.5. Смещение контрольной точки регулятора не превышает ±1% от максимального значения давления, поступающего на вход. Габаритные размеры регулятора соответствуют приведенным на рис. IX.4, *б*. Расход воздуха 3 *нл/мин*.

Регулятор с местным задатчиком ПР3.22 отличается от регулятора ПР3.21 наличием ручного задатчика в линии задания на входе прибора. Габаритные размеры регулятора ПР3.22 соответствуют приведенным на рис. IX.4, *б*. Расход воздуха 4,5 *нл/мин*.

Регулятор соотношения ПР3.23 предназначен для получения непрерывного регулирующего воздействия на исполнительный механизм с целью поддержания постоянства величины соотношения двух параметров. Регулятор (рис. IX.6) отличается от регулятора ПР3.21 наличием звена соотношения, в которое входят постоянные дроссели $ПД_1$, $ПД_2$, $ПД_3$, регулируемые дроссели *1*, *2* и задатчик *3*. Установка величины соотношения достигается настройкой регулируемых дросселей *1* и *2* таким образом, чтобы при разных величинах давлений $P_{п1}$ и $P_{п2}$ давления P_1 и P_2 были равны. Дроссели соотношения *1* и *2* имеют выход в камеру задатчика *3*, где поддерживается давление 0,2 *кгс/см²*, благодаря чему при работе прибора выдерживается одинаковое соотношение между давлениями воздуха в камерах прибора и между значениями параметров. Диа-

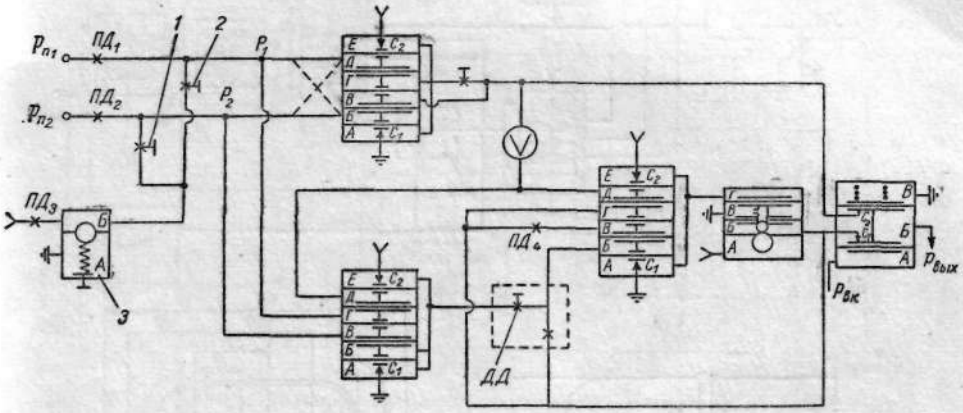


Рис. IX.6. Принципиальная схема пропорционально-интегрального регулятора соотношения ПР3.23

пазон настройки соотношений находится в пределах от 1 : 1 до 1 : 10, в остальном техническая характеристика регулятора ПР3.23 идентична характеристике регулятора ПР3.21. Габаритные размеры регулятора ПР3.23 совпадают с приведенными на рис. IX.7, *б* (штуцер подвода переменной $P_{п3}$ отсутствует). Расход воздуха 3 *нл/мин*.

Регулятор соотношения ПР3.24 предназначен для получения непрерывного регулирующего воздействия на исполнительный механизм с целью поддержания постоянства величины соотношения двух параметров с автоматической коррекцией по третьему параметру или с дистанционным управлением величиной соотношения. Регулятор ПР3.24 отличается от ПР3.23 наличием элемента *2* автоматической коррекции соотношения (рис. IX.7, *а*). Регулируемый дроссель заменен здесь двойным соплом с заслонкой, причем управление положением заслонки производится от третьего параметра. В камеру *Л* через постоянный дроссель $ПД_3$ подается воздух давлением $P_{п3}$, пропорциональным величине третьего параметра. В камеру *Ж* подводится питание через настраиваемый дроссель *1*. Обе камеры разделены гибкой мембраной, на которой укреплена заслонка, управляющая двойным соплом, выполняющим функции регулируемого дросселя в линии давления $P_{п1}$. Равновесие мембраны возможно только при равенстве давлений в камерах *Л* и *Ж*. Давление в камере можно изменять настройкой дросселя. Это дает возможность корректировать соотношение параметров $P_{п1}$ и $P_{п2}$ в зависимости от третьего параметра $P_{п3}$, величина которого

может быть взята, в свою очередь, с помощью дросселя *3* в определенном соотношении.

Габаритные размеры регулятора ПР3.24 приведены на рис. IX.7, *б*, техническая характеристика его идентична характеристике регулятора ПР3.23. Расход воздуха 4,5 *нл/мин*.

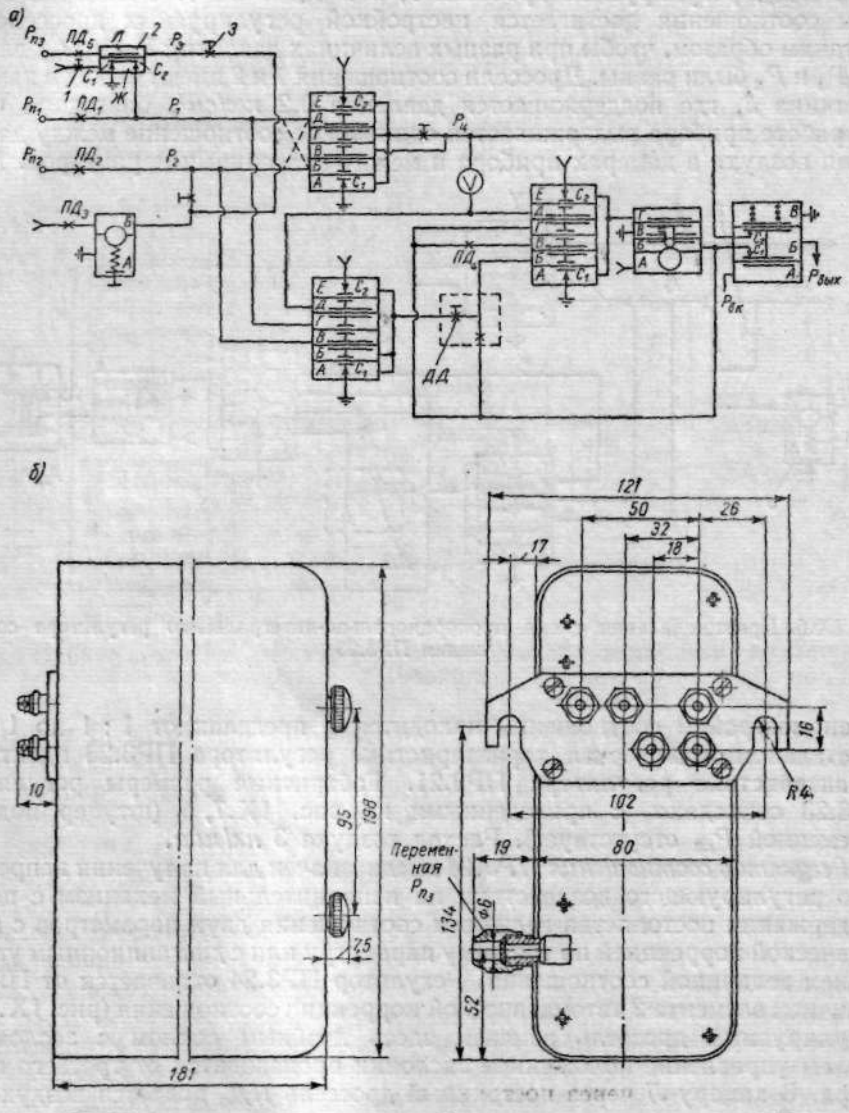


Рис. IX.7. Пропорционально-интегральный регулятор соотношения ПР3.24:
а — принципиальная схема; *б* — общий вид

Пропорционально-интегрально-дифференциальный регулятор ПР3.25. Регулятор предназначен для получения непрерывного регулирующего воздействия на исполнительный механизм с целью поддержания заданной величины регулируемого параметра. Пропорционально-интегральная часть регулятора ПР3.25 (рис. IX.8) работает так же, как регулятор

ПР3.21. Входной сигнал $P_п$ от датчика регулируемого параметра непосредственно проходит на интегральное звено (элемент *5*), а перед поступлением в пропорциональное звено (элемент *6*) он дифференцируется. Дифференциальное звено включает в себя элемент сравнения *4*, регулируемый дроссель *3* и емкость *2*. Входной сигнал поступает в камеры *В* и *Г* элемента *4* и через дроссель *3* — в камеру *Б*, выходная камера *А* включена по следящей схеме. Если скорость изменения параметра равна нулю, то давление на выходе элемента *4* равно давлению на его входе, и регулятор работает как пропорционально-интегральный. Если давление на входе начинает увеличиваться с постоянной скоростью, то суммарное усилие на мембранах в камерах *В* и *Г* элемента *4* окажется больше, чем усилие на

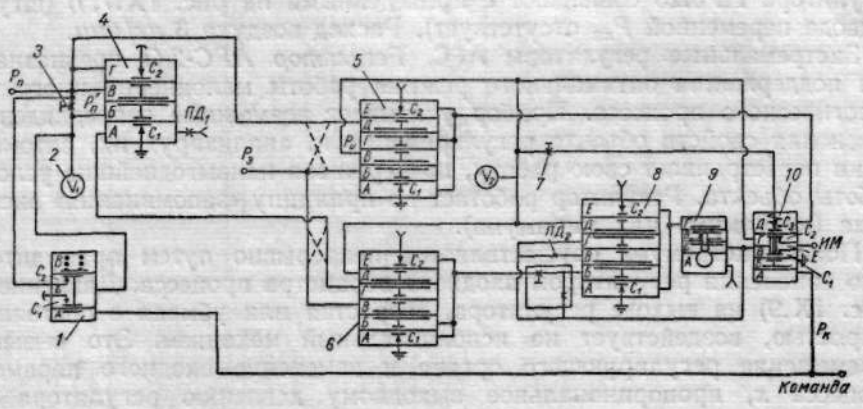


Рис. IX.8. Принципиальная схема пропорционально-интегрально-дифференциального регулятора ПР3.25

мембранах в камерах *Б* и *А*, так как перед камерой *Б* стоит сопротивление — дроссель. В результате сопло C_1 закроется, давление в камере *А* резко увеличится и на выход будет подан сигнал, опережающий давление на входе. Величина опережения будет тем больше, чем больше скорость изменения давления на входе прибора и чем меньше открыт дроссель предварения *3*.

Выходное давление регулятора, отрабатываемое элементом сравнения *8*, поступает на вход усилителя мощности *9* и затем — на трехклапанное реле *10*.

При автоматическом регулировании давление команды на трехклапанное реле $P_к = 0$, и с выходной камерой *Е* через сопло C_1 соединяется камера *В*, в которую поступает давление от усилителя *9*. Под действием пружины открывается сопло C_3, через которое дроссель изодрома *7* соединяется с выходом элемента сравнения *5*. При переходе на ручное управление процессом в трехклапанное реле *10* подается команда $P_к = 1$, закрываются сопла C_1 и C_3 и открывается сопло C_2. При этом с линией исполнительного механизма (камера *Е*) соединяется камера *Г*, и в камере положительной обратной связи *В* элемента *5* устанавливается давление, равное давлению на исполнительном механизме. Такая схема регулятора предохраняет линию исполнительного механизма от скачка давления в промежуточном положении переключателя, когда изменение давления задания $P_з$ вызывает резкое изменение выходного давления элемента *5*.

Реле *1* служит для исключения действия дифференциального звена в переходных режимах. Если параметр, который продолжает поступать

в регулятор, и в переходном режиме изменяется достаточно быстро, то в результате действия дифференциального звена на выходе регулятора к моменту перехода на «автомат» отрабатывается давление, резко отличающееся от давления на исполнительном механизме, что усложняет наладку регулятора. При подаче команды $P_к$ в камеру *А* открывается сопло C_2, соединяя вход регулятора с камерой *Б* элемента *4*. Благодаря этому при отключении регулятора давление на выходе дифференциального звена равно входному давлению $P_п$.

Настройка времени предварения производится в пределах от 3 *сек* до 10 *мин*, в остальном техническая характеристика регулятора ПР3.25 совпадает с характеристикой регулятора ПР3.21. Габаритные размеры регулятора ПР3.25 совпадают с приведенными на рис. IX.7, *б* (штуцер подвода переменной $P_{пз}$ отсутствует). Расход воздуха 3 *нл/мин*.

Экстремальные регуляторы АРС. *Регулятор АРС-2-О* предназначен для поддержания оптимального режима работы малоинерционного технологического процесса. Прибор учитывает возможные непредвиденные изменения свойств объекта регулирования и, анализируя их, автоматически перестраивает свою работу, поддерживая наивыгоднейшие условия работы объекта. Регулятор работает по принципу «запоминания» экстремума (максимума или минимума).

Поиск экстремума осуществляется непрерывно путем принудительного изменения регулятором входного параметра процесса. Давление P_x (рис. IX.9) на выходе регулятора, возрастая или убывая с постоянной скоростью, воздействует на исполнительный механизм. Это вызывает перемещение регулирующего органа и изменение входного параметра процесса x, пропорциональное выходному давлению регулятора P_x. При изменении входного параметра x (изменении положения регулирующего органа) меняется выходной параметр y, который измеряется и преобразуется пневмодатчиком в пропорциональное ему давление воздуха P_y, поступающее на вход экстремального регулятора.

На рис. IX.9, *а* приведен график работы регулятора при поддержании максимума.

В момент t_1 величина P_y достигает максимального значения $P_{y\,max}$, а при дальнейшем изменении P_x начинает уменьшаться. Когда входной параметр регулятора P_y возрастает, давление в запоминающем устройстве регулятора следит за текущим значением P_y. Как только величина P_y достигнет своего максимального значения, запоминающее устройство фиксирует это давление, и при уменьшении P_y зафиксированное давление остается неизменным. Это давление $P_{y\,max} = P_з$ на другом элементе регулятора сравнивается с текущим значением P_y, и, когда разность $P_з - P_y$ достигнет заданного значения γ (величиной γ определяется зона нечувствительности регулятора), элемент сравнения отработает импульс $P_и$, который поступает на триггер (делитель частоты импульсов). При этом на выходе триггера появляется импульс $P_т$ с частотой вдвое меньшей, чем частота $P_и$. Импульс $P_т$ идет на интегратор, на входе которого после триггера могут быть сформированы два давления $P_т$ и $\overline{P}_т$, принимающие два дискретных значения 0 и 1*, причем если $P_т = 1$, то $\overline{P}_т = 0$, и наоборот. Изменение состояния $P_т$ и $\overline{P}_т$ происходит в момент подачи импульса $P_и$. Когда импульс $P_и$ сбрасывается до 0, давления $P_т$ и $\overline{P}_т$ сохраняют свое

* Под единицей подразумевается давление питания, равное 1,4 *кгс/см*^{2}, 0 — атмосферное давление.

значение до тех пор, пока на триггер снова не поступит $P_u = 1$. На выходе интегратора формируется давление P_x, которое возрастает с постоянной скоростью, если $\overline{P}_T = 1$, и убывает с той же скоростью, если $P_T = 1$.

Давление P_x управляет исполнительным механизмом и через него регулирующим органом. Таким образом, при появлении в приборе импульса P_u

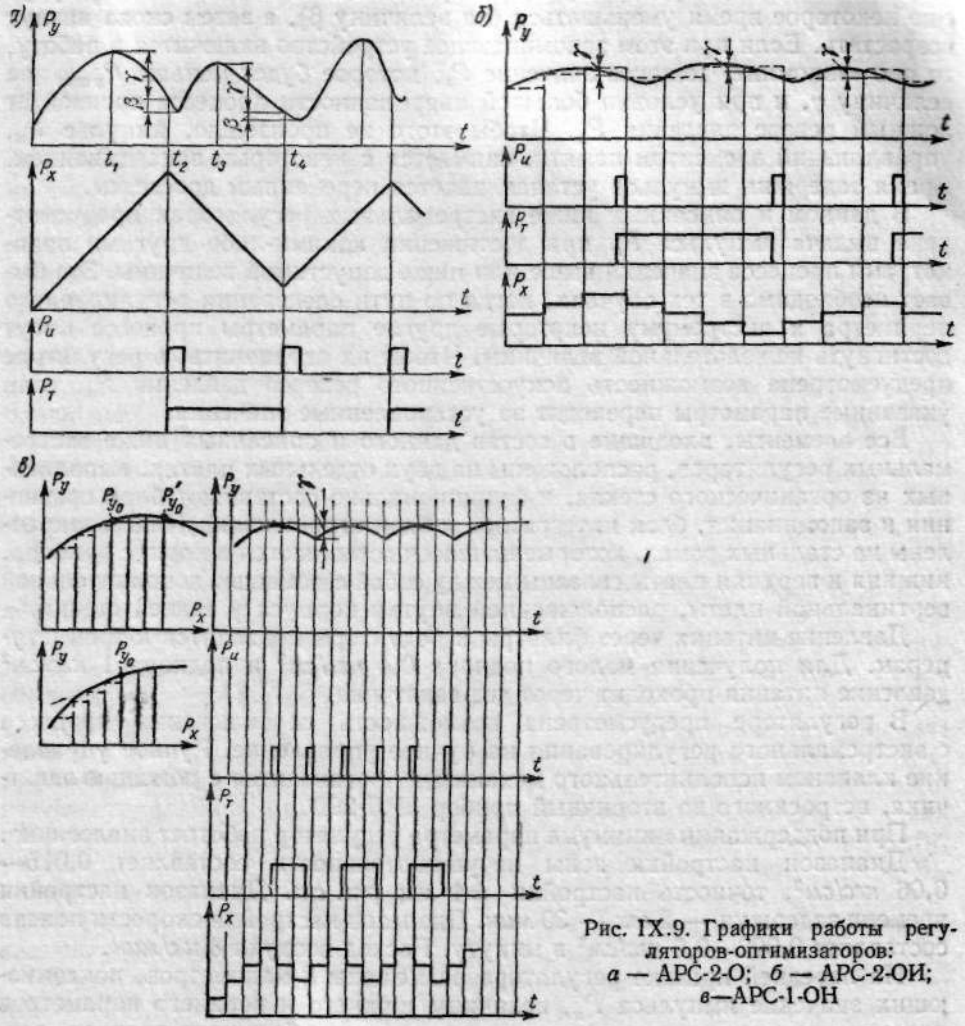


Рис. IX.9. Графики работы регуляторов-оптимизаторов:
а — АРС-2-О; *б* — АРС-2-ОИ; *в*—АРС-1-ОН

осуществляется реверс входной координаты объекта x, т. е. регулирующий орган начинает перемещаться в противоположном направлении до появления следующего импульса P_u. Кроме того, импульс P_u сбрасывает запоминание и, начиная с момента t_2, давление в запоминающем устройстве следит за P_y, пока P_y в момент t_3 не достигнет значения $P_{y\,max2}$, которое останется запомненным до момента t_4. В этот момент опять появится импульс P_u, и произойдет реверс выходной координаты регулятора P_x. Таким образом, регулирующий орган будет совершать перемещения («рыскание») возле положения, обеспечивающего максимально возможное (при данных условиях работы объекта) значение выходного параметра y.

Давление P_x на выходе интегратора возрастает или убывает с постоянной скоростью, что обеспечивает постоянную скорость поиска положения регулирующего органа. Величину скорости можно менять путем соответствующей настройки специального дросселя.

Если объект инерционный, то после реверса его входной координаты x выходная координата y и пропорциональное ей давление P_y будут еще некоторое время уменьшаться (на величину β), а затем снова начнут возрастать. Если при этом запоминающее устройство включится в работу, то оно «запомнит» текущее значение P_y, которое будет меньше $P_{y\,max}$ на величину γ, и при условии большой инерционности процесса произойдет ложный реверс давления P_x. Чтобы этого не произошло, импульс P_u, управляющий элементом памяти, снимается с некоторым запаздыванием. Время задержки импульса устанавливается переменным дросселем.

В данном и описанных ниже экстремальных регуляторах предусмотрена выдача импульса P_u при достижении какими-либо другими параметрами процесса значений выше или ниже допустимой величины. Это бывает необходимо в тех случаях, когда по пути следования регулируемого параметра к экстремуму некоторые другие параметры процесса могут достигнуть нежелательной величины. Чтобы их ограничить, в регуляторе предусмотрена возможность искусственного реверса давления P_x, если указанные параметры переходят за установленные значения.

Все элементы, входящие в состав данного и описанных ниже экстремальных регуляторов, расположены на двух отдельных платах, выполненных из органического стекла, и функционально составляют блок сравнения и запоминания, блок интегратора и блок ограничений. Платы закреплены на стальных рамах, которые на шасси вставляются в корпус прибора, нижняя и верхняя платы связаны между собой с помощью дополнительной вертикальной платы, расположенной внутри корпуса у задней стенки.

Давление питания через фильтры и редукторы подводится к трем штуцерам. Для получения малого подпора 0,4 *кгс/см²* и подпора 1 *кгс/см²* давление питания проходит через два задатчика.

В регуляторе предусмотрена возможность переключения процесса с экстремального регулирования на ручное управление. Ручное управление клапаном исполнительного механизма производится с помощью задатчика, встроенного во вторичный прибор ЗРЛ-29В.

При поддержании минимума параметра регулятор работает аналогично.

Диапазон настройки зоны нечувствительности составляет 0,015—0,06 *кгс/см²*, точность настройки ±4 *мм рт. ст.* Диапазон настройки времени задержки — 2 *сек* — 30 *мин*. Диапазон настройки скорости поиска составляет 0,002—0,6 *кгс/см²* в минуту. Расход воздуха 8 *нл/мин*.

На передней крышке регулятора размещены 8 манометров, показывающих значение импульса P_u, величину нижнего и верхнего параметров ограничения, давление малого подпора, давление большого подпора, давление питания, величины выходного и входного давлений.

Прибор предназначен для щитового монтажа, габаритные размеры его равны 354×240×478 *мм*.

Регулятор АРС-2-ОИ предназначен для поддержания оптимального режима работы технологического процесса, обладающего значительной инерционностью, он учитывает возможные непредвиденные отклонения при протекании процесса и, анализируя их, автоматически перестраивает свою работу, поддерживая наивыгоднейшие условия ведения процесса. Регулятор работает по принципу шагового поиска максимума или минимума регулируемого параметра в зависимости от характера про-

цесса. Поиск экстремума осуществляется скачками путем принудительного изменения регулятором входного параметра технологического процесса. Давление P_x на выходе регулятора, возрастая или убывая на постоянную величину, воздействует на исполнительный механизм. Это вызывает перемещение регулирующего органа и изменение входного параметра x, пропорциональное выходному давлению регулятора P_x. При изменении входной величины x (изменение положения регулирующего органа) принудительно меняется выходной параметр y, который измеряется и преобразуется пневмодатчиком в пропорциональное ему давление воздуха P_y. Давление P_y поступает в качестве входного параметра на экстремальный регулятор.

График работы регулятора при поддержании максимума приведен на рис. IX.9, *б*.

Сжатый воздух давлением P_y поступает на блок импульсного запоминания и сравнения. В этот блок входят генератор и импульсатор, с помощью которых через равные промежутки времени (шаги) к элементу сравнения подается питание, а в элементе памяти за каждый шаг запоминается текущее значение P_y. Зафиксированное за предыдущий шаг давление P_y (зафиксированное давление обозначается $P_з$) сравнивается с текущим значением P_y. Как только давление P_y станет меньше $P_з$ ($P_y \leqslant P_з$ — поиск максимума) или больше $P_з$ ($P_y \geqslant P_з$ — поиск минимума) на величину настроенной зоны нечувствительности γ, элемент сравнения выдает командный сигнал P_u. Этот сигнал поступает на триггер, состоящий из двух дискретных элементов памяти. Выходной сигнал триггера $P_т$ меняет свое значение только тогда, когда на его вход с блока импульсного запоминания и сравнения придет сигнал P_u (параметр достиг экстремума). Триггер управляет блоком интегратора, в который входит звено непрерывной задержки на такт, два повторителя со сдвигом и выключающее реле. Когда выходной сигнал триггера равен 1, включен повторитель с отрицательным сдвигом, а при нулевом сигнале — с положительным. Таким образом, если до смены сигнала триггера к выходному давлению P_x за каждый шаг прибавлялась постоянная величина ΔP_x, то после смены сигнала эта же величина начнет вычитаться из выходного давления, т. е. произойдет реверс выходного давления. В результате регулятор поддерживает экстремальное для заданных условий значение параметра, не давая отклониться ему на величину, превышающую зону нечувствительности.

Для подключения любого командного прибора (например, КЭП-12У), который может быть использован в случае необходимости более точной настройки длительности импульсов, в регуляторе предусмотрен специальный штуцер КЭП.

Диапазон настройки зоны нечувствительности составляет 0,015—0,06 *кгс/см*^{2}, диапазон настройки шага импульсов — 1—60 *мин*, диапазон настройки длительности периода сравнения — 5—60 *сек*, диапазон настройки приращения выходного давления за один шаг — 0,02—0,15 *кгс/см*^{2}. Расход воздуха 10 *нл/мин*.

Габаритные размеры регулятора равны 354×240×478 *мм*.

Автоматический самонастраивающийся импульсный регулятор с недоходом до максимума *АРС-1-ОН* предназначен для поддержания оптимального режима работы технологического процесса. Регулятор учитывает возможные непредвиденные изменения свойств объекта регулирования и, анализируя их, автоматически перестраивает свою работу, поддерживая наивыгоднейший режим технологического процесса. Использование регулятора АРС-1-ОН целесообразно для регулирования инерционных

процессов, которые имеют характеристику со слабо выраженным максимумом или в виде монотонной кривой с убывающим темпом возрастания.

Регулятор АРС-1-ОН работает по принципу шагового поиска максимума регулируемого параметра. Регулятор поддерживает оптимальное значение параметра P_{y_0}, не доходящее до максимума на постоянную величину и расположенное на левой ветви кривой $y = f(x)$ (рис. IX.9, *в*). Поиск максимума осуществляется скачками — к выходному давлению регулятора P_x прибавляется или из него вычитается постоянная величина ΔP_x. Это вызывает перемещение регулирующего органа и изменение входного параметра процесса x, в результате чего меняется и выходной параметр процесса y.

Параметр y измеряется и преобразуется пневмодатчиком в пропорциональные импульсы давления сжатого воздуха P_y, которые подаются на вход регулятора — в элемент памяти непрерывный и на два звена сравнения.

За каждый шаг в элементе памяти запоминается текущее значение P_y. Зафиксированное за предыдущий шаг давление сравнивается с текущим значением P_y.

Когда регулятор включен слева от максимума и к выходному давлению его прибавляется ΔP_x, P_y также увеличивается. При этом величина приращения $(P_y - P_з)$, в силу особенности характеристик процессов, на которых может быть использован регулятор АРС-1-ОН, за равные промежутки времени при приближении P_y к максимуму уменьшается. Когда P_y достигает выбранного оптимального значения, приращение $(P_y - P_з)$ становится достаточно малым и равным величине, на которую настроено первое звено сравнения.

При срабатывании первого звена сравнения регулятор через блок логики выдает импульс P_u на реверс выходного давления P_x. С поступлением сигнала реверса на блок интегратора из текущего значения P_x через равные промежутки времени начинает вычитаться величина ΔP_x, в результате чего входной параметр объекта x и выходной параметр объекта y соответственно уменьшаются. При падении давления P_y на величину установленной зоны нечувствительности срабатывает второе звено сравнения, посылая импульс P_u на реверс выходного давления регулятора P_x. Таким образом, регулятор поддерживает оптимальное для данных условий значение параметра, не давая снизиться ему на величину, превышающую зону нечувствительности.

Если регулятор будет включен в работу на какой-либо точке кривой $P_y = f(P_x)$, расположенной справа от максимума, реверс выходного давления P_x в сторону возрастания благодаря наличию блока логики начнется только после срабатывания второго звена сравнения, что приведет параметр y опять-таки к оптимальному значению, расположенному на левой ветви кривой.

Для подключения любого командного прибора (например, КЭП-12У), который может быть использован в случае необходимости более точной настройки длительности импульсов, в описываемом регуляторе так же, как в регуляторе АРС-2-ОИ, предусмотрен специальный штуцер КЭП.

Зона нечувствительности первого звена сравнения (величина недохода) составляет 0,015—0,06 *кгс/см²* с допустимым отклонением ±4 *мм рт. ст.*; зона нечувствительности второго звена сравнения составляет 0,01—0,06 *кгс/см²* с допустимым отклонением ±4 *мм рт. ст.*; длительность импульса изменяется в пределах 1 *мин*—60 *мин*; длительность

периода сравнения составляет 10—60 *сек*; приращение выходного давления за один шаг составляет 0,02—0,15 *кгс/см²*. Расход воздуха 15 *нл/мин*. Габаритные размеры регулятора равны 354×240×478 *мм*.

2. Функциональные и вычислительные устройства

Прибор простейших алгебраических операций ПФ1.1. Прибор предназначен для осуществления алгебраического сложения трех пневматических сигналов, два из которых со знаком «плюс» и один со знаком «минус»; прибор может быть использован для умножения на два одного сигнала и деления на два одного или суммы двух сигналов.

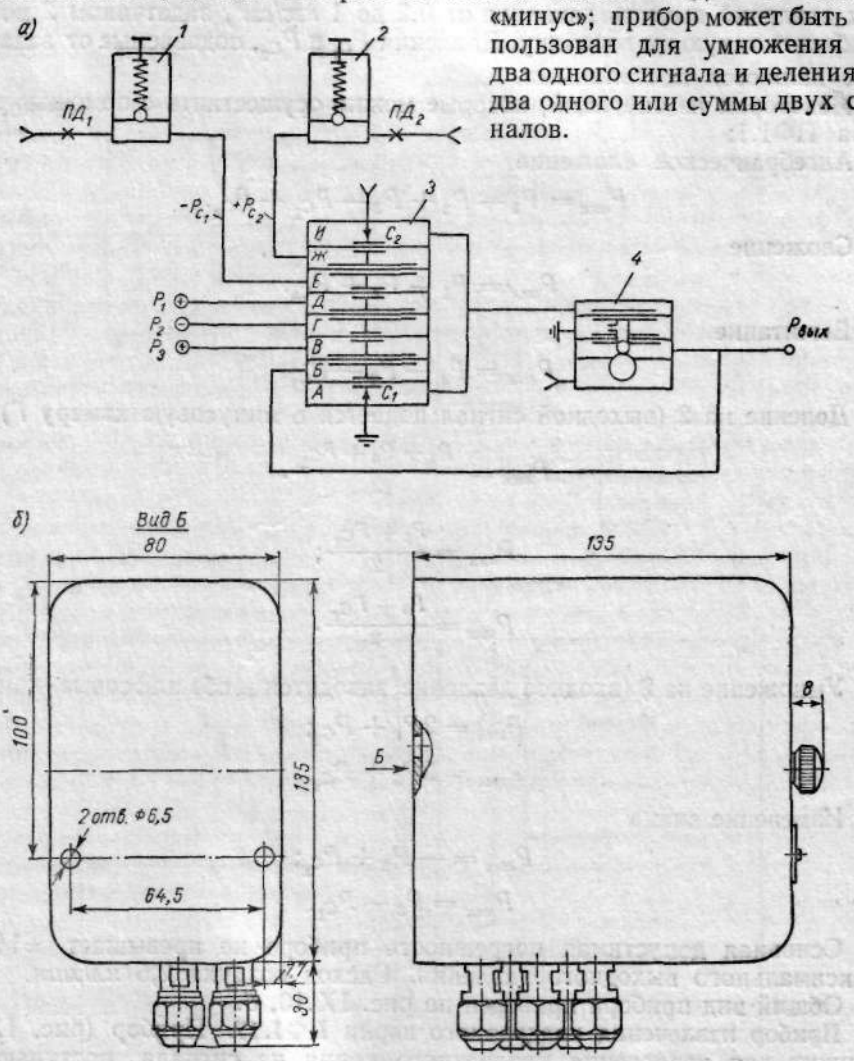


Рис. IX.10. Прибор простейших алгебраических операций ПФ1.1: а — принципиальная схема; б — общий вид

Функции алгебраического сложения пневматических сигналов выполняет элемент *3*, в камеры *В*, *Г*, *Д* которого поступают входные давления P_1, P_2, P_3 от измерительных приборов, а в камеры *Е* и *Ж* давления P_{C_1} и P_{C_2} от задатчиков *1* и *2* (рис. IX.10, *а*).

Развиваемые при этом усилия в зависимости от направления результирующей силы перемещают мембранный узел элемента *3* в сторону либо сопла питания, либо сопла, сообщенного с атмосферой. В результате этого выходное давление элемента *3* меняется. Это давление усиливается по мощности элементом *4* и поступает на выход прибора и в камеру обратной связи *Б*.

Если используются не все камеры элемента *3*, нерабочие штуцера закрываются заглушками. С помощью задатчика *1* можно из суммы подаваемых давлений вычесть давление от 0,2 до 1 *кгс/см²*, задатчиком *2* можно прибавить такую же величину. Давления P_{C_1} и P_{C_2}, подаваемые от задатчиков, являются постоянными.

Некоторые из операций, которые можно осуществить с помощью прибора ПФ1.1:

Алгебраическое сложение

$$P_{вых} = P_1 - P_2 + P_3 - P_{C_1} + P_{C_2}.$$

Сложение

$$P_{вых} = P_1 + P_3 + P_{C_2}.$$

Вычитание

$$P_{вых} = P_1 - P_2 - P_{C_1}.$$

Деление на 2 (выходной сигнал подается в минусовую камеру *Г*)

$$P_{вых} = \frac{P_1 + P_3 + P_{C_2}}{2}.$$

$$P_{вых} = \frac{P_1 + P_{C_2}}{2};$$

$$P_{вых} = \frac{P_3 + P_{C_2}}{2}.$$

Умножение на 2 (входное давление заводится в обе плюсовые камеры)

$$P_{вых} = 2P_1 + P_{C_2};$$

$$P_{вых} = 2P_3 + P_{C_2}.$$

Изменение знака

$$P_{вых} = -P_2 + P_{C_2};$$

$$P_{вых} = P_3 - P_{C_1}.$$

Основная допустимая погрешность прибора не превышает ±1% от максимального выходного давления. Расход воздуха 2,5 *нл/мин*.

Общий вид прибора приведен на рис. IX.10, *б*.

Прибор извлечения квадратного корня ПФ1.17. Прибор (рис. IX.11) служит для извлечения квадратного корня из сигнала, поступающего на его вход. Принцип действия прибора основан на реализации параболической зависимости вида $P_{вых} = \sqrt{0{,}8\,(P_{вх} - 0{,}2)} + 0{,}2$ между входным и выходным сигналами путем аппроксимации кривой тремя отрезками прямых линий, что для рабочего диапазона входных давлений (0,3—1 *кгс/см²*) обеспечивает необходимую точность работы прибора ±1%. В соответствии с этим в прибор включено три сдвигающих элемента и два дроссельных узла. С помощью сдвигающих элементов определяются

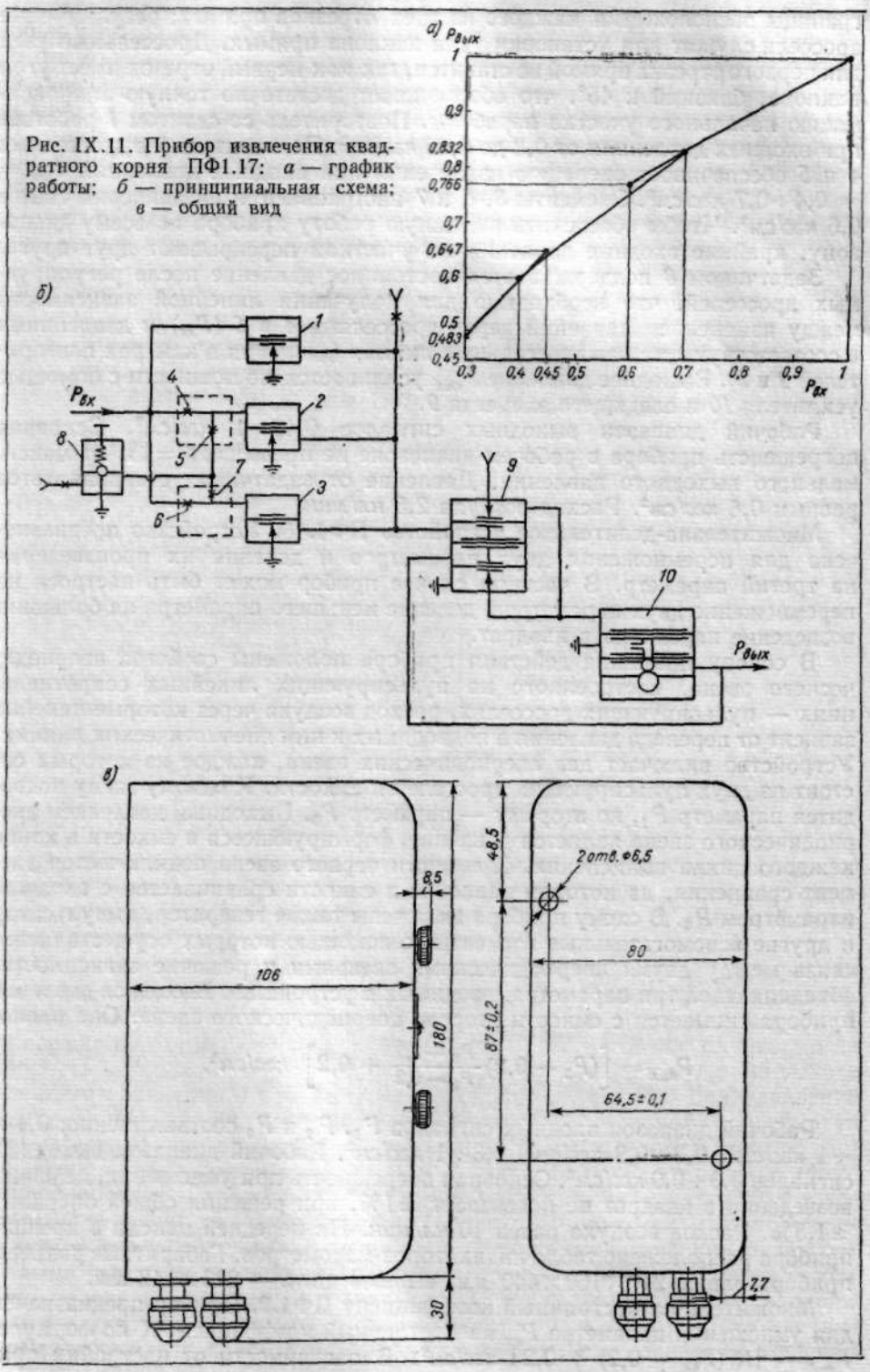


Рис. IX.11. Прибор извлечения квадратного корня ПФ1.17: *а* — график работы; *б* — принципиальная схема; *в* — общий вид

границы расположения каждого из трех отрезков прямых; регулируемые дроссели служат для установки угла наклона прямых. Дроссельный узел для первого отрезка прямой не ставится, так как первый отрезок имеет угол наклона, близкий к 45°, что обеспечивает достаточно точную аппроксимацию начального участка параболы. Повторитель со сдвигом *1* работает при входных давлениях от 0,3 до 0,45 *кгс/см²*. Повторитель *2* с дросселями *4* и *5* обеспечивает операцию извлечения при входных давлениях $P_{вх} = 0{,}4 \div 0{,}7$ *кгс/см²*. Элементы *3*, *6* и *7* настраиваются на давления свыше 0,6 *кгс/см²*. Чтобы обеспечить надежную работу прибора по всему диапазону, крайние входные давления по участкам перекрывают друг друга.

Задатчиком *8* поддерживается постоянное давление после регулируемых дросселей, что необходимо для получения линейной зависимости между изменением давлений перед дросселями *4* и *6* ($P_{вх}$) и давлениями в соответствующих междроссельных линиях (давления в камерах повторителей *2* и *3*). Выходное давление $P_{вых}$ усиливается по мощности с помощью усилителя *10* и следящего элемента *9*.

Рабочий диапазон выходных сигналов 0,48—1 *кгс/см²*. Основная погрешность прибора в рабочем диапазоне не превышает ±1% от максимального выходного давления. Давление от задатчика устанавливается равным 0,6 *кгс/см²*. Расход воздуха 2,5 *нл/мин*.

Множительно-делительное устройство ПФ1.18. Устройство предназначено для перемножения двух параметров и деления их произведения на третий параметр. В частном случае прибор может быть настроен на перемножение двух параметров, деление меньшего параметра на больший, возведение параметра в квадрат.

В основу принципа действия прибора положены свойства апериодического звена, построенного на пульсирующих линейных сопротивлениях — пульсирующих дросселях, расход воздуха через которые линейно зависит от перепада давления в подводимых к ним пневматических линиях. Устройство включает два апериодических звена, каждое из которых состоит из двух пульсирующих дросселей и емкости. К одному звену подводится параметр P_1, ко второму — параметр P_3. Выходным давлением апериодического звена является давление, формирующееся в емкости в конце каждого цикла вычисления. К емкости первого звена подключается элемент сравнения, на котором давление в емкости сравнивается с входным параметром P_2. В схему прибора включены также генератор, импульсатор и другие вспомогательные элементы, с помощью которых осуществляется связь между двумя апериодическими звеньями и решение зависимости, объединяющей три параметра, вводимых в устройство. Выходное давление прибора снимается с емкости второго апериодического звена. Оно равно:

$$P_{вых} = \left[(P_3 - 0{,}2)\frac{P_2 - 0{,}2}{P_1 - 0{,}2} + 0{,}2\right] \text{ кгс/см}^2.$$

Рабочий диапазон входных сигналов P_1, P_2 и P_3 соответственно: $0{,}4 \div 1$ *кгс/см²*, $0{,}3 \div 0{,}9$ *кгс/см²*, $0{,}3 \div 1$ *кгс/см²*. Рабочий диапазон выходных сигналов $0{,}3 \div 0{,}9$ *кгс/см²*. Основная погрешность при умножении, делении, возведении в квадрат не превышает ±1%, при решении общей операции ±1,5%. Расход воздуха равен 13 *нл/мин*. На передней панели в крышке прибора расположено табло индикаторов-манометров. Габаритные размеры прибора равны 240×160×440 *мм*, вырез в щите — 223×142 *мм*.

Множитель на постоянный коэффициент ПФ1.9. Прибор предназначен для умножения параметра $P_{вх}$ на постоянный коэффициент K по формуле: $P_{вых} = [K(P_{вх} - 0{,}2) + 0{,}2]$ *кгс/см²*. В зависимости от настройки при-

бора K может быть больше или меньше 1 и принимать любые значения в пределах от 0,2 до 0,9 и от 1,1 до 5.

В схеме прибора использован принцип пульсирующего дросселирования, благодаря которому осуществляется строго линейная зависимость между расходом сжатого воздуха и перепадом давлений. Пульсирующее дросселирование осуществляется двумя пульсирующими дросселями и двумя емкостями. Команда в систему подается от генератора импульсов. Рабочий диапазон входных и выходных сигналов 0,3—0,9 *кгс/см²*, основная допустимая погрешность ±1%, расход воздуха равен 6 *нл/мин*. Габаритные размеры прибора равны 182×81×196 *мм*.

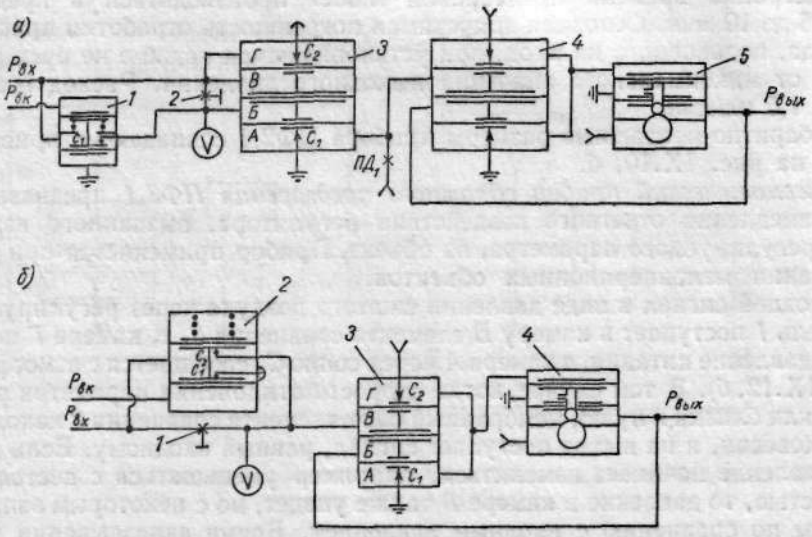


Рис. IX.12. Принципиальная схема приборов прямого и обратного предварения: *а* — ПФ2.1; *б* — ПФ3.1

Приборы прямого и обратного предварения. *Пневматический прибор прямого предварения ПФ2.1* предназначен для введения в цепь регулирования воздействия по скорости отклонения параметра от заданной величины.

Входной сигнал в виде давления сжатого воздуха (от регулятора или датчика) поступает непосредственно в камеры *В* и *Г* элемента сравнения *3*, а через регулируемый дроссель *2* — в камеру *Б*. Выходная камера *А* включена по схеме следящей системы (рис. IX.12, *а*). В том случае, когда скорость отклонения параметра равна нулю или близка к нулю, на выходе элемента сравнения *3* отслеживается входной сигнал $P_{вх}$. Если давление начинает изменяться, например увеличиваться с постоянной скоростью, то суммарное усилие на мембранах в камерах *В* и *Г* окажется больше, чем усилие на мембранах в камерах *Б* и *А*, так как перед камерой *Б* стоит сопротивление — дроссель *2*. Вследствие этого сопло C_1 закроется и в камере *А* давление резко увеличится. На выходе получится сигнал, опережающий давление, подаваемое на вход. Величина опережения будет тем больше, чем больше скорость изменения давления на входе блока и чем меньше открыт дроссель предварения *2*. Настройка величины времени опережения, или предварения, производится вращением головки регулируемого дросселя предварения *2*. С выхода элемента сравнения *3* сигнал

поступает на вход усилителя, который состоит из элемента *4* и усилителя мощности *5*. Элемент сравнения *4* предназначен для снятия погрешности усилителя.

Выключающее реле *1* предназначено для отключения прибора. При давлении команды $P_{вк} = 0$ сопло C_1 закрыто, и воздух в камеру *Б* поступает через дроссель предварения. Чтобы отключить прибор, подается командное давление $P_{вк}$, сопло C_1 при этом открывается и входной сигнал $P_{вх}$ непосредственно поступает в камеру *Б*. В этом случае все три входных сигнала, поступающие на элемент сравнения *3*, равны между собой, и на выходе будет отслеживаться давление, равное входному.

Настройка времени предварения может производиться в пределах от 0,05 до 10 *мин*. Основная допустимая погрешность отработки прибором сигнала, подаваемого на вход, при установившемся режиме не превышает ±1% от максимального значения выходного давления. Расход воздуха равен 1,5 *нл/мин*.

Габаритно-монтажные размеры прибора ПФ2.1 совпадают с приведенными на рис. IX.10, *б*.

Пневматический прибор обратного предварения ПФ3.1 предназначен для замедления ответного воздействия регулятора, вызванного изменением регулируемого параметра, на объект. Прибор применяется при регулировании малоинерционных объектов.

Входной сигнал в виде давления сжатого воздуха через регулируемый дроссель *1* поступает в камеру *В* элемента сравнения *3*. К камере *Г* подводится давление питания, а камера *А* через сопло C_1 сообщается с атмосферой (рис. IX.12, *б*). В том случае, когда скорость отклонения параметра равна нулю или близка к нулю, мембранный блок элемента сравнения *3* находится в равновесии, и на выход поступает сигнал, равный входному. Если входное давление начинает изменяться, например уменьшаться с постоянной скоростью, то давление в камере *В* также упадет, но с некоторым запаздыванием по сравнению с входным давлением. Время запаздывания будет зависеть от скорости изменения давления на входе и от степени открытия дросселя предварения. Настройка величины времени запаздывания производится посредством вращения головки регулируемого дросселя *1*.

Выключающее реле *2* предназначено для отключения блока предварения. Чтобы отключить прибор, подается командное давление $P_{вк}$, сопло C_2 при этом открывается, и входной сигнал $P_{вх}$ через сопло C_2 непосредственно поступает в камеру *В*. Элемент *4* усиливает выходной сигнал по мощности.

Техническая характеристика прибора ПФ3.1 совпадает с характеристикой прибора ПФ2.1, а габаритно-монтажные размеры — с приведенными на рис. IX.10, *б*. Расход воздуха равен 1 *нл/мин*.

Прибор селектирования большего или меньшего сигнала ПФ4/5.1. Прибор предназначен для сравнения двух пневматических сигналов и выдачи сигнала, равного большему или меньшему из них в зависимости от настройки прибора.

На вход прибора (рис. IX.13) подаются два рабочих давления P_1 и P_2. Давление P_1 поступает в камеру *В* элемента *1* и к соплу C_2 элемента *2*, давление P_2 — в камеру *Б* элемента *1* и к соплу C_1 элемента *2*. В случае селектирования большего сигнала соединены *2* и *3*, *1* и *4* каналы переключателя. При этом давление от элемента сравнения *1* из линии P_a проходит в камеру *В* элемента *2*, а в камеру *Б* этого элемента подается постоянное давление подпора 0,6 *кгс/см²*, которое устанавливается с помощью задатчика *5*. Если давление P_1 больше, чем P_2, то линия P_a и камера *В* элемента *2*

через открывшееся сопло C_2 элемента *1* соединяется с линией питания. Сопло C_2 элемента *2* открывается, и давление P_1 через звено усиления, состоящее из элемента сравнения *3* и усилителя мощности *4*, поступает на выход прибора.

Основная допустимая погрешность сравнения входных сигналов (максимальное рассогласование) не превышает ±1% максимального значения выходного сигнала. Основная допустимая погрешность отработки входного сигнала на выходе (повторение) не превышает ±0,5% максимального значения выходного сигнала. Расход воздуха равен 3,5 *нл/мин*.

Габаритные размеры прибора соответствуют приведенным на рис. IX.11, *в*.

Усилитель мощности ПП1.5. Усилитель предназначен для усиления мощности пневматического сигнала.

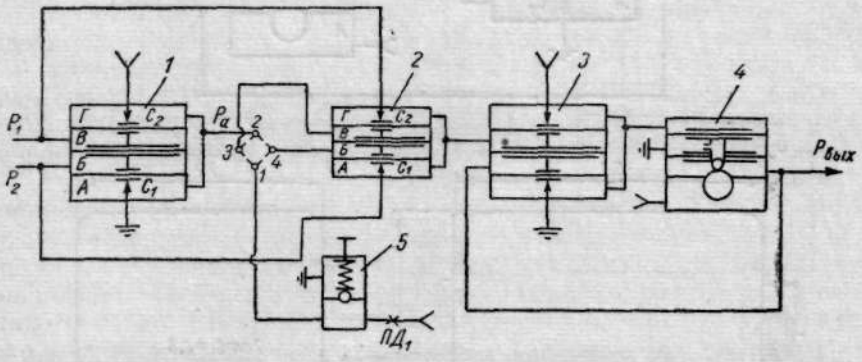


Рис. IX.13. Принципиальная схема прибора селектирования большего или меньшего сигнала ПФ4/5.1

Функции усилителя мощности выполняет элемент *2*, соединенный с источником питания (рис. IX.14, *а*). На его выходе отрабатывается давление, равное давлению, поступающему на вход, но усиленное по мощности. Давление в камере *Г* этого элемента действует на мембранный узел, который, прогибаясь, открывает шариковый клапан, сообщая выходную камеру *Б* с источником питания. Ввиду равенства площадей мембран в камере *Б* формируется давление, равное давлению в камере *Г*. Усилитель *2* не имеет регулируемых устройств и поэтому дает значительную статическую погрешность. Чтобы снять ее, в схему прибора включен точный элемент сравнения *1*, сопла которого регулируются.

Входное давление подается в плюсовую камеру *В* элемента *1*, а выходное давление с усилителя поступает в камеру *Б* этого же элемента. Элемент сравнения находится в равновесии только в случае равенства этих давлений. Если $P_{вх}$ изменяется, например увеличивается, мембранный узел *1* перемещается в сторону сопла C_1, прикрывая его и открывая сопло C_2, сообщающееся с линией питания. При этом выходное давление элемента *1* увеличивается и, усиливаясь по мощности на элементе *2*, поступает на выход прибора и в камеру *Б* элемента сравнения *1*.

Основная допустимая погрешность прибора не превышает ±0,5% от максимального выходного давления. Общий вид усилителя мощности приведен на рис. IX.14, *б*. Расход воздуха 1,5 *нл/мин*.

Прибор ограничения сигналов ПП11.1. Прибор предназначен для ограничения пневматических сигналов по максимуму или минимуму.

В случае настройки на ограничение максимума (рис. IX.15) соединяются каналы переключателя *1—3* и *2—4*. Входной сигнал $P_{вх}$ поступает в камеру *В* элемента сравнения *2* и одновременно к соплу C_2 реле *3*. В камеру *В* этого реле заводится давление подпора, устанавливаемое задатчиком *4*. Если входное давление меньше давления задания $P_{зд}$, устанавливаемого задатчиком *1*, то мембранный блок элемента сравнения *2* закрывает сопло C_2, камера *Б* элемента *3* сообщается с атмосферой, и вход-

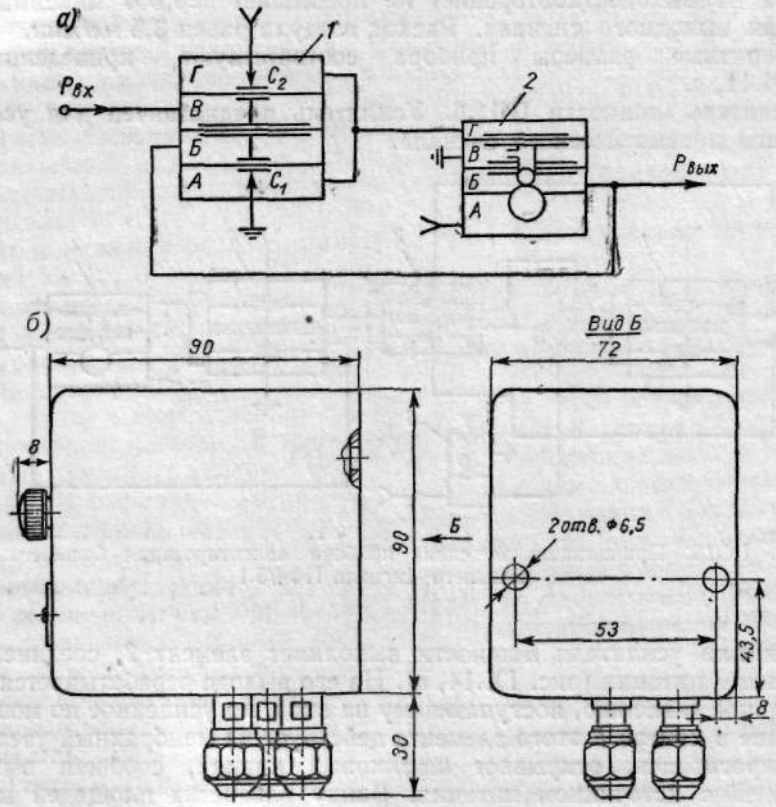


Рис. IX.14. Усилитель мощности ПП1.5: *а* — принципиальная схема; *б* — общий вид

ное давление $P_{вх}$ проходит на выход прибора. При превышении входным давлением давления задания на выходе элемента сравнения *2* и в камере *Б* элемента *3* появится давление питания, под действием которого мембранный блок элемента *3* закрывает сопло C_2 и «отсечет» входное давление. На выходе элемента *3* отрабатывается максимальное значение сигнала, равное давлению задания.

При настройке прибора на минимум соединены каналы переключателя *2—3* и *1—4*, и давление подпора подается в камеру *Б* реле *3*. Если входное давление остается меньше давления задания, то выходной сигнал равен давлению задания. Как только входное давление превысит давление задания, на выход пройдет сигнал, равный входному.

С выхода элемента *3* сигнал поступает в каскад усиления, состоящий из элемента сравнения *5* и усилителя мощности *6*.

Настройка величины ограничения сигнала изменяется в диапазоне: по максимуму от 0,5 до 1 *кгс/см²*, по минимуму от 0,7 до 0,2 *кгс/см²*. Давление подпора составляет 0,6 *кгс/см²*. Основная погрешность ограничения сигнала по максимуму и минимуму не должна превышать ±1% от максимального значения выходного сигнала. Расход воздуха равен 3,5 *нл/мин*.

Габаритно-монтажные размеры прибора соответствуют приведенным на рис. IX.11, *в*.

Устройства многоточечные обегающие. *Устройство обегающее УМО-8* предназначено для управления блоком клапанов путем выдачи через равные промежутки времени дискретных пневматических сигналов по заданному числу каналов в пределах 8. Блок клапанов может быть включен в линию «датчики — вторичный прибор», когда необходим многократный контроль параметров с использованием одного вторичного прибора,

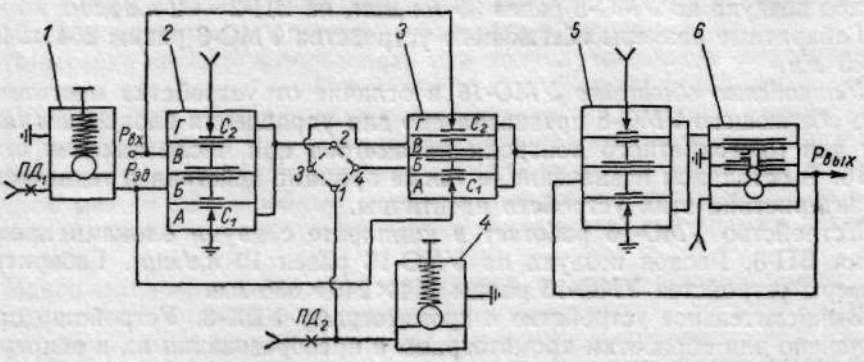


Рис. IX.15. Принципиальная схема прибора ограничения сигналов ПП11.1

а также может быть применен в других случаях, где требуется поочередное подключение до восьми приборов к какому-либо одному пневматическому устройству.

Все элементы обегающего устройства смонтированы на двух платах, выполненных из органического стекла, и функционально составляют блок управления, блок счета, блок дешифратора с индикатором и блок предварения БП-8. Блок управления служит для включения обегающего устройства, смены режимов его работы, изменения настройки времени цикла обегания и выдачи дискретных сигналов 1 и 0 на блок счета. Последний состоит из трех триггерных счетчиков, с помощью которых в двоичном коде зашифровываются восемь чисел — от 0 до 7. Сигналы с блока счета поступают на блок дешифратора с индикатором, который расшифровывает двоичный код в десятичный и выдает командные сигналы на блок клапанов. Для указания номера канала, включенного в данный момент, в блок встроены индикатор и 7 задатчиков. Индикатор, в качестве которого используется манометр МТК-100, оттарирован на 8 определенных давлений, соответствующих порядковому номеру обегаемой точки.

Помимо автоматического обегания, устройство с помощью кнопки «Стоп» может работать в стоп-режиме, при котором контролируется только один канал. Кнопкой «Вызов» можно вручную подключить к вторичному прибору любой из восьми датчиков на требуемое время. Проверка правильности работы обегающего устройства и перевод его в исходное положение производятся кнопкой «Контроль».

Обегающее устройство комплектуется с блоком предварения БП-8, который предотвращает запаздывание на трассе «УМО-8-клапан» и исключает

возможность совмещения командных сигналов. Блок предварения выполнен в отдельном корпусе и состоит из 8 самостоятельных звеньев, каждое из которых соединяет один выход дешифратора и один вход на блоке клапанов. Выходной сигнал от каждого датчика проходит на вторичный прибор через соответствующий клапан блока клапанов. Обегающее устройство через блок предварения в определенные моменты времени поочередно выдает дискретные пневматические сигналы 1 и 0, которые управляют работой клапанов, соединяющих датчики со вторичным прибором.

Время шага импульса настраивается в пределах от 30 *сек* до 5 *мин*. Время задержки, т. е. время, необходимое для гарантированной установки триггера в исходное положение, настраивается в пределах 60—70% от величины времени шага импульса. Длина пневматической трассы от УМО-8 до БП-8 не более 300 *м*, от БП-8 до блока клапанов не более 3 *м*. Расход воздуха на УМО-8 равен 35 *нл/мин*, на БП-2 — 2 *нл/мин*.

Габаритные размеры обегающего устройства УМО-8 равны 354×240× ×535 *мм*.

Устройство обегающее УМО-16 в отличие от устройства многоточечного обегающего УМО-8 предназначено для управления блоком клапанов или для многократного контроля параметров при числе каналов от 10 до 16. В остальном назначение, а также принцип действия и техническая характеристика этих устройств идентичны.

Устройство УМО-16 работает в комплекте с двумя блоками предварения БП-8. Расход воздуха на УМО-16 равен 10 *нл/мин*. Габаритные размеры устройства УМО-16 равны 354×240×535 *мм*.

Вычислительное устройство к хроматографу УВХ-8. Устройство предназначено для обработки хроматограмм и преобразования их в непрерывные пневматические сигналы, по величине пропорциональные процентному содержанию ключевых компонентов анализируемого продукта. Вычислительное устройство выполнено в виде пневматической приставки к хроматографу. Приставкой УВХ-8 обрабатываются хроматограммы не более чем 8-компонентной смеси, из которой может быть выбрано не более 3 любых ключевых компонентов.

Все элементы вычислительного устройства смонтированы на платах и функционально составляют блок импульсов, блок счета, командный блок, блок запоминания максимума, блок клапанов и выхода ключевых компонентов, блок поворота крана и блок имитации исчезнувших пик.

Результаты измерений хроматографа записываются в виде хроматограммы. Площадь каждого пика соответствует концентрации одного определенного компонента смеси. С достаточной точностью концентрацию компонента можно вычислить по высоте пика. Пневмопреобразователь, встроенный во вторичный прибор хроматографа, выдает непрерывные пневматические сигналы, пропорциональные высоте пик. Эти сигналы поступают на вычислительное устройство УВХ-8. Блок запоминания максимума УВХ-8 поочередно, в том же порядке, что и на хроматограмме, запоминает максимальные сигналы, пропорциональные концентрации каждого компонента анализируемой пробы.

На выход устройства поступают сигналы, соответствующие только 3 ключевым компонентам смеси. Отбор нужных компонентов производится с помощью триггерного счетчика, дешифратора и командного блока. Дешифратор имеет 8 выходных элементов (по числу возможных компонентов в смеси). Порядковый номер каждого элемента соответствует номеру компонента на хроматограмме. Для того чтобы на выходе дешифратора получить восемь чередующихся сигналов 1, с триггерного счетчика

отбираются три таких импульса, совокупность которых за каждый шаг представляет в двоичном коде одно из восьми чисел от 0 до 7. При появлении на хроматограмме очередного пика в момент t_1 соответствующий ему элемент дешифратора выдает на клапан дискретный сигнал 1. В момент t_2 командный блок посылает на клапан второй дискретный сигнал 1.

Вычислительное устройство имеет три выхода и соответственно 3 клапана, управляющих блоком выхода. Клапаны подсоединяются к тем из 8 элементов дешифратора, которые имеют номера ключевых компонентов. Четвертый клапан передает команду на блок поворота пробоотборного крана.

Когда оба сигнала поступят на клапан, выход приставки соединится с блоком запоминания максимума. При этом на выходе установится давление, пропорциональное концентрации ключевого компонента в анализируемой пробе. Это давление будет сохраняться на выходе до изменения значения концентрации данного компонента в газовой смеси.

Приставку можно использовать и в том случае, когда концентрация одного или двух (как ключевых так и неключевых) компонентов равна нулю или настолько мала, что соответствующее им давление меньше величины уровня отсчета. Для этого служит блок имитации исчезнувших пик.

Кроме описанных блоков, в схему УВХ-8 включена кнопка, с помощью которой можно дать пробный ускоренный пробег всего цикла, что необходимо для проверки работы приставки и для установки крана в исходное положение.

Максимальное количество компонентов в анализируемой смеси — 8; максимальное количество ключевых компонентов — 3; максимальное число компонентов с малыми пиками (ниже нулевого уровня) — 2. Основная погрешность прибора, выраженная в процентах от максимальной величины входного сигнала, не превышает $\pm 1{,}5\%$. Зона нечувствительности не превышает 10 *мм рт. ст.* Время цикла работы вычислительного устройства — до 30 *мин.* В течение одного цикла работы окружающая температура должна поддерживаться постоянной с точностью до $\pm 1^\circ$ С.

Габаритные размеры вычислительного устройства УВХ-8 равны $354 \times 240 \times 535$ *мм.*

§ 3. АГРЕГАТНАЯ УНИФИЦИРОВАННАЯ СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ И РЕГУЛИРОВАНИЯ (АУС)

Приборы и блоки агрегатной унифицированной системы АУС предназначены для комплексной автоматизации производственных процессов в различных отраслях промышленности. Они являются аппаратами универсального назначения и могут применяться для контроля и автоматического регулирования различных технологических параметров: давления, расхода, уровня, температуры и др. Агрегатный принцип построения систем и унификация входных и выходных параметров позволяют из сравнительно небольшого числа стандартных взаимосочетаемых блоков компоновать различные схемы регулирования. Рабочий диапазон давления воздуха в агрегатной унифицированной системе равен 0,2—1 *кгс/см*^{2}, питание блоков осуществляется очищенным от пыли, масла и влаги воздухом давлением 1,4 *кгс/см*^{2}.

Конструктивно блоки выполнены в виде цилиндров, состоящих из набора шайб, которые стянуты между собой шпильками и гайками. Шайбы отделены друг от друга гибкими мембранами, образующими внутренние камеры блоков. Для сообщения между камерами в шайбах просверлены

каналы. Система обеспечивает передачу сигналов на расстояние по трассе до 300 *м* при внутреннем диаметре воздухопровода 6 *мм*. При этом переходное запаздывание не превышает 20—25 *сек*.

Блоки АУС, кроме блока функционального БФ-2, выпускаются Усть-Каменогорским заводом приборов автоматики и Кировабадским приборостроительным заводом. Кировабадским заводом выпускаются блоки общепромышленного назначения и с герметизированной внутренней системой, последние могут работать при температуре окружающей среды от —50° до +50° С. Блоки выпускаются в металлическом и пластмассовом исполнении, последние обозначаются буквой «П» в конце индекса. Блок функциональный БФ-2 выпускается заводом «Тизприбор», Москва.*

1. Регулирующие блоки

Регулирующие блоки типов ПР3.6 и ПР3.5. Принципиальная схема блока ПР3.6 приведена на рис. IX.16, *а*. Сжатый воздух из линии питания поступает в камеру *А* и через постоянные дроссели *3* и *22* — в камеры *Г* и *Л*. Из камеры *А* сжатый воздух при открытом шариковом клапане проходит в камеру *Б*, в линию обратных связей и через сопло *20* — в камеру *Н* на выход блока и в линию изодрома. Камера *В* ограничена мембранами *8* и *9*, на которых закреплено сопло *7*, управляющее шариковым клапаном. Величина открытия этого клапана определяется положением шарика *5*, который пружиной *4* прижимается к седлу клапана. Сопло *7* имеет два взаимно перпендикулярных отверстия, которые предназначены для вывода воздуха в камеру *В*, сообщающуюся с атмосферой. При падении давления в камере *Г* сопло *7* под действием пружины *6* отходит от шарика *5*, и камера *Б* через сопло и камеру *В* также сообщается с атмосферой.

В камеру *Д* отрицательной обратной связи сжатый воздух поступает из линии обратных связей и из сопла *10*. Над камерой *Д* расположены камеры *Е* и *Ж*, разделенные гибкими мембранами *11*, *12*, *13*, *14* и *15*. Эти мембраны соединены общим стержнем *2*, нижний конец которого служит заслонкой сопла *10*. В камеру *Е* подается давление от измерительного блока, а в камеру *Ж* — от дистанционного задатчика. В камеру *К* положительной обратной связи воздух поступает через регулируемый дроссель *16* из линии обратной связи и через постоянный дроссель *1* из камеры *Л*. Над камерами изодрома *Л* и *М* расположены камеры *Н*, *О* и *П* выключающего реле. В камеру *П* от переключателя вторичного прибора при ручном управлении процессом подается сжатый воздух давлением 1,4 *кгс/см*^{2}. При этом мембрана *19* перекрывает сопло *20*, благодаря чему регулирующий блок отключается от исполнительного механизма.

Если величина регулируемого параметра станет больше заданной, то стержень *2* переместится вниз и прикроет сопло *10*, вследствие чего давление в камере *Г* увеличится, мембраны *8* и *9* прогнутся и переместят сопло *7* вниз. Последнее откроет шариковый клапан, и сжатый воздух из камеры *А* начнет поступать в камеру *Б*, а оттуда в линию обратной связи и на выход блока. Под действием давления в камере обратной связи *Д* стержень *2* отодвинется от сопла *10* и вернется в первоначальное положение, при этом давление в камере *Г* уменьшится, сопло *7* вернется в первоначальное положение, шарик *5* прикроет отверстие для выпуска воздуха и на выходе блока установится давление, пропорциональное изменившейся величине регулируемого параметра, а также величине выбранной степени

* Вторичные приборы АУС описаны в § 6 настоящей главы, пневмоэлектропреобразователи — в главе X.

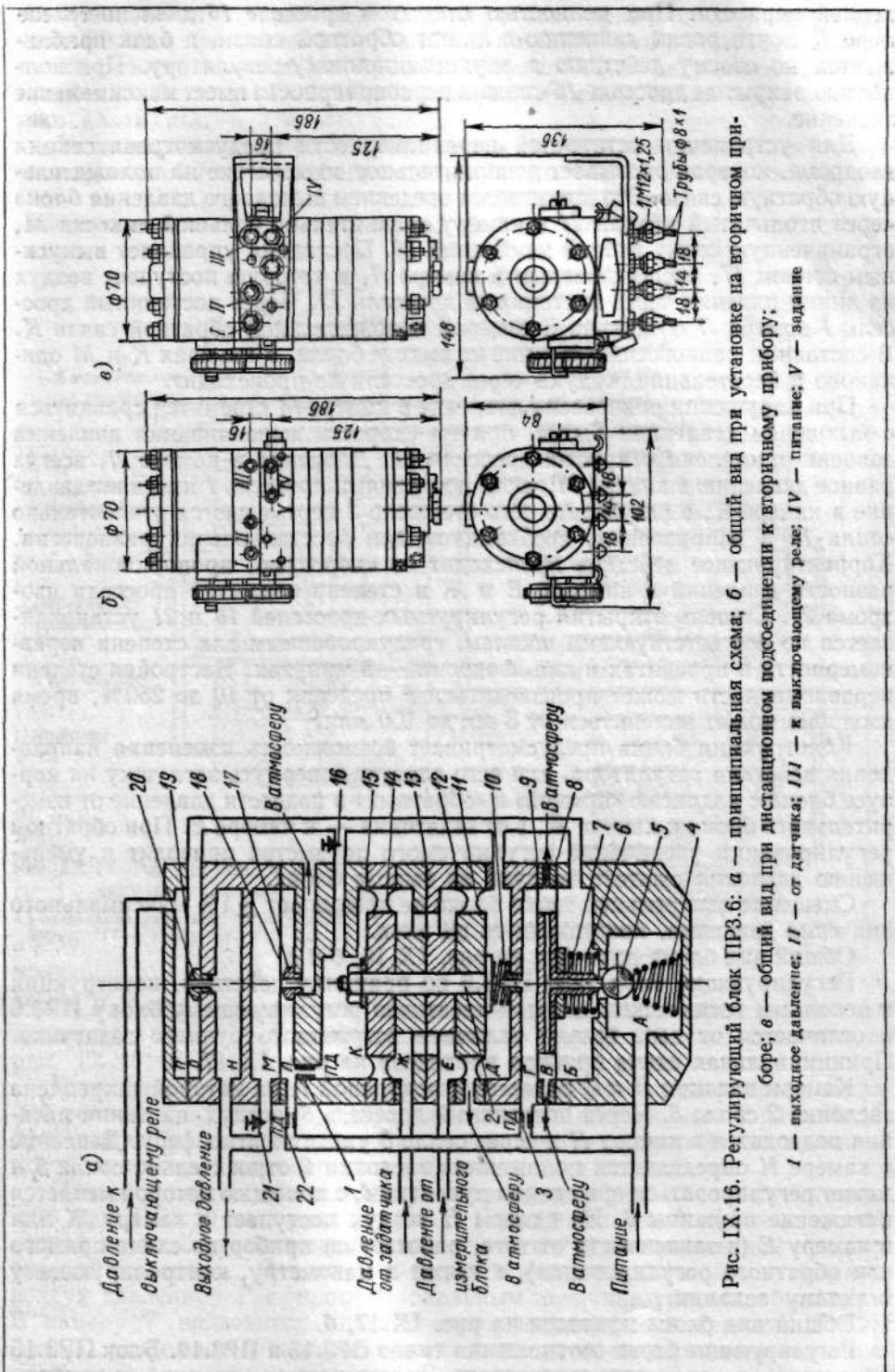


Рис. IX.16. Регулирующий блок ПР3.6: *а* — принципиальная схема; *б* — общий вид при установке на вторичном приборе; *в* — общий вид при дистанционном подсоединении к вторичному прибору;
I — выходное давление; *II* — от датчика; *III* — к выключающему реле; *IV* — питание; *V* — задание

неравномерности. При полностью открытом дросселе *16* давление в камере *К* почти равно давлению в линии обратной связи, и блок приближается по своему действию к двухпозиционному регулятору. При полностью закрытом дросселе *16* степень неравномерности имеет максимальное значение.

Для устранения остаточной неравномерности предусмотрена секция изодрома, которая оказывает дополнительное воздействие на положительную обратную связь. Это достигается введением выходного давления блока через игольчатый клапан *21* в камеру сравнительно большой емкости *М*, ограниченную снизу гибкой мембраной *18*. Последняя управляет выпускным соплом *17*, расположенным в камере *Л*, в которую поступает воздух из линии питания через постоянный дроссель *22*. Через постоянный дроссель *1* камера *Л* соединена с камерой положительной обратной связи *К*. В состоянии равновесия давление на выходе блока, в камерах *К* и *М* одинаково и перетекание воздуха через дроссели не происходит.

При нарушении равновесия давление в камере *М* стремится сравняться с выходным давлением блока, причем скорость выравнивания давлений зависит от степени открытия дросселя *21*. Давление в камере *Л*, всегда равное давлению в камере *М*, через постоянный дроссель *1* изменяет давление в камере *К*, в результате чего стержень *2* перемещается относительно сопла *10* в направлении, необходимом для восстановления равновесия. Корректирующее действие происходит со скоростью, пропорциональной разности давлений в камерах *Е* и *Ж* и степени открытия дросселя изодрома *21*. Степень открытия регулируемых дросселей *16* и *21* устанавливается по соответствующим шкалам, градуированным для степени неравномерности в процентах и для изодрома — в минутах. Настройка степени неравномерности может производиться в пределах от 10 до 250%, время изодрома может изменяться от 3 *сек* до 100 *мин*.

Конструкция блока предусматривает возможность изменения направления действия регулятора, для чего следует повернуть заглушку на корпусе блока с надписью «прямой» и «обратный» и подвести давление от измерительного блока к камере *Ж*, а от задатчика — к камере *Е*. При обратном регулировании увеличение регулируемого параметра приводит к уменьшению давления сжатого воздуха на выходе блока.

Смещение контрольной точки блока не превышает $\pm 1\%$ максимального значения давления, поступающего на вход.

Общий вид блока приведен на рис. IX.16, *б* и *в*.

Регулирующий блок типа ПР3.5 по принципу действия, конструкции и основным техническим данным идентичен регулирующему блоку ПР3.6 и отличается от него только наличием встроенного ручного задатчика. Принципиальная схема прибора приведена на рис. IX.17, *а*.

Камеры задания *Н* и *О* разделены мембраной *1*, на которой закреплена заслонка *2* сопла *5*. Через постоянный дроссель *6* воздух из линии питания подводится в камеру *Н* и через сопло *5* уходит в атмосферу. Давление в камере *Н* определяется положением заслонки *2* относительно сопла *5* и может регулироваться вращением рукоятки *4*, с помощью которой меняется натяжение пружины *3*. Из камеры *Н* воздух поступает в камеру *Ж* или в камеру *Е* (в зависимости от того, работает ли прибор по схеме прямого или обратного регулирования), а также к манометру, контролирующему величину задания.

Общий вид блока приведен на рис. IX.17, *б*.

Регулирующие блоки соотношения типов ПР3.15 и ПР3.19. Блок ПР3.15 предназначен для автоматического поддержания заданной величины

соотношения двух параметров. Конструктивно прибор состоит из регулятора ПР3.6 и дроссельной приставки, с помощью которой можно устанавливать соотношение параметров, поддерживаемое регулятором, в диапазоне от 1 : 1 до 5 : 1. Принципиальная схема блока приведена на рис. IX.18, *а*.

Установка величины соотношения достигается настройкой регулируемых дросселей *1* и *2* таким образом, чтобы при разных величинах давлений

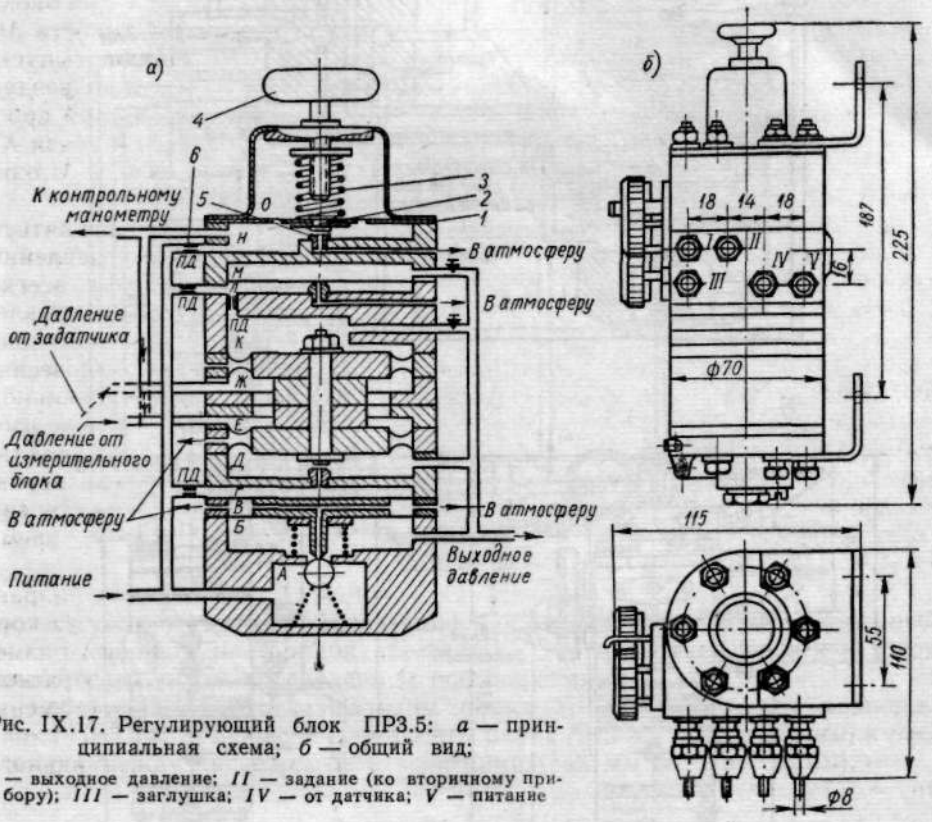


Рис. IX.17. Регулирующий блок ПР3.5: *а* — принципиальная схема; *б* — общий вид;

I — выходное давление; *II* — задание (ко вторичному прибору); *III* — заглушка; *IV* — от датчика; *V* — питание

P_1a и P_1b от измерительных блоков перед постоянными дросселями *3* и *4* давления в камерах *Е* и *Ж* были равны. Общий вид блока приведен на рис. IX.18, *б*.

Блок ПР3.19 предназначен для автоматического поддержания заданной величины соотношения двух параметров в диапазоне от 1 : 1 до 5 : 1, при этом выбранная величина соотношения может меняться или в зависимости от третьего параметра, или дистанционно оператором.

Принципиальная схема прибора приведена на рис. IX.19. Регулирующий блок ПР3.19 отличается от блока ПР3.15 наличием секции автоматической коррекции соотношения (камеры *Т* и *Ф*), расположенной на дроссельной приставке. В камеру *Ф* через постоянный дроссель *1* подается воздух давлением P_1c, пропорциональным величине третьего параметра. В камеру *Т* подводится питание через регулируемый дроссель *2*. Обе камеры разделены гибкой мембраной *3*, на которой укреплена заслонка, управляющая двойным соплом *4*. Равновесие мембраны возможно только

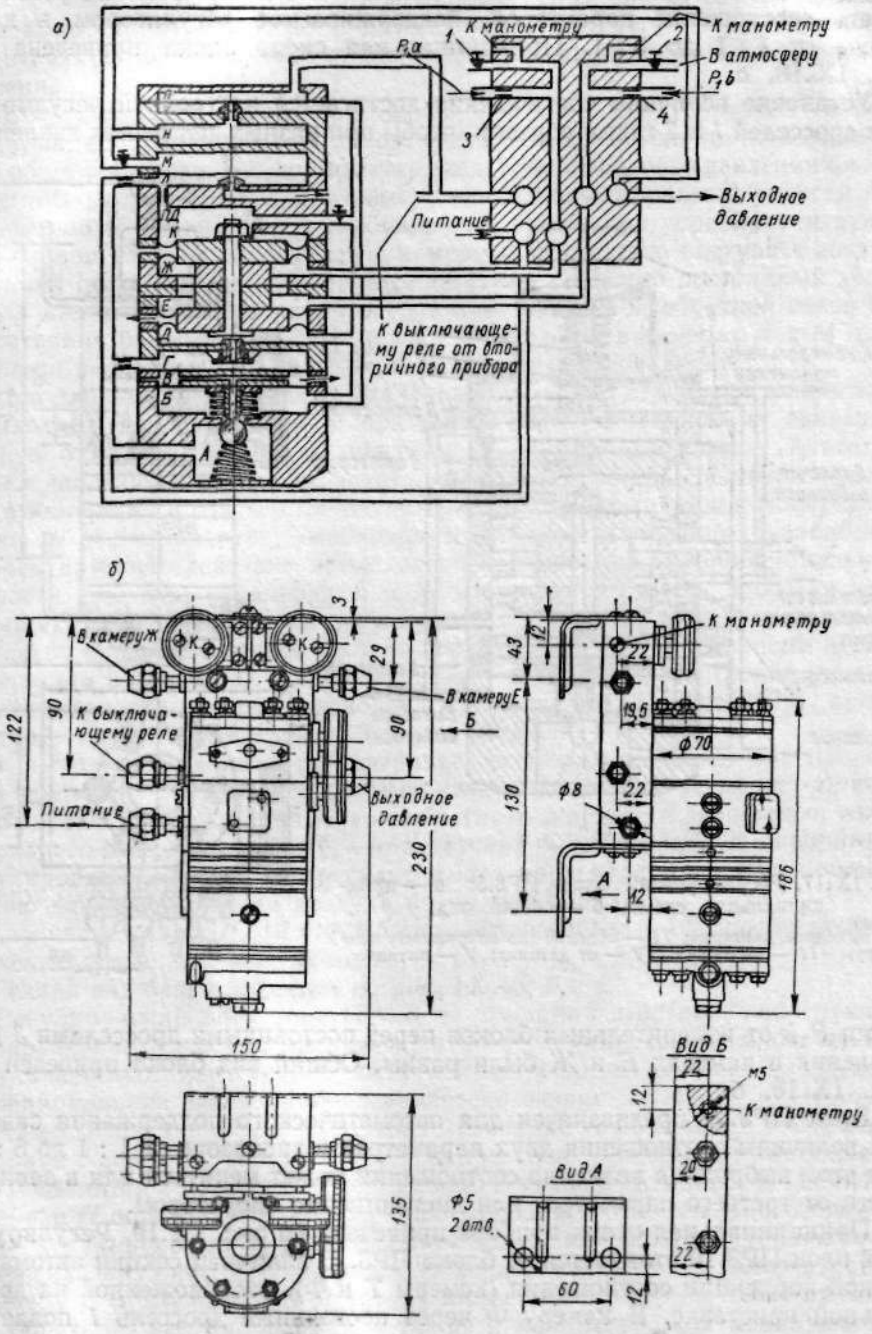


Рис. IX.18. Регулирующий блок соотношения ПР3.15: *а* — принципиальная схема; *б* — общий вид

при равенстве давлений в камерах *Ф* и *Т*. При изменении давления в камере *Ф* мембрана *3* прогибается, заслонка изменяет свое положение относительно двойного сопла *4*, и давление в камере *Т* начинает изменяться до тех пор, пока не станет равным давлению в камере *Ф*, при этом

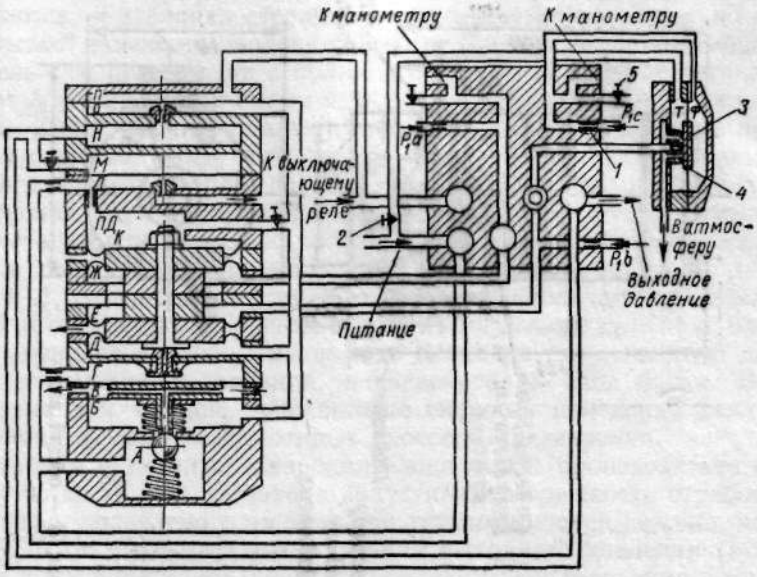


Рис. IX.19. Принципиальная схема регулирующего блока соотношения ПР3.19

соответственно изменяется давление в камере *Е*. Давление в камере *Ф* можно изменять настройкой дросселя *5*. Это позволяет вводить в блок третий параметр в определенном соотношении.

Габаритно-монтажные размеры блока ПР3.19 идентичны размерам блока ПР3.15, за исключением высоты блока (245 *мм* вместо 230 *мм*) и расстояния между крепежными отверстиями (142 *мм* вместо 130 *мм*).

2. Функциональные блоки

Блок предварения типа ПФ2.3. Блок предварения предназначен для введения в цепь регулирования воздействия по скорости отклонения параметра от заданной величины. Эффект предварения создается посредством дросселирования потока воздуха в линии отрицательной обратной связи. Принципиальная схема блока приведена на рис. IX.20, *а*.

По конструкции и принципу действия усилительно-преобразовательного устройства (камеры *А*, *Б*, *В*, *Г*) блок предварения идентичен регулятору ПР3.6. В камеру *Д* отрицательной обратной связи поступает сжатый воздух из линии обратных связей и из сопла *8*. Над камерой *Д* расположены камеры *Е*, *Ж* и *К*, разделенные гибкими мембранами *2*, *3*, *6* и *7*. Эти мембраны соединены общим стержнем *5*, нижний конец которого служит заслонкой сопла *8*. Камера *Е* является измерительной, в нее поступает воздух от регулирующего блока или датчика. Камеры *Ж* и *К* являются, соответственно, камерами отрицательной и положительной обратных связей. В камеру *Ж* воздух из линии обратных связей поступает через

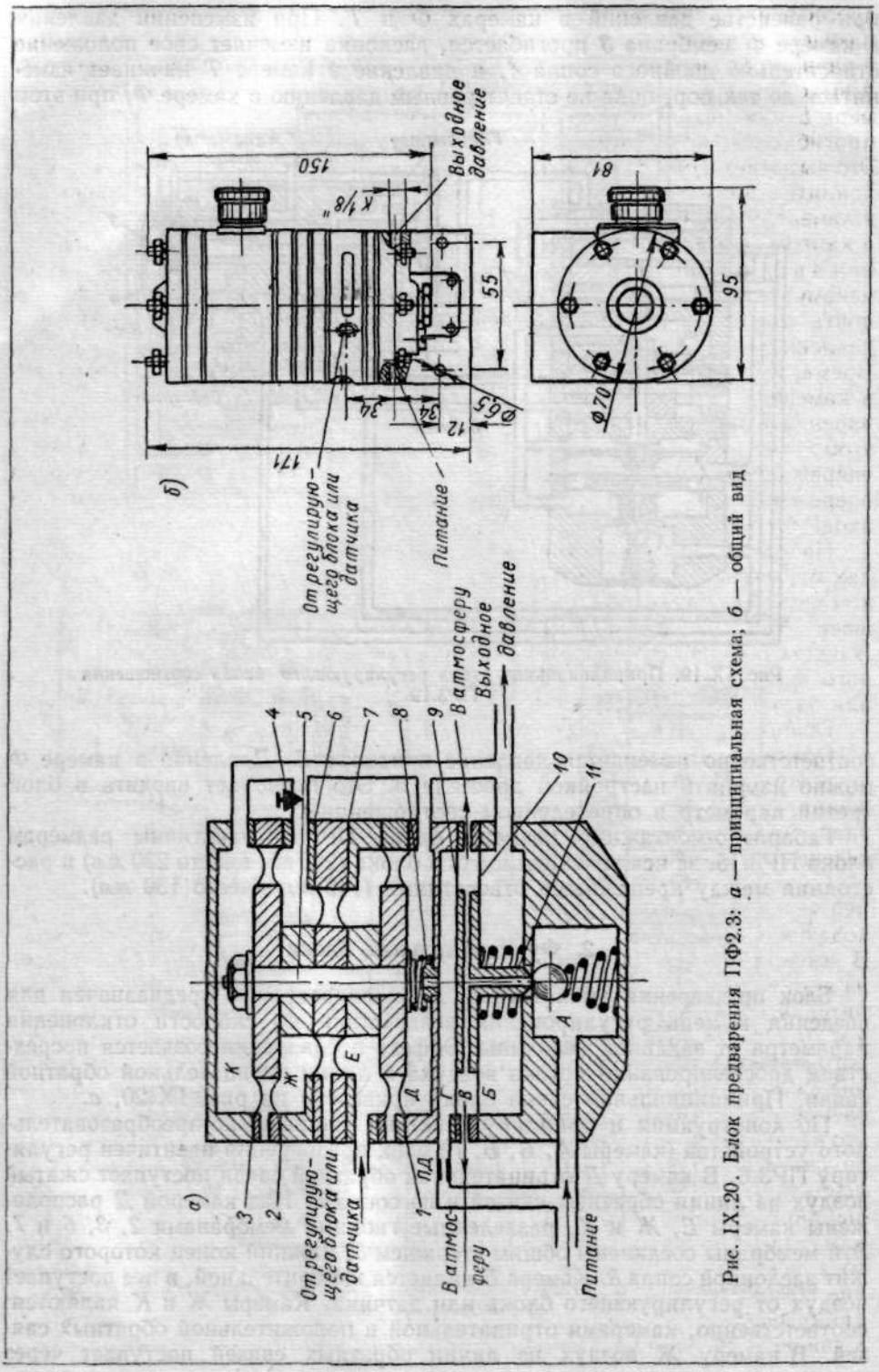


Рис. IX.20. Блок предварения ПФ2.3: *а* — принципиальная схема; *б* — общий вид

дроссель настройки времени предварения *4*. Если величина давления, поступающего в измерительную камеру *Е*, не изменяется, то блок находится в равновесии, и давления в камерах *Б*, *Д*, *Е*, *Ж* и *К* равны, т. е. давление в выходной линии блока равно давлению на входе. Если давление в камере *Е* начинает изменяться, то равновесие блока нарушается, мембраны прогибаются, и заслонка стержня *5* перемещается относительно сопла *8*. Это вызывает изменение давления в камере *Г* и перемещение мембран *9* и *10* усилительного реле вместе с полым соплом *11*, вследствие чего давление в камере *Б* и в выходной линии блока изменяется. Это давление поступает в камеры *Д* и *К* обратной связи и через регулируемый дроссель предварения *4* в камеру *Ж*. Ввиду того, что эффективная площадь мембраны *1* лишь ненамного превышает площадь мембраны *3*, давления в камерах *Д* и *К* почти равны друг другу и, следовательно, уравновесить изменившееся давление в камере *Е* можно только изменением давления в камере *Ж*. Время, в течение которого давление в камере *Ж* сравняется с давлением в камере *Е*, определяется степенью открытия игольчатого клапана предварения и скоростью изменения давления на выходе прибора. Благодаря этому изменение давления на выходе блока на определенную величину опережает изменение давления, подаваемого на вход блока. Величина опережения тем больше, чем больше скорость изменения давления на входе блока и чем меньше открыт дроссель предварения.

Настройка времени предварения блока может производиться в пределах от 0,05 до 10 *мин*. Основная допустимая погрешность отработки блоком сигнала, подаваемого на вход при установившемся режиме, не превышает $\pm 1\%$ от максимального значения выходного давления (1 *кгс/см*^{2}). В целях получения наибольшей стабильности регулирования и минимального времени переходного процесса, расстояние от регулирующего блока или датчика до блока предварения должно быть минимальным.

Общий вид блока предварения приведен на рис. IX.20, *б*.

Суммирующее реле типа ПФ1.3. Суммирующее реле является счетным устройством, предназначенным для осуществления алгебраического сложения до трех пневматических сигналов, один из которых должен иметь знак, противоположный двум другим. Принципиальная схема реле приведена на рис. IX.21, *а*.

Сжатый воздух поступает из линии питания в камеры *А* и *Д*. Из последней через шариковый клапан *17*, управляемый мембраной *16*, воздух проходит в камеру *Е* и через постоянный дроссель *18* — в камеры *Ж* и *Г*. В камеру *И* отрицательной обратной связи сжатый воздух поступает из линии обратной связи и из сопла *15*. Над камерой *И* расположены измерительные камеры *К*, *Л*, *М*, разделенные гибкими мембранами *5*, *6*, *7*, *8*, *9* и *10*. Эти мембраны соединены общим стержнем *13*, нижний конец которого служит заслонкой сопла *15*. Подводимое к камерам *К*, *Л* и *М* давление сжатого воздуха действует на мембраны устройства сравнения. Развиваемое при этом усилие перемещает стержень *13* относительно сопла *15*, что влечет за собой изменение давления в камерах *Ж* и *Г*. Если стержень *13* опускается, то давление в камерах *Г* и *Ж* повышается, мембраны *3* и *4* усилительного реле вместе с соплом *1* перемещаются вниз и открывают шариковый клапан. Сжатый воздух из камеры *А* проходит в камеру *Б*, а оттуда — на выход блока и в камеру *И*. Под действием увеличивающегося давления в камере *И* стержень *13* отодвигается от сопла *15*, а давление в камерах *Г* и *Ж* снижается, в результате чего шариковый клапан *2* прикрывается. При этом система возвращается в исходное положение, а давление на выходе становится равным алгебраической сумме давлений,

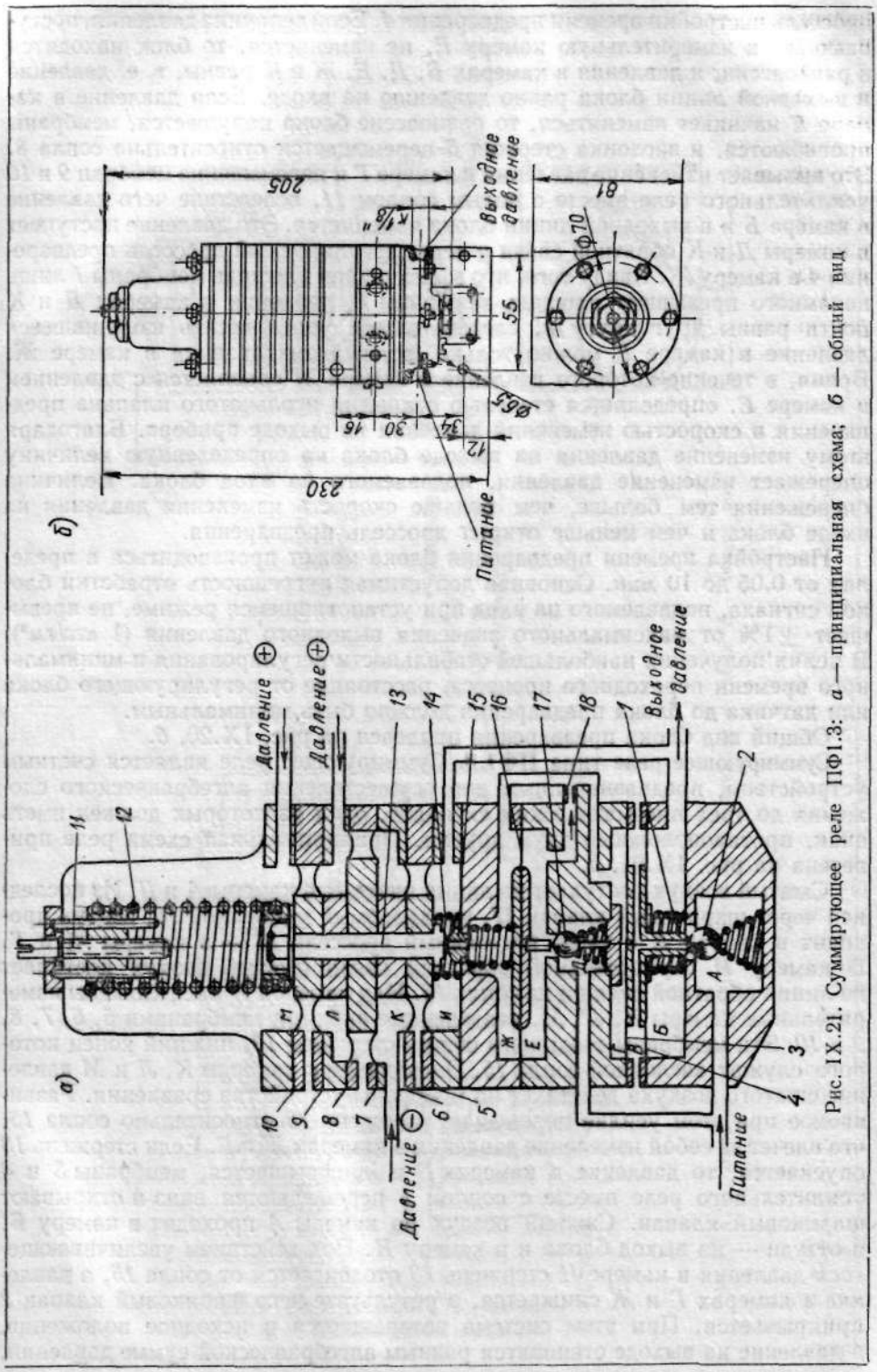


Рис. IX.21. Суммирующее реле ПФ1.3: *а* — принципиальная схема; *б* — общий вид

подводимых к реле, и давления, уравновешивающего усилие пружин *12* и *14*.

Дополнительное клапанное устройство (камеры *Е*, *Ж* с мембраной *16* и клапаном *17*) поддерживает постоянным перепад на дросселе *18* при изменении давления питания в пределах $\pm 10\%$ от 1,4 *кгс/см*^{2}. При изменении давления питания изменяется давление в камере *Е*, мембрана *16* перемещается относительно шарика *17*, и шариковый клапан прикрывается или открывается, поддерживая первоначальное давление перед дросселем *18*. Таким образом, изменение давления питания не влечет за собой изменения давления в камерах *Б* и *И*, не влияет на положение стержня *13*, а следовательно, и на величину выходного давления реле.

Если при работе суммирующего реле используется только одна или две камеры, выходные отверстия свободных камер закрываются заглушками. Выходной сигнал с помощью корректирующей пружины *12* может смещаться на постоянную величину (до 1 *кгс/см*^{2}). Настройка этой величины производится вращением винта *11*. Основная допустимая погрешность отработки алгебраической суммы двух и трех пневматических сигналов, поступающих в реле, не превышает $\pm 1\%$ от максимального значения выходного давления (1 *кгс/см*^{2}). Общий вид суммирующего реле показан на рис. IX.21, *б*. Перечень операций, которые можно осуществить с помощью суммирующего реле, приведен в табл. IX.2.

Реле соотношения типа ПФ1.11. Реле соотношения ПФ1.11 предназначено для умножения на постоянный коэффициент пневматического сигнала, который подается в виде давления сжатого воздуха. Принципиальная схема реле приведена на рис. IX.22, *а*.

По принципу действия и конструкции управляющего и усилительного устройства реле соотношения аналогично суммирующему реле ПФ1.3. Изменение давления, поступающего от датчика, вызывает перемещение мембраны *1* и (через рычаг *2*) стержня *3* с заслонкой относительно сопла *4*, что влечет изменение давления воздуха в камерах *Ж* и *Г*, а следовательно, и выходного давления.

Давление на выходе реле благодаря соответствующему подбору соотношения плеч рычагов равно входному сигналу, умноженному на постоянный коэффициент. Установка соотношения производится с помощью специальной рукоятки *7*, вместе с которой вращается винт *8*. Вращение винта вызывает перемещение ползуна *9* со стрелкой *10*, указывающей на шкале величину соотношения. Пружины *5* и *12* являются регулировочными и предназначены для установки на входе и выходе реле минимального давления 0,2 *кгс/см*^{2}. Изменение натяжения этих пружин производится с помощью винтов *6* и *11*.

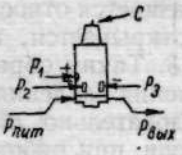
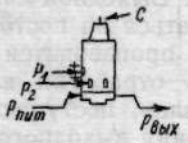
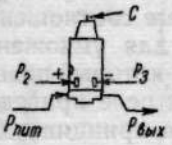
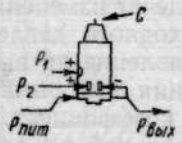
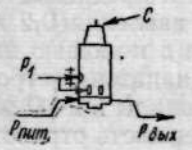
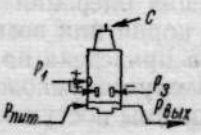
Диапазон настройки коэффициента составляет 4—0,2 в случае линейной шкалы и 2—0,45 в случае квадратичной шкалы. Основная допустимая погрешность отработки произведения сигнала на постоянный коэффициент не превышает $\pm 1\%$ от максимального значения величины сигнала, поступающего на вход. Общий вид реле приведен на рис. IX.22, *б*.

Блок функциональный типа БФ-2. Блок БФ-2 предназначен для осуществления операций умножения двух параметров, извлечения квадратного корня или возведения параметра в квадрат. Принципиальная схема блока приведена на рис. IX.23, *а*.

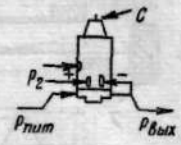
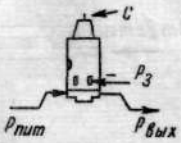
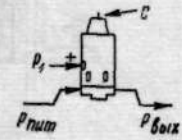
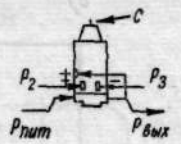
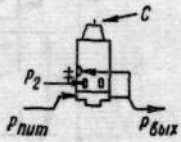
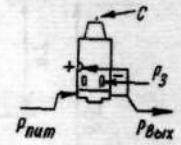
В случае умножения двух параметров на вход блока в сильфонные механизмы поступают в виде давления сжатого воздуха два сигнала, каждый из которых пропорционален соответствующему параметру. Усилие, развиваемое сильфоном *17* под действием давления P_1, уравновешивается

Таблица IX.2

Операции, осуществляемые с помощью суммирующего реле

Позиция	Вид операции	Математическое выражение	Схема подсоединения
1	Алгебраическое сложение	$P_{вых} = P_1 + P_2 - P_3 + C$	
2	Сложение	$P_{вых} = P_1 + P_2 + C$	
3	Вычитание	$P_{вых} = P_2 - P_3 + C$	
4	Усреднение	$P_{вых} = \frac{P_1 + P_2 + C}{2}$	
5	Умножение на 2	$P_{вых} = 2P_1 + C$	
6	Умножение на 2 и вычитание	$P_{вых} = 2P_1 - P_3 + C$	

Продолжение табл. IX.2

Позиция	Вид операции	Математическое выражение	Схема подсоединения
7	Деление на 2	$P_{вых} = \frac{P_2 + C}{2}$	
8	Изменение знака сигнала	$P_{вых} = -P_3 + C$	
9	Коррекция сигнала	$P_{вых} = P_1 + C$	
10	Включение и выключение по перепаду давления	При $P_2 + C > P_3$ $P_{вых} \geqslant 1$ *кгс/см²*. При $P_2 + C < P_3$ $P_{вых} = 0$	
11	Включение и выключение прямое	При $P_2 + C > 0$ $P_{вых} \geqslant 1$ *кгс/см²*. При $P_2 + C < 0$ $P_{вых} = 0$	
12	Включение и выключение обратное	При $C > P_3$ $P_{вых} \geqslant 1$ *кгс/см²* При $C < P_3$ $P_{вых} = 0$	

Примечания:

1. Условные обозначения: P_1 и P_2 — давления, поступающие на вход реле соответственно в верхнюю и нижнюю плюсовые камеры (см. рис. IX.21); P_3 — давление, поступающее в минусовую камеру реле; $P_{вых}$ — выходное давление реле; C — дополнительное давление от действия корректирующих пружин.

2. При включении по позициям 4 и 7 (усреднение или деление) выходное давление $P_{вых}$ следует подать в минусовую камеру реле; по позициям 5 и 6 — давление P_1 подается в обе плюсовые камеры реле; по позициям 10, 11 и 12 — выходное давление $P_{вых}$ подается в верхнюю плюсовую камеру реле.

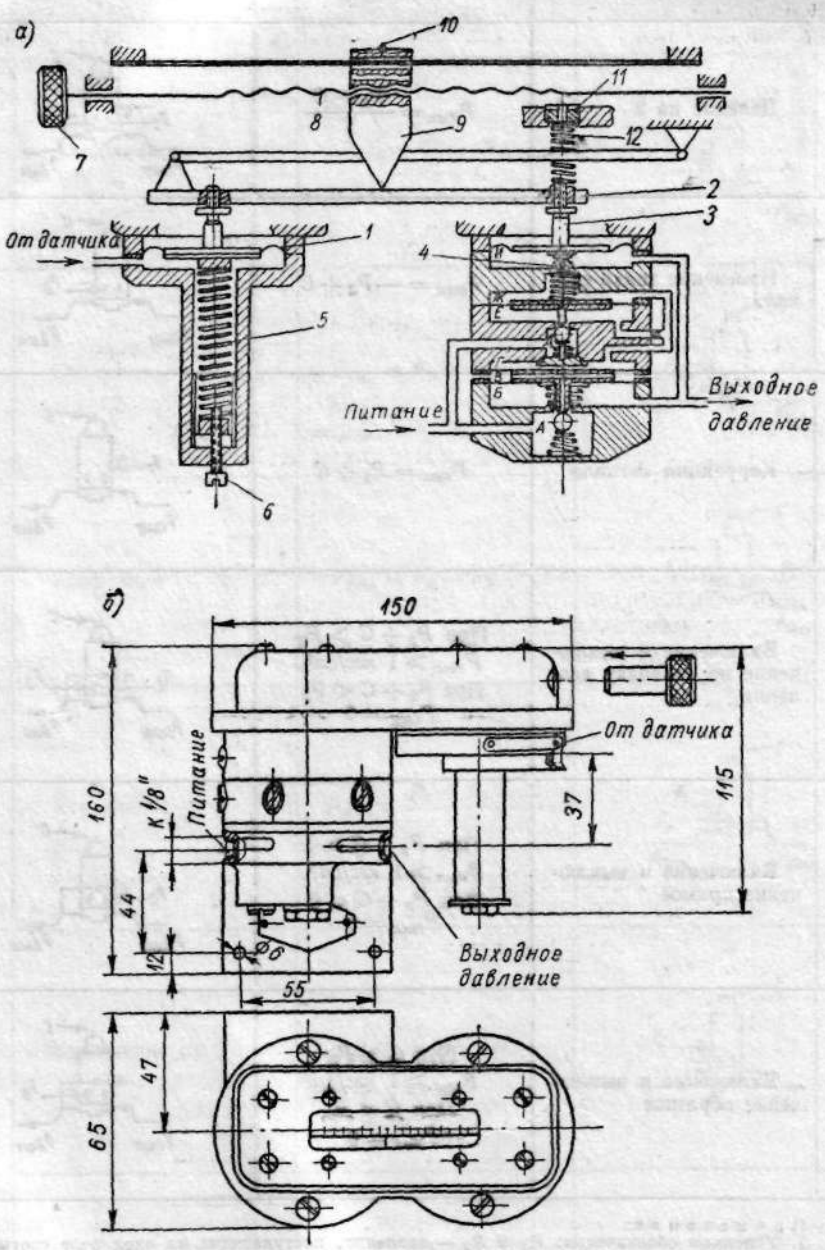


Рис. IX.22. Реле соотношения ПФ1.11: *а* — принципиальная схема; *б* — общий вид

пружиной *18*. При изменении давления P_1 сильфон *17* перемещает тягу *8* относительно оси вращения коромысла *12*, которое подвешено на металлических ленточках. Тяга *8* опорой *9* и двумя металлическими лентами *7* и *10* соединена с вилкой *6*. К вилке прикреплены тяги *4* и *5*. В среднюю часть вилки *6* ввернут шток *3*, который упирается в опору *2* сильфонного меха-

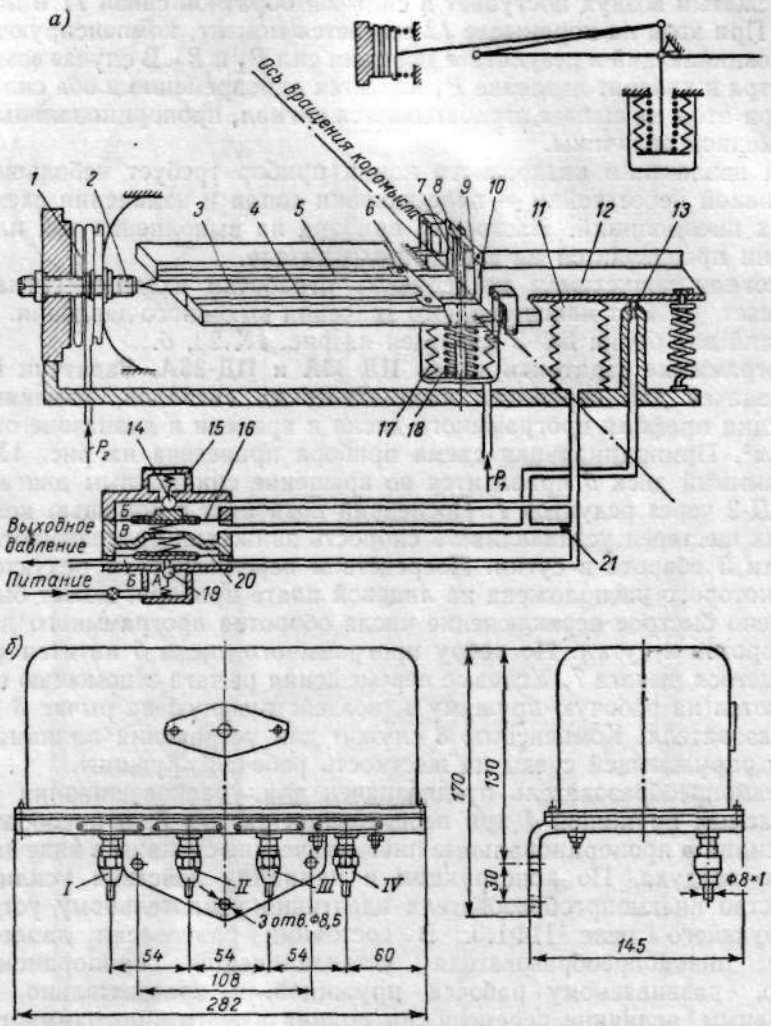


Рис. IX.23. Блок функциональный БФ-2: *а* — принципиальная схема; *б* — общий вид;
I — выход; *II* — питание; *III* и *IV* — переменные

низма *1*. Давление сжатого воздуха P_2, воздействующее на сильфон *1*, создает усилие, которое через шток *3* и тяги *4* и *5* передается коромыслу *12*. Это усилие и перемещение тяги *8* (плеча) создают момент, вращающий коромысло *12* по часовой стрелке. При повороте коромысла по часовой стрелке сопло *13*, из которого вытекает струя сжатого воздуха, прикрывается и возрастает давление в камере *В* пневмореле *15*. Повышение давления в камере *В* вызывает перемещение мембраны *20* вниз, а мембраны *16*

вверх, в результате чего происходит открытие клапана *19* и закрытие клапана *14* сброса в атмосферу. При этом давление воздуха в камерах *Б* повышается на величину, равную величине повышения давления в линии сопла, благодаря этому получается постоянный перепад на дросселе *21*, что значительно уменьшает влияние изменения давления питания. Из камер *Б* сжатый воздух поступает в сильфон обратной связи *11* и на выход блока. При этом на коромысле *12* создается момент, компенсирующий момент, возникающий в результате действия сил P_1 и P_2. В случае возведения параметра в квадрат давление P_1 подается одновременно в оба сильфона *1* и *17*, при этом на выходе отрабатывается сигнал, пропорциональный квадрату входной величины.

Для извлечения квадратного корня прибор требует небольшой конструктивной перестройки — перестановки сопла и изменения схемы внутренних пневмолиний. Настройка прибора на выполнение той или иной операции производится на заводе-изготовителе.

Основная допустимая погрешность отработки входных сигналов не превышает $\pm 1\%$ от максимального значения выходного давления.

Общий вид блока БФ-2 приведен на рис. IX.23, *б*.

Программные задатчики типов ПД-35А и ПД-36А. Задатчик ПД-35А предназначен для отработки пневматических сигналов, изменяющихся в функции профиля программного диска и времени в диапазоне от 0,2 до 1 *кгс/см*². Принципиальная схема прибора приведена на рис. IX.24, *а*. Программный диск *5* приводится во вращение синхронным двигателем *2* типа СД-2 через редуктор *1*. Последний позволяет с помощью комплекта сменных шестерен устанавливать скорость движения программного диска 1, 2 или 3 оборота в сутки. Посредством переключателя редуктора, головка которого расположена на лицевой плате прибора, может быть осуществлено быстрое переключение числа оборотов программного диска на 100 оборотов в сутки. По ребру программного диска *5* катится ролик *6* качающегося рычага *7*. Угловые перемещения рычага с помощью серьги *9* передаются на рабочую пружину *4*, воздействующую на рычаг *3* пневмопреобразователя. Компенсатор *8* служит для устранения влияния температуры окружающей среды на жесткость рабочей пружины.

Пневмопреобразователь предназначен для уравновешивания усилий, развиваемых пружиной *4* при перемещении рычага *7*, и преобразования этих усилий в пропорциональные пневматические сигналы в виде давления сжатого воздуха. По конструкции и принципу действия усилительное устройство пневмопреобразователя идентично усилительному устройству суммирующего реле ПФ1.3. В состоянии равновесия давление на выходе пневмопреобразователя устанавливается пропорциональным усилию, развиваемому рабочей пружиной, и, следовательно, пропорциональным величине перемещения ролика рычага программного механизма.

Основные элементы прибора — пневмопреобразователь и программный механизм — выполнены в виде отдельных узлов. Все узлы задатчика монтируются на шасси, которое выдвигается из корпуса. Прибор имеет пневматические разъемы с самозакрывающимися клапанами, позволяющими при выдвижении механизма прибора осуществлять разрыв пневматической цепи без нарушения работы других приборов.

Основная допустимая погрешность отработки сигнала программным задатчиком не превышает 1% от максимального значения выходного давления. Максимально допустимый угол подъема поверхности программного кулачка 67°. Общий вид задатчика приведен на рис. IX.24, *б*.

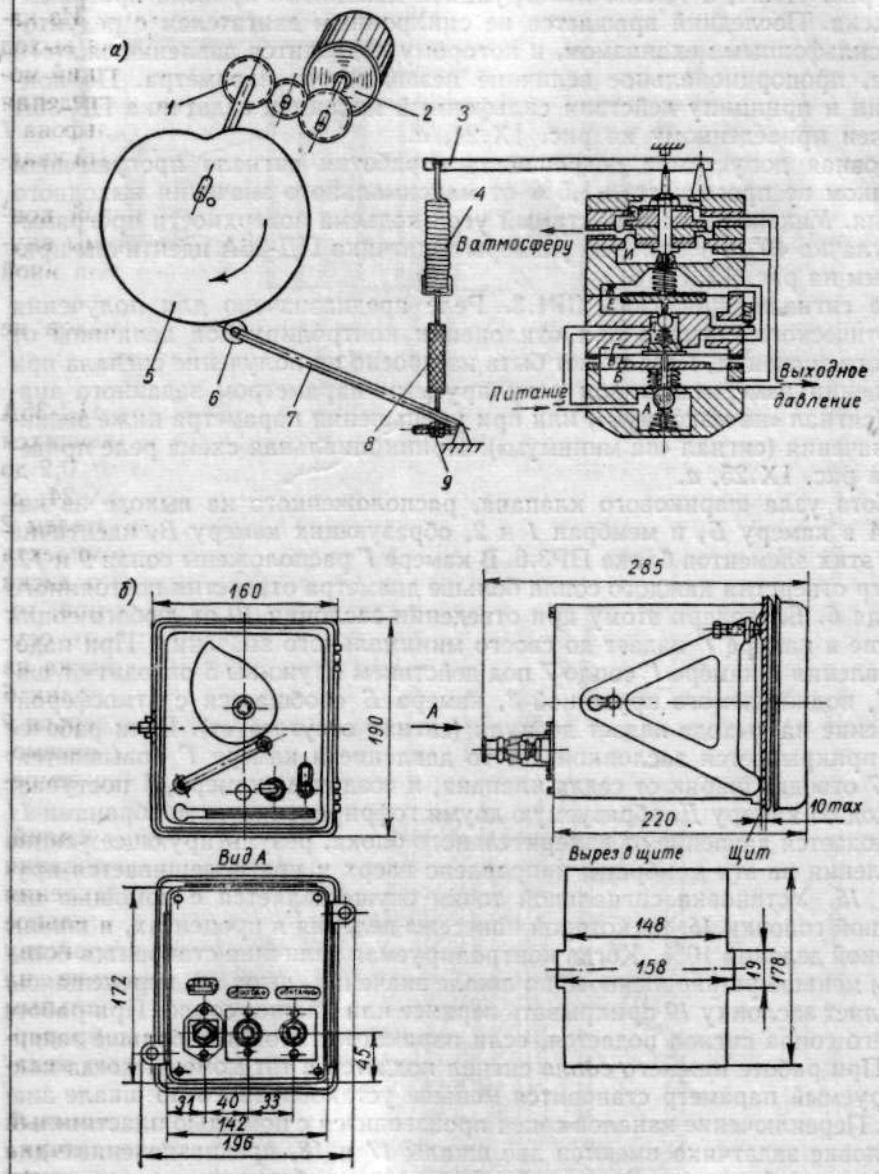


Рис. IX.24. Программный задатчик ПД-35А: *а* — принципиальная схема; *б* — общий вид

Задатчик ПД-36А предназначен для отработки пневматических сигналов, изменяющихся в функции профиля программного диска и независимого параметра. Принципиальная схема прибора отличается от приведенной на рис. IX.24, *а* только конструкцией механизма привода программного диска. Последний вращается не синхронным двигателем с редуктором, а сильфонным механизмом, к которому подводится давление сжатого воздуха, пропорциональное величине независимого параметра. По конструкции и принципу действия сильфонный механизм задатчика ПД-36А идентичен приведенному на рис. IX.24, *а*.

Основная допустимая погрешность отработки сигнала программным задатчиком не превышает ±1,5% от максимального значения выходного давления. Максимально допустимый угол подъема поверхности программного кулачка 40°. Габаритные размеры задатчика ПД-36А идентичны приведенным на рис. IX.24, *б*.

Реле сигнализации типа ПР1.3. Реле предназначено для получения пневматического сигнала при отклонении контролируемой величины от заданного значения. Реле может быть настроено на получение сигнала при превышении измеряемым или регулируемым параметром заданного значения (сигнал «на максимум») или при уменьшении параметра ниже заданного значения (сигнал «на минимум»). Принципиальная схема реле приведена на рис. IX.25, *а*.

Работа узла шарикового клапана, расположенного на выходе из камеры *А* в камеру *Б*, и мембран *1* и *2*, образующих камеру *В*, идентична работе этих элементов блока ПР3.6. В камере *Г* расположены сопла *9* и *12*. Диаметр отверстия каждого сопла больше диаметра отверстия постоянного дросселя *6*. Благодаря этому при отведении заслонки *10* от любого сопла давление в камере *Г* падает до своего минимального значения. При падении давления в камере *Г* сопло *7* под действием пружины *5* отходит от шарика *4*, поджимаемого пружиной *3*, камера *Б* сообщается с атмосферой, и давление на выходе падает до нуля (сигнал отсутствует). Если рабочее сопло прикрывается заслонкой *10*, то давление в камере *Г* повышается, сопло *7* отводит шарик от седла клапана, и воздух из камеры *А* поступает на выход. В камеру *Д*, образуемую двумя гофрированными мембранами *11* и *14*, подается давление от измерительного блока, результирующее усилие от давления на эти мембраны направлено вверх и уравновешивается пружиной *15*. Установка сигнальной точки осуществляется с помощью настроечной головки *16*, на которой нанесены деления в процентах, и шкалы *19* с ценой деления 10%. Когда контролируемая величина становится больше или меньше установленного по шкале значения, шток *13*, перемещаясь, заставляет заслонку *10* прикрывать верхнее или нижнее сопло. При работе верхнего сопла сигнал подается, если параметр становится больше заданного. При работе нижнего сопла сигнал подается в тот момент, когда контролируемый параметр становится меньше установленного по шкале значения. Переключение каналов сопел производится с помощью пластинки *8*. На головке задатчика имеются две шкалы *17* и *18*, предназначенные для точной настройки реле. Выходной сигнал при срабатывании реле скачкообразно изменяется от 0 до 1 *кгс/см²* или от 1 *кгс/см²* до 0. Основная допустимая погрешность срабатывания реле не превышает ±1,5% от максимального значения давления на входе. Общий вид реле приведен на рис. IX.25, *б*.

Промежуточное реле типа ПП1.3. Реле предназначено для предотвращения запаздывания в длинных линиях пневматической дистанционной передачи. Принципиальная схема реле приведена на рис. IX.26, *а*.

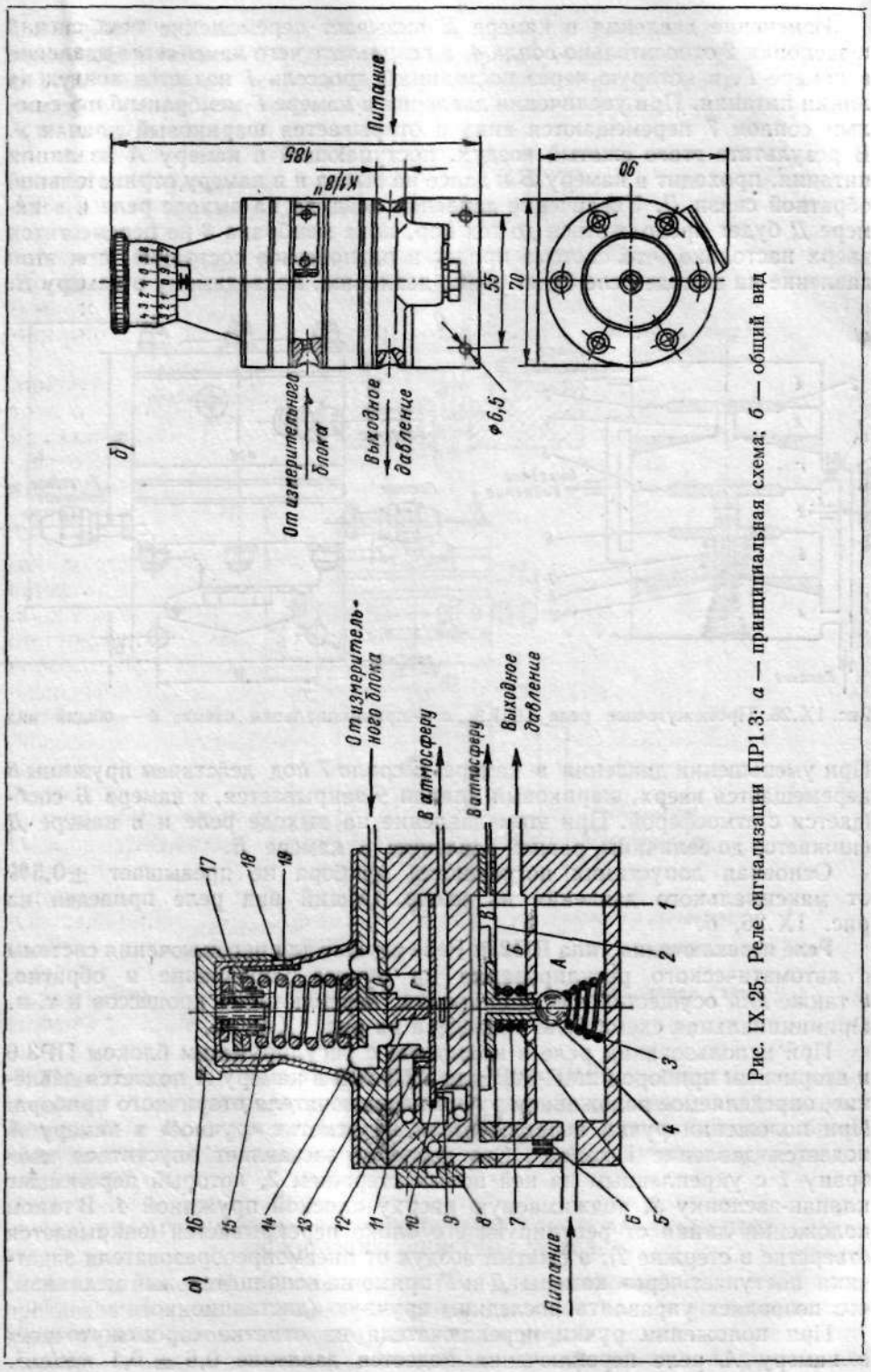


Рис. IX.25. Реле сигнализации ПР1.3: *а* — принципиальная схема; *б* — общий вид

Изменение давления в камере *Е* вызывает перемещение мембраны *3* и заслонки *2* относительно сопла *4*, в результате чего изменяется давление в камере *Г*, в которую через постоянный дроссель *1* подается воздух из линии питания. При увеличении давления в камере *Г* мембраны *5* и *6* с полым соплом *7* перемещаются вниз и открывается шариковый клапан *9*. В результате этого сжатый воздух, поступающий в камеру *А* из линии питания, проходит в камеру *Б* и далее на выход и в камеру отрицательной обратной связи *Д*. Увеличение давления воздуха на выходе реле и в камере *Д* будет продолжаться до тех пор, пока мембрана *3* не переместится вверх настолько, что система придет в равновесное состояние, при этом давление на выходе реле будет равно давлению, подводимому в камеру *Е*.

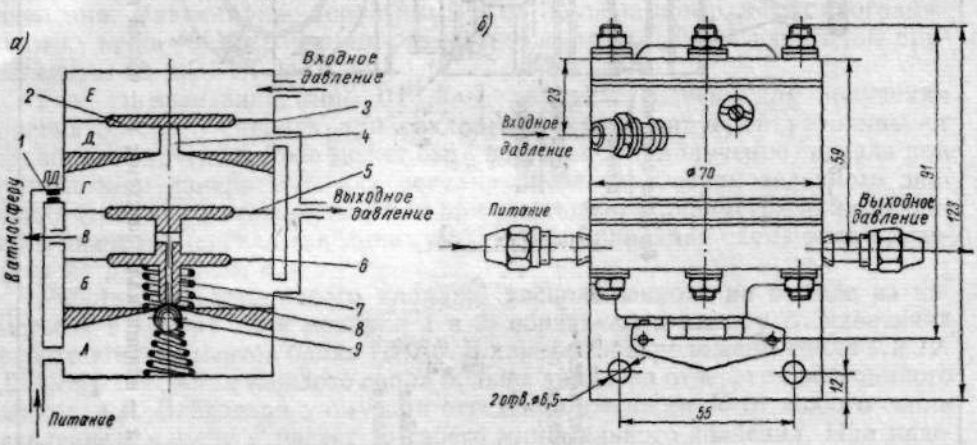


Рис. IX.26. Промежуточное реле ПП1.3: *а* — принципиальная схема; *б* — общий вид

При уменьшении давления в камере *Е* сопло *7* под действием пружины *8* перемещается вверх, шариковый клапан *9* закрывается, и камера *Б* сообщается с атмосферой. При этом давление на выходе реле и в камере *Д* снижается до величины, равной давлению в камере *Е*.

Основная допустимая погрешность прибора не превышает ±0,5% от максимального давления на входе. Общий вид реле приведен на рис. IX.26, *б*.

Реле переключения типа ПП2.3. Реле служит для переключения системы с автоматического регулирования на ручное управление и обратно, а также для осуществления блокировки, переключения процессов и т. п. Принципиальная схема реле приведена на рис. IX.27, *а*.

При использовании реле в комплекте с регулирующим блоком ПР3.6 и вторичным прибором 2МП-30В или 3РЛ-29В в камеру *А* подается давление, определяемое положением ручки переключателя вторичного прибора. При положении ручки переключателя на отметке «ручное» в камеру *А* подается давление 1 *кгс/см*^{2}. Это давление заставляет опуститься мембрану *1* с укрепленным на ней полым стержнем *2*, который перемещает клапан-заслонку *3*, поджимаемую кверху плоской пружиной *4*. В таком положении линия от регулирующего блока перекрывается (закрывается отверстие в стержне *2*), а сжатый воздух от пневмопреобразователя задатчика поступает через камеры *Д* и *Г* прямо на исполнительный механизм, что позволяет управлять последним вручную (дистанционно).

При положении ручки переключателя на отметке «промежуточное» в камеру *А* реле переключения подается давление 0,6 ± 0,1 *кгс/см*^{2}.

Стержень *2* занимает положение, при котором заслонка *3* перекрывает как отверстие самого стержня, так и отверстие, соединяющее камеры *Г* и *Д*. В этом положении исполнительный механизм отключается и от регулирующего блока и от пневмопреобразователя дистанционного задатчика.

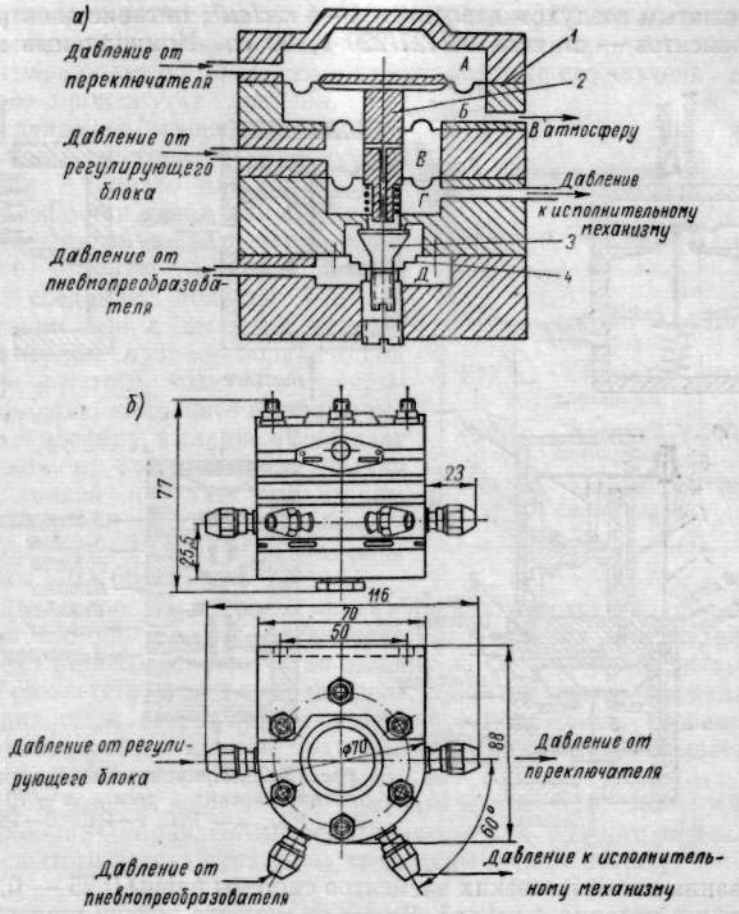


Рис. IX.27. Реле переключения ПП2.3: *а* — принципиальная схема; *б* — общий вид

При положении ручки переключателя на отметке «автомат» давление в камеру *А* не подается, стержень *2* отходит от заслонки *3* и соединяет камеры *В* и *Г*. В таком положении давление от регулирующего блока поступает к исполнительному механизму. Общий вид реле приведен на рис. IX.27, *б*.

§ 4. АГРЕГАТНАЯ УНИФИЦИРОВАННАЯ СИСТЕМА ЭЛЕМЕНТОВ ДИСКРЕТНОГО ДЕЙСТВИЯ (АУСЭДД)

Агрегатная унифицированная система элементов дискретного действия предназначена для построения релейных схем контроля и дистанционного (ручного или автоматического) управления двухпозиционными пневматическими исполнительными механизмами в периодических процессах.

Элементы системы могут применяться также при автоматизации операций пуска, останова и резервирования в непрерывных процессах. Унифицированные значения входных сигналов элементов системы позволяют использовать ее совместно с системами АУС, СТАРТ и др.

Питание элементов осуществляется осушенным и очищенным от пыли и масла сжатым воздухом давлением 1—4 *кгс/см²*; питание электрических цепей элементов — от сети 36/127/220 *в*, 50 *гц*. Номинальные значения

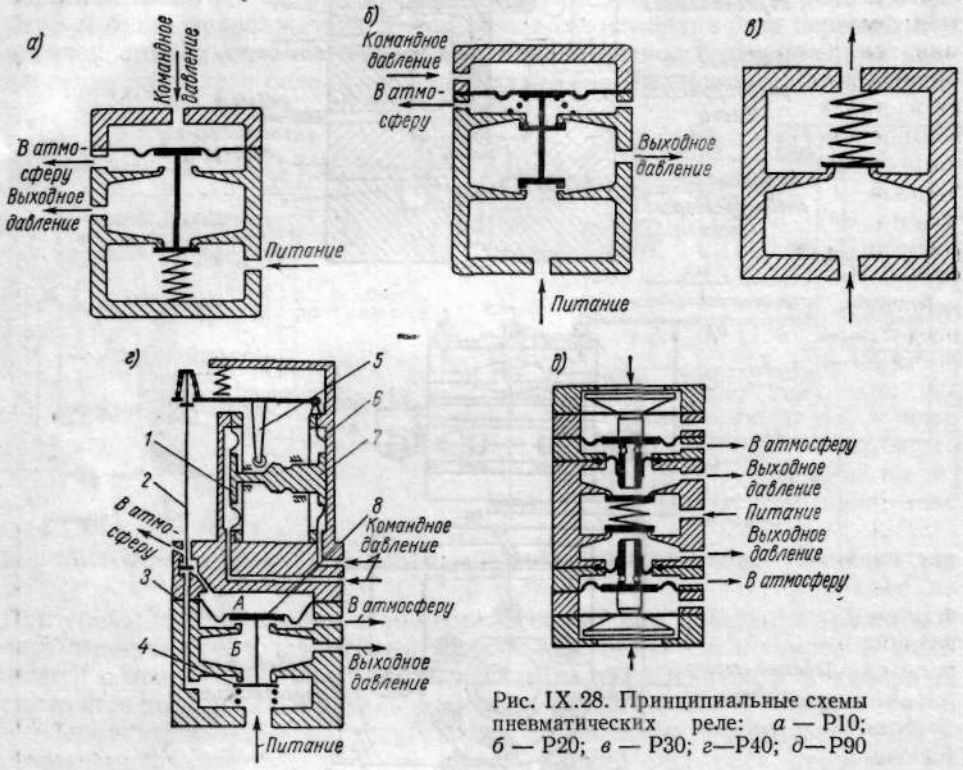


Рис. IX.28. Принципиальные схемы пневматических реле: *а* — Р10; *б* — Р20; *в* — Р30; *г*—Р40; *д*—Р90

срабатывания пневматических элементов системы равны 0,25 — 0,6 *кгс/см²* при давлении питания 4 *кгс/см²*. Время от момента подачи команды до начала срабатывания исполнительного механизма не превышает 8 *сек* при длине пневматической линии 100 ± 10 *м*. Коммутация элементов системы осуществляется полиэтиленовыми трубками 9×1,5 *мм*.

Агрегатная унифицированная система элементов дискретного действия выпускается Северодонецким филиалом ОКБА.

Пневматические реле Р10, Р20, Р30, Р40, Р90. Реле Р10 (рис. IX.28, *а*) предназначено для формирования на выходе пневматического сигнала большой мощности с помощью командного давления малой мощности. При исчезновении командного сигнала мембранно-клапанный механизм под влиянием возвратной пружины и потока сжатого воздуха отсекает линию питания и сообщает выход реле с атмосферой.

Реле Р20 (рис. IX.28, *б*) предназначено для прекращения подачи пневматического сигнала большой мощности с помощью командного давления малой мощности. При исчезновении командного сигнала клапанный механизм под действием сжатого воздуха питания и возвратной пружины сооб-

щает выход реле с линией питания. Габаритные размеры реле Р10 и Р20 равны 87×80×45 *мм*.

Реле Р30 (рис. IX.28, *в*) предназначено для подачи пневматического сигнала в одном направлении и запирании его в обратном направлении. Габаритные размеры реле равны 36×17×20 *мм*.

Усилительное реле с самоудержанием Р40 (рис. IX.28, *г*) предназначено для формирования на выходе нулевого или максимального пневматического сигнала большой мощности и для сохранения его значения в течение требуемого промежутка времени. Командное давление, воздействуя на мембрану *1* или *6*, заставляет перемещаться кулачок *7* вправо или влево, при этом перемещается вверх или вниз и механически фиксируется рычаг *5*. Связанный с рычагом *5* управляющий клапан *2* соединяет полость *А* с линией питания или с выходом в атмосферу. В первом случае мембрана *3* под действием сжатого воздуха перекрывает с помощью клапана *8* выход из полости *Б* в атмосферу, а клапан *4* сообщает эту полость и, следовательно, выход реле с линией питания. Во втором случае выходная линия реле сообщается с атмосферой. Габаритные размеры реле равны 140×66×45 *мм*.

Таблица IX.3

Ключи и кнопки управления

Тип	Наименование	Габаритные размеры в *мм*
К10	Ключ одинарный	120×80×70
К20	Ключ сдвоенный	160×140×60
К30	Кнопка одинарная	110×80×70
К40	Кнопка сдвоенная	140×110×60

Реле двухстороннее концевое механо-пневматическое Р90 (рис. IX.28, *д*) предназначено для выдачи пневматического сигнала при механическом воздействии на него. При нажатии на одну из кнопок линия питания сообщается с соответствующим выходом реле, при исчезновении механического воздействия шток возвращается в исходное положение, сообщая выход реле с атмосферой, а клапан под действием пружины закрывает линию питания. Габаритные размеры реле 45×83×105 *мм*.

Ключи и кнопки управления пневматические К10, К20, К30, К40. Ключи (кнопки) управления предназначены для ручного переключения потоков сжатого воздуха, их типы приведены в табл. IX.3.

Таблица IX.4

Указатели положения пневматические

Тип	Символы		Диаметр смотрового окна в *мм*	Габаритные размеры в *мм*
	Давление на первом входном штуцере	Давление на втором входном штуцере		
У10			40	78×60×60
У20			40	78×60×60
У30			150	165×165×87

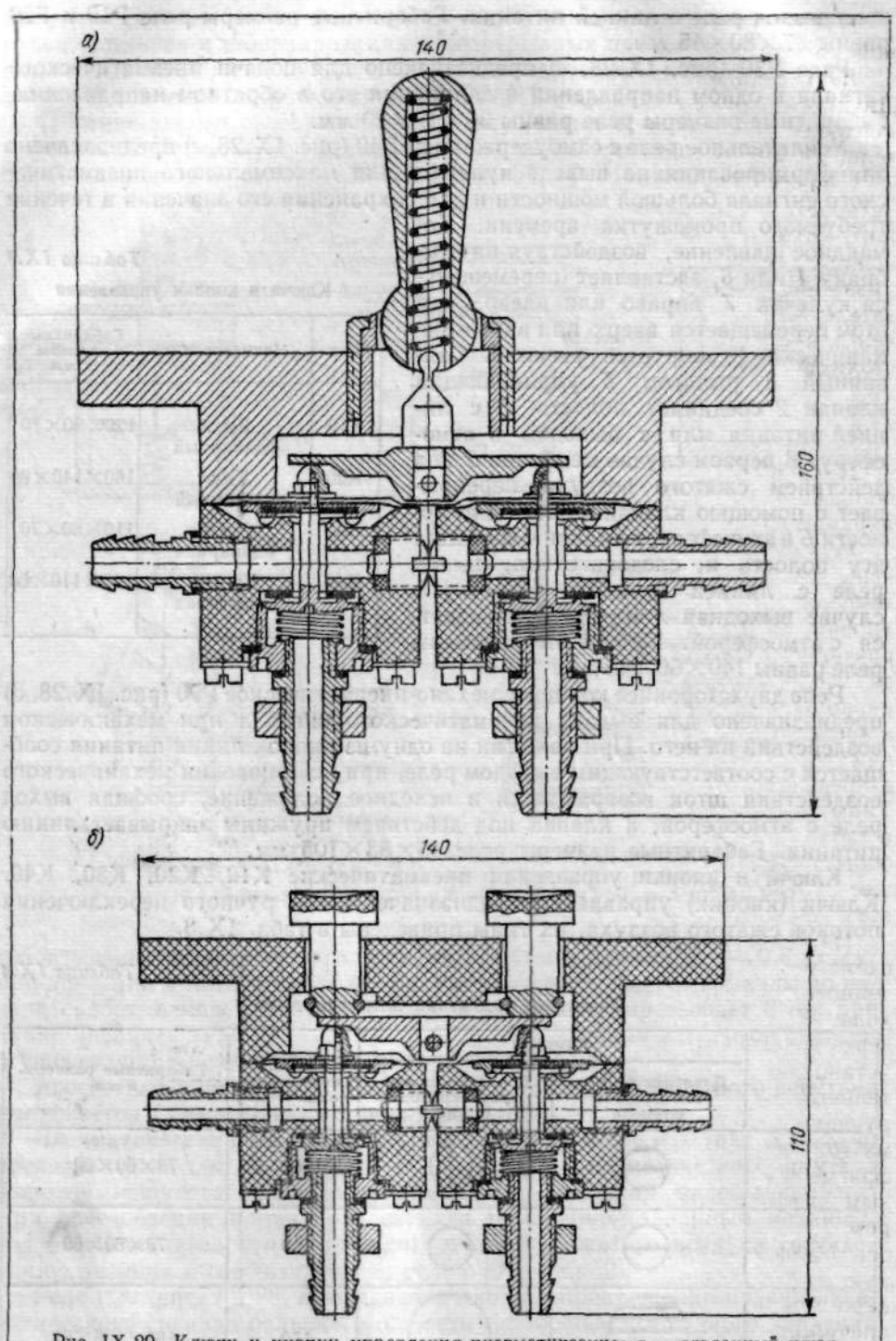


Рис. IX.29. Ключи и кнопки управления пневматические: *а* — сдвоенный ключ К20; *б* — сдвоенная кнопка К40

На рис. IX.29 приведены конструкции сдвоенного ключа К20 и сдвоенной кнопки К40.

Двухпозиционные указатели положения пневматические У10, У20, У30. Двухпозиционные указатели положения предназначены для визуального контроля и сигнализации крайних положений пневматических исполнительных механизмов. Типы указателей приведены в табл. IX.4.

Сжатый воздух, подаваемый в одну из двух полостей мембранного устройства, заставляет перемещаться шток, который перебрасывает из одного крайнего положения в другое плоскую пружину. При этом перемещается жестко соединенный с пружиной флажок и за смотровым окном указателя появляется один из символов, приведенных в табл. IX.4. Указатели У10 и У20 встраиваются в мнемосхему, указатель У30 предназначен для монтажа в цехе с целью визуального контроля на большом расстоянии.

§ 5. РЕГУЛЯТОРЫ ПРИБОРНЫЕ И АППАРАТНЫЕ

Пневматические приборные и аппаратные регуляторы применяются большей частью для автоматизации отдельных, не связанных между собой параметров.

Регуляторы типов 04 и 14. Пневматические регуляторы 04 предназначены для контроля, записи и автоматического поддержания постоянства температуры, давления, расхода, уровня, тяги и т. д. По своей характеристике регуляторы являются изодромными с временной неравномерностью, настраивающейся в пределах от 1 до 150%, и с временем изодрома, настраивающимся в пределах от 30 *сек* до 100 *мин*. Типы регуляторов 04 приведены в табл. IX.5. Встраиваемое в приборы пневматическое регулирующее устройство одинаково для всех типов регуляторов 04.

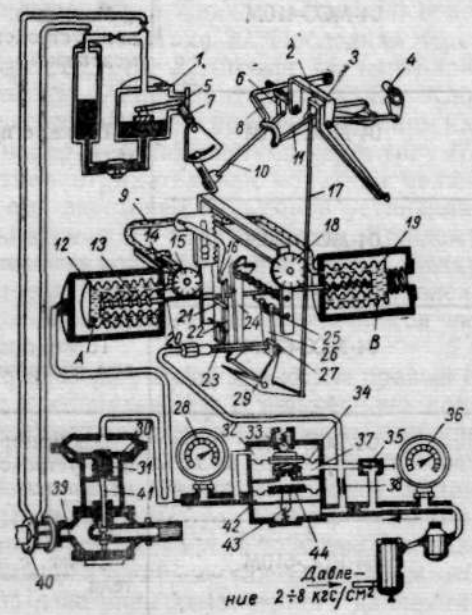


Рис. IX.30. Схема регулятора 04

На рис. IX.30 представлена схема регулятора 04М, предназначенного для регулирования расхода. Жидкость или газ протекает через трубопровод *39*, на котором установлен мембранный исполнительный механизм *30* с регулирующим клапаном *41* и диафрагма *40*. Перепад давления на диафрагме воспринимается поплавковым дифференциальным манометром *1*. При изменении расхода ось *5* дифференциального манометра *1*, проходящая через уплотнительную муфту *7*, с помощью тяги *10*, рычага *6* и поводка *8*, перемещает перо *3* и импульсный рычаг *11*. При этом тяга *17* поворачивает трехплечий рычаг *29*, отклоняющий штифтом *27* заслонку *26*.

Воздух, подаваемый в регулятор, очищается фильтром и под давлением, сниженным редуктором до 1,4 *кгс/см²*, подводится одновременно

Таблица IX.5

Регуляторы типа 04

Шифр	Наименование
04-ТСГ-410М	Термометр самопишущий газовый с регулирующим устройством и с приводом диаграммы от часового механизма
04-ТСГ-610М	То же, с приводом диаграммы от синхронного двигателя
04-МСТМ-410М	Манометр самопишущий с трубчатой многовитковой пружиной, с регулирующим устройством и с приводом диаграммы от часового механизма
04-МСТМ-610М	То же, с приводом диаграммы от синхронного двигателя
04-МСС-410М	Манометр самопишущий сильфонный с регулирующим устройством и с приводом диаграммы от часового механизма
04-МСС-610М	То же, с приводом диаграммы от синхронного двигателя
04-МСС-430М	То же, с дополнительной записью давления и с приводом диаграммы от часового механизма
04-МСС-630М	То же, с дополнительной записью давления и с приводом диаграммы от синхронного двигателя
04-ВСС-410М	Вакумметр самопишущий сильфонный с регулирующим устройством и с приводом диаграммы от часового механизма
04-ВСС-610М	То же, с приводом диаграммы от синхронного двигателя
04-ДП-410М	Дифманометр поплавковый самопишущий с регулирующим устройством и с приводом диаграммы от часового механизма
04-ДП-610М	То же, с приводом диаграммы от синхронного двигателя

к впускному клапану *43* и дросселю *38* вторичного реле. Проходя через дроссель *38*, воздух снова снижает свое давление и поступает к соплу *23* первичного реле. Струя воздуха, вытекающего из отверстия сопла *23*, дросселируется заслонкой *26*. Так как проходное сечение дросселя *38* в четыре раза меньше проходного сечения сопла *23*, небольшое перемещение заслонки *26* вызывает изменение давления в камере *37* от минимума до максимума. В случае полного открытия сопла *23* давление в камере *37* падает почти до нуля. При этом под действием пружин впускной клапан *43* закрывается, а выпускной *33* — открывается, вследствие чего давление в камерах *32*, *42* и на выходе регулятора падает до нуля и регулирующий клапан *41* под действием пружины *31* закрывается. Когда заслонка *26* закрывает сопло *23*, давление в камере *37* повышается. Под действием увеличивающегося давления мембраны *34* и *44* прогибаются, открывая клапан *43* и закрывая клапан *33*, благодаря чему увеличивается давление воздуха на мембрану исполнительного механизма *30* и регулирующий клапан *41* открывается.

Регулятор имеет ручной задатчик, состоящий из головки *4*, тяги и контрольного указателя *2*. При совмещении пера с контрольным указателем заслонка *26* под действием пружины *25* всегда слегка прижимается к соплу *23*, что соответствует нормальному течению процесса. Отклонение пера от контрольного указателя вызывает перемещение заслонки *26*, благодаря чему изменяется давление в линии исполнительного механизма и в камере над сильфоном *12*. Это давление через жидкость (толуол) передается на сильфон *13* и вызывает перемещение штока *20*. Последний через кинематическую цепь (штифт *21*, ведущий рычаг *22*, штифт *16*, центральный рычаг *24*, трехплечий рычаг *29*, штифт *27*) передвигает заслонку относительно сопла *23* почти на такое же расстояние (но в противоположном направлении), на какое переместила ее измерительная система через тягу *17*. Таким образом осуществляется жесткая отрицательная обратная связь. Величина перемещения заслонки *26* под действием сильфонов устанавливается штифтом *16*, который можно перемещать вверх и вниз. Каждому положению штифта *16* соответствует определенная зависимость между отклонением пера и перемещением регулирующего органа, т. е. определенная степень неравномерности. Положение штифта *16* определяется по шкале *18*, градуированной в процентах.

При открытом дросселе *14* сообщаются между собой левый *A* и правый *B* блоки изодрома. При положении пера, совпадающем с положением контрольного указателя, внутренние сильфоны занимают среднее положение и давление жидкости в обоих блоках одинаково. Если перо отклонилось от контрольного указателя, то изменяется давление воздуха в линии к исполнительному механизму, и сильфон *12* сжимается или разжимается. При этом меняется давление жидкости внутри блока *A*, в то время как давление внутри блока *B* остается почти неизменным, так как наружный сильфон *19* этого блока находится под действием атмосферного давления. Вследствие разности давлений внутри блоков жидкость по каналу *9* начинает перетекать из одного блока в другой, одновременно передвигается соединительный шток *20*, перемещая заслонку *26* относительно сопла *23*, в результате регулирующий орган снова перемещается и занимает новое положение, обеспечивающее нормальное течение процесса при изменившихся условиях. Движение регулирующего устройства прекращается, когда уравняется давление жидкости в блоках *A* и *B*. При этом перо занимает положение, совпадающее с положением контрольного указателя. Время изодрома определяется скоростью перетекания жидкости из одного

блока в другой. Эта скорость зависит от степени открытия игольчатого клапана *14* и от разности давлений в блоках *А* и *В*, которая, в свою очередь, является функцией величины отклонения параметра от заданного значения. Изменение степени открытия игольчатого клапана *14* осуществляется вращением винта *15* с дисковой шкалой.

Величина временной неравномерности путем небольших переделок может быть увеличена до 300 или 600%. Переделка заключается в перенесении штифта *27* в другие отверстия трехплечего рычага *29*. Перестановка конца тяги *17* с правого на левое плечо трехплечего рычага *29* вызывает изменение направления зависимости между параметром и давлением в выходной линии регулятора (обратная зависимость заменяется прямой). Дистанционное управление исполнительным механизмом осуществляется с помощью клапана *35*, пропускающего воздух в камеру *37* параллельно дросселю *38*.

Давление воздуха, поступающего к регулятору после редуктора, равно 1,4 *кгс/см²*, давление воздуха на выходе регулятора изменяется от 0 до 1 *кгс/см²*. Эти величины контролируются манометрами *28* и *36*. Максимальный расход воздуха на один регулятор 6—9 *л/мин* при среднем положении регулирующего органа, т. е. при давлении в линии исполнительного механизма, приблизительно равном 0,5—0,6 *кгс/см²*. Расстояние от регулятора до исполнительного механизма по трассе не должно превышать 300 *м* при внутреннем диаметре командной линии 6—8 *мм*. Температура окружающего воздуха в месте установки регулятора должна находиться в пределах 10—60° С. Окружающая среда не должна быть сильно запыленной или влажной и разрушающе действовать на оксидированную сталь, латунь, хромовые и никелевые покрытия.

Пределы измерений термометров 04-ТСГ — от 0 до 120; 160; 200; 300° С, длина капилляра — 10; 16; 25; 40 *м*. Пределы измерений манометров 04-МСТМ — от 0 до 6; 10; 16; 25; 40; 60; 100; 160 *кгс/см²*. Пределы измерений манометров 04-МСС — от 0 до 0,6; 1; 1,6; 2,5; 4 *кгс/см²*. Пределы измерений вакуумметров 04-ВСС — от 0 до 760 *мм рт. ст.* Верхние пределы измерений поплавковых дифманометров 04-ДП совпадают с величинами, приведенными в гл. III, § 8, статическое давление измеряемой среды — до 160 *кгс/см²*. Регуляторы 04 показаны на рис. IX.31 и IX.32.

Пневматический программный терморегулятор 14-ТСГ-610М2 предназначен для измерения, записи и автоматического регулирования температуры по заданной программе. Он отличается от регулятора 04-ТСГ-610 только наличием специального профилированного диска, который сидит на одной оси с диаграммой прибора и перемещает контрольный указатель в соответствии с выбранной программой регулирования. Завод снабжает прибор заготовкой программного диска, профилирование диска осуществляется заказчиком. Пределы измерения 0—120° С, скорость вращения программного диска и диаграммы 1 оборот за 8 *ч*. Повышение температуры в минуту не должно превышать 1% от максимального значения шкалы, скорость понижения температуры не ограничивается. Длина капилляра 10 *м*, термобаллон выполнен из нержавеющей стали, и капилляр защищен хлорвиниловой трубкой.

Регуляторы 04 и 14 выпускаются заводом «Теплоконтроль», Казань. Комплектно с регулятором поставляются редуктор и фильтр для воздуха. Поплавковые дифманометры выпускаются для измерения и регулирования расхода аммиака (04-ДП-410МА и 04-ДП-610МА) и кислорода (04-ДП-410МК и 04-ДП-610МК).

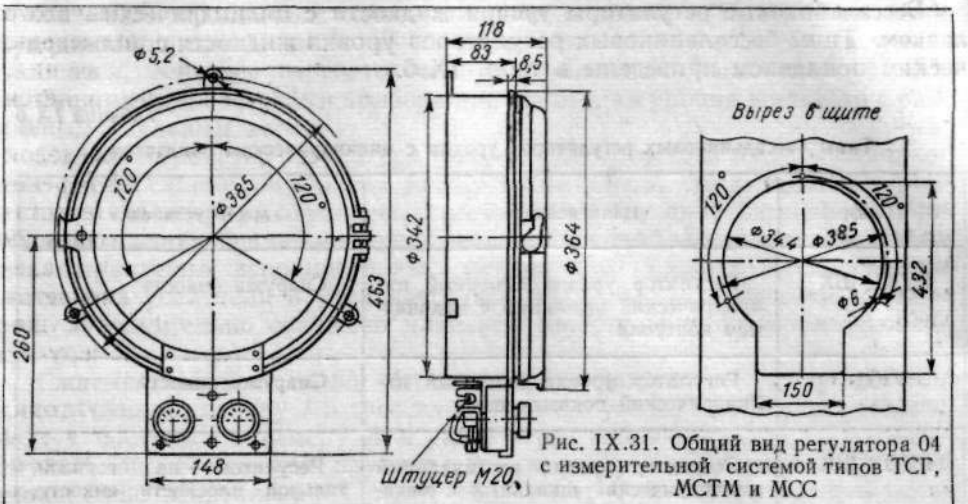
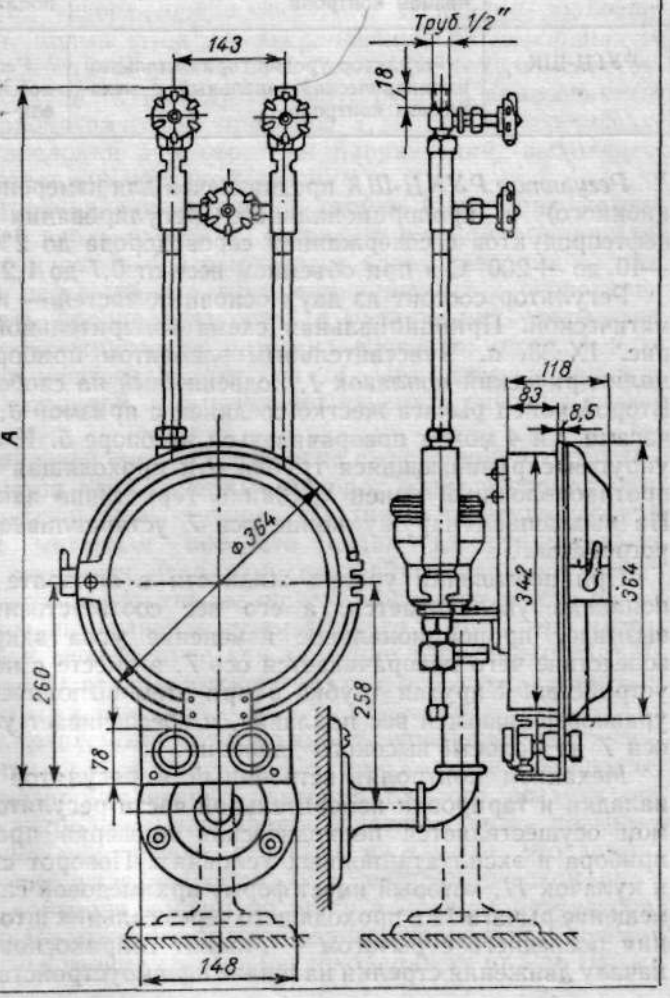


Рис. IX.31. Общий вид регулятора 04 с измерительной системой типов ТСГ, МСТМ и МСС



Перепад давления	A
630, 1000, 1600, 2500 кгс/м²	666
0,4 кгс/см²	733
0,63 кгс/см²	897
1 кгс/см²	1137
1,6 кгс/см²	1590

Рис. IX.32. Общий вид регулятора 04 с измерительной системой типа ДП

Бессальниковые регуляторы уровня жидкости с цилиндрическим поплавком. Типы бессальниковых регуляторов уровня жидкости с цилиндрическим поплавком приведены в табл. IX.6.

Таблица IX.6

Типы бессальниковых регуляторов уровня с цилиндрическим поплавком

Шифр	Наименование	Место установки
РУКЦ-ШК	Регулятор уровня камерный цилиндрический шкальный с механизмом контроля	Снаружи емкости
РУКЦ-П	Регулятор уровня камерный цилиндрический показывающий	Снаружи емкости
РУВЦ-ШК	Регулятор уровня вертикальный цилиндрический шкальный с механизмом контроля	Регулятор — на горизонтальной плоскости емкости, поплавок — внутри емкости
РУГЦ-ШК	Регулятор уровня горизонтальный цилиндрический шкальный с механизмом контроля	Регулятор — на вертикальной плоскости емкости, поплавок — внутри емкости

Регулятор РУКЦ-ШК предназначен для измерения (местного и дистанционного) и пропорционального регулирования уровня маловязких нефтепродуктов с содержанием сероводорода до 2% при температуре от *—40 до +200° С и при объемном весе от 0,7 до 1,2 г/см*^{3}.

Регулятор состоит из двух основных частей — измерительной и пневматической. Принципиальная схема измерительной части приведена на рис. IX.33, *а*. Чувствительным элементом прибора является стальной цилиндрический поплавок *1*, подвешенный на свободном конце рычага *2*. Второй конец рычага жестко соединен с призмой *3*, которая вместе с рычагами *2* и *4* может поворачиваться на опоре *5*. К призме *3* прикреплена упругая скручивающаяся трубка *6* и проходящая внутри трубки ось *7*; противоположный конец трубки *6* герметично закреплен во фланце *8*. На выходящем наружу конце оси *7* устанавливается заслонка пневмоустройства.

При повышении уровня жидкости в аппарате глубина погружения поплавка увеличивается, а его вес соответственно уменьшается. Это вызывает пропорциональное изменение угла закручивания трубки *6*, вследствие чего поворачивается ось *7*, а вместе с ней и заслонка пневмоустройства. Упругая трубка *6* при этом выполняет функцию пружины, уравновешивающей вес поплавка, и обеспечивает уплотнение для вывода оси *7* из полости высокого давления.

Механизм контроля, встроенный в регулятор уровня, служит для наладки и тарировки измерительной части регулятора. Этим же механизмом осуществляется периодическая проверка правильности показаний прибора в эксплуатационных условиях. Поворот стрелки *9* через ось *10* и кулачок *11*, который имеет форму архимедовой спирали, вызывает перемещение рычага *12* и проходящего через сальник штока *13* до соприкосновения последнего с рычагом *4*. Момент соприкосновения определяется по началу движения стрелки на шкале пневмоустройства, в этот момент отсчет

по шкале *14* должен совпадать с показанием прибора. При перестановке кулачка *11* на оси *10* вдоль рычага *12*, на котором нанесена шкала удельного веса, меняется передаточное отношение механизма контроля. Это необходимо для настройки прибора при измерении уровня жидкости с различным удельным весом.

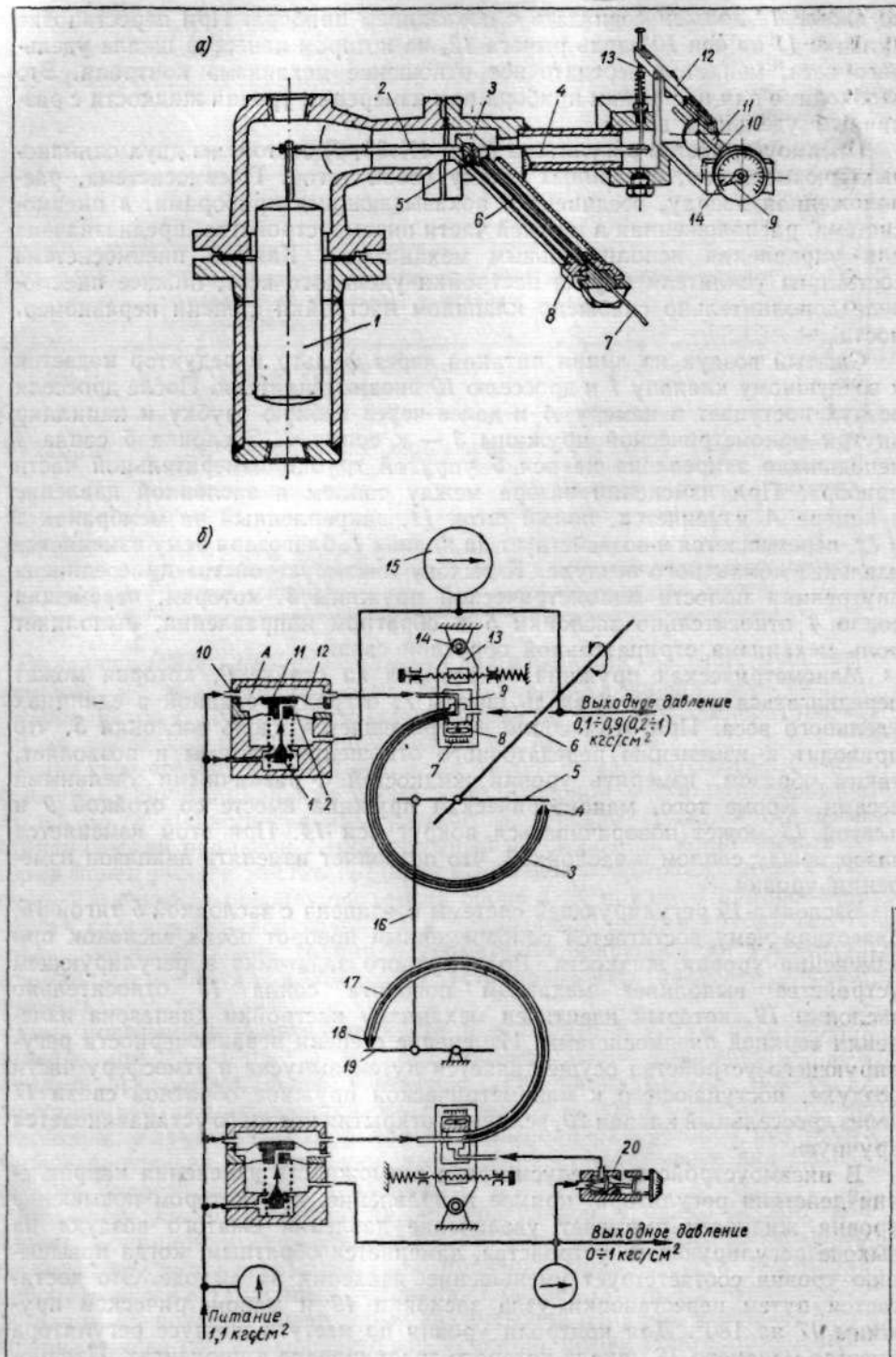
Пневмоустройство регулятора (рис. IX.33, *б*) состоит из двух одинаковых пневмосистем, связанных между собой тягой. Пневмосистема, расположенная вверху, соединена с показывающими приборами, а пневмосистема, расположенная в нижней части пневмоустройства, предназначена для управления исполнительным механизмом. Каждая пневмосистема состоит из усилителя и узла настройки удельного веса, нижнее пневмореле дополнительно снабжено клапаном настройки степени неравномерности.

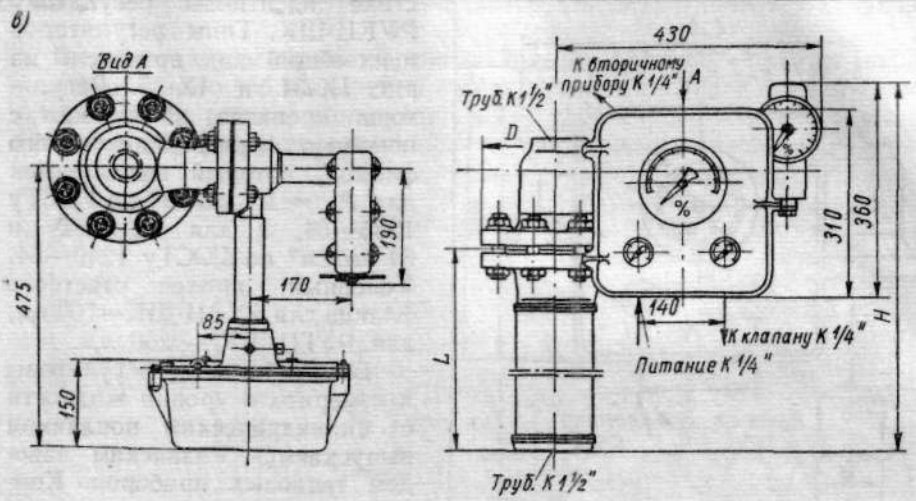
Сжатый воздух из линии питания через фильтр и редуктор подается к воздушному клапану *1* и дросселю *10* пневмоусилителя. После дросселя воздух поступает в камеру *А* и далее через гибкую трубку и капилляр внутри манометрической пружины *3* — к соплу *4*. Заслонка *5* сопла *4* неподвижно закреплена на оси *6* упругой трубки измерительной части прибора. При изменении зазора между соплом и заслонкой давление в камере *А* изменяется, полый шток *11*, закрепленный на мембранах *2* и *12*, перемещается и воздействует на клапан *1*, благодаря чему изменяется давление командного воздуха. К выходу пневмоустройства присоединена внутренняя полость манометрической пружины *3*, которая, перемещая сопло *4* относительно заслонки *5* в обратном направлении, выполняет роль механизма отрицательной обратной связи.

Манометрическая пружина закреплена на стойке *9*, которая может передвигаться по пазу *8* вдоль шкалы *7*, отградуированной в единицах удельного веса. При этом сопло *4* перемещается вдоль заслонки *5*, что приводит к изменению передаточного отношения системы и позволяет, таким образом, измерять уровни жидкостей с различными удельными весами. Кроме того, манометрическая пружина вместе со стойкой *9* и платой *13* может поворачиваться вокруг оси *14*. При этом изменяется зазор между соплом и заслонкой, что позволяет изменять диапазон измерения уровня.

Заслонка *19* регулирующей системы соединена с заслонкой *5* тягой *16*, благодаря чему достигается одновременный поворот обеих заслонок при изменении уровня жидкости. Роль ручного задатчика в регулирующем устройстве выполняет механизм поворота сопла *18* относительно заслонки *19*, который идентичен механизму настройки диапазона измерения верхней пневмосистемы. Изменение степени неравномерности регулирующего устройства осуществляется путем выпуска в атмосферу части воздуха, поступающего к манометрической пружине обратной связи *17* через дроссельный клапан *20*, величина открытия которого устанавливается вручную.

В пневмоустройстве предусмотрена возможность изменения направления действия регулятора: прямое направление, при котором повышение уровня жидкости вызывает увеличение давления сжатого воздуха на выходе регулирующего устройства, заменяется обратным, когда повышению уровня соответствует уменьшение давления на выходе. Это достигается путем перестановки узла заслонки *19* и манометрической пружины *17* на 180°. Для контроля уровня по месту в корпусе регулятора имеется манометр *15*, шкала которого градуирована в процентах. Пневмоустройство обеспечивает настройку степени неравномерности от 5 до 100%.


а)
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
б)
15
16
17
18
19
20
А
Выходное давление
0,1÷0,9(0,2÷1)
кгс/см²
Выходное давление
0÷1 кгс/см²
Питание
1,1 кгс/см²



Тип	H	L	D
РУКЦ-ШК-16-400 РУКЦ-ШК-40-400 РУКЦ-ШК-64-400	680	400	215 230 250
РУКЦ-ШК-16-800 РУКЦ-ШК-40-800 РУКЦ-ШК-64-800	1080	800	215 230 250

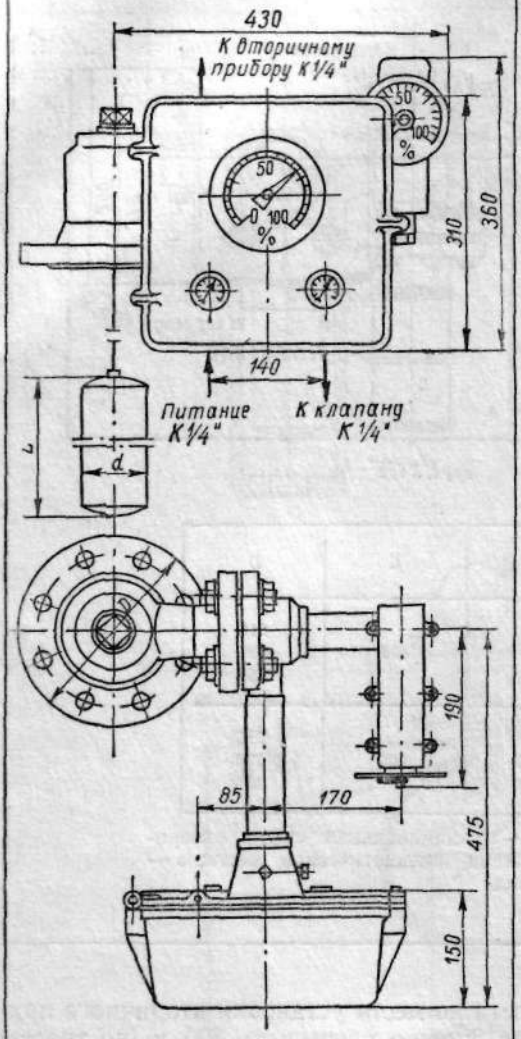
Рис. IX.33. Регулятор РУКЦ-ШК: *а* — принципиальная схема измерительной части; *б* — принципиальная схема пневматической части; *в* — общий вид

Максимальное расстояние от емкости до места установки вторичного прибора и регулирующего клапана не должно превышать 300 *м* (по трассе) при внутреннем диаметре воздухопровода 6 *мм*. Основная погрешность прибора при местном и дистанционном измерении не превышает ±2,5% от диапазона измерения. Конструкция регулятора предусматривает возможность поворота узлов пневмоустройства и механизма контроля на 180° по отношению к корпусу поплавковой камеры. Регулятор может монтироваться в закрытых помещениях и на открытом воздухе, в последнем случае приборы должны быть защищены от непосредственного попадания влаги и обледенения.

В полный шифр регулятора входит предел регулирования (400 или 800 *мм*) и условное давление (16, 40 или 64 *кгс/см²*). Общий вид регулятора приведен на рис. IX.33, *в*.

Регулятор РУКЦ-П отличается от регулятора РУКЦ-ШК отсутствием механизма контроля.

Регуляторы РУВЦ-ШК и РУГЦ-ШК по конструкции измерительной и пневматической частей, принципу действия и технической характери-



Тип	D	L	d
РУВЦ-ШК-16-400	215	400	83
РУВЦ-ШК-40-400	230		
РУВЦ-ШК-64-400	250		
РУВЦ-ШК-16-800	215	800	28
РУВЦ-ШК-40-800	230		
РУВЦ-ШК-64-800	250		

Рис. IX.34. Общий вид регулятора РУВЦ-ШК

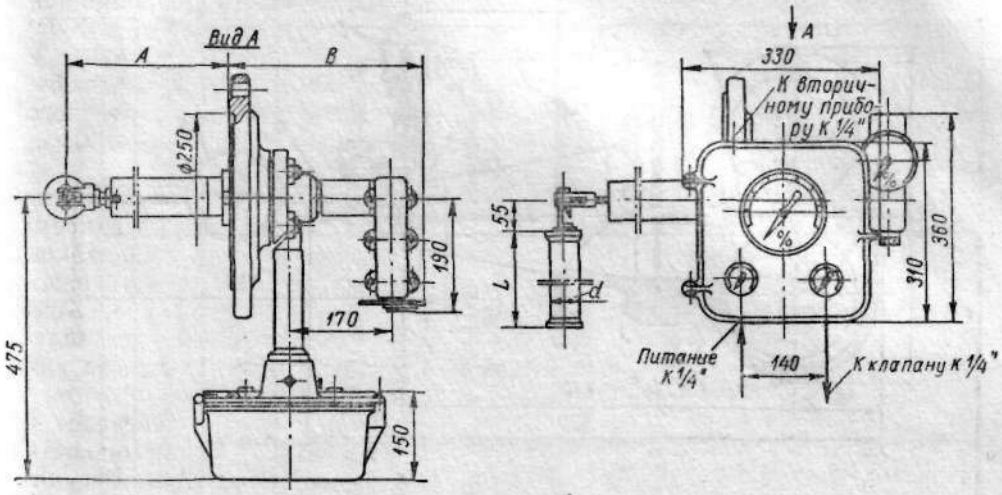
стике идентичны регулятору РУКЦ-ШК. Типы регуляторов и их общий вид приведены на рис. IX.34 и IX.35. Регуляторы крепятся на емкости с помощью присоединительного фланца, который выполняется для $P_y = 16$ *кгс/см²* по ГОСТу 1235—54, а для $P_y = 40$ и 64 *кгс/см²* по ГОСТу 1240—54. Условный проход ответного фланца для РУВЦ-ШК—100 *мм*, для РУГЦ-ШК — 250 *мм*.

Бессальниковые регуляторы и измерители уровня жидкости с цилиндрическим поплавком выпускаются Рязанским заводом тепловых приборов. Комплектно с приборами поставляются редуктор и фильтр для воздуха.

Регуляторы, измерители и сигнализаторы уровня жидкости с шаровым поплавком. Регуляторы, измерители и сигнализаторы уровня жидкости с шаровым поплавком *типов РУПК, РУПШ и РУПФ* предназначены для регулирования, сигнализации и дистанционного измерения уровня неагрессивных и слабо агрессивных жидкостей в различных емкостях и технологических аппаратах. Приборы различаются по виду монтажа и пределам измерения уровня: РУПК — приборы наружного монтажа (камерные) с пределами измерения 0—250 *мм*; РУПШ — приборы внутреннего монтажа штуцерные с пределами измерения 0—365 *мм*; РУПФ — приборы внутреннего монтажа фланцевые с пределами измерения 0—365 *мм*. Каждый тип включает в себя несколько модификаций, которые различаются назначением прибора (регулятор, регулятор и сигнализатор, регулятор и измеритель) и условным давлением. Устройство механизма передачи движения по-

плавка и принцип действия одинаковы для всех типов и модификаций этих приборов.

Чувствительным элементом регулятора (рис. IX.36) является шаровой поплавок *1*, который посажен на свободный конец штанги *2*, закрепленной на оси *3*. На втором конце оси закреплены серьга-поводок и рычаг *4* с грузом *5*, уравновешивающим вес подвижных частей. Сочленение



Тип	A	B	L	d
РУГЦ-ШК-16-400-I	280	480	400	83
РУГЦ-ШК-16-400-II	435	325	400	50
РУГЦ-ШК-40-400-I	280	480	400	83
РУГЦ-ШК-40-400-II	435	325	400	50
РУГЦ-ШК-64-400	410	350	400	50
РУГЦ-ШК-16-800-I	280	480	800	58
РУГЦ-ШК-16-800-II	435	325	800	37
РУГЦ-ШК-40-800-I	280	480	800	58
РУГЦ-ШК-40-800-II	435	325	800	37
РУГЦ-ШК-64-800	410	350	800	37

Рис. IX.35. Общий вид регулятора РУГЦ-ШК

рычага *4* с осью *3* осуществляется при помощи зубчатой муфты, позволяющей установить рычаг с грузом в нужное положение. Серьга-поводок является звеном рычажной системы, соединяющей ось *3* со штоком пневматического реле *6* типа ПР-7. Движение поплавка при изменении уровня жидкости вызывает поворот оси *3* и перемещение штока пневмореле *6*, что приводит к пропорциональному изменению давления сжатого воздуха на выходе регулятора. Степень неравномерности настраивается путем изменения соотношения плеч рычажной системы, связывающей ось *3* с пневмореле ПР-7. Замена прямого направления действия, при котором повышение уровня вызывает увеличение давления сжатого воздуха на выходе, обратным, когда повышению уровня соответствует уменьшение давления на выходе, осуществляется путем изменения расположения звеньев рычажной системы.

Регулятор-сигнализатор уровня снабжен пневмореле ПР-7 и сигнальным устройством СУ-4 или СУ-4-ВЗГ. Это дает возможность одновременно регулировать уровень жидкости и сигнализировать определенные его значения. Регулятор-измеритель уровня снабжен двумя пневмореле ПР-7 с раздельной настройкой рычажных систем. Одно из реле ПР-7 используется для получения командного импульса на регулирующий клапан,

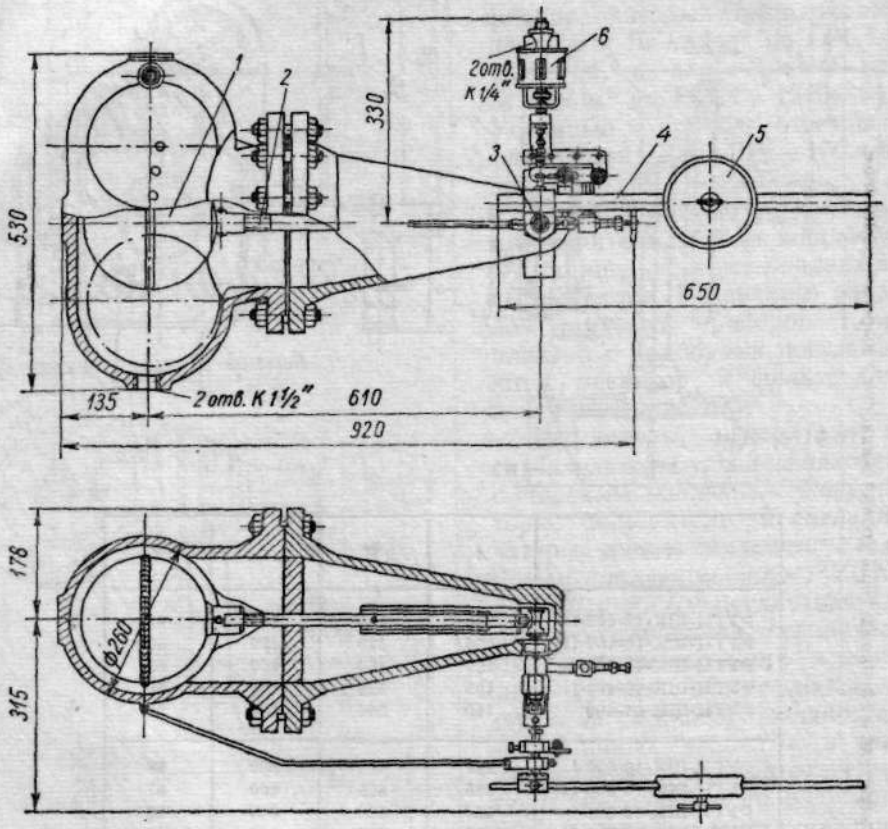


Рис. IX.36. Камерный регулятор уровня РУПК-16

а второе — для дистанционного измерения уровня; оно настраивается в соответствии со шкалой вторичного прибора. Выпускаются также регуляторы, предназначенные для работы в условиях высоких температур (до 450° С). В конструкции этих регуляторов предусмотрена ребристая рубашка, предохраняющая сальник от перегрева и высыхания.

Основное назначение, технические данные и шифры выпускаемых регуляторов, измерителей и сигнализаторов уровня жидкости с шаровым поплавком даны в табл. IX.7.

Пневматическое реле регуляторов питается сжатым воздухом давлением 1,5—10 *кгс/см²*, при полном ходе поплавка давление воздуха на выходе меняется от 0,1 до 0,9 *кгс/см²*, степень неравномерности регуляторов 10—100%; максимальное расстояние от регулятора до пневматического регулирующего клапана или вторичного прибора 100 *м*; чувствительность приборов по изменению уровня ±5 *мм*. В комплект поставки регуляторов входят фильтр для воздуха и лубрикатор. Конструкция

Регуляторы, измерители и сигнализаторы уровня жидкости с шаровым поплавком

Наименование и назначение	Камерные приборы	Штуцерные приборы			Фланцевые приборы	
	$P_{раб} = 16$ кгс/см²	$P_{раб} = 16$ кгс/см²	$P_{раб} = 64$ кгс/см²		$P_{раб} = 40$ кгс/см²	
	$T_{max} = 200°$ С	$T_{max} = 200°$ С	$T_{max} = 200°$ С	$T_{max} = 450°$ С	$T_{max} = 200°$ С	$T_{max} = 450°$ С
Регулятор уровня	РУПК-16	РУПШ-356-16	РУПШ-365-64	РУП-64-450	РУПФ-365-40	РУПФ-365-40-450
Регулятор и сигнализатор уровня	РУПК-16-СУ-4	—	РУПШ-365-64-СУ-4	РУП-64-450-СУ-4	РУПФ-365-40-СУ-4	РУПФ-365-40-450-СУ-4
Регулятор и сигнализатор уровня взрывобезопасный	РУПК-16-СУ-4-ВЗГ	—	РУПШ-365-64-СУ-4-ВЗГ	РУП-64-450-СУ-4-ВЗГ	РУПФ-365-40-СУ-4-ВЗГ	РУПФ-365-40-450-СУ-4-ВЗГ
Регулятор уровня с пневмореле для дистанционного измерения уровня	РУПК-16-2ПР-7	—	РУПШ-365-64-2ПР-7	РУП-64-450-2ПР-7	РУПФ-365-40-2ПР-7	РУПФ-365-40-450-2ПР-7
Регулятор и сигнализатор уровня с пневмореле для дистанционного измерения уровня	—	—	—	РУП-64-450-2ПР-7-СУ-4	—	РУПФ-365-40-450-2ПР-7-СУ-4
Регулятор и сигнализатор уровня взрывобезопасный с пневмореле для дистанционного измерения уровня	—	—	—	РУП-64-450-2ПР-7-СУ-4-ВЗГ	—	РУПФ-365-40-450-2ПР-7-СУ-4-ВЗГ

регуляторов и сигнализаторов с шаровыми поплавками допускает их установку как в закрытом помещении, так и на открытом воздухе. В последнем случае приборы должны быть защищены от непосредственного попадания влаги и обледенения. Изготовитель: завод «Староруссприбор», Старая Русса.

Двухпозиционный пневматический регулятор уровня типа ДРУГ. Двухпозиционный пневматический регулятор уровня типа ДРУГ предназначен для регулирования уровня неагрессивных и слабо загрязненных жидкостей в горизонтальных и вертикальных емкостях, он может быть использован также для регулирования уровня раздела двух несмешивающихся жидкостей с различными удельными весами. Чувствительный элемент регулятора выполнен в виде двух грузов с различными удельными весами, которые закреплены на вращающейся оси. Угол поворота чувствительного элемента преобразуется при помощи постоянного магнита и системы сопло—заслонка в пневматический сигнал. На регуляторе установлен счетчик пневматических импульсов типа СЕ-65.

Регулятор может быть настроен на работу по типу ВО и ВЗ, монтируется он на открытом воздухе внутри или снаружи емкости. Диапазон регулирования уровня собственно регулятором равен 15 *мм*, при установке в линии исполнительного механизма ресивера диапазон регулирования может быть увеличен и определяется экспериментально в каждом конкретном случае, при включении регулятора в камерном исполнении по специальной схеме (с уравнительной линией и двумя клапанами) диапазон регулирования может быть любым. Минимальная разность удельных весов двух жидкостей при регулировании уровня раздела равна 0,15 *г/см*^{3}. Питание регулятора осуществляется сухим чистым газом или воздухом давлением 1—1,5 *кгс/см*^{2}. Температура окружающей среды должна быть в пределах $\pm 40°$ С. Диаметр условного прохода регулятора равен 150 *мм*, длина — 460 *мм*. Регулятор выпускается в двух исполнениях: модификация ДРУГ-1 рассчитана на давление 160 *кгс/см*^{2}, наружный диаметр фланца равен 390 *мм*, модификация ДРУГ-2 рассчитана на давление 64 *кгс/см*^{2}, наружный диаметр фланца равен 340 *мм*. В комплект поставки регулятора входят редуктор РДВ-1 и фильтр ФВ-2. Регулятор применяется в комплекте с двухпозиционными запорными органами.

Изготовитель: Завод аналитических приборов, Киев.

Регулятор давления типа РД. Регулятор РД предназначен для поддержания заданного давления неагрессивных газов, паров и жидкостей.

Регулируемое давление (рис. IX.37) подводится к манометрической пружине *4*. К свободному концу пружины присоединена заслонка *6*, которая опирается на подвижный упор *3* и под действием пружины *2* стремится прикрыть сопло *7*. К последнему из линии питания через постоянный дроссель *1* подводится сжатый воздух. Проходное сечение дросселя *1* меньше проходного сечения сопла, поэтому перемещение заслонки относительно сопла при изменении регулируемого давления вызывает изменение давления в командной линии регулятора. Настройка регулятора на заданное значение параметра производится задатчиком *5*, при помощи которого можно поворачивать плату *9* с заслонкой *6* вокруг оси *8*. Настройка степени неравномерности в диапазоне от 5 до 50% осуществляется передвижением упора *3*.

Регулятор может быть настроен на прямое или обратное действие. В первом случае при повышении регулируемого давления возрастает давление командного воздуха в пределах от 0 до 1 *кгс/см*^{2}; при установке на

обратное действие увеличение регулируемого давления вызывает понижение давления в командной линии воздуха от 1 *кгс/см²* до 0. Типы регуляторов приведены в табл. IX.8.

Давление сжатого воздуха, подводимого к регулятору, должно быть в пределах 1,3—1,5 *кгс/см²*. Расстояние до регулирующего клапана не должно превышать 10 *м*. Регулятор предназначен для настенного монтажа и выпускается в пыле- и брызгонепроницаемом корпусе. Габариты регулятора равны 280×240×100 *мм*. При установке регулятора на открытом воздухе он должен быть защищен от непосредственного попадания влаги и обледенения.

В комплект поставки регулятора входят редуктор давления воздуха и фильтр.

Таблица IX.8

Регуляторы давления РД

Тип	Пределы регулирования в *кгс/см²*
РД-4	1—3
РД-6	1—5
РД-8	2—6
РД-16	3—12
РД-25	5—20
РД-30	6—24

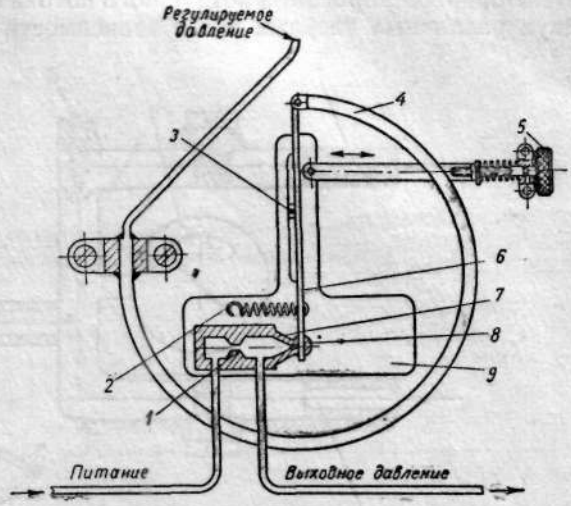


Рис. IX.37. Принципиальная схема регулятора давления РД

Изготовитель: завод «Староруссприбор», Старая Русса.

Регулятор температуры биметаллический пневматический типа РТБП. Прибор предназначен для регулирования температуры в помещении, принципиальная схема его приведена на рис. IX.38. Воздух под давлением 1 *кгс/см²* подается в канал *1* и, пройдя дроссельное сужение, проходное сечение которого регулируется иглой *3*, через канал *7* поступает в линию исполнительного механизма. Давление воздуха на выходе прибора зависит от степени открытия сопла *4*, отверстие которого перекрывается клапаном *6*. Последний укреплен на плоской пружине *5* и прижимается к соплу биметаллическим элементом *8*. При изменении температуры среды, окружающей прибор, биметаллическая пластинка деформируется, в результате чего изменяется зазор между клапаном и соплом и меняется давление воздуха на выходе прибора, контролируемое по манометру *2*. Настройка прибора на требуемую температуру осуществляется вращением шпинделя *10*, который перемещает конец рычага *9* и связанную с ним термобиметаллическую пластинку *8*.

Прибор рассчитан на диапазон измерения 5—15; 10—20; 15—25; 20—30° С и может работать как прибор прямого (РТБП-П) и обратного (РТБП-О) действия. В регуляторе РТБП-П при повышении температуры давление воздуха на выходе возрастает, в регуляторе РТБП-О — уменьшается. Давление воздуха на выходе прибора меняется от 0,1 до 0,95 *кгс/см²*. Основная погрешность измерения ±0,5° С. Прибор предназначен для настенного монтажа, габаритные размеры его равны

125×65×62 *мм*. Прибор изготовляется в экспортном и тропическом исполнении.

Изготовитель: Орловский завод приборов.

Регулятор температуры дилатометрический пневматический типа ДТДП. Регулятор типа ДТДП предназначен для автоматического регулирования температуры в пределах 0—40° С; по характеру регулирующего воздействия он является пропорциональным регулятором непрерывного действия со степенью обратной связи, равной 5% диапазона регулируемой температуры (2° С). Принцип действия регулятора основан на изменении степени дросселирования воздушного потока при изменении разности длин двух различных твердых тел в зависимости от их температуры.

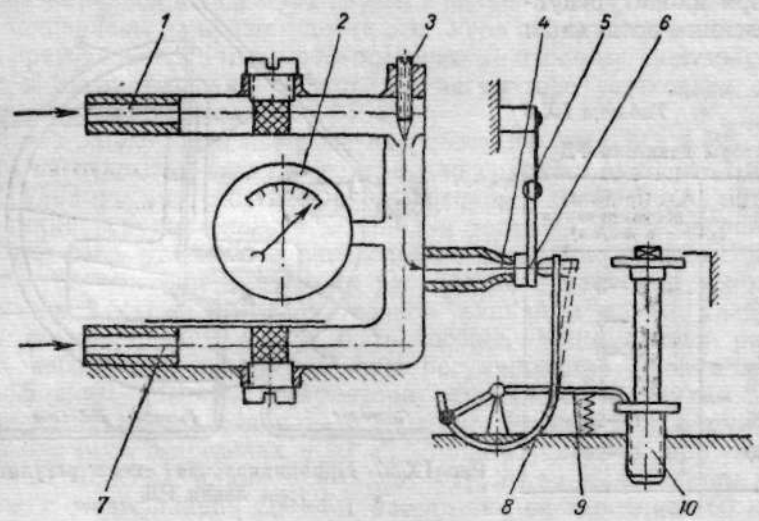


Рис. IX.38. Принципиальная схема регулятора температуры биметаллического пневматического РТБП

Термочувствительная система регулятора (рис. IX.39) состоит из латунной трубки *1* и инварного стержня *2*, коэффициент линейного расширения которого близок к нулю. Латунная трубка одним концом жестко соединена с латунной втулкой *3*, запрессованной в пластмассовый корпус *14*. На втором конце трубки при помощи гайки *17* и штифта закреплен конец инварного стержня *2*. Другой конец стержня входит во втулку и воздействует на клапан *5*, седлом которого является торец втулки *4*, ввернутой в шпиндель *7*. Клапан прижимается к седлу пружиной *6*. Шпиндель уплотнен резиновыми кольцами *12* и *15*. К прибору под давлением 1,1 *кгс/см²* подводится воздух, который через постоянный дроссель (на рисунке не показан) поступает в камеру *А*, соединенную со штуцером *13* отвода воздуха к исполнительному механизму.

Давление воздуха в камере *А* определяется степенью открытия клапана *5*, через который воздух стравливается в камеру *Б*, соединенную с атмосферой.

При увеличении температуры контролируемой среды удлиняется латунная трубка, при этом перемещается жестко связанный с ее свободным концом инварный стержень. Перемещение инварного стержня вызывает уменьшение зазора между клапаном *5* и седлом *4*, в результате чего давление на выходе прибора повышается. При уменьшении температуры про-

ходное сечение клапана увеличивается, и давление на выходе прибора падает.

Для настройки регулятора на обратное действие воздух подводится к камере *Б* и через клапан *5*, камеру *А* и постоянный дроссель стравливается в атмосферу. При такой схеме включения прибора повышение температуры приводит к уменьшению давления воздуха на выходе.

Для настройки на требуемую температуру необходимо специальным ключом повернуть шпиндель *7* до совмещения стрелки *8* с соответствующим делением шкалы. В корпус датчика ввернут манометр *11*, показывающий величину давления воздуха на выходе прибора. Спереди корпус закрыт пластмассовой крышкой *9* со стеклом *10*. Датчик монтируется

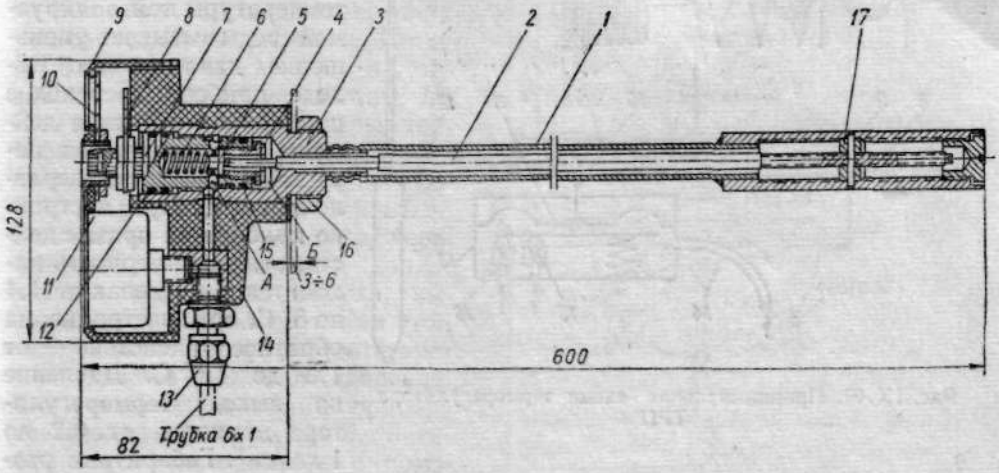


Рис. IX.39. Регулятор температуры дилатометрический пневматический ДТДП

на стенке трубопровода (камере кондиционера) таким образом, чтобы латунная трубка омывалась контролируемой средой. Крепится датчик при помощи гайки *16*, навернутой на втулку *3*.

Прибор может быть настроен на поддержание температуры в интервале 0—40° С; основная допустимая погрешность измерения ±0,5° С. Диапазон изменения температуры, при которой давление меняется от 0,05 до 0,95 *кгс/см²*, не превышает 2° С.

Изготовитель: завод «Теплоавтомат», Харьков.

Терморегулятор манометрический пневматический типа ТРП. Терморегуляторы манометрические пневматические предназначены для регулирования температуры в помещениях (камерные), в воздушных каналах, трубопроводах и т. д. (дистанционные). Принципиальная схема терморегулятора дистанционного действия приведена на рис. IX.40, у камерного прибора термобаллон *12* и капилляр *7* отсутствуют.

При изменении температуры контролируемой среды изменяется давление в термосистеме, которое через сильфон *6*, преодолевая сопротивление пружины диапазона *4*, воздействует на главный рычаг *5*. Последний через ползунок узла неравномерности *9* и рычаг *8* передает усилие на шток *10* пневмореле *13* и мембрану *11*. При совпадении заданной температуры с действительной система находится в равновесии, и клапаны *15* и *16* закрыты. При изменении давления на шток *10* открывается клапан *16*, к которому подведено давление питания, или клапан *15*, стравливающий

воздух в атмосферу. Это вызывает изменение давления в камере пневмореле, а следовательно, и в линии исполнительного механизма *14*. Настройка диапазона регулирования осуществляется по шкале *2* с помощью винта *1* и гайки *3*.

Модификации терморегулятора ТРП и диапазоны регулируемых температур приведены в табл. IX.9. Конструкция прибора обеспечивает возможность настройки на прямое действие, когда при повышении температуры контролируемой среды давление на выходе прибора повышается, и на обратное регулирование, при котором повышение температуры контролируемой среды вызывает уменьшение давления на выходе прибора. Переход с прямого на обратное действие осуществляется перестановкой узла неравномерности. При настройке прибора на прямое действие неравномерность находится в пределах от 1,4 до 8° С, при настройке на обратное действие — от 1,3 до 1,6° С. Давление на выходе терморегулятора меняется от 0,2 до 1 *кгс/см²*. Габаритные размеры прибора равны 140×106×102 *мм*, диаметр термобаллона без защитной гильзы — 12 *мм*, в защитной гильзе — 16 *мм*, длина соответственно 229 и 232 *мм*. Длина соединительного капилляра от термобаллона до корпуса прибора может быть 2,5 и 6 *м*. Терморегуляторы ТРП выпускаются Орловским заводом приборов.

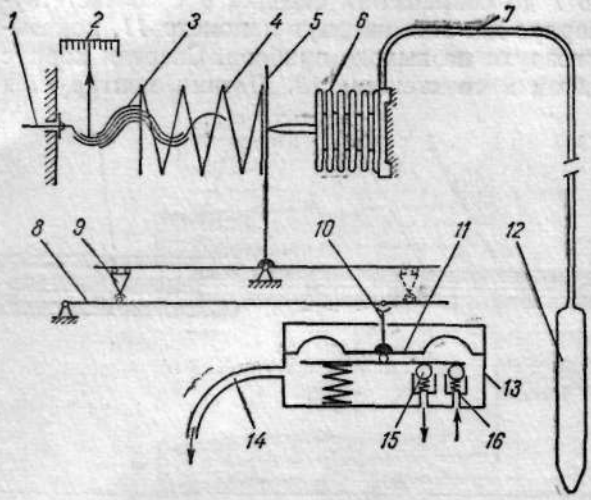


Рис. IX.40. Принципиальная схема терморегулятора ТРП

Таблица IX.9

Терморегуляторы типа ТРП

Модификации	Диапазон температур в °С	Допустимая максимальная температура контролируемой среды в °С	Модификации	Диапазон температур в °С	Допустимая максимальная температура контролируемой среды в °С
Камерные			ТРП-Д03	15—35	65
			ТРП-Д04	25—45	75
ТРП-К01	5—35	50	ТРП-Д05	30—60	85
			ТРП-Д06	45—75	105
Дистанционные			ТРП-Д07	65—85	125
ТРП-Д01	—5—15	50	ТРП-Д08	70—100	135
ТРП-Д02	5—25	55	ТРП-Д09	90—120	150

Регулятор температуры типа РТУ-1. Регулятор РТУ-1 (рис. IX.41) предназначен для регулирования температуры в полимеризаторах и других установках. Регулятор состоит из чувствительного элемента, пневмоблока и блока задания. Чувствительным элементом является термобаллон *1*, который частично заполнен парообразующей жидкостью и соединен с внутренним пространством разделительного сильфона *4* капилляром *2*. Положение термобаллона и защита капилляра от механических повреждений обеспечиваются защитной трубкой, ввернутой во фланец *3*. К этому же фланцу припаивается разделительный сильфон *4*, в донышке которого помещена заслонка *5* сопла *9*. Положение заслонки устанавливается при помощи винта. Заслонка прижимается к установочному винту пружиной *10*. При изменении температуры термобаллона соответственно изменяется давление пара, действующее на разделительный сильфон. Вследствие этого заслонка перемещается относительно сопла, изменяя количество воздуха, выходящего в атмосферу; при этом каждой температуре соответствует определенное выходное давление. Для установки задания в приборе предусмотрена пружина *6*, натяжение которой меняется с помощью винта *7* и рукоятки *8*. Присоединительный фланец, термобаллон и защитная трубка выполнены из стали марки 1Х18Н9Т.

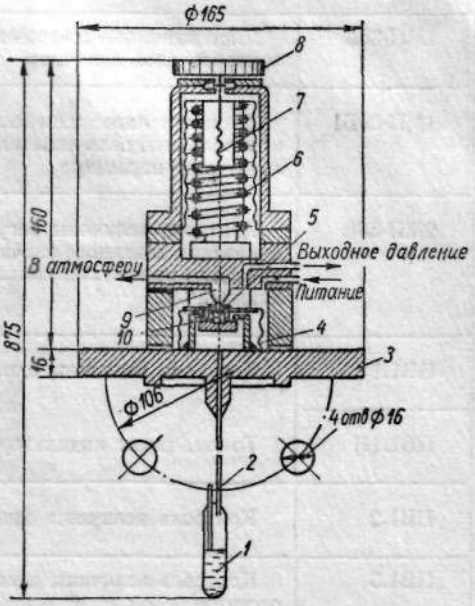


Рис. IX.41. Регулятор температуры РТУ-1

Регулятор рассчитан на изменение температуры в диапазоне от 0 до 11° С; основная погрешность не превышает 1,5% от максимального изменения выходного давления. При изменении измеряемой температуры от минимума до максимума выходное давление изменяется в пределах от 0,2 до 1,0 *кгс/см²*; питание прибора осуществляется сжатым воздухом давлением 1,2 *кгс/см²*. Протяженность линии передачи до 10 *м* при внутреннем диаметре воздухопровода 6 *мм*. Прибор может быть установлен на аппаратах, работающих при избыточном давлении до 10 *кгс/см²*. В комплект поставки входят фильтр, редуктор и два манометра.

Изготовитель: Воронежский филиал ОКБА.

§ 6. ВТОРИЧНЫЕ ПРИБОРЫ

Диапазон давлений, подаваемых ко вторичным пневматическим приборам, равен 0,2—1 *кгс/см²*, питание их осуществляется сжатым воздухом давлением 1,4 *кгс/см²*.

Вторичные показывающие приборы. Типы, назначение и габаритные размеры вторичных показывающих приборов приведены в табл. IX.10.

У *прибора 1МП-30А* чувствительным элементом является сильфон (рис. IX.42, *а*). Давление сжатого воздуха в сильфоне *2* уравновешивается пружиной *5*. Перемещение дна сильфона, ход которого ограничен упорами,

Таблица IX.10

Вторичные показывающие приборы

Тип	Назначение	Габаритные размеры в *мм*
1МП-30А	Контроль величины одного параметра	200×100×206
1МП-30Б	Дистанционное изменение величины задания и контроль этой величины	200×160×320
1МП-30Б1	Дистанционное изменение величины задания, контроль этой величины и контроль величины регулируемого параметра	200×160×320
2МП-30В	Контроль величины регулируемого параметра и показания заданного значения регулируемой величины или положения клапана исполнительного механизма	190×160×360
ПВ1.1	Контроль величины одного параметра	160×80×390
ПВ1.1И	То же, имеет индикаторное устройство	160×80×420
ПВ1.2	Контроль величины одного параметра	∅ 320×165
ПВ1.3	Контроль величины одного параметра с теневым отсчетом	160×8 ×420
ПВ1.3И	То же, имеет индикаторное устройство	160×80×420
ПВ1.4	Дистанционное изменение величины задания и контроль этой величины	160×80×390
ПВ1.4И	То же, имеет индикаторное устройство	160×80×420
ПВ1.5	Дистанционное изменение величины задания, контроль этой величины и контроль величины регулируемого параметра	160×80×390
ПВ1.5И	То же, имеет индикаторное устройство	160×80×420
ПВ1.6	Контроль величины регулируемого параметра и показание заданного значения регулируемой величины или положения клапана исполнительного механизма (представляет собой комплект прибора ПВ1.1 и станции управления СУ-1)	160×80×390 160×60×500
ПВ1.6И	То же, имеет индикаторное устройство	160×80×420 160×60×500

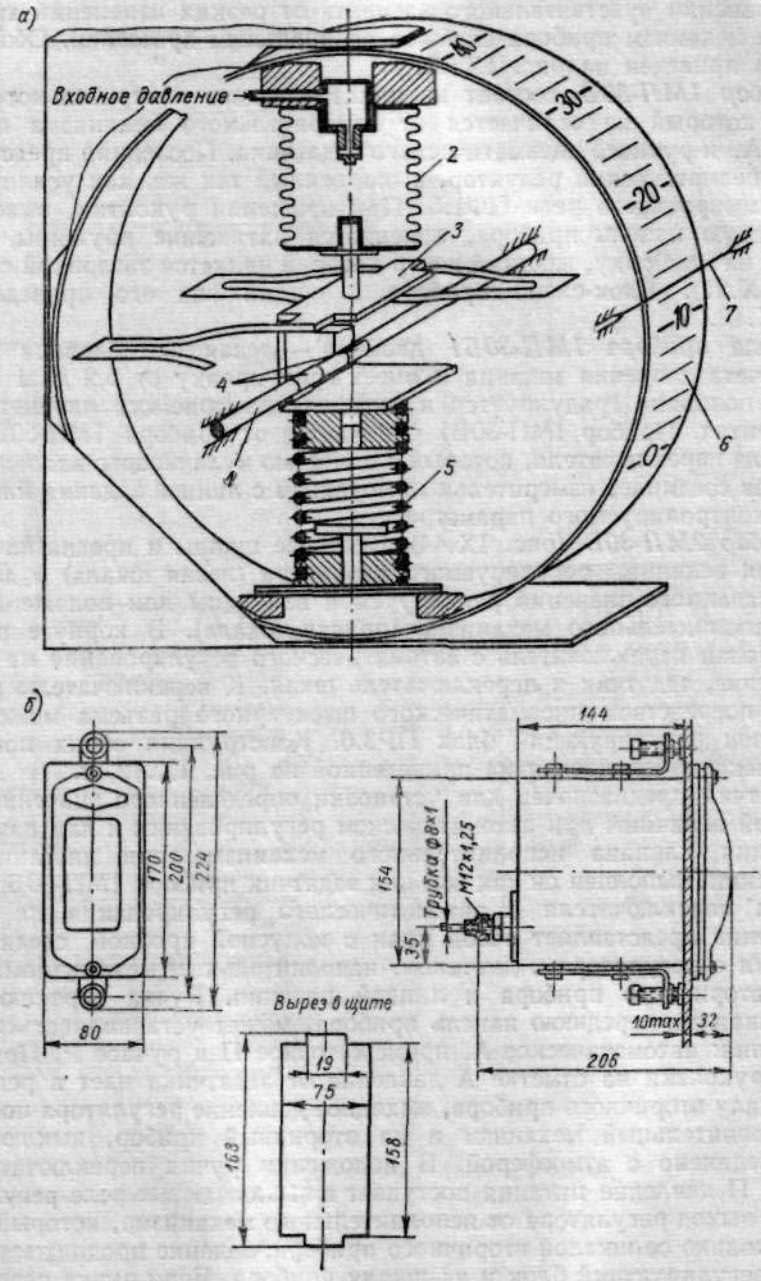


Рис. IX.42. Вторичный показывающий прибор 1МП-30А: *а* — принципиальная схема; *б* — общий вид

с помощью передаточного устройства *3* и гибких металлических лент *4* передается валику *1*. При повороте валика вращается шкала *6*. Неподвижный указатель *7* служит для отсчета измеряемой величины. С целью предохранения чувствительного элемента от резких изменений давления воздуха механизм прибора снабжен специальным дросселем. Общий вид прибора приведен на рис. IX.42, *б*.

Прибор 1МП-30Б состоит из показывающего измерительного механизма, который не отличается от измерительного механизма прибора 1МП-30А, и ручного пневматического задатчика. Последний представляет собой пневматический редуктор, выполненный так же, как усилительное реле суммирующего реле ПФ1.3. При вращении рукоятки, выведенной на лицевую панель прибора, изменяется натяжение пружины, опирающейся на мембрану, жесткий центр которой является заслонкой сопла *15* (рис. IX.21). Блок-схема прибора и общий вид его приведены на рис. IX.43.

Шкала *прибора 1МП-30Б1* двойная — левая ее половина служит для отсчета давления задания и имеет градуировку от 0,2 до 1 *кгс/см*^{2}, правая половина градуируется в единицах измеряемого параметра или в процентах. Прибор 1МП-30Б1 отличается от прибора 1МП-30Б наличием узла переключателя, который с помощью кулачкового валика и двух клапанов соединяет измерительный механизм с линией задания или с датчиком контролируемого параметра.

Прибор 2МП-30В (рис. IX.44) имеет две шкалы и предназначен для контроля величины регулируемого параметра (левая шкала) и для указания заданного значения регулируемой величины или положения клапана исполнительного механизма (правая шкала). В корпусе прибора смонтирован переключатель с автоматического регулирования на ручное управление, задатчик и переключатель шкал. К переключателю режима работы посредством пневматического штеккерного разъема может быть подключен регулирующий блок ПР3.6. Конструкция обоих показывающих механизмов идентична приведенной на рис. IX.42, *а*.

Задатчик предназначен для установки определенного значения регулируемой величины при автоматическом регулировании и для изменения положения клапана исполнительного механизма при дистанционном управлении, выполнен он так же, как задатчик прибора 1МП-30Б.

Узел переключателя с автоматического регулирования на ручное управление представляет собой кран с конусной пробкой, соединенный каналами с регулятором, датчиком, исполнительным механизмом, задатчиком вторичного прибора и линией питания. Ручка переключателя, выведенная на переднюю панель прибора, может устанавливаться в три положения: автоматическое А, промежуточное П и ручное Р. При положении рукоятки на отметке А давление от задатчика идет в регулятор и на шкалу вторичного прибора, выходное давление регулятора поступает на исполнительный механизм и на вторичный прибор, выключающее реле соединено с атмосферой. В положении ручки переключателя на отметке П давление питания поступает в выключающее реле регулятора, отсекая выход регулятора от исполнительного механизма, который соединяется только со шкалой вторичного прибора; задание продолжает поступать в регулирующий блок и на шкалу прибора. Если ручка переключателя установлена на отметке Р, то давление питания поступает к выключающему реле регулятора, а управление исполнительным механизмом осуществляется ручным задатчиком. Для подключения программного задатчика в переключателе предусмотрено специальное отверстие.

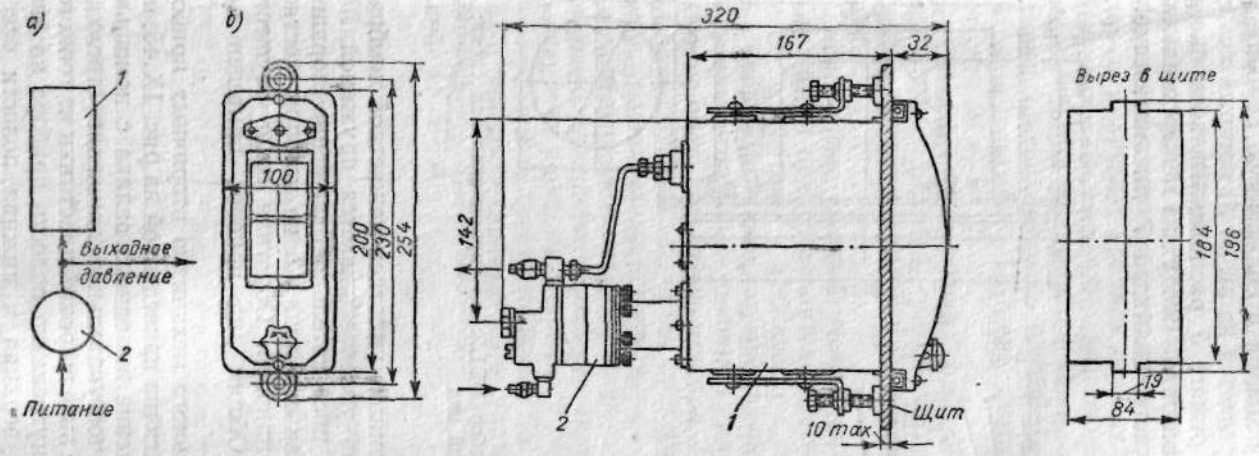


Рис. IX.43. Вторичный показывающий прибор 1МП-30Б: *а* — блок-схема; *б* — общий вид; *1* — измерительный механизм; *2* — ручной задатчик

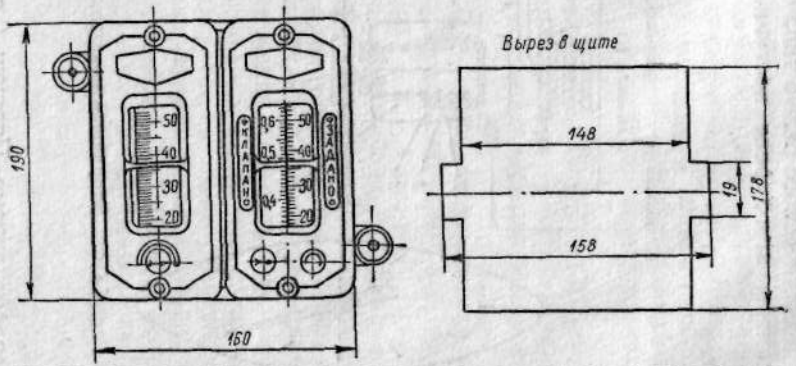


Рис. IX.44. Общий вид прибора 2МП-30В

С помощью переключателя шкал, ручка которого выведена на переднюю панель прибора, правая шкала соединяется либо с линией задания, либо с исполнительным механизмом. Глубина прибора равна 360 *мм*.

Принципиальная схема вторичного *прибора ПВ1.2* приведена на рис. IX.45, *а*. Измеряемое давление подается в сильфонную коробку *1*. Усилие, развиваемое сильфоном *2*, передается на рычаг *3*, который может поворачиваться около опоры *4*. На рычаге *3* расположена заслонка *5* пневматического реле *6* типа сопло—заслонка. Воздух из междроссельной камеры этого реле поступает в полость цилиндра *7* пневматического

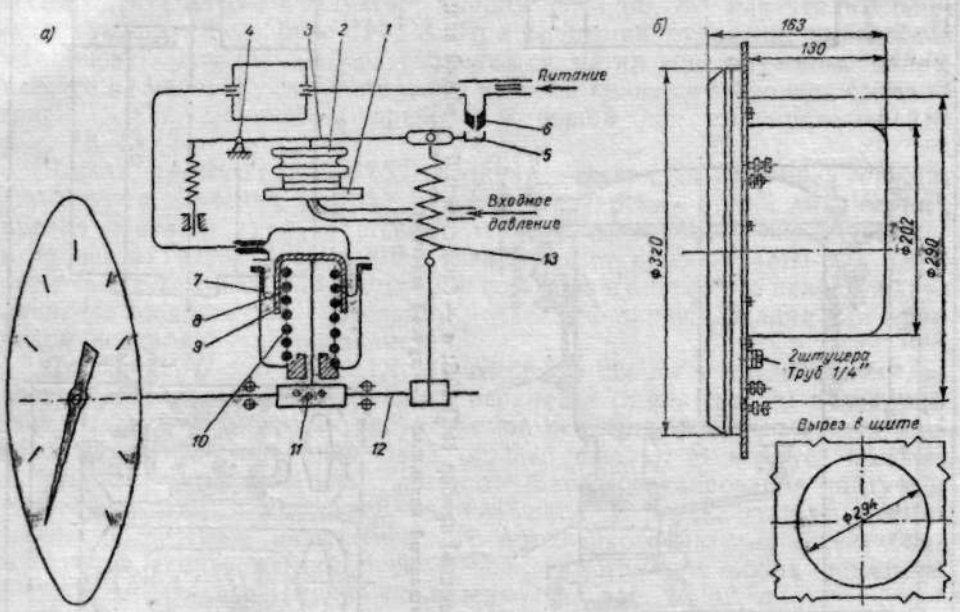


Рис. IX.45. Вторичный показывающий прибор ПВ1.2: *а* — принципиальная схема; *б* — общий вид

сервомеханизма. Поршень *9* сервомеханизма уплотнен манжетной мембраной *8*. Давление воздуха на поршень уравновешивается пружиной *10*. С помощью ленточной передачи *11* поступательное движение поршня преобразуется во вращательное движение валика *12*, на котором жестко закреплена стрелка показывающего прибора. Обратная связь осуществляется с помощью пружины *13*. Общий вид прибора приведен на рис. IX.45, *б*.

Принципиальная схема измерительного механизма вторичных приборов ПВ1.1, ПВ1.3, ПВ1.4, ПВ1.5 идентична приведенной на рис. IX.45, *а*. У этих приборов вращательное движение выходного валика с помощью шкива и тросика преобразуется в поступательное движение стрелки. У прибора ПВ1.3 стрелка выполнена в виде широкой пластинки из тонкого листового материала, разделяющей внутреннюю полость прибора на две части. Образованные таким образом верхняя и нижняя полости освещаются лампочками разного цвета (красного и зеленого), граница раздела разноцветных участков шкалы является линией отсчета.

В приборы ПВ1.4 и ПВ1.5 встроен задатчик, при вращении ручки которого с помощью червячной передачи изменяется натяжение задающей

пружины, связанной с балансным рычагом. При перемещении последнего изменяется зазор между соплом и заслонкой, величина которого определяет давление в выходной линии задатчика. Момент, создаваемый задающей пружиной, уравновешивается сильфоном обратной связи. В переключателе прибора ПВ1.5 имеется два золотника. При переключении ручки тумблера из одного положения в другое происходит переключение входного сигнала.

Приборы с индексом «И» отличаются от идентичных приборов без индекса «И» наличием индикаторного устройства, которое предназначено для сигнализации крайних значений диапазона контролируемой величины. Индикаторное устройство выполнено в виде двух разноцветных лампочек, минимальный диапазон сигнализации между верхним и нижним значениями контролируемого параметра равен 0,1 *кгс/см*^{2} в любом диапазоне входного сигнала. Питание индикаторного устройства осуществляется от сети 24 *в*, 50 *гц*.

Основная допустимая погрешность приборов 1МП-30А, 1МП-30Б, 1МП-30Б1, 2МП-30В равна 1%, остальных приборов — 0,6%. Шкалы приборов градуируются в единицах измеряемой величины или в процентах.

Вторичные пневматические показывающие приборы выпускаются Саранским приборостроительным заводом, приборы выпускаются в обычном, экспортном и тропическом исполнениях.

Вторичные самопишущие приборы. Типы, назначение и габаритные размеры вторичных самопишущих приборов приведены в табл. IX.11. Принципиальная схема *прибора 1РЛ-29А* приведена на рис. IX.46, *а*. Чувствительным элементом прибора является сильфон *1*, усилие на котором уравновешивается пружиной *2*. Перемещение дна сильфона через шток *3* передается шарнирно-рычажному механизму *4*, имеющему спрямляющее устройство и температурный компенсатор. На конце рычажного механизма укреплены стрелка и перо *5* для показания и записи значения измеряемой величины на шкале *6* и ленточной диаграмме *7*. Привод лентопротяжного механизма осуществляется синхронным электродвигателем *9* (типа СД-2) через редуктор *8*. Общий вид прибора 1РЛ-29А приведен на рис. IX.46, *б*.

Таблица IX.11

Вторичные самопишущие приборы

Тип	Назначение	Габаритные размеры в *мм*
1РЛ-29А	Запись и показание величины одного параметра	190×160×280
2РЛ-29Б	Запись двух параметров и показание одного из них	190×160×394
3РЛ-29В	Запись и показание величины регулируемого параметра, указание заданного значения регулируемой величины или положения клапана исполнительного механизма	190×160×474

Продолжение табл. IX.11

Тип	Назначение	Габаритные размеры в мм
ПВ4.1П ПВ4.1Э ПВ4.2П ПВ4.2Э	Запись и показание величины одного параметра	320×240×350 320×240×350 200×160×380 200×160×380
ПВ4.3П ПВ4.3Э	Запись двух параметров и показание одного из них	200×160×480 200×160×480
ПВ4.5П ПВ4.5Э	Запись двух параметров и показание одного из них и третьего параметра	200×160×520 200×160×520
ПВ4.6П ПВ4.6Э	Периодическая запись 4, 8 и 16 параметров	320×240×350 320×240×350
ПВ5.1П	Запись и показание величины регулируемого параметра, указание заданного значения регулируемой величины или положения клапана исполнительного механизма (представляет собой комплект прибора ПВ4.2П и станции управления СУ-1)	200×160×380 160×60×500
ПВ5.1Э	Запись и показание величины регулируемого параметра, указание заданного значения регулируемой величины или положения клапана исполнительного механизма (представляет собой комплект прибора ПВ4.2Э и станции управления СУ-1)	200×160×380 160×60×500
ПВ6.1П	Запись и показание основной и вспомогательной регулируемых величин, указание их заданного значения или положения клапана исполнительного механизма, дистанционное управление последним, переход с ручного управления на автоматическое, с автоматического на каскадное и обратно (представляет собой комплект прибора ПВ4.5 и станции управления СУ-2)	200×160×520 160×60×500
ПВ6.1Э		200×160×520 160×60×500
ПВ7.1П	Запись и показание основной и вспомогательной регулируемых величин, указание их заданного значения или положения клапана исполнительного механизма, дистанционное управление последним, переход с дистанционного управления на автоматическое и обратно (представляет собой комплект прибора ПВ4.3 и станции управления СУ-1)	200×160×480 160×60×500
ПВ7.1Э		200×160×480 160×60×500
ПВ10.1П	Запись и показание величины регулируемого параметра, указание заданного значения регулируемой величины или положения клапана исполнительного механизма, дистанционное управление последним, переход с ручного управления на автоматическое и обратно	200×160×445
ПВ10.1Э		200×160×500

Примечание. У приборов с индексом «П» привод диаграммы пневматический, у приборов с индексом «Э» привод диаграммы электрический.

Прибор 2РЛ-29Б отличается от прибора 1РЛ-29А наличием двух сильфонных механизмов, перемещения чувствительных элементов каждого из которых передаются на соответствующее перо.

Прибор 3РЛ-29В имеет три сильфонных механизма, конструкция которых аналогична конструкции сильфонного механизма прибора 1РЛ-29А. Один сильфон воспринимает давление воздуха, поступающего от датчика, запись величины давления производится на диаграмме, а стрелка дает показания на правой шкале. Второй сильфон служит для определения величины давления, подаваемого на

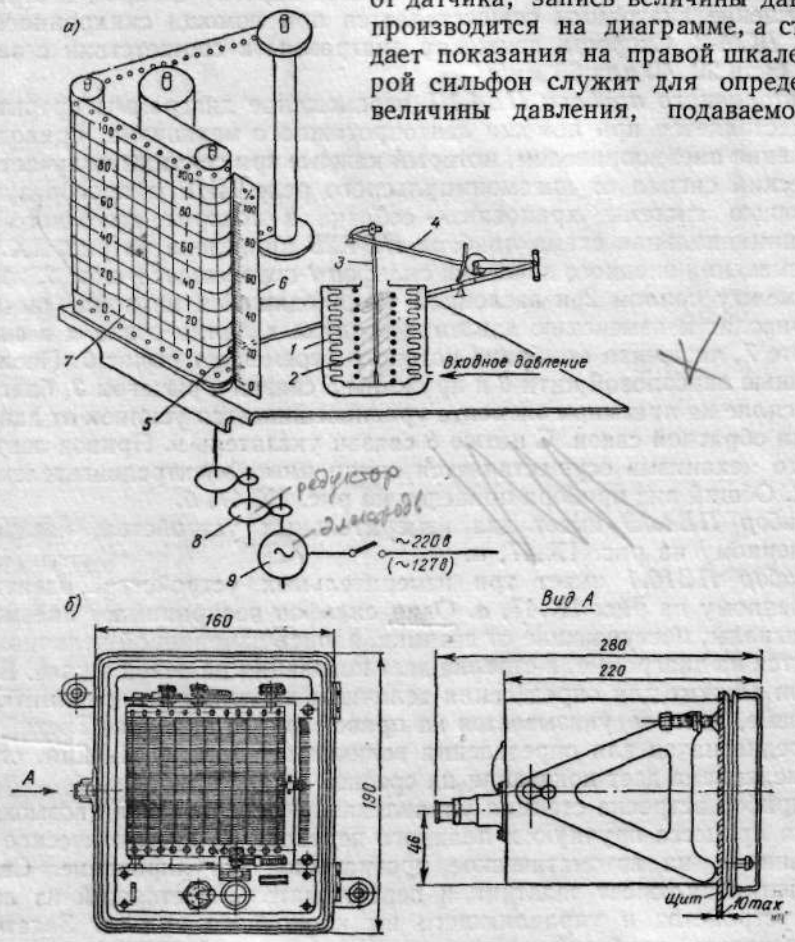


Рис. IX.46. Вторичный регистрирующий прибор 1РЛ-29А: *а* — принципиальная схема; *б* — общий вид

исполнительный механизм, стрелка механизма передвигается по левой шкале прибора. Третий сильфонный механизм служит для указания величины задания, стрелка этого механизма перемещается по правой шкале прибора. По конструкции и принципу действия переключатель с автоматического регулирования на ручное управление и задатчик прибора 3РЛ-29В аналогичны переключателю и задатчику прибора 2МП-30В.

У описанных приборов двигатель привода диаграммы питается от сети 127 или 220 *в*, 50 *гц*. Скорость движения ленточной диаграммы может быть 20, 40 и 60 *мм/ч*. Изменение рабочей скорости производится с помощью сменных шестерен. Посредством переключателя редуктора,

расположенного на лицевой части прибора, осуществляется включение повышенной скорости движения диаграммы, равной 1200 *мм/ч* и предназначенной для кратковременной записи.

Принципиальная схема измерительного механизма *прибора ПВ4.1Э* идентична приведенной на рис. IX.45, *а*. При изменении входного сигнала выходной вал преобразователя поворачивается на соответствующий угол и с помощью шкива и тросика перемещает каретку с пером и стрелкой. Перемещение диаграммы осуществляется при помощи синхронного двигателя ДСМ-2. Скорость движения диаграммы в соответствии с заказом может быть 20, 40 или 60 *мм/ч*.

У вторичного *прибора ПВ4.1П* перемещение диаграммы прерывистое и осуществляется при помощи лентопротяжного механизма, приводимого в движение пневмоприводом, который каждые три секунды получает пневматический сигнал от пневмоимпульсного реле ПИР и преобразует его с помощью системы храповик — собачка в поворот выходного вала.

Принципиальная схема *прибора ПВ4.2Э* приведена на рис. IX.47, *а*. При изменении входного давления сильфон *1* перемещает рычаг *3*, изменяя зазор между соплом *2* и заслонкой *4*, находящейся на конце рычага *3*. Это приводит к изменению давления воздуха в линии сопла и в силовом элементе *7*, чашечная мембрана которого перемещает рычаг *6*. Последний с помощью лавсановой нити *8* и пружины *5* связан с рычагом *3*, благодаря чему усилие на приемном элементе уравновешивается усилием от давления в линии обратной связи. С нитью *8* связан указатель *9*. Привод лентопротяжного механизма осуществляется синхронным электродвигателем типа ДСМ-2. Общий вид прибора приведен на рис. IX.47, *б*.

Прибор ПВ4.3Э имеет два измерительных устройства, идентичных приведенному на рис. IX.47, *а*.

Прибор ПВ10.1 имеет три измерительных устройства, идентичных приведенному на рис. IX.47, *а*. Один сильфон воспринимает пневматические сигналы, поступающие от датчика, запись измеряемой величины производится на диаграмме, а стрелка дает показания на левой шкале. Второй сильфон служит для определения величины давления на исполнительном механизме, которое указывается на правой шкале прибора. Третий сильфон предназначен для определения величины давления задания, стрелка этого механизма дает показания на средней шкале прибора.

В прибор встроена станция управления, обеспечивающая возможность ведения процесса вручную и плавного перехода на автоматическое регулирование и на автоматическое программное регулирование. Станция управления включает задатчик и переключатель, состоящий из логического устройства и управляющего им кнопочного пульта. Задатчик и переключатель прибора построены на элементах УСЭППА. Узел задатчика предназначен для установки задания (контрольной точки) при автоматическом регулировании и для изменения положения клапана исполнительного механизма при ручном управлении. Узел задатчика состоит из собственно задатчика, ручка которого выведена на переднюю панель прибора, усилителя мощности и пневматического сопротивления.

Переключатель предназначен для плавного перехода на три режима ведения технологического процесса: ручного управления (*Р*) процессом, когда к исполнительному механизму подключается непосредственно дистанционный (ручной) задатчик вторичного прибора; автоматического регулирования (*А*), при котором исполнительным механизмом управляет регулятор, а задание регулятору устанавливается задатчиком вторичного прибора, и, наконец, автоматического программного регулирования (*АП*),

отличающегося тем, что задание является переменной величиной, поступающей на регулятор от специального прибора — программного задатчика.

Переключатель состоит из двух узлов: платы с выключающими реле и кнопочного механизма, пять кнопок которого служат для подачи команд на соответствующие выключающие реле.

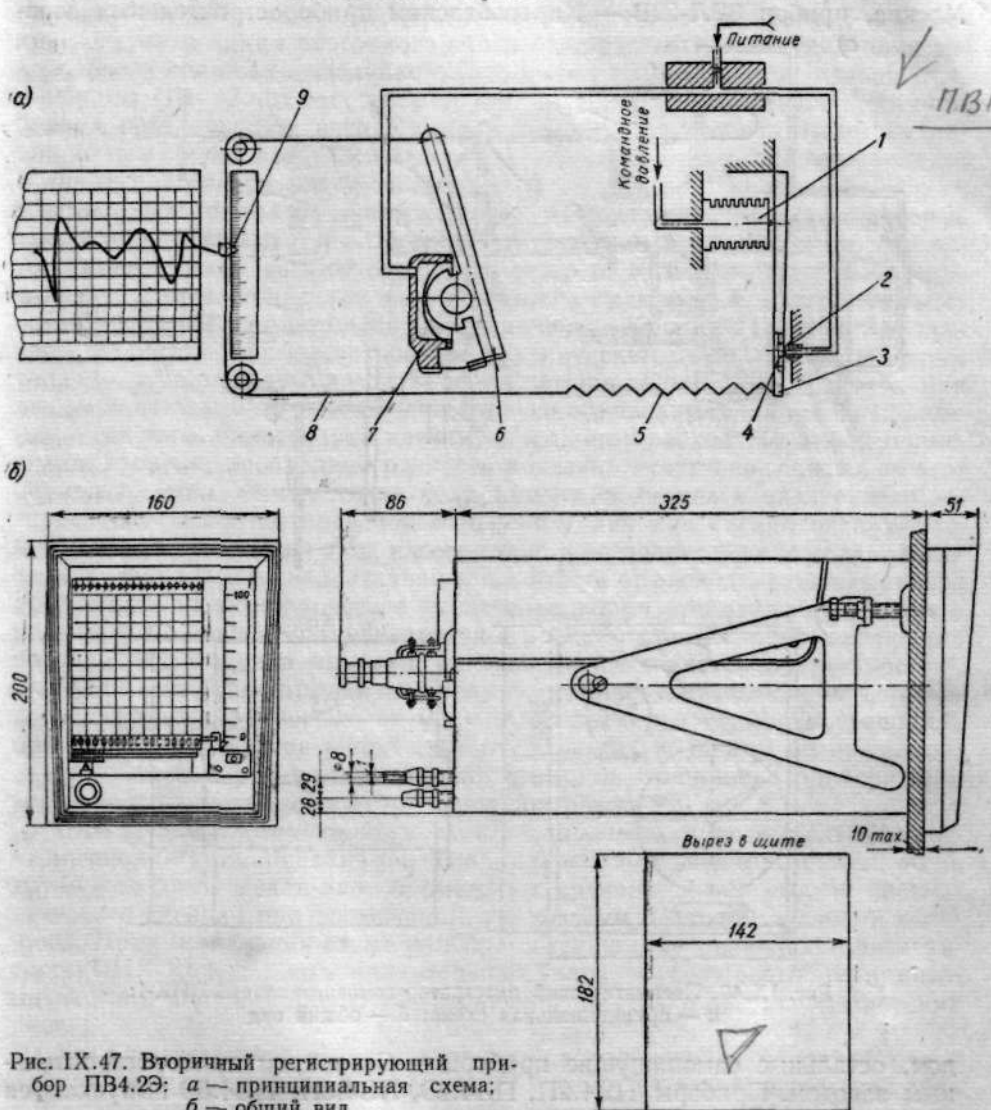


Рис. IX.47. Вторичный регистрирующий прибор ПВ4.2Э: *а* — принципиальная схема; *б* — общий вид

В конструкции прибора предусмотрено штеккерное подсоединение регулятора (местная установка). Когда регулятор находится не у вторичного прибора (дистанционная установка), подсоединение его осуществляется посредством специальной вилки, прикладываемой ко вторичному прибору, и гнезда, которое комплектуется с регулятором.

Основная допустимая погрешность приборов 1РЛ-29А, 2РЛ-29Б, 3РЛ-29В равна 1%, остальных приборов по регистрации — 1%, по показаниям — 0,6%. Шкалы приборов градуируются в единицах измеряемой величины или в процентах. Электродвигатель привода диаграммы питается от сети 127 и 220 *в*, 50 *гц*.

Приборы ПВ10.1П и ПВ.10.1Э выпускаются заводом «Тизприбор», Москва, прибор 3РЛ-29В — Кировабадским приборостроительным заво-

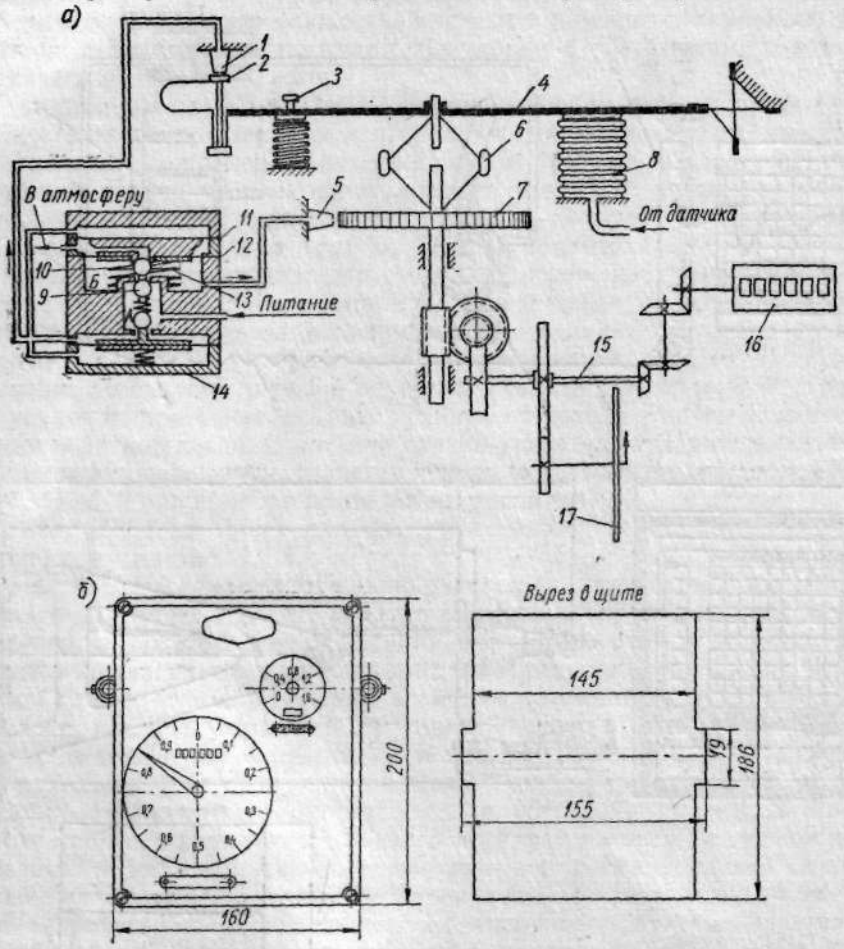


Рис. IX.48. Пневматический интегратор компенсационный ПИК-1:
а — принципиальная схема; *б* — общий вид

дом, остальные самопишущие приборы — Саранским приборостроительным заводом. Приборы ПВ4.2П, ПВ4.2Э, ПВ4.3П, ПВ4.3Э выпускаются также заводом «Тизприбор».

Вторичные интегрирующие приборы. *Пневматический интегратор компенсационный типа ПИК-1* предназначен для суммирования расхода жидкости или газа, проходящего по трубопроводу за какой-либо промежуток времени, и рассчитан на работу в комплекте с датчиком — дифманометром, имеющим стандартный пневматический выходной сигнал.

Интегратор работает следующим образом. Пневматический сигнал от датчика поступает в приемный сильфон *8* (рис. IX.48, *а*), который, пере-

мещая рычаг *4*, изменяет положение заслонки *2* относительно первичного сопла *1*, вследствие чего в линии последнего изменяется давление сжатого воздуха. Это давление с помощью пневматического реле *14* управляет давлением в линии разгонного сопла *5*. При уменьшении зазора между соплом *1* и заслонкой *2* давление воздуха в линии сопла *1* увеличивается, что вызывает прогиб мембран *11* и *12* пневмореле и открытие клапана *9*, в результате чего воздух из линии питания поступает в камеру *Б* и давление воздуха в линии разгонного сопла *5* возрастает. При увеличении зазора между соплом *1* и заслонкой *2* давление в линии сопла *1* уменьшается, мембраны *11* и *12* под действием пружины *13* и перепада давлений на мембранах перемещаются вверх, клапан *9* закрывается и открывается клапан *10* для сброса воздуха в атмосферу, вследствие чего давление воздуха в линии разгонного сопла *5* падает.

Разгонное сопло струей сжатого воздуха приводит во вращение ротор *7*, скорость вращения которого зависит от давления в линии сопла *5*. На роторе смонтирован центробежный регулятор *6*. Усилие последнего на рычаге *4* сравнивается с усилием приемного сильфона *8*, благодаря чему осуществляется отрицательная обратная связь. Кроме того, ротор *7* связан через редуктор *15* с шестизначным механическим счетчиком барабанного типа *16*, который суммирует обороты ротора. Показания счетчика при любом максимальном расходе в течение одного часа изменяются на 120 единиц. Для того чтобы найти истинную величину расхода за любой промежуток времени, необходимо разность показаний счетчика, снятых за этот период времени, умножить на коэффициент, величина и размерность которого определяются пределом измерения. Так как сигнал от дифманометра, поступающий на вход интегратора, а следовательно, и усилие сильфона *8* находятся в квадратичной зависимости от расхода, схемой прибора предусмотрено автоматическое извлечение корня (усилие центробежного регулятора *6* находится в квадратичной зависимости от скорости вращения ротора *7*). Установка прибора на нуль осуществляется корректором *3*. Счетчик имеет дополнительную шкалу *17*, которая дает возможность производить отсчет с точностью до 0,005. Основная допустимая погрешность показаний интегратора в пределах от 30 до 100% шкалы не превышает $\pm 1\%$ расчетной разности показания счетчика. Общий вид прибора приведен на рис. IX.48, *б*. Глубина прибора равна 250 *мм*.

Интегратор пневматический компенсационный типа ПИК-1СК предназначен для суммирования расхода жидкости или газа, протекающего по трубопроводу за какой-либо промежуток времени, и для выдачи пневматического сигнала при достижении измеряемым расходом заданной величины. Принципиальная схема прибора содержит по сравнению с интегратором ПИК-1 несколько дополнительных узлов — узел прерывателя, пневматический шаговый двигатель, задающий счетчик и два пневматических реле.

Узел прерывателя имеет два сопла, расположенных на одной оси и направленных навстречу друг другу. К одному из сопел подводится сжатый воздух питания давлением 1,4 *кгс/см*^{2}, второе сопло соединяется с пневмореле. Между соплами вращается диск прерывателя с лопастями, который связан с осью суммирующего счетчика и через равные промежутки времени прерывает струю воздуха питания, что создает импульсную работу пневмореле. Последнее посылает импульсы в сильфон шагового двигателя. Движение сильфона через храповой механизм и редуктор передается на ось задающего счетчика, показания которого соответствуют показаниям суммирующего. Для установки величины задания с передней

стороны задающего счетчика находится пять кнопок (по числу барабанов), с помощью которых осуществляется запоминание заданных цифр. Когда по трубопроводу пройдет заданное количество вещества, все кулачки барабанов задающего счетчика поворачиваются так, что имеющиеся на них прорези устанавливаются на одной линии. В эти прорези попадает гребенка, движение которой передается заслонке сопла механизма отсчета, что вызывает срабатывание выходного пневмореле. Габаритные размеры прибора равны 240 × 240 × 310 *мм*.

Пневматические интеграторы ПИК-1 и ПИК-1СК выпускаются заводом «Тизприбор», Москва.

Вторичный пневматический самопишущий и интегрирующий прибор МСС-712 предназначен для записи и суммирования мгновенных значений расхода жидкости, пара или газа. Прибор состоит из трех основных частей — чувствительного элемента, передаточного механизма и интегратора. Сигнал от пневматического датчика (0,2—1 *кгс/см*^{2}) поступает в чувствительный элемент, состоящий из сильфона и пружины. Перемещение дна сильфона через шток и систему рычагов передается оси, на которой закреплено перо и рычаг, передающий вращение на ось лекала интегратора. Запись осуществляется на дисковой диаграмме. Прибор выпускается в двух модификациях: МСС-712П с неравномерной диаграммой, пропорциональной перепаду, и МСС-712Р с равномерной диаграммой, пропорциональной расходу и имеющей суженный нерабочий участок. Различаются приборы между собой только профилем деталей интегратора.

Верхний предел измерения на диаграмме $A = a \cdot 10^n$, где a = 1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 4; 5; 6,3; 8; n — целое (положительное или отрицательное) число или нуль. Единицы измерения — *кгс/ч*; *т/ч*; *м*^{3}*/ч*; *нм*^{3}*/ч*. Основная допустимая погрешность прибора не превышает ±1% от диапазона измерения, погрешность показаний счетчика интегратора в диапазоне от 30 до 100% расхода не более ±0,5%. Время одного оборота диаграммы—12 или 24 *ч*, период интеграции — 6 *сек*. Питание — от сети 220 *в*, 50 *гц*. Прибор может устанавливаться на расстоянии до 300 *м* от датчика, габаритные размеры — 340 × 315 × 122 *мм*.

Изготовитель: завод «Теплоконтроль», Казань.

§ 7. ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ МЕХАНИЗМЫ

В качестве исполнительных механизмов в системах пневматической автоматики применяются мембранные и поршневые пневмоприводы. Наибольшее распространение получили мембранные пневмоприводы с возвратно-поступательным движением штока, конструктивно объединенные с регулирующими органами—клапанами. Кроме того, выпускаются мембранные пневмоприводы с возвратно-поступательным и поворотным движением выходного звена, которые могут сочленяться с различными регулирующими органами.

Поршневые пневмоприводы отличаются от мембранных большей величиной перемещения рабочего органа и большим развиваемым усилием. Конструктивно поршневые пневмоприводы выполняются с цилиндром одностороннего или двухстороннего действия.

1. Клапаны с мембранным пневмоприводом

Регулирующие клапаны для неагрессивных сред. Типы и основные характеристики регулирующих клапанов с пневмоприводом для неагрессивных сред приведены в табл. IX.12. Корпус этих клапанов изготовляется

Таблица IX.12

Технические характеристики регулирующих клапанов с пневмоприводом для неагрессивных сред

№ п/п	Тип	Условное давление в *кгс/см²*	Предельная температура в °С	Диаметр условного прохода в *мм*	Изготовитель
1	25ч30нж (НО) 25ч32нж (НЗ)	16	300	15; 20; 25; 40; 50; 80; 100; 150; 200; 250; 300	Завод «Красный Профинтерн», Гусь-Хрустальный (только D_y=15÷80); Киевский арматурно-машиностроительный завод
2	25с30нж (НО) 25с32нж (НЗ)	16	300	15; 20; 25; 40	Завод «Красный Профинтерн»
3	25с40нж (НО) 25с42нж (НЗ)	40		15; 20; 25; 40	
4	25с48нж (НО) 25с50нж (НЗ)	64	300	15; 20; 25; 40; 50; 80; 100; 150; 200	Завод «Красный Профинтерн» (только D_y=15÷40). Арматурный завод, Котельниково (кроме D_y=15÷40)
5	25с52нж (НО) 25с54нж (НЗ)	64	450	15; 20; 25	Завод «Красный Профинтерн»
6	25с2нж (НО) 25с4нж (НЗ)	10 16	400 150	15; 20; 25	Завод «Красный Профинтерн»
7	МИМ	16	300	15; 20; 25; 40; 50; 70	Завод «Мелекесс-химмаш», Мелекесс
8	МИМ	5		100	
9	774-39-00	6	180	25	
10	774-44-00	6		32	
11	К	40; 64	300	15; 20; 25; 40; 50	Завод «Прибордеталь», Орехово-Зуево
12	КР		450	15; 20; 25; 40; 50	
13	ЛК	40	300	70; 80; 100; 150	Завод «Моснефтекип», Москва
14	ЛКР		450	70; 80; 100; 150	
15	УКС	64; 160	200	6; 15; 25	Министерство судостроительной промышленности

Продолжение табл. IX.12

№ п/п	Тип	Условное давление в *кгс/см²*	Предельная температура в °С	Диаметр условного прохода в *мм*	Изготовитель
16	УКС-Р	64; 160	350	6; 15; 25	Министерство судостроительной промышленности
17	ПКС		200		
18	ПКС-Р		350		
19	МКЧ	16	200	15; 25; 50; 80; 100; 150	Министерство охраны общественного порядка Киргизской ССР
20	МКС	40; 64	200	15; 20; 25; 40; 50; 70; 80; 100; 150	
21	МКРС		425	15; 20; 25; 40; 50; 70; 80; 100; 150	
22	КРВД $\frac{320}{D_y}$	320	200	40; 60; 70; 90; 125	Северодонецкий филиал ОКБА
23	КСС			10; 15; 25; 32	
24	РВ-МИМ-25	64	80	25	Бакинский приборостроительный завод
25	КМ-70	4	80	70	Завод «Текстильмашприбор», Москва
26	КМ-165 КМ-220	1		32	
27	ПРК-1	4	180	19	

из чугуна или углеродистой стали. Клапаны, указанные в п. 7—22 таблицы, выпускаются типов НО (нормально открыт) и НЗ (нормально закрыт) *. Полный ход клапана происходит при изменении командного давления воздуха от 0,2 до 1 *кгс/см²*.

Общий вид и габаритные размеры клапанов типа 25ч30нж и 25ч32нж приведены на рис. IX.49, *а* (см. вкладку в конце книги) и в табл. IX.13. Клапан состоит из двух основных частей: мембранного привода с возвратно-поступательным движением штока и регулирующего органа — разгруженного двухседельного клапана (плунжера). При увеличении давления сжатого воздуха на мембрану шток с плунжером перемещается вниз, изменяя проходное сечение клапана. При падении давления воздуха на мембране шток с плунжером под действием пружины перемещается вверх. Сальник выполнен с промежуточной втулкой и смазочным устройством (лубрикатором или масленкой) для подачи смазки в пространство между втулкой и штоком.

* В клапанах типа НО при отсутствии командного давления воздуха проходное сечение полностью открыто и при повышении командного давления уменьшается. В клапанах типа НЗ при отсутствии командного давления воздуха проходное сечение закрыто и при повышении командного давления увеличивается.

Таблица IX.13

Основные размеры (в *мм*) (рис. IX. 49, *а*) клапанов 25ч30нж и 25ч32нж

D_y	L	H_1	H	h	D
15	130	80	585	10	260
20	150	106	646	16	260
25	160	111	656	16	260
40	200	135	785	25	320
50	230	145	805	25	320
80	310	202	1000	40	400
100	350	260	1150	60	480
150	480	290	1205	60	480
200	600	343	1683	100	600
250	775	450	1875	100	600
300	900	530	1985	100	600

Клапаны поставляются с плунжером, имеющим линейную или логарифмическую характеристику. По требованию заказчика клапаны могут поставляться с ручным приводом и с позиционным реле. Клапаны выпускаются в обычном и тропическом исполнении. Присоединительные фланцы выполняются по ГОСТу 1235—54. Перепад давления на клапанах для жидких сред при $D_y \leqslant 80$ *мм* не должен превышать 10 *кгс/см²*, при $D_y > 80$ *мм* — 7 *кгс/см²*, для газообразных сред соответственно 15 и 12 *кгс/см²*.

По конструкции и технической характеристике клапаны 25с30нж, 25с32нж, 25с40нж, 25с42нж, 25с48нж, 25с50нж, 25с52нж и 25с54нж в основном идентичны клапанам 25ч30нж и 25ч32нж. По требованию заказчика клапаны могут поставляться с сальниковым уплотнением из асбестового шнура, из фторопластовых колец или из фторопластового шнура. Габаритные размеры клапанов приведены в табл. IX.14 и IX.15 (условные обозначения соответствуют рис. IX.49, *а*). Клапаны 25с52нж и 25с54нж имеют между корпусом и сальником ребристую рубашку, их габаритные размеры в основном идентичны приведенным в табл. IX.15.

У регулирующих сильфонных клапанов типа 25с2нж и 25с4нж уплотнение штока выполнено с помощью сильфона. Максимально допустимый

Таблица IX.14

Основные размеры (в *мм*) клапанов 25с30нж, 25с32нж, 25с40нж, 25с42нж

D_y	L	H_1	H	h	D
15	130	80	585	10	260
20	150	106	646	16	260
25	160	111	656	16	260
40	200	135	785	25	320

Таблица IX.15

Основные размеры (в *мм*) клапанов 25с48нж и 25с50нж

D_y	L	H_1	H	h	D
15	175	95	595	10	260
20	190	105	645	16	260
25	200	110	655	16	260
40	260	135	785	25	320
50	300	145	805	25	320
80	380	200	1000	40	400
100	430	265	1255	60	480
150	550	290	1275	60	480
200	650	380	1730	100	600

перепад на клапане — 5 *кгс/см²*. Плунжеры этих клапанов могут иметь линейную или логарифмическую характеристику. Клапаны поставляются с позиционным реле, при работе без позиционного реле они могут быть использованы на давление до 6 *кгс/см²*. Габаритные размеры клапанов приведены в табл. IX.16 (условные обозначения соответствуют рис. IX.49, *а*). Фланцы выполняются по ГОСТу 1240—54.

Таблица IX.16

Основные размеры (в *мм*) клапанов 25с2нж и 25с4нж

D_y	L	H_1	H	h	D
15	150	106	700	10	260
20	150	106	700	16	260
25	160	110	710	16	260

Мембранно-исполнительные механизмы (МИМ) завода «Мелекесскхиммаш» по своей конструкции в основном идентичны клапанам 25ч30нж и 25ч32нж. Основные размеры их приведены в табл. IX.17 (условные обозначения соответствуют рис. IX.49, *а*). Присоединительные фланцы выполняются по ГОСТу 1235—54. Перепад давления в трубопроводе до и после клапана не должен превышать 2 *кгс/см²*. Клапаны на $D_y = 15 \div 70$ *мм* выполняются двухседельными, клапаны на $D_y = 100$ *мм* — односедельными. Характеристика клапанов — логарифмическая.

Клапаны типа 774-39-00 и 774-44-00 применяются в схемах управления вулканизаторами — форматорами. Строительная длина их равна соответственно 120 и 140 *мм*, высота — 412 и 428 *мм*, наружный диаметр мембранного исполнительного механизма — 245 *мм*.

Полный шифр клапанов К, КР, ЛК, ЛКР включает в себя материал корпуса (К — корпус и крышка ковано-сварные, ЛК — литые), допустимую температуру (Р — имеется ребристая рубашка), диаметр условного прохода, условное давление и направление действия. Например, клапан

Таблица IX.17

Основные размеры (в *мм*) клапанов МИМ

D_y	L	H_1	H	h	D
15	145	80	520	9,5	295
20	165	85	530	11	295
25	165	93	545	13	295
40	215	105	575	18	295
50	250	120	720	25,5	360
70	280	135	750	36	360
100	350	160	815	36	360

с ребристой рубашкой, с диаметром условного прохода 50 *мм*, на давление 64 *кгс/см*^{2}, НО обозначается: КР-50-64-НО. Конструкция ковано-сварного клапана с ребристой рубашкой приведена на рис. IX.49, *в*, конструкция литых клапанов идентична приведенной на рис. IX.49, *а*. Основные размеры ковано-сварных клапанов приведены в табл. IX.18, основные размеры литых клапанов — в табл. IX.19. Присоединительные фланцы выполняются по ГОСТу 1240—54. У литых клапанов на $D_y = 70$ и 80 *мм* фланцы выполняются на $D_y = 80$ *мм*. Характеристика клапанов линейная. Клапаны на $D_y = 100$ и 150 *мм* поставляются с позиционным реле.

Таблица IX.18

Основные размеры (в *мм*) клапанов К, КР (рис. XI. 49, *в*)

D_y	L	H_1	H		h	D
			К	КР		
15	200	120	710	860	14	285
20	210	120	715	865	14	285
25	250	140	745	885	14	285
40	295	190	935	1095	28	360
50	318	190	950	1105	28	360

Таблица IX.19

Основные размеры клапанов ЛК, ЛКР в *мм*

D_y	L	H_1	H		h	D
			ЛК	ЛКР		
70,80	320	205	987	1220	28	360
100	350	281	1290	1630	60	410
150	480	317	1365	1730	60	410

Полный шифр угловых односедельных клапанов УКС и проходных односедельных клапанов ПКС включает в себя материал корпуса (С — углеродистая сталь), условный диаметр, коэффициент пропускной способности, предельную температуру (Р — имеется ребристая рубашка) и направление действия. Например, угловой клапан из углеродистой стали на условное давление 160 *кгс/см²*, условный диаметр 15 *мм*, с коэффициентом пропускной способности 0,64, без ребристой рубашки, НО обозначается: УКС-160-15-0,64-НО. Конструкция клапана УКС приведена на рис. IX.49, *г*, конструкция клапана ПКС — на рис. IX.49, *д*. Односедельные клапаны УКС и ПКС, выполненные по типу НЗ, отличаются от клапанов, выполненных по типу НО, конструкцией мембранного привода: у первых сжатый воздух подводится к нижней крышке и поступает в полость под мембраной, у вторых — подводится к верхней крышке и поступает в полость над мембраной.

Максимальный перепад давления на клапане должен быть таким, чтобы скорость движения жидкости через проходное отверстие клапана не превышала 40 *м/сек*. Ход штока клапана равен 10 *мм*, характеристика клапанов линейная. Габаритные и присоединительные размеры клапанов УКС приведены в табл. IX.20, клапанов ПКС — в табл. IX.21. Клапаны на $P_y = 160$ *кгс/см²* поставляются с позиционным реле.

Таблица IX.20

Основные размеры клапанов УКС в *мм* (рис. IX.49, *г*)

D_y	L	d	H					
			НО		НЗ			
					с позиционным реле		без позиционного реле	
			$t = 200°$ С	$t = 350°$ С	$t = 200°$ С	$t = 350°$ С	$t = 200°$ С	$t = 350°$ С
6	45	К1/4″	355	425	540	610	390	460
15	50	К1/2″						
25	55	К1″						

Таблица IX.21

Основные размеры клапанов ПКС в *мм* (рис. IX.49, *д*)

D_y	L	d	H_1	H							
				$P = 64$ *кгс/см²*				$P = 160$ *кгс/см²*			
				НО		НЗ		НО		НЗ	
				$t = 200°$ С	$t = 350°$ С	$t = 200°$ С	$t = 350°$ С	$t = 200°$ С	$t = 350°$ С	$t = 200°$ С	$t = 350°$ С
6	70	К1/4″	15	370	430	410	470	460	520	560	620
15	80	К1/2″	17,5								
25	100	К1″	22,5								

Клапаны МКЧ, МКС и МКРС (рис. 49, *е*) могут иметь штурвал для местного ручного управления, который располагается сбоку или по центру клапана. Полный шифр этих клапанов включает в себя материал корпуса, условный диаметр, коэффициент пропускной способности, предельную температуру, направление действия и комплектность. Последняя обозначается цифрами 01 (боковое расположение штурвала ручного управления), 02 (центральное расположение штурвала), 10 (имеется позиционер), 11 (имеется позиционер, штурвал расположен сбоку), 12 (имеется позиционер, штурвал расположен по центру). Остальные обозначения в шифре идентичны приведенным для клапанов УКС. Например, клапан с ребристой рубашкой, из углеродистой стали, на условное давление 40 *кгс/см*², с диаметром условного прохода 25 *мм*, с коэффициентом пропускной способности 4, НО, с боковым штурвалом обозначается: МКРС-40-25-4-НО-01. Характеристика клапанов линейная, их основные размеры приведены в табл. IX.22, присоединительные фланцы выполняются по ГОСТу 1234—54.

Таблица IX.22

Основные размеры клапанов МКЧ, МКС и МКРС в *мм* (рис. IX.49, *е*)

D_y	L	H_1	H				D
			МКС		МКРС		
			без штурвала и с боковым штурвалом	с центральным штурвалом	без штурвала и с боковым штурвалом	с центральным штурвалом	
15, 20, 25	160	118	613	763	768	1008	250
40, 50	230	155	790	955	940	1115	310
70, 80	310	208	1033	1248	1233	1448	380
100	350	283	1368	1643	1683	1958	460
150	480	310	1430	1705	1685	1960	460

В клапане КСС для обеспечения долговечности работы и уменьшения износа седла и плунжера предусмотрено дросселирование ругулируемой среды двумя ступенями. На первой ступени дросселирования жидкость или газ проходит через узкие щели в плунжер. Выйдя из плунжера, регулируемая среда попадает на вторую ступень дросселирования, которая представляет собой кольцевой зазор между седлом и конусом плунжера. Плунжер имеет конус, которым он может отсекать поток среды давлением до 320 *кгс/см*². Исполнение клапана — НЗ, поставляется он с позиционным реле. Основные размеры клапана КСС приведены в табл. IX.23, условные обозначения соответствуют рис. IX.49, *ж*.

Клапан КРВД-320/D_y может быть использован для плавного регулирования только при применении позиционного реле. Конструкция клапана приведена на рис. IX.49, *ж*; основные размеры — в табл. IX.24, ход штока равен 60 *мм*. Максимально допустимый перепад давлений на клапане — 30 *кгс/см*².

Строительная длина клапана РВ-МИМ-25 равна 220 *мм*, высота — 700 *мм*, наружный диаметр корпуса мембраны — 285 *мм*. Характеристика клапана — параболическая, при отсутствии командного давления воздуха клапан полностью открыт.

Таблица IX.23

Основные размеры клапанов КСС в *мм*

D_y клапана	L	H	D_y седла	Ход штока	D	Диаметр мембраны
10	85	670	3; 4	20	95	290
15	95	765	4; 6	20	105	342
25	110	850	6; 9,8	40	115	412
32	120	850	6; 9,8	40	135	412

Таблица IX.24

Основные размеры клапанов КРВД-320/D_y в *мм* (рис. IX.49, *ж*)

D_y	L	H	D	D_1	d
40	150	890	165	115	24
60	170	930	200	145	29
70	200	1025	225	170	33
90	235	1125	260	195	36
125	290	1215	330	255	42

Конструкция и габаритные размеры клапана КМ-70 приведены на рис. IX.49, *з*. Конструкция клапанов КМ-165 и КМ-220 идентична приведенной на рис. IX.49, *з*, их строительная длина равна 120 *мм*, высота 435 *мм*, наружный диаметр мембраны — 165 и 220 *мм* соответственно. Ход штока клапана КМ-70 равен 16 *мм*, клапанов КМ-165 и КМ-220—10 *мм*. Клапан ПРК-1 предназначен для регулирования расхода пара, его габаритные размеры равны ∅ 165 × 408 *мм*, ход штока 8 *мм*. При отсутствии командного давления воздуха проходное сечение этих клапанов закрыто.

Регулирующие клапаны для агрессивных сред. Типы и основные характеристики регулирующих клапанов с пневмоприводом для агрессивных сред приведены в табл. IX.25. Клапаны, указанные в п. 15—30, 34, 35, 38—40 таблицы выпускаются типов НО и НЗ.

По конструктивному выполнению и техническим характеристикам клапаны 25нж30нж, 25нж32нж, 25нж40нж, 25нж42нж, 25нж48нж, 25нж50нж, 25нж2нж и 25нж4нж идентичны соответственно клапанам 25с30нж, 25с32нж, 25с40нж, 25с42нж, 25с48нж, 25с50нж, 25с2нж и 25с4нж.

Диафрагмовые эмалированные клапаны 25ч5п и 25ч7п предназначены для регулирования расхода минеральных и органических кислот и солей, сухих газов, органических растворителей, ароматических веществ, нефтепродуктов, пищевых продуктов и пр. Конструкция клапана приведена на рис. IX.50, *а*. В комплект поставки клапана входит позиционер. Без позиционера клапан может быть использован в качестве запорного органа. Клапаны на $D_y = 10$ и 15 *мм* работают как регулирующие и без позиционного реле. Основные размеры клапанов приведены в табл. IX.26. Характеристика плунжера — линейная.

Таблица IX.25

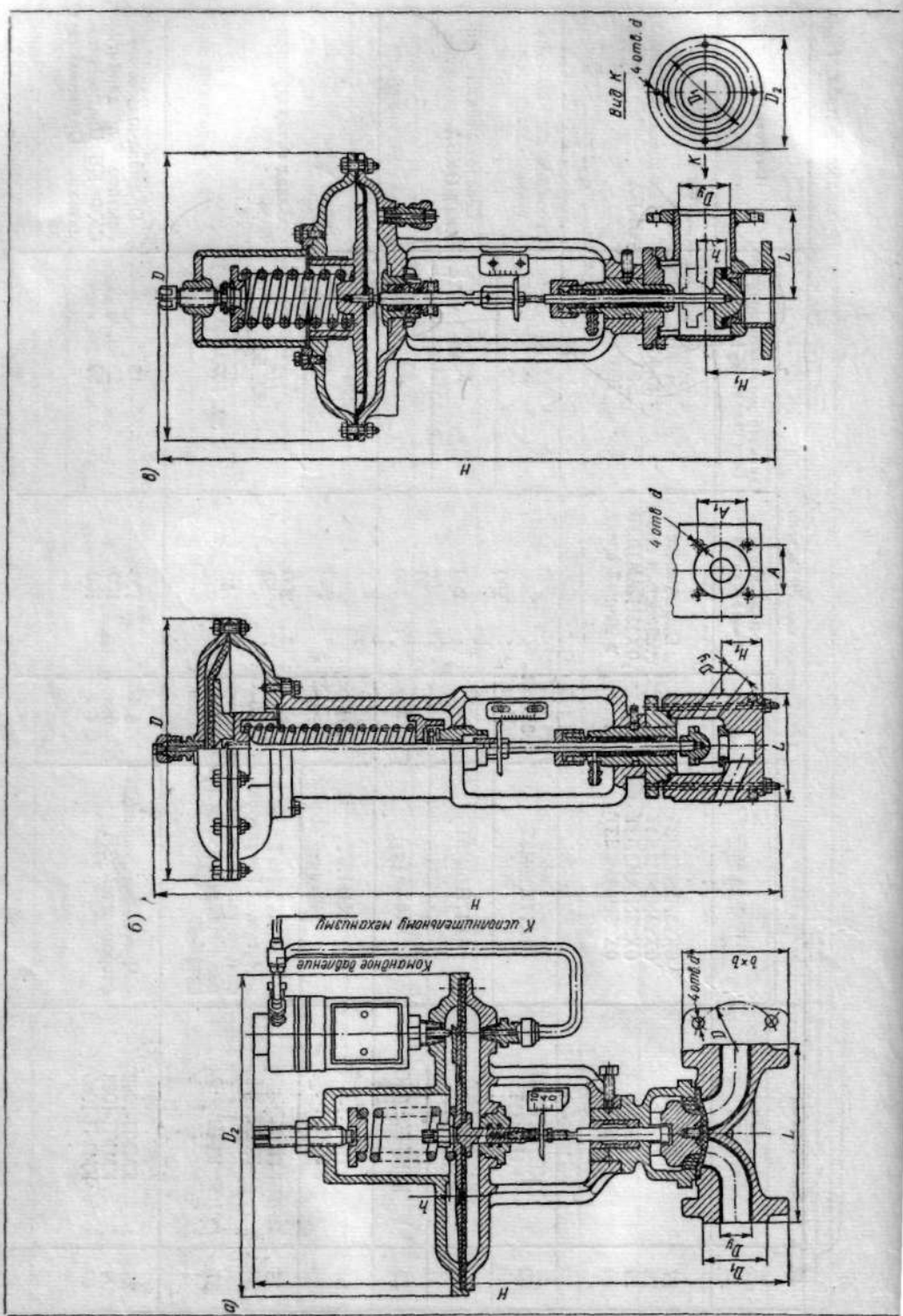
Типы и основные характеристики регулирующих клапанов с пневмоприводом для агрессивных сред

№ п/п	Тип	Техническая характеристика				Изготовитель
		Материал корпуса	P_y в *кгс/см²*	Предельная температура в °С	Диаметр условного прохода (или седла) D_y (D_c) в *мм*	
1	25нж30нж (НО) 25нж32нж (НЗ)	1Х18Н9Т	16	300	15, 20, 25	Завод «Красный Профинтерн», Гусь-Хрустальный
2	25нж40нж (НО) 25нж42нж (НЗ)	1Х18Н9Т	40	300	15, 20, 25	
3	25нж48нж (НО) 25нж50нж (НЗ)	1Х18Н9Т	64	300	15, 20, 25, 40, 50, 80, 100, 150, 200	Завод «Красный Профинтерн» (только D_y = =15÷40); арматурный завод, г. Котельниково (кроме D_y=15÷40)
4	25нж2нж (НО) 25нж4нж (НЗ)	1Х18Н9Т	10 16	400 150	15, 20, 25	
5	25ч5п9 (НО) 25ч7п9 (НЗ)	Чугун, футерованный кислотостойкой эмалью	10	130	10,15	Завод «Металл», Кролевец
6	25ч5п9 (НО) 25ч7п9 (НЗ)	Чугун, футерованный кислотостойкой эмалью	6	130	20, 25, 32	Завод «Металл», Кролевец
7	25ч5п9 (НО) 25ч7п9 (НЗ)	Чугун, футерованный кислотостойкой эмалью	4	130	40, 50	Завод «Металл», Кролевец
8	25ч5п9 (НО) 25ч7п9 (НЗ)	Чугун, футерованный кислотостойкой эмалью	3	130	70, 80, 100	Завод «Металл», Кролевец
9	25ч5п3 (НО) 25ч7п3 (НЗ)	Чугун, футерованный полиэтиленом	10	60	10,15	Завод «Ригахиммаш»
10	25ч5п3 (НО) 25ч7п3 (НЗ)	Чугун, футерованный полиэтиленом	6	60	20, 25, 32	Завод «Ригахиммаш»
11	25ч5п3 (НО) 25ч7п3 (НЗ)	Чугун, футерованный полиэтиленом	4	60	40,50	Завод «Ригахиммаш»

Продолжение табл. IX. 25

№ п/п	Тип	Техническая характеристика				Изготовитель
		Материал корпуса	P_y в кгс/см²	Предельная температура в °С	Диаметр условного прохода (или седла) D_y (D_c) в мм	
12	25ч5п12 (НО) 25ч7п12 (НЗ)	Чугун, футерованный фторопластом	10	110	10,15	Завод «Ригахиммаш»
13	25ч5п12 (НО) 25ч7п12 (НЗ)		6	110	20, 25, 32	
14	25ч5п12 (НО) 25ч7п12 (НЗ)		4	110	40, 50	
15	КЯ	1Х18Н9Т	40,64	300	15, 20, 25, 40, 50	Завод «Приборде-таль», Орехово-Зуево
16	КРЯ	1Х18Н9Т	40,64	450	15, 20, 25, 40, 50	Завод «Приборде-таль», Орехово-Зуево
17	ЛКЯ	1Х18Н9Т	40	300	70, 80, 100, 150	Завод «Моснефтекип»
18	ЛКРЯ	1Х18Н9Т	40	450	70, 80, 100, 150	
19	УКН	1Х18Н9Т	64,160	200	6, 15, 25	Министерство судостроительной промышленности
20	УКН-Р	1Х18Н9Т	64,160	350	6, 15, 25	
21	ПКН	1Х18Н9Т	64,160	200	6, 15, 25	
22	ПКН-Р	1Х18Н9Т	64,160	350	6, 15, 25	
23	МКН	1Х18Н9Т	40,64	200	15, 20, 25, 40, 50, 70, 80, 100, 150	Министерство охраны общественного порядка Киргизской ССР
24	МКРН	1Х18Н9Т	40,64	425	15, 20, 25, 50, 70, 80, 100, 150	
25	МКМ	Х17Н13МЭТЛ	40,64	200	15, 20, 25, 40, 50, 70, 80, 100, 150	
26	МКРМ	Х17Н13МЭТЛ	40,64	425	15, 20, 25, 40, 50, 70, 80, 100, 150	

№ п/п	Тип	Техническая характеристика				Изготовитель
		Материал корпуса	P_y в кгс/см²	Предельная температура в °С	Диаметр условного прохода (или седла) D_y (D_c) в мм	
27	КРПТ	0Х23Н28М3Д3Т	10	Определяется стойкостью стали 0Х23Н28М3Д3Т в данной среде	15, 25	Харьковский филиал ОКБА
28	КРПТ	0Х23Н28М3Д3Т	6		40,50	
29	КРПТ	0Х23Н28М3Д3Т	1,6		80	
30	КРПТ	0Х23Н28М3Д3Т	1		100	
32	КВДс1 (НО) КНДс (НЗ)	0Х17Н16М3Т	320	200	32	Северодонецкий филиал ОКБА
32	КНДс1 (НО) КНДс (НЗ)	0Х17Н16М3Т	25	200	32	
33	КНМ-50с (НО)	1Х18Н9Т	2,5	50	50	
34	ПРК-1-6 ПРК-1-9	1Х18Н9Т	64	200	3/4″	Завод «Старорусспри-бор»
35	ПРК-2-6	1Х18Н9Т	64	200	1/2″	
36	КРШ	Чугун. Регулирующий орган — из резинового шланга по ГОСТу 8318—57	4,10	50	32, 50	
37	КРШ		4	50	80, 100, 150	
38	КМУП-1082	Чугун, футерованный фторопластом ЗМ	6	100	15	Орджоникидзевское опытное предприятие СКФ КБ Цветметавтоматики, Орджоникидзе
39	КМУП-1088		6	100	25	
40	КМУП-1089		4	100	50	


Вид К
4 отв. d
D_1
D_2
К
D_y
h
L
H_1
H
D
в)
4 отв. d
A_1
A
D_y
H_1
L
H
D
б)
К исполнительному механизму
Командное давление
4 отв. d
b×b
D
D_2
h
L
D_y
D_1
H
а)

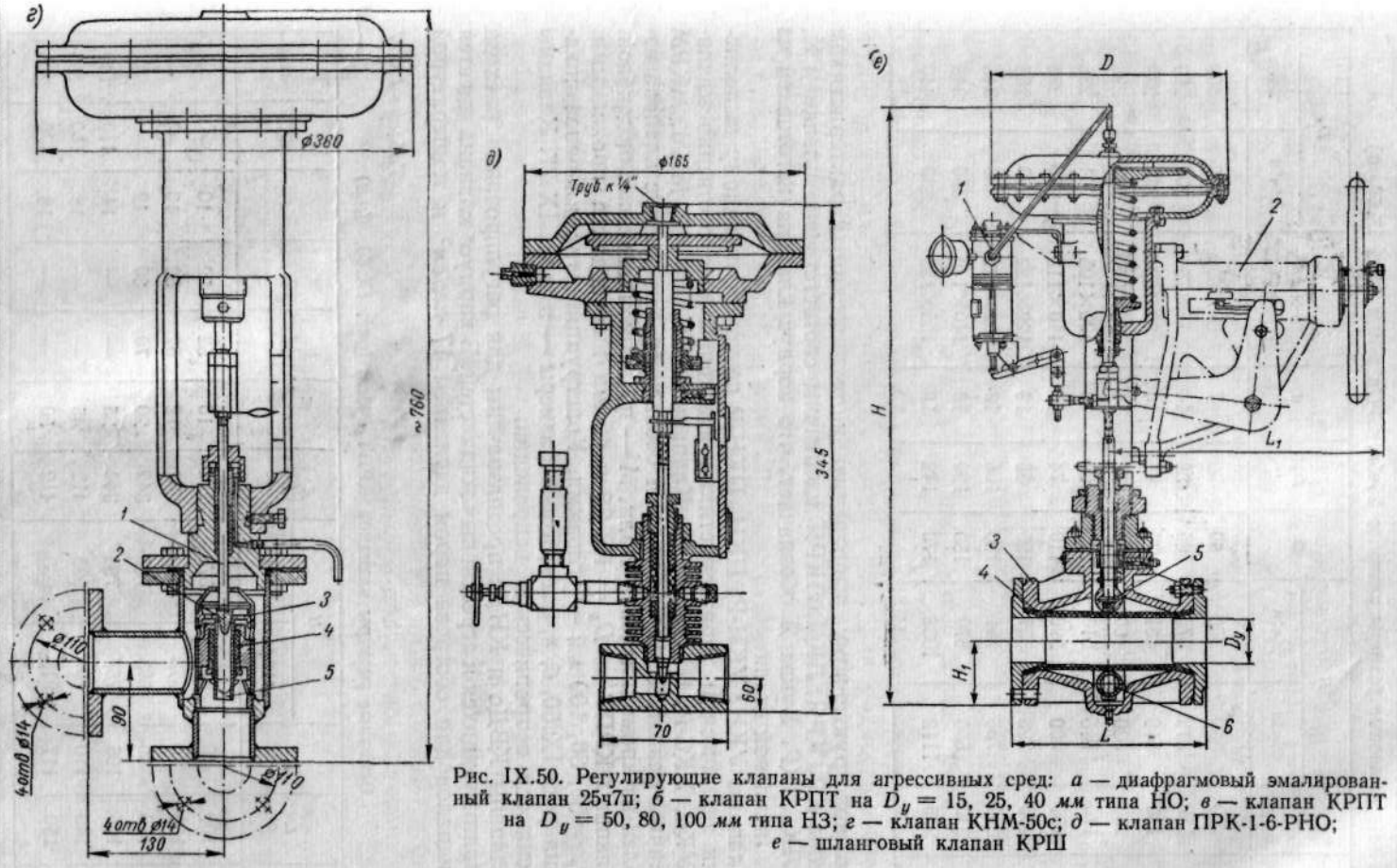


Рис. IX.50. Регулирующие клапаны для агрессивных сред: *а* — диафрагмовый эмалированный клапан 25ч7п; *б* — клапан КРПТ на D_y = 15, 25, 40 *мм* типа НО; *в* — клапан КРПТ на D_y = 50, 80, 100 *мм* типа НЗ; *г* — клапан КНМ-50с; *д* — клапан ПРК-1-6-РНО; *е* — шланговый клапан КРШ

Таблица IX.26

Основные размеры клапанов 25ч5п, 25ч7п в *мм* (рис. IX.50, *а*)

D_y	L	H		D	D_1	d	$b \times b$	D_2	
		25ч5п	25ч7п					25ч5п	25ч7п
10	90	350	350	60	30	7	60×60	209	209
15	110	372	372	65	38	14	75×75	209	209
20	130	516	481	75	45	14	82×82	238	238
25	150	530	460	85	53	14	90×90	238	238
32	170	615	518	100	62	18	105×105	284	238
40	190	630	590	110	74	18	110×110	286	286
50	200	726	581	125	86	18	122×122	360	286
70	210	736	751	130	106	18	122×122	360	348
80	240	656	670	150	120	18	140×140	360	348
100	270	1112	1038	170	142	18	155×155	530	440

По конструктивному выполнению и техническим характеристикам клапаны КЯ, КРЯ, ЛКЯ, ЛКРЯ идентичны соответственно клапанам К, КР, ЛК, ЛКР. Буква Я обозначает, что корпус клапана изготовлен из хромоникелевой стали.

Клапаны УКН, УКН-Р, ПКН, ПКН-Р по конструктивному выполнению и техническим характеристикам идентичны соответственно клапанам УКС, УКС-Р, ПКС, ПКС-Р. Клапаны МКН, МКРН, МКМ, МКРМ идентичны клапанам МКС. Буква Н обозначает, что корпус клапана изготовлен из хромоникелевой стали, М — из хромоникелевомолибденовой.

Клапаны КРПТ на $D_y = 15$, 25 и 40 *мм* выпускаются проходными, на $D_y = 50$, 80, 100 *мм* — угловыми. Конструкция этих клапанов показана на рис. IX.50, *б*, *в*, габаритные размеры — в табл. IX.27. Клапаны выпускаются в тропическом исполнении.

Клапаны КВДс и КНДс предназначены для регулирования расхода кристаллизующихся и агрессивных жидкостей. В корпусе клапана имеется ряд каналов для обогрева паром давлением 17 *кгс/см²* и температурой

Таблица IX.27

Основные размеры клапанов КРПТ в *мм* (рис. IX.50, *б*, *в*)

D_y	L	H_1	H		D	h	A	A_1	d	D_1	D_2
			НО	НЗ							
15	100	40	572	578	282	10	52	52	10	—	—
25	100	40	578	582	282	12	52	52	10	—	—
40	130	60	695	730	342	20	70	80	12	—	—
50	105	105	755	795	342	25	—	—	14	110	140
80	140	110	890	935	412	45	—	—	18	150	185
100	150	117	915	960	412	50	—	—	18	170	205

208° С. Диаметр проходного сечения седла клапана — 15 *мм* (по заказу — 10 *мм*), величина хода штока —25 *мм*. Габаритные размеры клапана КВДс равны ∅ 420 × 910 *мм*, клапана КНДс — ∅ 420 × 850 *мм*.

Клапан КНМ-50с является двойным и предназначен для регулирования расхода агрессивных жидкостей или газов с повышенной точностью. Конструкция клапана приведена на рис. IX.50, *г*. При движении штока *1* плунжер *2* перемещается относительно седла *3*, уменьшая или увеличивая проходное сечение. Нижний плунжер *5*, заторможенный сальником *4*, при этом не двигается. Если же перемещение штока *1* будет настолько большим, что проходное сечение седла *3* полностью откроется или закроется, то плунжер *2*, нажимая на упор плунжера *5*, начинает увеличивать или уменьшать проходное сечение нижнего плунжера. Таким образом, при небольших отклонениях регулируемого параметра регулирование осуществляется только плунжером малого сечения и, следовательно, более точно; при больших отклонениях регулируемого параметра вступает в действие плунжер большого сечения (грубой регулировки). Конструкцией клапана предусмотрена трубка для стока кислоты, просочившейся через сальник. Ход штока клапана равен 26 *мм*. Фланцы выполняются по ГОСТу 1255—54.

Пневматические регулирующие клапаны ПРК предназначены для регулирования малых расходов жидкости и газа (для жидкости в пределах 0,1—2 $м^3/ч$). Полный шифр клапана включает в себя размер присоединительной резьбы (цифра 1 означает К3/4", цифра 2 — К1/2"), диаметр седла клапана в миллиметрах (6 или 9), наличие ребристой рубашки (Р), направление действия (НО или НЗ). Конструкция клапанов ПРК и наибольшие габаритные размеры их приведены на рис. IX.50, *д*. У клапанов типа НЗ сжатый воздух подводится под мембрану, герметизация нижней камеры мембранного привода осуществляется при помощи сильфона. Ход штока клапана равен 7 *мм*, характеристика клапанов линейная.

Мембранные регулирующие шланговые клапаны типа КРШ (рис. IX.50, *е*) предназначены для регулирования расхода химически агрессивных и вязких сред, шламов, пульп, суспензий, а также сыпучих материалов, транспортируемых с помощью воздуха. Регулирующим органом является резино-тканевый рукав *4*, расположенный внутри чугунного корпуса *3*. Пережим рукава осуществляется одновременно сверху и снизу верхним *5* и нижним *6* валиками, которые связаны между собой двумя втулочно-роликовыми цепями, находящимися в зацеплении со звездочками (на чертеже не показаны). Клапан поставляется с позиционером *1* и (по требованию заказчика) с боковым штурвалом *2* для местного ручного управления. Основные размеры клапанов КРШ приведены в табл. IX.28, присоединительные размеры фланцев выполняются по ГОСТу 1234—54.

Таблица IX.28

Основные размеры клапанов КРШ в *мм* (рис. IX.50, *е*)

D_y	L	H_1	H	D	L_1
32	180	98	755	310	230
50	230	116	800	310	260
80	310	136	975	380	308
100	350	152	1115	460	340
150	480	186	1205	460	434

Бессальниковые диафрагмовые клапаны типа КМУП предназначены для регулирования расхода сильно агрессивных сред (минеральные и органические кислоты, щелочи, хлор и т. п.), работают они с позиционером. Габаритные размеры клапанов КМУП-1082, КМУП-1088 и КМУП-1089 соответственно (в *мм*): ∅ 235 × 478; ∅ 235 × 505 и ∅ 235 × 555.

Коэффициенты пропускной способности регулирующих клапанов приведены в табл. IX.29.

Трехходовые клапаны. Типы и основные технические характеристики трехходовых смесительных клапанов с пневмоприводом приведены в табл. IX.30, они предназначены для смешения жидкостей, которые поступают по двум подводящим трубопроводам и отходят по третьему трубопроводу, а также для переключения направлений потоков. Корпуса их изготовляются из чугуна, присоединительные фланцы выполняются по ГОСТу 1235—54, давление воздуха в мембранном исполнительном механизме — 2 *кгс/см*^{2}.

Таблица IX.29

Коэффициенты пропускной способности регулирующих клапанов

$D_у$ в *мм*	25ч30нж, 25ч32нж, 25с30нж, 25с32нж, 25с48нж, 25с50нж, 25с52нж, 25с54нж, 25с2нж, 25с4нж, 25нж30нж, 25нж32нж, 25нж40нж, 25нж42нж, 25нж48нж, 25нж50нж, 25нж2нж, 25нж4нж	К, КР, КЯ, КРЯ, ЛК, ЛКР, ЛКЯ, ЛКРЯ	УКС, УКС-Р, ПКС, ПКС-Р, УКН, УКН-Р, ПКН, ПКН-Р	МКЧ, МКС, МКРС, МКН, МКРН, МКМ, МКРМ	КРВД-320/ДУ	25ч5п 25ч7п	ПРК	КРШ	КМУП
6	—	—	0,1; 0,16; 0,25	—	—	—	0,5	—	—
9	—	—	—	—	—	—	1,0	—	—
10	—	—	—	—	—	1,3	—	—	—
15	4	5	0,4; 0,64; 1	—	—	3,2	—	—	5
20	6,3	8	—	—	—	5,0	—	—	—
25	10	14	1,6; 2,5	4; 6,3; 10	—	8,0	—	—	10
32	16	—	—	—	—	13,0	—	50	—
40	25	32	—	—	23,5	20,0	—	—	—
50	40	50	—	25; 40	—	32,0	—	125	40
70	55	—	—	—	60	50,0	—	—	—
80	100	—	—	60; 100	—	80,0	—	320	—
90	—	—	—	—	108	—	—	—	—
100	160	—	—	160	—	130,0	—	500	—
150	400	—	—	400	—	—	—	1250	—
200	630	—	—	—	—	—	—	—	—

Клапаны типа 774 применяются в системах автоматического управления вулканизаторами-форматорами.

Клапаны 27ч5нж изготовляются с плунжерами, имеющими либо равновеликие, либо неравновеликие окна. В первом случае давление в двух

Таблица IX.30

Типы и основные характеристики трехходовых клапанов с пневмоприводом

Тип	Условное давление в *кгс/см²*	Предельная температура в °С	Диаметр условного прохода в *мм*	Строительная длина в *мм*	Высота в *мм*	Наружный диаметр мембраны в *мм*	Завод-изготовитель
774-3-00	2	80	8	60	145	100	Завод «Мелекесскхиммаш», Мелекесс
774-29-00	25	180	15	75	180	175	
774-34-00	25	180	15	100	265	185	
774-36-00	25	180	20	100	265	185	
774-40-00	25	180	25	130	344	210	
774-41-00	25	180	32	145	375	245	
774-42-00	25	180	32	115	259	210	
841	16	200	15,20	140	307	180	
1702	16	200	25	154	375	200	
1709	16	200	40	200	450	260	
27ч5нж	6	150	50	230	650	230	Завод «Красный Профинтерн», Гусь-Хрустальный
	6	150	80	310	776	295	
	6	150	100	350	808	295	

подводящих трубопроводах для сохранения постоянства расхода через клапан при любом положении плунжера должно быть одинаковым, во втором случае — неодинаковым.

Запорные клапаны. Типы и основные технические характеристики запорных клапанов с пневмоприводом приведены в табл. IX.31.

Клапаны типа 774 применяются в системах автоматического управления вулканизаторами-форматорами, материал корпуса — чугун, присоединительные фланцы — по ГОСТу 1235—54, давление воздуха в мембранном исполнительном механизме — 2 *кгс/см²*.

Клапан типа 22ч4р предназначен для подачи воздуха в сопла, расположенные в бункерах, с целью обрушения зависшей шихты. Материал корпуса — чугун, присоединительные фланцы — по ГОСТу 1235—54. Корпус клапана 22нж10п (рис. IX.51, *а*) выполняется из углеродистой стали или стали 1Х18Н9Т. Присоединительные фланцы — по ГОСТу 1240—54, давление воздуха в исполнительном механизме — 1 *кгс/см²*. Клапан снабжен пневмосигнализаторами крайних положений золотника.

Клапан запорный бессальниковый КЗБ-1 (рис. IX.51, *б*) предназначен для управления расходом кристаллизующихся высокотоксичных жидкостей. Для уплотнения штока в клапане применена разделительная мембрана. Для предотвращения кристаллизации рабочей среды клапан обогревается паром давлением 3 *кгс/см²* при температуре 120° С, который подается в каналы корпуса. Клапан снабжен штурвалом ручного управления. Материал корпуса — чугун, давление воздуха в исполнительном механизме — 1 *кгс/см²*.

Таблица IX.31

Типы и основные характеристики запорных клапанов с пневмоприводом

Тип	Условное давление в *кгс/см²*	Предельная температура в °С	Диаметр условного прохода в *мм*	Строительная длина в *мм*	Высота в *мм*	Наружный диаметр мембраны в *мм*	Изготовитель
774-9-00 (НЗ)	10	180	15	75	160	150	Завод «Мелекесскхиммаш», Мелекесс
774-30-00 (НО)	6	180	15	75	170	150	
774-31-00 (НО)	25	180	8	65	165	150	
774-32-00 (НО)	25	180	10	65	165	150	
774-37-00 (НЗ)	10	180	20	90	178	165	
774-38-00 (НО)	25	180	25	115	264	210	
774-43-00 (НО)	25	180	32	125	277	265	
774-46-00 (НЗ)	4	180	40	140	242	245	
22ч4р (НЗ)	8	80	70	250	296	230	Завод «Красный Профинтерн», Гусь-Хрустальный
22нж10п (НЗ и НО)	25	120	25	160	777	340	Завод «Красный Профинтерн» и предприятия Министерства охраны общественного порядка Киргизской ССР
	25	120	32	180	777	340	
	25	120	40	200	784	340	
	25	120	50	230	800	340	
	25	120	80	310	858	340	
КЗБ-1 (НЗ)	3	120	50	225	670	350	Северодонецкий филиал ОКБА

2. Позиционеры

Позиционеры (позиционные реле) предназначены для повышения чувствительности и быстродействия, увеличения перестановочного усилия и уменьшения гистерезиса пневматического исполнительного механизма. Позиционеры применяются при работе клапанов в условиях вязких сред, высоких давлений регулируемой среды, в случае установки клапанов в нерекомендуемых положениях, на клапанах большого диаметра, при значительном расстоянии между регулирующим устройством и исполнительным механизмом и в других случаях, когда возможно затирание штока и плунжера. Принцип работы позиционного реле основан на преобразовании импульса, поступающего от командного (регулирующего) прибора, в давление воздуха, необходимое для обеспечения заданного хода дроссельного органа. С этой целью в мембранный пневмопривод подается сжатый воздух от независимой линии питания. Позиционное реле монтируется непосредственно на регулирующем клапане. Давление воздуха, подводимого к позиционеру от пневматического регулятора, изменяется в диапазоне от 0,2 до 1 *кгс/см²*.

На рис. IX.52, *а* приведена конструкция *позиционера П5-12*. Прибор имеет три основных части: чувствительный элемент (две мембраны *3* и *4*

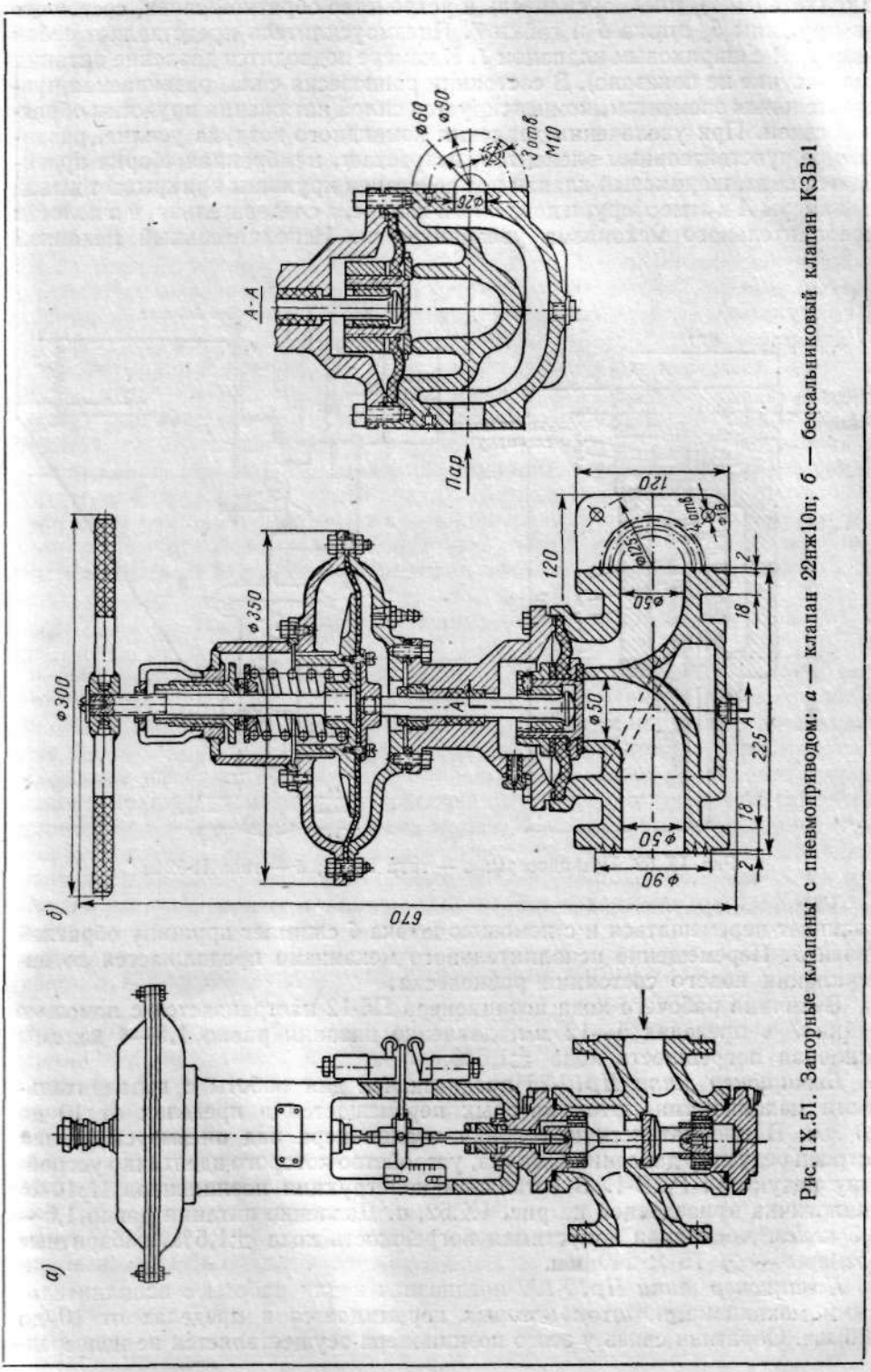


Рис. IX.51. Запорные клапаны с пневмоприводом: *а* — клапан 22нж10п; *б* — бессальниковый клапан КЗБ-1

с толкателем 2), пневмоусилитель и устройство обратной связи, состоящее из пружины 5, штока 6 и гайки 7. Пневмоусилитель представляет собой камеру А с шариковым клапаном 1. К камере подводится давление питания (на рисунке не показано). В состоянии равновесия сила, развиваемая чувствительным элементом, компенсируется силой натяжения пружины обратной связи. При увеличении давления командного воздуха усилие, развиваемое чувствительным элементом, возрастает, мембранная сборка прогибается вниз, шариковый клапан под действием пружины прикрывает выход из камеры А в атмосферу, и давление в камере, а следовательно, и в полости исполнительного механизма увеличивается. Исполнительный механизм

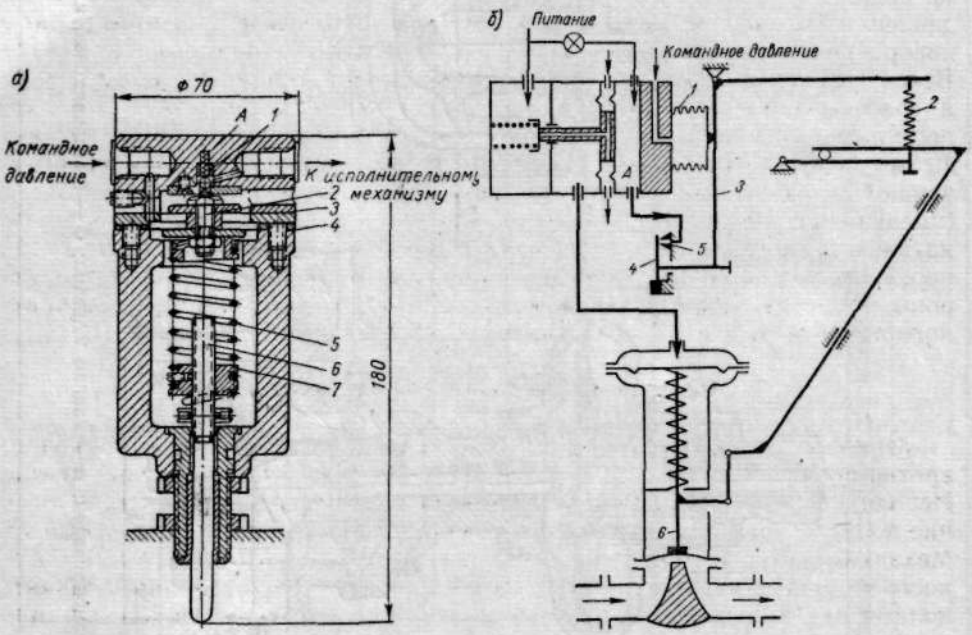


Рис. IX.52. Позиционеры: *а* — типа П5-12; *б* — типа П-324м

начинает перемещаться и с помощью штока 6 сжимает пружину обратной связи 5. Перемещение исполнительного механизма продолжается до наступления нового состояния равновесия.

Величина рабочего хода позиционера П5-12 настраивается с помощью гайки 7 в пределах 5—12 *мм*, давление питания равно 1,5—4 *кгс/см²*, основная погрешность хода ±1,5%.

Позиционер типа Пр10-25 предназначен для работы с исполнительными механизмами, шток которых перемещается в пределах от 10 до 25 *мм*. В пневматическую головку позиционера над пневмоусилителем встроен редуктор давления воздуха, устройство которого идентично устройству редуктора РДВ-1. В остальном конструкция позиционера Пр10-25 аналогична приведенной на рис. IX.52, *а*. Давление питания равно 1,5—3,5 *кгс/см²*, основная допустимая погрешность хода ±1,5%, габаритные размеры — ∅ 75 × 240 *мм*.

Позиционер типа Пр10-100 предназначен для работы с исполнительными механизмами, шток которых перемещается в пределах от 10 до 100 *мм*. Обратная связь у этого позиционера осуществляется не непосред-

ственным воздействием диска мембраны на шток позиционера, а с помощью рычажной передачи. В остальном конструкция и техническая характеристика позиционера Пр10-100 идентичны конструкции и технической характеристике позиционера Пр10-25.

Позиционеры П5-12, Пр10-25 и Пр10-100 выпускаются Министерством судостроительной промышленности.

Позиционер П-324м конструкции КБ «Цветметавтоматика» предназначен для использования в комплекте с мембранным исполнительным механизмом в агрессивной атмосфере. Принципиальная схема позиционера приведена на рис. IX.52, *б*. Принцип действия позиционера основан на сравнении усилий сильфона *1* и пружины *2*. Увеличение командного давления вызывает дополнительное растяжение сильфона, при этом рычаг *3* поворачивается против часовой стрелки, и заслонка *4* прикрывает сопло *5*. Вследствие увеличения давления над мембраной усилителя (в полости *А*) и срабатывания последнего происходит увеличение давления воздуха, поступающего в полость над мембраной регулирующего клапана, что вызывает перемещение вниз штока *6*. Перемещение штока *6* с помощью рычажной передачи заставляет растянуться пружину обратной связи *2* (уменьшение командного давления приводит, наоборот, к уменьшению натяжения пружины обратной связи). Движение штока происходит до тех пор, пока усилие от растяжения пружины *2* не уравновесит усилие со стороны сильфона. Позиционер может быть настроен на ход штока мембранного привода от 4 до 12 *мм*. Давление питания равно 2—6 *кгс/см²*.

3. Мембранные исполнительные механизмы

Мембранный механизм МПП (рис. IX.53, *а*) может иметь либо возвратно-поступательное, либо колебательное движение выходного звена. Исполнительные механизмы выпускаются отрегулированными на получение полного хода при изменении командного давления от 0,1 до 1 *кгс/см²*. Механизм имеет устройство, с помощью которого можно изменять жесткость и предварительный натяг рабочей пружины, что позволяет получить полный ход при других значениях командного давления. Рычажный привод может иметь левый или правый вывод. Расстояние от оси пневмопривода до плоскости крепления равно 60 *мм*, толщина фланца — 10 *мм*. Остальные габаритные и монтажные размеры даны на рис. IX.53, *а* и в табл. IX.32.

Таблица IX.32

Техническая характеристика пневмоприводов МПП (рис. IX. 53, *а*)

Тип	Наименование	Рабочий ход штока (для толкающих) или конца рычага (для рычажных) в *мм*	Размеры в *мм*		
			D	*H*	*B*
МПП-16	Толкающий	30	208	270	80
	Рычажный	105		316	100
МПП-20	Толкающий	30	254	314	80
	Рычажный	105		362	100
МПП-25	Толкающий	30	304	308	83
	Рычажный	105		348	103

Выпускаются модификации рычажных пневмоприводов с пружиной, рассчитанной на получение полного хода при изменении командного давления на 0,4—0,5 *кгс/см²*.

Мембранный исполнительный механизм МПП в тропическом исполнении обозначается буквой Т в конце индекса.

Изготовитель: завод «Теплоавтомат», Харьков.

Этим же заводом выпускаются мембранные исполнительные механизмы типа МП-20 и МП-25, которые отличаются от исполнительных механизмов

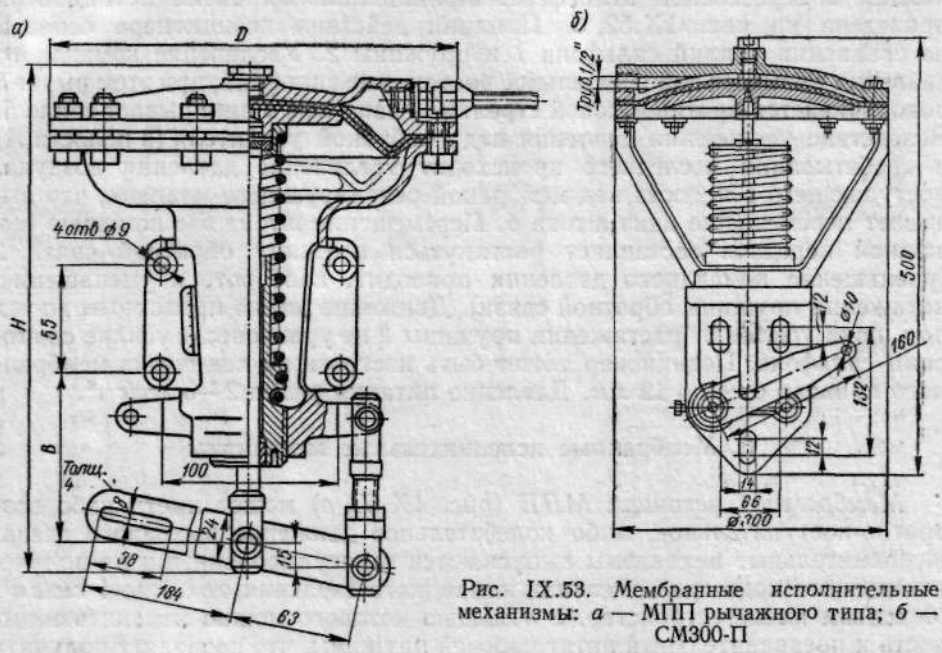


Рис. IX.53. Мембранные исполнительные механизмы: *а* — МПП рычажного типа; *б* — СМ300-П

МПП-20 и МПП-25 наличием позиционера и механизма ручного управления, высота их равна 500 *мм*. Величина нагрузки, подсоединяемой к штоку пневмопривода МП-20 и МП-25, не должна превышать 50 *кгс*.

У мембранных исполнительных механизмов (*МИМ*) выходное звено может иметь либо возвратно-поступательное (прямоходные), либо колебательное движение выходного звена. Прямоходные и колебательные МИМ могут быть прямого и обратного действия. У прямоходного МИМ прямого действия усилие пружины направлено вверх, воздух подводится к мембране сверху. У прямоходного МИМ обратного действия усилие пружины направлено вниз, воздух подводится под мембрану. Колебательный МИМ выполнен на базе прямоходного МИМ прямого действия и отличается от последнего наличием специальной гайки на конце штока и тяги, к которым прикрепляется рычаг первого или второго рода, чем определяется направление действия (прямое или обратное).

Мембранные исполнительные механизмы могут поставляться с дополнительными вспомогательными приборами. В зависимости от комплектации исполнительному механизму присваивается следующий дополнительный индекс: 01 — имеется боковой ручной дублер, 02 — центральный ручной дублер, 03 — пневматический фиксатор положения штока механизма, 04 — боковой ручной дублер и пневматический фиксатор

Таблица IX.33

Типы и основные характеристики мембранных исполнительных механизмов

Тип мембранного исполнительного механизма	Диаметр заделки мембраны в *мм*	Рабочий ход штока в *мм*	Минимальное усилие при рассогласовании 1% Q в *кгс*	Размеры в *мм*	
				Наружный диаметр мембраны	Высота (без центрального дублера)
МИМ-125/10-ППХ	125	10	0,63	170	260
МИМ-125/6-ППХ	125	6	0,63	170	260
МИМ-125/10-ОПХ	125	10	0,63	170	290
МИМ-125/6-ОПХ	125	6	0,63	170	290
МИМ-160/10-ППХ	160	10	1,0	200	275
МИМ-160/6-ППХ	160	6	1,0	200	275
МИМ-160/10-ОПХ	160	10	1,0	200	305
МИМ-160/6-ОПХ	160	6	1,0	200	305
МИМ-200/16-ППХ	200	16	1,6	250	360
МИМ-200/10-ППХ	200	10	1,6	250	360
МИМ-200/6-ППХ	200	6	1,6	250	360
МИМ-200/16-ОПХ	200	16	1,6	250	390
МИМ-200/10-ОПХ	200	10	1,6	250	390
МИМ-200/6-ОПХ	200	6	1,6	250	390
МИМ-250/25-ППХ	250	25	2,5	310	455
МИМ-250/16-ППХ	250	16	2,5	310	455
МИМ-250/10-ППХ	250	10	2,5	310	455
МИМ-250/25-ОПХ	250	25	2,5	310	485
МИМ-250/16-ОПХ	250	16	2,5	310	485
МИМ-250/10-ОПХ	250	10	2,5	310	485
МИМ-320/40-ППХ	320	40	4	380	585
МИМ-320/25-ППХ	320	25	4	380	585
МИМ-320/16-ППХ	320	16	4	380	585
МИМ-320/40-ОПХ	320	40	4	380	615
МИМ-320/25-ОПХ	320	25	4	380	615
МИМ-320/16-ОПХ	320	16	4	380	615
МИМ-400/60-ППХ	400	60	6,3	460	760
МИМ-400/40-ППХ	400	40	6,3	460	760
МИМ-400/25-ППХ	400	25	6,3	460	760
МИМ-400/60-ОПХ	400	60	6,3	460	780
МИМ-400/40-ОПХ	400	40	6,3	460	780
МИМ-400/25-ОПХ	400	25	6,3	460	780
МИМ-500/100-ППХ	500	100	10	570	945
МИМ-500/60-ППХ	500	60	10	570	945
МИМ-500/40-ППХ	500	40	10	570	945
МИМ-500/25-ППХ	500	25	10	570	945
МИМ-500/100-ОПХ	500	100	10	570	965
МИМ-500/60-ОПХ	500	60	10	570	965

Продолжение табл. IX.33

Тип мембранного исполнительного механизма	Диаметр заделки мембраны в *мм*	Рабочий ход штока в *мм*	Минимальное усилие при рассогласовании 1% Q в *кгс*	Размеры в *мм*	
				Наружный диаметр мембраны	Высота (без центрального дублера)
МИМ-500/40-ОПХ	500	40	10	570	965
МИМ-500/25-ОПХ	500	25	10	570	965
МИМ-160/25-ПК	160	25	1,0	200	305
МИМ-200/25-ПК	200	25	1,6	250	305
МИМ-250/25-ПК	250	25	2,5	310	335
МИМ-160/25-ОК	160	25	1,0	200	305
МИМ-200/25-ОК	200	25	1,6	250	305
МИМ-250/25-ОК	250	25	2,5	310	335

положения штока механизма, 10 — пневматический позиционер, 20 — электропневматический позиционер, 30 — пневматический сигнализатор положения штока механизма, 40 — электрический сигнализатор положения штока механизма.

Условное обозначение типоразмера мембранных исполнительных механизмов содержит основные характеристики, которые определяются четырьмя группами букв и цифр:

а) буквенное обозначение типа механизма — МИМ;

б) дробь, в числителе которой указывается величина диаметра заделки мембраны в *мм*, в знаменателе — полный рабочий ход штока в *мм*;

в) буквенное обозначение конструктивного исполнения: П — прямого действия, О — обратного действия, ПХ — прямоходные, К — колебательные;

г) индекс, обозначающий вспомогательные приборы, входящие в комплект.

Полное перемещение выходного звена МИМ осуществляется при изменении входного пневматического сигнала от 0,2 до 1 *кгс/см*^{2}. Давление сжатого воздуха в рабочей полости механизма не должно превышать 4 *кгс/см*^{2} при диаметре заделки 125 и 160 *мм* и 2,5 *кгс/см*^{2} при диаметре заделки 200 *мм* и больше. Присоединение пневматических линий к рабочим полостям мембранных механизмов осуществляется при помощи резьбовых отверстий К 1/4″ ГОСТ 6111—52. Типы и остальные характеристики мембранных исполнительных механизмов приведены в табл. IX.33.

МИМ выпускаются Могилев-Подольским приборостроительным заводом, заводом «Красный Профинтерн» (Гусь-Хрустальный), заводом «Теплоприбор» (Улан-Удэ) и предприятиями Министерства охраны общественного порядка Киргизской ССР.

Конструкция *мембранного механизма СМ300-П* приведена на рис. IX.53, *б*. При изменении командного давления от 0,1—0,15 до 0,9—1 *кгс/см*^{2} рычаг совершает ход 130 *мм*; максимальное усилие на конце рычага равно 45 *кгс*. Расстояние от оси пневмопривода до плоскости крепления 75 *мм*. Изготовитель: завод «Текстильмашприбор», Москва.

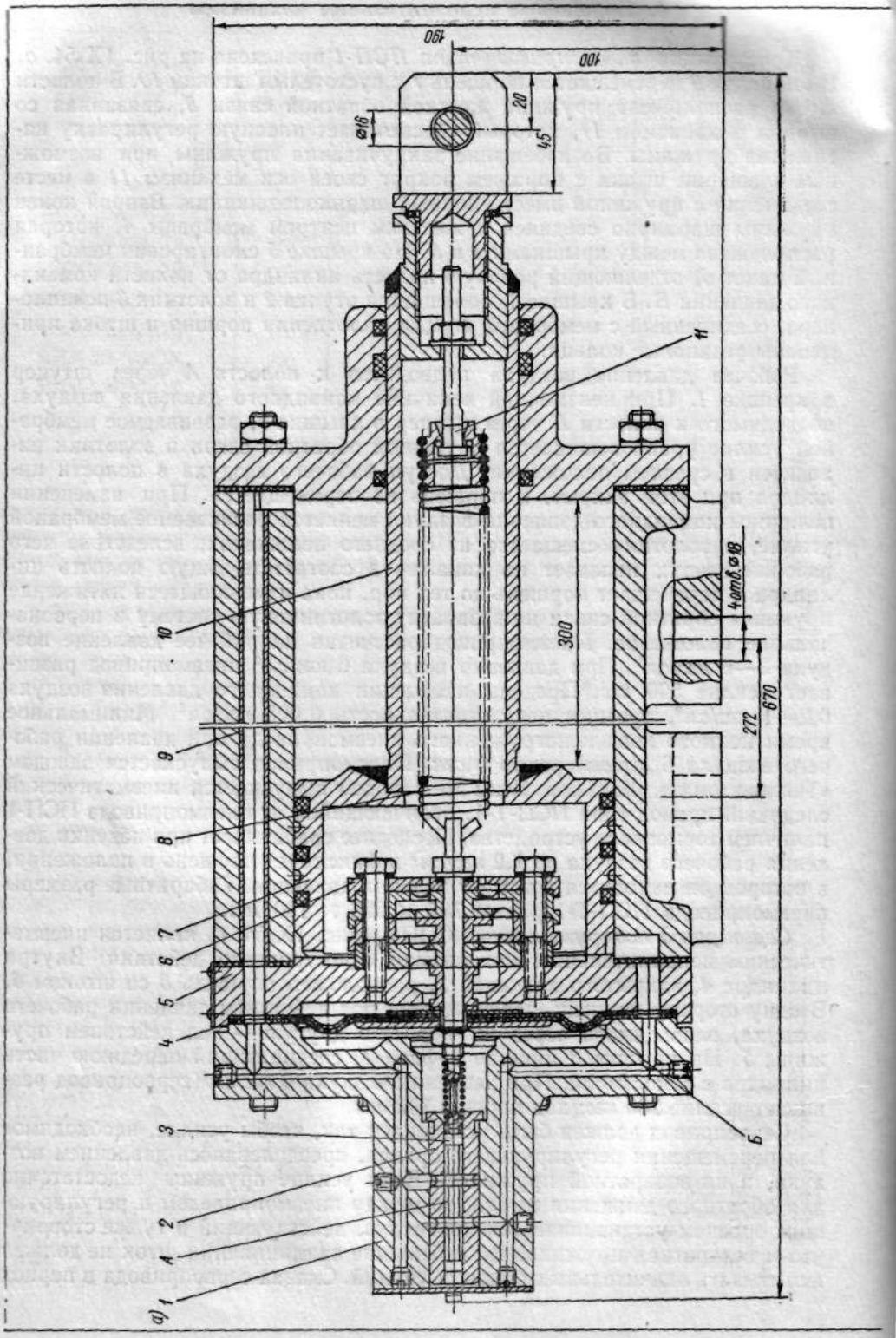
4. Поршневые исполнительные механизмы

Конструкция *пневмопривода типа ПСП-1* приведена на рис. IX.54, *а*. В цилиндре *9* перемещается поршень *7* с пустотелым штоком *10*. В полости штока расположена пружина жесткой обратной связи *8*, связанная со штоком механизмом *11*, который обеспечивает плавную регулировку натяжения пружины. Во избежание закручивания пружины при возможном вращении штока с поршнем вокруг своей оси механизм *11* в месте соединения с пружиной имеет упорный шарикоподшипник. Второй конец пружины шарнирно соединен с жестким центром мембраны *4*, которая расположена между крышками *1* и *5*. На крышке *5* смонтирован мембранный пакет *6*, отделяющий рабочую полость цилиндра от полости командного давления *Б*. В крышке *1* помещается втулка *2* и золотник *3* позиционера, соединенный с мембраной *4*. Для уплотнения поршня и штока применены резиновые кольца.

Рабочее давление воздуха подводится к полости *А* через штуцер в крышке *1*. При неизменной величине командного давления воздуха, подводимого к полости *Б* через штуцер в крышке *5*, развиваемое мембраной усилие уравновешивается пружиной обратной связи и золотник находится в среднем положении. Доступ рабочего воздуха в полости цилиндра при этом закрыт, и поршень не перемещается. При изменении величины командного давления воздуха меняется развиваемое мембраной усилие, и золотник смещается из среднего положения, вследствие чего рабочий воздух попадает по каналам в соответствующую полость цилиндра и перемещает поршень до тех пор, пока изменяющееся натяжение пружины обратной связи не возвратит золотниковую систему в первоначальное положение. Пневмопривод рассчитан на рабочее давление воздуха 3—6 *кгс/см*^{2}. При давлении воздуха 6 *кгс/см*^{2} пневмопривод развивает усилие 500 *кгс*. Пределы изменения командного давления воздуха 0,2—1 *кгс/см*^{2}, средняя нечувствительность 0,005 *кгс/см*^{2}. Минимальное время полного хода ненагруженного пневмопривода при давлении рабочего воздуха 6 *кгс/см*^{2} равно 5 *сек*. Пневмопривод выпускается заводом «Теплоавтомат», Харьков. Этим же заводом выпускается пневматический следящий привод типа ПСП-Т-1, отличающийся от пневмопривода ПСП-1 наличием тормозного устройства. Последнее срабатывает при падении давления рабочего воздуха до 1,2 *кгс/см*^{2} и фиксирует поршень в положении, в котором он находится в момент падения давления. Габаритные размеры пневмопривода ПСП-Т-1 равны 735 × 226 × 190 *мм*.

Сервопривод подпружиненный СПП-1 (рис. IX.54, *б*) является пневматическим исполнительным механизмом одностороннего действия. Внутри цилиндра *4*, закрытого крышкой *2*, расположен поршень *3* со штоком *6*. В одну сторону поршень перемещается под действием давления рабочего воздуха, подводимого через штуцер *1*, в другую — под действием пружины *5*. На крышке *8* имеется суфлер *7*, соединяющий переднюю часть цилиндра с атмосферой. При давлении воздуха 6 *кгс/см*^{2} сервопривод развивает усилие 260 *кгс*; ход поршня 140 *мм*.

Сервопривод должен быть установлен так, чтобы усилие, необходимое для перемещения регулирующего органа, преодолевалось давлением воздуха, а не возвратной пружиной. Если усилие пружины недостаточно для обратного движения штока, то между пневмоприводом и регулирующим органом устанавливается контргруз, действующий в ту же сторону, что и возвратная пружина. Во избежание заклинивания шток не должен испытывать значительных боковых усилий. Смазка сервопривода в период


190
100
20
45
ø16
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
А
1
а)
Б
300
4отв.ø18
272
670

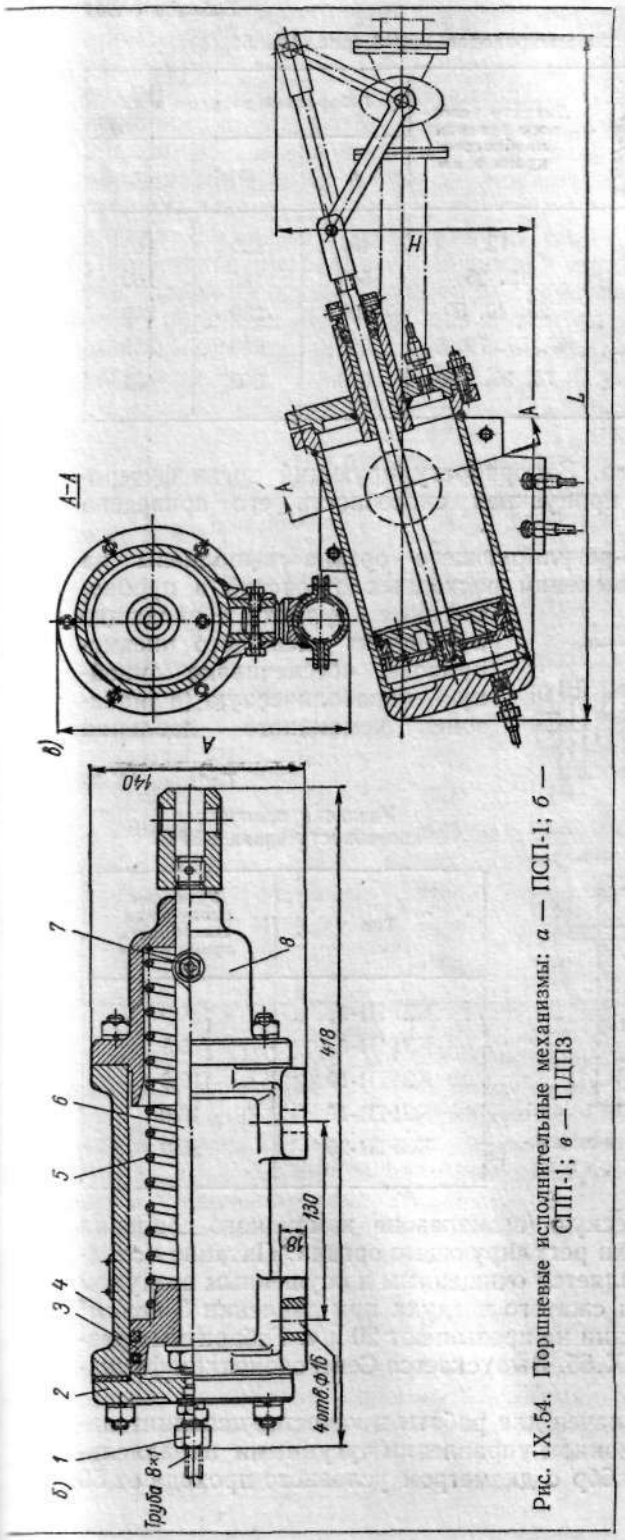


Рис. IX.54. Поршневые исполнительные механизмы: *а* — ПСП-1; *б* — СПП-1; *в* — ПДП3

эксплуатации обеспечивается установкой капельной масленки на воздухопроводе перед сервоприводом. Изготовитель: завод «Теплоавтомат», Харьков.

Двухпозиционный пневмопривод типа ПДП3 (рис. IX.54, *в*) предназначен для дистанционного управления пробковыми кранами. Во избежание изгибающих усилий, возникающих на штоке, цилиндр привода может поворачиваться вокруг оси опоры. Цилиндр пневмопривода рассчитан на давление до 10 *кгс/см²*. При использовании пневмопривода для управления пробковым краном максимальное давление воздуха ограничивается 5 *кгс/см²*, так как при давлении свыше 5 *кгс/см²* в случае прикипания пробки крана возможна поломка последней. Минимальное давление рабочего воздуха равно 2 *кгс/см²*, пневмопривод может работать при температуре окружающего воздуха от —30 до +40° С, время срабатывания нагруженного привода при давлении воздуха 2 *кгс/см²* не превышает 10 *сек*. Остальные технические данные пневмоприводов ПДП3 приведены в табл. IX.34. Пневмопривод выпускается Северодонецким филиалом ОКБА.

Запорно - регулирующий пневматический кран КЗРП1 предназначен для автоматического регулирования и запирания потока жидкости или газа. Конструктивно он выполнен в виде поршневого пневмопривода, сочлененного с пробковым краном и снабженного позиционным реле для пропорционального перемещения в зависимости

Таблица IX.34

Техническая характеристика пневмоприводов ПДП3 (рис. IX. 54, *в*)

Тип	Диаметр цилиндра в *мм*	Ход штока в *мм*	Усилие в *кгс* на штоке при давлении воздуха 2 *кгс/см²*	Диаметр условного прохода пробкового крана в *мм*	Габаритные размеры в *мм*		
					L	*H*	*A*
ПДП3-52	52	90	35	12	400	125	140
ПДП3-70	70	127	60	12, 25	540	185	160
ПДП3-105	105	190	150	25, 40, 50	620	280	245
ПДП3-125	125	190	220	40, 50, 70, 80	620	280	335
ПДП3-156	156	190	285	70, 80, 100	670	305	405

от входного командного сигнала. Запорнорегулирующий орган футерован фторопластом, удельная пропускная способность его приведена в табл. IX.35.

Все модификации запорно-регулирующего органа выполнены на кране $D_y = 50$ *мм* за счет изменений расходных отверстий в пробке. Сменные кулачки, входящие в комплект следящего пневмопривода, обеспечивают линейную, параболическую (в диапазоне командного давления

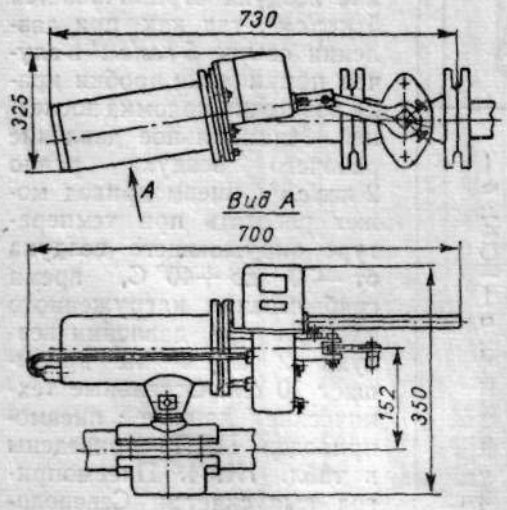


Рис. IX.55. Запорно-регулирующий пневматический кран КЗРП1

Таблица IX.35

Удельная пропускная способность крана КЗРП1

Тип	Удельная пропускная способность крана в *т/ч*
КЗРП1-4	4,0
КЗРП1-6	6,3
КЗРП1-10	10,0
КЗРП1-16	16,0
КЗРП1-25	25,0

0,2—0,8 *кгс/см²*) и логарифмическую (в диапазоне командного давления 0,45—1,0 *кгс/см²*) характеристики регулирующего органа. Питание исполнительного механизма осуществляется очищенным и осушенным воздухом давлением 2—4 *кгс/см²*. Утечки сжатого воздуха при давлении 5 *кгс/см²* через кран в закрытом положении не превышают 20 *л/ч*. Габаритные размеры крана приведены на рис. IX.55. Выпускается Северодонецким филиалом ОКБА.

Пневмопривод ПНП предназначен для работы в качестве исполнительного механизма при двухпозиционном управлении чугунными параллельными задвижками 30ч6бк и 30ч6бр с диаметром условного прохода от 50

до 400 *мм*, работающими в тяжелых условиях глиноземного и других производств при наличии в воздухе агрессивных щелочных паров. Пневмопривод представляет собой поршневой исполнительный механизм двухстороннего действия с двумя поршнями. Корпус пневмопривода состоит из основного и вспомогательного цилиндров, разделенных промежуточным диском. В начале хода штока на открытие задвижки вспомогательный поршень упирается в торец основного поршня, благодаря чему пневмопривод развивает двойное усилие, что обеспечивает надежный «срыв» дисков задвижки. Совершив ход 40—60 *мм*, вспомогательный поршень упирается в промежуточный диск и останавливается, дальнейшее открытие задвижки осуществляется под действием усилия, развиваемого основным поршнем. На крышке пневмопривода расположен узел концевых выключателей, которые сигнализируют о крайних положениях задвижки.

Таблица IX.36

Типы и основные характеристики пневмоприводов ПНП

Тип	Диаметр условного прохода задвижки в *мм*	Минимальное усилие в *кгс* при давлении сжатого воздуха 6 *кгс/см²*		Ход штока в *мм*	Время полного хода штока в *сек*	Габаритные размеры в *мм*
		в начале хода при открытии	при закрытии			
ПНП-1	50	2000	1000	55	20—30	162×290×725
ПНП-2	80	2000	1000	85	20—30	224×290×830
ПНП-3	100	3000	1500	105	20—30	262×340×925
ПНП-4	125	3000	1500	132	40—60	292×340×1055
ПНП-5	150	3000	1500	153	40—60	337×340×1120
ПНП-6	200	3000	1500	204	40—60	400×340×1345
ПНП-7	250	3000	1500	255	60—90	460×345×1435
ПНП-8	300	3000	1500	306	60—90	508×370×1640
ПНП-9	350	3000	1500	357	60—90	564×408×1840
ПНП-10	400	4200	2100	405	80—120	620×442×2000

Рабочее давление сжатого воздуха равно 6—8 *кгс/см²*, рабочее давление среды в трубопроводе 4—6 *кгс/см²*, максимальная температура среды — 90° С. Подвод сжатого воздуха осуществляется трубками 14 × 2, напряжение в цепи сигнализации концевых выключателей — 127 *в*. Остальные технические данные пневмоприводов ПНП, а также их габаритные размеры приведены в табл. IX.36.

Пневмоприводы выпускаются Северо-Кавказским филиалом КБ «Цветметавтоматика», Орджоникидзе.

§ 8. АППАРАТУРА ВОЗДУХОПОДГОТОВКИ

Сжатый воздух, подаваемый в пневматическую систему контроля и регулирования, должен содержать минимальное количество масла, влаги и пыли. Во избежание образования конденсата или обледенения осушку воздуха следует производить до такой влажности, чтобы точка росы его была ниже температуры среды, окружающей любой аппарат системы.

После прохождения через силикагелевый адсорбер и перед каждым прибором или группой приборов воздух необходимо очищать от пыли. При расчете производительности источника питания сжатым воздухом систем пневмоавтоматики усредненный расход сжатого воздуха, потребляемого одним измерительным прибором или регулирующим устройством, можно принимать равным 0,5 *нм³/ч*.

Автоматические установки для осушки воздуха. *Установки типов УОВ-10, УОВ-20, УОВ-30* предназначены для осушки воздуха, питающего пневматические приборы и регуляторы, до точки росы — 40° С, а при применении комбинированного адсорбента (силикагель — алюмогель—цеолит) — до точки росы порядка — 100° С. Технологическая схема установки для осушки воздуха приведена на рис. IX.56. От компрессора *1* воздух под давлением не выше 8 *кгс/см²* и с температурой порядка 150° С подается для охлаждения в теплообменник *2* (типа ТП).

Габариты теплообменника 3290 × 890 × 660 *мм* для УОВ-10, 4720 × × 890 × 660 *мм* для УОВ-20, 6720 × 890 × 660 *мм* для УОВ-30. Из тепло-

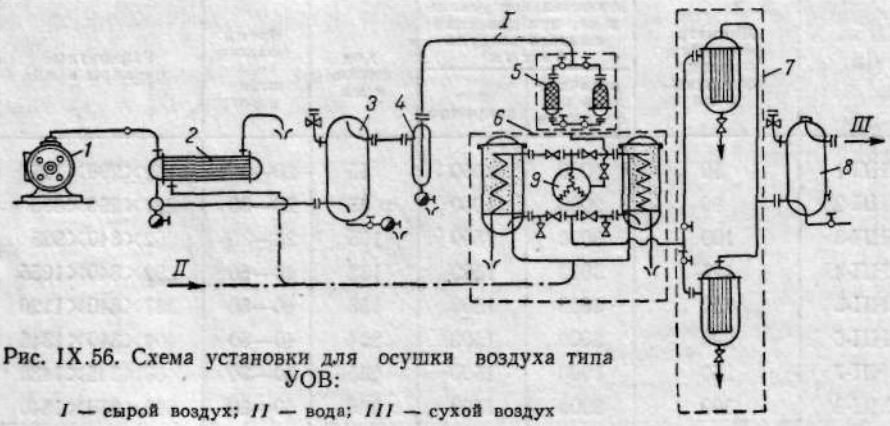


Рис. IX.56. Схема установки для осушки воздуха типа УОВ:

I — сырой воздух; *II* — вода; *III* — сухой воздух

обменника воздух для выравнивания пульсации поступает в воздухосборник *3*, габариты его равны 4405 × 1660 × 1400 *мм* для УОВ-10 и 5635 × × 1880 × 1600 *мм* — для УОВ-20 и УОВ-30. От брызг и взвешенных частиц воды и масла воздух очищается в центробежном маслоотделителе *4* (типа МО-30), габариты которого равны 1782 × 730 × 610 *мм*. Оставшаяся капельная влага и масло улавливаются блоком коксовых фильтров *5* (типа БМФ-00); фильтры блока работают поочередно по два месяца каждый, после чего насадка фильтров меняется или пропаривается острым паром. Габаритные размеры блока фильтров БМФ-00 составляют 1810 × 1720 × × 720 *мм*.

Очищенный воздух поступает в автоматический блок осушки воздуха *6* (типа А-10, А-20 или А-30), который представляет собой двухбашенный адсорбер с автоматической системой управления и контроля. Воздух подается в одну из башен через четырехходовый кран и, пройдя через слой адсорбента, осушается.

Адсорбирующие свойства силикагеля после восьмичасовой работы ослабевают и не обеспечивают полной осушки воздуха. Поэтому процесс осушки ведется во второй башне, в которой силикагель восстановлен, а первая башня переключается на регенерацию. Изменение направления

подачи воздуха в башни осуществляется поршневым пневмоприводом, переключающим четырехходовые краны. Регенерация отработанного силикагеля производится воздухом, который нагревается в воздухоподогревателе *9* до температуры 200—230° С и пропускается через башню с отработанным силикагелем. Горячий воздух испаряет влагу из силикагеля и удаляет ее из башни, процесс регенерации силикагеля нагретым воздухом длится около 3 *ч*. Когда температура воздуха на выходе достигнет 100—115° С, что характеризует окончание процесса восстановления силикагеля, электроконтактный термометр башни через соответствующие реле выключает электрический нагрев воздуха, а командный электропневматический прибор КЭП-12 через регулируемый интервал времени прекращает подачу воздуха в воздухоподогреватель. Для более интенсивного и равномерного остывания силикагеля через небольшой промежуток времени после окончания продувки нагретым воздухом через змеевик башни подается охлаждающая вода. Процесс остывания длится — 4—5 *ч*, а затем подача воды автоматически прекращается. После прекращения подачи воды запорный клапан, управляемый КЭП-12, соединяет внутреннюю полость змеевика с атмосферой, благодаря чему происходит слив воды из змеевика. Таким образом, в течение каждого периода, равного 8 *ч*, в одной башне протекает процесс регенерации, а в другой — процесс осушки. Повторяемость таких периодов обеспечивается непрерывной работой прибора КЭП-12, который управляет всеми исполнительными механизмами блока автоматической осушки.

Габаритные размеры блока А-10 равны 3240 × 840 × 2150 *мм*, блока А-20 — 3710 × 1055 × 2700 *мм*, блока А-30 — 4340 × 1250 × 2840 *мм*, питание осуществляется от сети 380 *в*, 50 *гц*.

После осушки воздух очищается от пыли адсорбента в автоматическом блоке фильтров *7* (типа БФА-00), которые дают высокую степень очистки воздуха (до 99,8%).

Блок состоит из двух самостоятельно фильтрующих башен, снабженных фильтровальными решетками. Запыленный воздух через электромагнитные вентили поступает в нижнюю полость, а отсюда — в верхнюю полость башни. Вследствие загрязнения фильтров их сопротивление возрастает, и давление в верхней части башни падает, при этом электроконтактный манометр подает команду на отключение башни от магистрали. Воздух, находящийся под фильтровальной решеткой, резким толчком проходит в обратном направлении, очищает фильтр и сбрасывается в атмосферу. В это время продувающаяся башня отсекается от магистрали очищенного воздуха обратным клапаном. После продувки башня снова становится на фильтрацию.

Габаритные размеры блока фильтров равны 2500 × 850 × 1840 *мм*, питание осуществляется от сети 220 *в*, 50 *гц*. Осушенный и очищенный воздух поступает в воздухосборник *8*, откуда подается потребителям.

Для сброса конденсата из водомаслоотделителя, ресивера и холодильника должны быть установлены конденсационные сосуды, вода для охлаждения адсорберов и холодильника должна подаваться под давлением не менее 2 *кгс/см*^{2}.

Номинальная производительность установки УОВ-10 равна 10 *нм*^{3}*/ч*, установки УОВ-20 — 20 *нм*^{3}*/ч*, установки УОВ-30—30*нм*^{3}*/ч*. Зависимость производительности установки от влажности поступающего в блок осушки воздуха при постоянной точке росы осушенного воздуха — 40° С дана в табл. IX.37.

Таблица IX.37

Зависимость производительности установок УОВ от влажности поступающего воздуха при постоянной точке росы осушенного воздуха — 40° С

Абсолютная влажность воздуха в *г/нм³*	Производительность в *нм³/мин*			Абсолютная влажность воздуха в *г/нм³*	Производительность в *нм³/мин*		
	УОВ-10	УОВ-20	УОВ-30		УОВ-10	УОВ-20	УОВ-30
1	50 *			19	2,6	5,2	7,8
2	25 *	50 *	75 *	20	2,5	5,0	7,5
3	16	33 *	50 *	21	2,3	4,7	7,1
4	12	25	35	22	2,2	4,5	6,8
5	10	20	30	23	2,15	4,3	6,5
6	8	16	25	24	2,10	4,1	6,2
7	7	14	21	25	2,00	4,0	6,0
8	6	12	18	26	1,90	3,8	5,7
9	5,5	11	16	27	1,80	3,7	5,5
10	5,0	10	15	28	1,75	3,5	5,3
11	4,5	9,0	13	29	1,70	3,4	5,1
12	4,0	8,4	12	30	1,65	3,3	5,0
13	3,8	7,7	11	31	1,60	3,2	4,8
14	3,5	7,1	10,5	32	1,55	3,1	4,7
15	3,3	6,5	10,0	33	1,50	3,0	4,5
16	3,1	6,2	9,5	34	1,45	2,9	4,4
17	2,9	5,8	8,5	35	1,40	2,8	4,3
18	2,7	5,5	8,0				

* Такая производительность может быть достигнута при увеличении условного прохода блока осушки.

Компрессор *1* и воздухосборник *8* в комплект поставки установки осушки воздуха не входят.

Установка осушки воздуха УОВ-10А в отличие от установки УОВ-10 комплектуется автоматическим блоком осушки газов типа АГ-25, предназначенным для осушки кислорода, азота, аргона, углекислого газа, воздуха и других невзрывоопасных газов до точки росы — 70 ÷ —20° С. Блок типа АГ-25 отличается от блока типа А наличием влагомера, который (вместо КЭП) дает команду на переключение башен и включение воздухоподогревателя. Охлаждение башен осуществляется осушенным воздухом.

Габаритные размеры блока равны 3325 × 1000 × 2230 *мм*. Установки осушки воздуха выпускаются Министерством химического машиностроения.

Дегидраторы. *Автоматический дегидратор АД-220* предназначен для осушки и очистки воздуха, засасываемого из атмосферы, и подачи его под давлением 2,5—3 *кгс/см²* в пневматическую систему контроля и регулирования. Принципиальная схема дегидратора приведена на рис. IX.57.

Воздух, нагнетаемый мембранным компрессором *25*, проходит через холодильник *18* и обратные клапаны *20* и *21* к силикагелевым адсорбе-

рам *10* и *15*, один из которых находится в режиме осушки, а другой — в режиме регенерации или охлаждения. Осушенный воздух через фильтр *8* или *14*, соленоидный вентиль *9* или *12*, обратный клапан *1*, воздухосборник *2*, игольчатый клапан *3*, регулятор давления («после себя») *4* и индикатор влажности *5* поступает в ресивер (на схеме не показан) и далее — в линию потребления. Поток воздуха, проходящего через адсорбер, который находится в режиме регенерации, уносит пар, выделившийся из силикагеля за счет тепла нагревательных элементов *7* или *17*. Насыщенный влагой воздух проходит соленоидный вентиль *11* или *13* и сбрасывается в атмосферу через дроссельное отверстие *19* или *22*. Переключение циклов работы дегидратора производится автоматически с помощью реле времени,

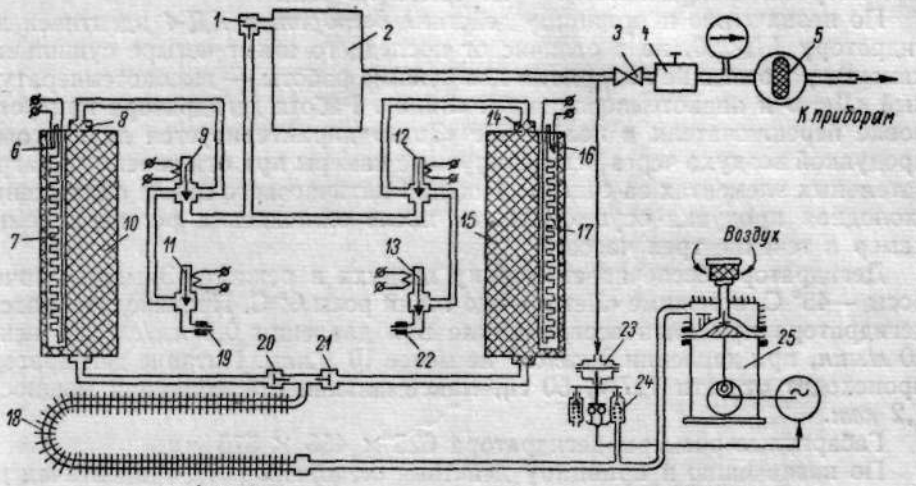


Рис. IX.57. Принципиальная схема дегидратора АД-220

кулачки которого замыкают и размыкают электрические цепи соленоидных вентилей *9*, *11*, *12*, *13* и электронагревателей *7* и *17* таким образом, что если, например, адсорбер *15* находится в режиме осушки, то адсорбер *10* находится в режиме регенерации, при этом вентили *11* и *12* открыты, вентили *9* и *13* закрыты, электронагреватель *7* включен, а *17* — отключен. В таком режиме основное количество воздуха в течение 12 *ч* проходит через адсорбер *15*, в котором из воздуха адсорбируется влага. 10—15% общего количества воздуха, нагнетаемого компрессором, проходит через адсорбер *10*, в котором воздух нагревается и регенерирует влагу силикагеля. По истечении 7 *ч* электронагреватель *7* отключается и адсорбер *10* переходит в режим охлаждения, длительность которого равна 5 *ч*. Через 12 *ч* адсорбер *15* переключается на цикл регенерации и охлаждения, а адсорбер *10* — на рабочий цикл. Полный цикл осуществляется за 24 *ч*.

Биметаллические температурные реле *6* и *16* обеспечивают поддержание требуемой температуры внутри осушительных камер в период их регенерации путем автоматического включения и выключения нагревательных элементов. Реле давления *23* предназначено для предохранения коммуникаций дегидратора от перегрузки давлением путем спуска воздуха в атмосферу, а также для выключения электропривода компрессора в случае увеличения давления воздуха до предельного при работе дегидратора в период охлаждения, что увеличивает срок службы дегидратора. При

остановке компрессора выпускной клапан *24* соединяет полость головки компрессора с атмосферой, благодаря чему облегчается последующий запуск компрессоров.

Все узлы автоматического дегидратора установлены внутри корпуса, представляющего собой сварной каркас, который закрыт спереди панелью с вынесенными наружу приборами и рукоятками управления. Габаритные размеры дегидратора равны 610 × 440 × 550 *мм*.

Дегидратор обеспечивает осушку воздуха до точки росы — 31° С. Производительность дегидратора при пятичасовом цикле при давлении 0,2 *кгс/см²* не менее 22 *л/мин*, при давлении 2,4 *кгс/см²* не менее 10 *л/мин*. Электрическая схема дегидратора питается от сети 220 *в*, 50 *гц*, максимальная потребляемая мощность — не более 0,9 *квт*.

По назначению и принципу действия *дегидратор АД-4* идентичен дегидратору АД-220, но в отличие от последнего имеет четыре сушильные камеры, работающие попарно, и два режима работы — высокотемпературный «Лето» и низкотемпературный «Зима». Работа дегидратора при установке переключателя в положение «Зима» характеризуется двухчасовой продувкой воздуха через регенерируемые камеры при отключенных нагревательных элементах за счет сокращения пятичасового цикла охлаждения (холодная продувка осуществляется после охлаждения регенерируемых камер в течение трех часов).

Дегидратор обеспечивает осушку воздуха в режиме «Зима» до точки росы —45° С, в режиме «Лето» — до точки росы 0° С. Производительность дегидратора при пятичасовом цикле при давлении 0,5 *кгс/см²* не менее 20 *л/мин*, при давлении 2 *кгс/см²* не менее 10 *л/мин*. Питание дегидратора происходит от сети 127 *в*, 50 *гц*, максимальная потребляемая мощность 1,2 *квт*.

Габаритные размеры дегидратора 625 × 458 × 575 *мм*.

По назначению и принципу действия *дегидратор АД-7* идентичен дегидратору АД-220. Дегидратор АД-7 имеет соленоидный клапан, который в случае необходимости открывается с помощью переключателя. При этом система автоматики отключается, и атмосферный воздух из компрессора, минуя осушительные камеры, поступает непосредственно в линию потребления. Дегидратор АД-7 обеспечивает осушку воздуха до точки росы —26° С при расходе в линию потребления не более 15 *л/мин*, максимальное давление воздуха, подаваемого дегидраторам, равно 2,5—3 *кгс/см²*. Электрическая схема дегидратора питается трехфазным переменным током напряжением 220 *в*, частотой 400 *гц* и постоянным током напряжением 27 *в*; полный цикл работы равен 20 *ч*. Потребляемая мощность не превышает 0,9 *квт*.

Габаритные размеры дегидратора АД-7 равны 505 × 530 × 575 *мм*.

Дегидраторы АД-220, АД-4 и АД-7 выпускаются Министерством приборостроения, средств автоматики и систем управления.

Фильтры очистки воздуха. Фильтры предназначены для дополнительной очистки сжатого воздуха, прошедшего через специальные пылевлагомаслоотделители. Серийно выпускаются фильтры типов П-112, ФВ-2, ФВ-10 и Ф-2.

Воздух, поступая во внутреннюю полость корпуса фильтра, снижает свою скорость, вследствие чего крупные частицы пыли, влаги и масла оседают на дно корпуса. Тонкая очистка воздуха осуществляется фильтрующими элементами. Запорный кран позволяет периодически продувать фильтр и выпускать скопившуюся в корпусе грязь. Давление сжатого воздуха, проходящего через фильтр, должно быть не выше 10 *кгс/см²*.

Максимальная пропускная способность фильтров П-112, ФВ-2 и Ф-2 равна 3 *нм³/ч*, фильтра ФВ-10 — 1 *нм³/ч*. Диаметр фильтра (в зависимости от типа) равен 50—80 *мм*, высота —130—200 *мм*. Фильтр П-112 выпускается заводами «Тизприбор», «Манометр» (Москва), «Лентеплоприбор», «Теплоконтроль» (Казань); фильтр ФВ-2 — заводом «Староруссприбор»,

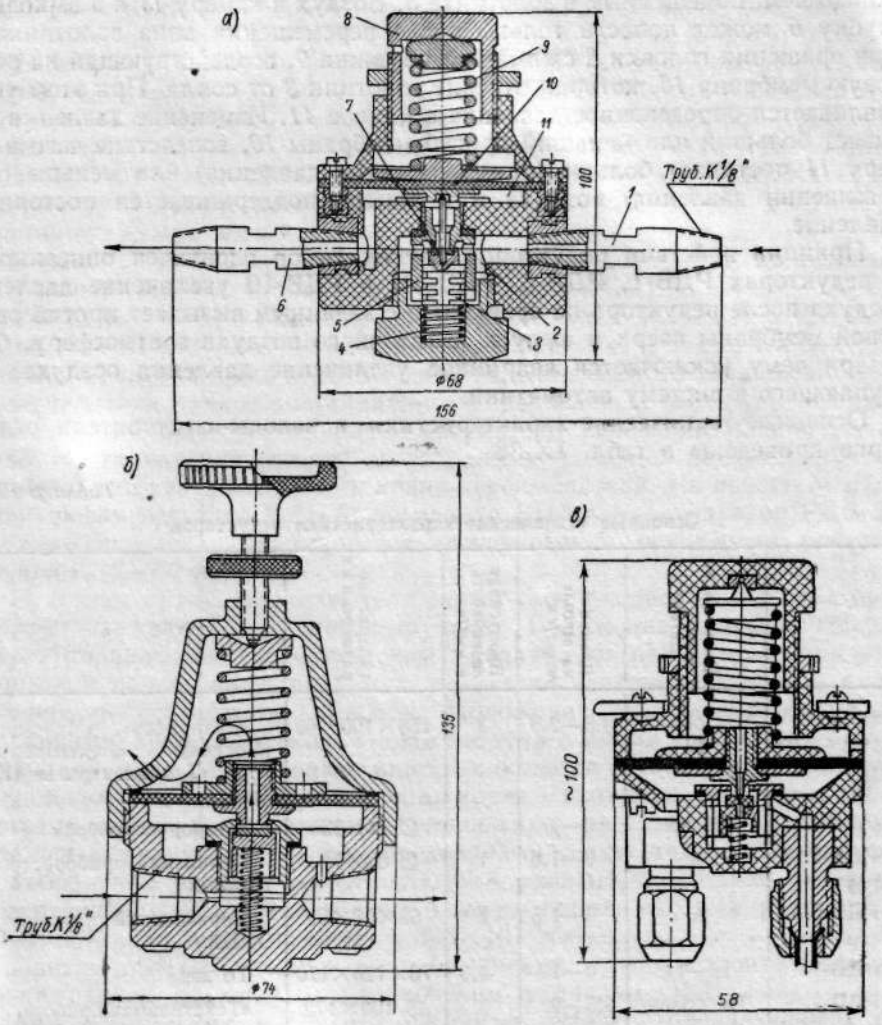


Рис. IX.58. Редукторы давления воздуха: *а* — П-280; *б* —РДВ-1; *в* — РДВ-5М

фильтр ФВ-10 — Харьковским филиалом ОКБА и Бакинским приборостроительным заводом; фильтр Ф-2 — заводом «Текстильмашприбор», Москва.

Редукторы давления воздуха. Редуктор давления воздуха предназначен для преобразования высокого переменного давления в низкое стабилизированное. Редуктор представляет собой мембранный регулятор прямого действия с ручным пружинным задатчиком.

Серийно выпускаются редукторы типов П-280, РДВ-1, РДВ-5, РДВ-5М, РДВ-10 и РВД-1. Конструкция редукторов П-280, РДВ-1 и РДВ-5М

приведена на рис. IX.58. По своей конструкции редукторы РДВ-5 и РДВ-10 идентичны редуктору РДВ-1, а редуктор РВД-1 — редуктору П-280.

Воздух после фильтра через трубку *1* (рис. IX.58, *а*) поступает в камеру *2* корпуса редуктора и далее через отверстия втулки *5* направляется к соплу *7*. Отверстие сопла *7* с помощью пружины *4* может перекрываться вкладышем, помещенным в золотнике *3*. Воздух в камеру *11* и в выходную трубку *6* может попасть только после перемещения вниз золотника *3*. При вращении головки *8* сжимается пружина *9*, воздействующая на резиновую мембрану *10*, которая отводит золотник *3* от сопла. При этом устанавливается определенное давление в камере *11*. Изменение давления вызывает больший или меньший прогиб мембраны *10*, вследствие чего в камеру *11* поступает больше (при понижении давления) или меньше (при повышении давления) воздуха и в камере поддерживается постоянное давление.

Принцип действия редукторов других типов идентичен описанному. В редукторах РДВ-1, РДВ-5, РДВ-5М и РДВ-10 увеличение давления воздуха после редуктора по сравнению с заданным вызывает прогиб резиновой мембраны вверх и выпуск избыточного воздуха в атмосферу, благодаря чему исключается аварийное увеличение давления воздуха, поступающего в систему автоматики.

Основные технические характеристики и заводы-изготовители редукторов приведены в табл. IX.38.

Таблица IX.38

Основные технические характеристики редукторов

Тип	Давление на входе в *кгс/см²*	Давление на выходе в *кгс/см²*	Пропускная способность в *нм³/ч*	Габаритные размеры в *мм*	Заводы-изготовители
П-280	Не более 10	0,5—2,5	3	156×100×68	«Тизприбор», «Манометр» (Москва); «Лентеплоприбор»; «Теплоконтроль» (Казань)
РДВ-1	То же	0—2	3	∅ 74×135	«Старорусспрнбор»
РДВ-5	»	0—1,6	1	∅ 82×140	Бакинский приборостроительный
РДВ-5М	»	0—1,5	1	58×58×95	Харьковский филиал ОКБА
РДВ-10	12—14	0—10	4,8	70×120×170	То же
РВД-1	Не более 5	0,5—2	3	∅ 100×172	«Текстильмашприбор». Москва

Редуктор давления с фильтром типа РДФ-3н. Редуктор давления с фильтром РДФ-3н предназначен для преобразования высокого переменного давления воздуха в низкое стабилизированное с одновременной фильтрацией для очистки от пыли, масла и влаги. Пропускная способность прибора равна 1,5 *нм³/ч*, пределы регулирования давления сжатого воздуха на выходе 0,5—2 *кгс/см²*, допустимые пределы колебания давления сжатого воздуха на входе 2,5—6 *кгс/см²*, габаритные размеры 135× ×120×95 *мм*.

Изготовитель: Каменец-Подольский приборостроительный завод.

§ 9. ВСПОМОГАТЕЛЬНАЯ АППАРАТУРА

1. Аппаратура дистанционного управления

Панели дистанционного управления ПДУ-2 и *ПДУ-А* предназначены для дистанционного управления регулирующими клапанами или для питания пневматических приборов и регуляторов и состоят из редуктора давления воздуха и манометра. На панели ПДУ-2 смонтирован редуктор РДВ-5, на панели ПДУ-А — редуктор РДВ-5М. Питание панелей осуществляется очищенным и осушенным воздухом давлением 2—10 *кгс/см²*. Панели предназначены для щитового монтажа. Габаритные размеры панели ПДУ-2 равны 235×130×148 *мм*, вырез в щите — 220×105 *мм*, габаритные размеры панели ПДУ-А равны 136×76×112 *мм*, вырез в щите — 128×68 *мм*.

Панель ПДУ-2 выпускается Бакинским приборостроительным заводом, панель ПДУ-А — Харьковским филиалом ОКБА.

Байпасные панели дистанционного управления МБПДУ и БПДУ-А предназначены для питания пневматических регуляторов сжатым воздухом заданного давления, для переключения исполнительного механизма с автоматического на ручное дистанционное управление, а также для отключения исполнительного механизма от регулятора. Байпасные панели дистанционного управления состоят из собранных на общей панели редуктора давления воздуха, манометра и крана-переключателя. На панели МБПДУ смонтирован редуктор РДВ-5, на панели БПДУ-А — редуктор РДВ-5М. Питание панелей осуществляется очищенным и осушенным воздухом давлением 2—10 *кгс/см²*.

Рукоятка крана-переключателя может быть установлена в трех положениях: «автомат», «среднее» и «ручное». Положение «автомат» соответствует управлению пневматическим клапаном от регулятора, при этом байпасная панель выполняет роль редуктора давления воздуха в линии питания регулирующего прибора. Положение «среднее» соответствует перекрытию краном-переключателем воздуха в линии к исполнительному механизму, дроссельный орган при этом остается в положении, в котором он находился в момент переключения крана. Положение «ручное» соответствует ручному дистанционному управлению пневматическим клапаном с помощью редуктора. Панели предназначены для щитового монтажа.

Габаритные размеры панели БПДУ-А равны 200×76×120 *мм*, вырез в щите — 192×68 *мм*, габаритные размеры панели МБПДУ равны 350× ×135×185 *мм*, вырез в щите — 323×101 *мм*.

Панель МБПДУ выпускается Бакинским приборостроительным заводом, панель БПДУ-А — Харьковским филиалом ОКБА.

Узлы управления УУП-1М, *УУП-2* и *ЭПУУ-2* предназначены для дистанционного и местного управления газовыми кранами с пневмоприводом и мультипликатором. Узел управления УУП-1М состоит из трех усилителей типа УП-2, которые служат для подачи высокого давления в привод и мультипликатор крана, трех пневматических кнопок типа КУП-5, предназначенных для местного управления краном, и трех перекидных клапанов типа КП-2, обеспечивающих поступление сигнала в командную камеру усилителя при дистанционном или местном управлении. Габаритные размеры узла управления УУП-1М равны 172×378× ×150 *мм*.

В узел управления УУП-2 входят три пневматических усилителя типа УП-3, габаритные размеры его равны 380×168×150 *мм*.

Узел управления ЭПУУ-2 разработан на базе электропневмоклапанов ЭК-48. Схема узла обеспечивает управление краном по программе. При подаче сигнала на открытие одновременно срабатывают два электропневмоклапана — клапан для подачи газа в пневмоцилиндр привода и клапан для подачи газа в пневмоцилиндр мультипликатора для подбивки смазки с целью отжатия пробки крана и облегчения ее поворота. В начале поворота пробки крана подача газа в пневмоцилиндр мультипликатора прекращается. Аналогично работает узел управления при подаче сигнала на закрытие, в этом случае по окончании поворота пробки для герметизации крана включается клапан подачи газа в цилиндр мультипликатора.

Узел управления предназначен для эксплуатации в наружных установках класса В1-г, напряжение катушек соленоидов — 110 *в* постоянного тока, габаритные размеры 500×270×200 *мм*.

Узлы управления УУП-1М, УУП-2, ЭПУУ-2 выпускаются экспериментальным Калининградским заводом СКБ «Газприборавтоматика».

Станция управления для автоматического и программного регулирования (СУ-1) предназначена для реализации одноконтурных систем регулирования с постоянным и программным заданием, работает в комплекте со вторичными приборами ПВ1.1, ПВ4.2, ПВ4.3. С помощью станции осуществляется ручное управление исполнительным механизмом, автоматическое управление с постоянным заданием, автоматическое управление с программным заданием, плавный переход с одного вида регулирования на другой. Станция включает в себя два ручных шкальных задатчика, профильный манометр и систему переключателя. Шкала автоматического задатчика градуирована в единицах регулируемой величины, шкала ручного задатчика и профильного манометра — в относительных единицах. Основная допустимая погрешность задатчиков — 1%, профильного манометра — 2,5%. Питание станции осуществляется сжатым воздухом давлением 1,4 *кгс/см²*, габаритные размеры 160×60×500 *мм*.

Станция управления для каскадного регулирования СУ-2 предназначена для реализации систем каскадно-связанного регулирования, работает в комплекте со вторичным прибором ПВ4.5. С помощью станции осуществляется ручное управление исполнительным механизмом, автоматическое регулирование вспомогательной величины, каскадно-связанное регулирование основной величины, плавный переход с одного вида регулирования на другой. Станция включает в себя два ручных шкальных задатчика, бесшкальный задатчик, профильный манометр и систему переключателя. Техническая характеристика станции СУ-2 совпадает с технической характеристикой станции СУ-1.

Станции управления СУ-1 и СУ-2 выпускаются Саранским приборостроительным заводом.

2. Пневмоимпульсное реле ПИР

Реле предназначено для периодической подачи прямоугольных пневматических импульсов с частотой 3 *сек*. Выходной сигнал — 0,4—0,6 *кгс/см²*, выходной сигнал при работе с усилителем — 1,4 *кгс/см²*. Питание осуществляется сжатым воздухом давлением 1,4 *кгс/см²*. Габаритные размеры — 56×63×95 *мм*. Реле выпускается Саранским приборостроительным заводом.

3. Воздухораспределительная аппаратура

Московским заводом пневмоаппаратов выпускаются краны управления, клапаны и воздухораспределители. Перечень этой аппаратуры приведен в табл. IX.39, рабочее давление — до 6 *кгс/см²*.

Таблица IX.39

Воздухораспределительная аппаратура

Наименование	Тип	Назначение	Диаметр условного прохода в *мм*	Габаритные размеры в *мм*
Кран управления (четырехходовой)	В71-2	Изменение направления движения исполнительного механизма	8 10 15	62×144×80 78×155×73 95×185×84
Кран последовательного включения (шестиходовой)	В71-3	Управление работой двух цилиндров в определенной последовательности	10	100×180×95
Воздухораспределитель: с двухсторонним пневмоуправлением	В63-1	Изменение направления движения исполнительного механизма	4 10 15 20	46×100×50 70×150×91 82×150×107 95×195×130
с односторонним пневмоуправлением	В63-2		10 15 20	75×150×96 82×150×112 95×195×130
с управлением от ролика и пружинным возвратом (путевой выключатель)) то же, с возвратом давления	В74-1 В74-2			46×96×50 46×102×50
Клапан трехходовой: с управлением от ролика с фланцевым креплением с кнопочным управлением то же, с двумя фиксированными положениями с пневмоуправлением	В76-2 БВ76-2 ГВ76-2 ДВ76-2 МВ76-2	Управление воздухораспределителями или исполнительными механизмами	4	36×84×51 36×63×62 36×91×66 36×123×36 36×83×36
Клапан разделительный	В67-1	Подача пневматических сигналов от двух независимых источников в один трубопровод		40×54×22
Клапан обратный	В51-1	Обеспечение прохода сжатого воздуха только в одном направлении	8 10 15 20	∅ 26×64 ∅ 32×74 ∅ 37×86 ∅ 42×98
Дроссель с обратным клапаном	В77-1	Регулирование расхода воздуха в одном направлении и обеспечение свободного прохода в обратном направлении	8 10 15 20 25	∅ 40×104 ∅ 40×104 ∅ 46×114 ∅ 52×126 156×170×68
Тормозной золотник	В77-3	Торможение исполнительного механизма на требуемом участке пути	10 15 25	78×80×130 80×90×154 108×142×222

4. Пневмореле типа ПР-7

Пневмореле предназначено для изменения давления сжатого воздуха в зависимости от величины перемещения штока. Пневмореле может работать в схемах различных типов поплавковых регуляторов, а также использоваться как пневматический концевой выключатель в схемах защиты.

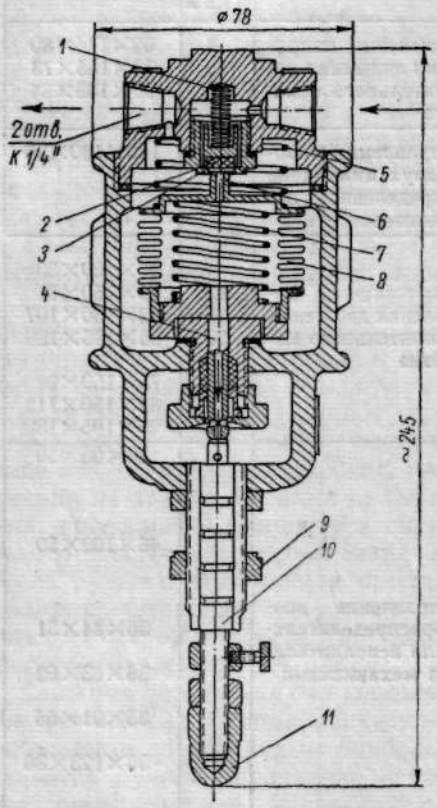


Рис. IX.59. Пневмореле ПР-7

Под влиянием давления сжатого воздуха и пружины *1* (рис. IX.59) золотник с резиновой вставкой *2* закрывает отверстие в гильзе *3* и преграждает доступ воздуха внутрь пневмореле, при этом давление на выходе прибора равно нулю. Под воздействием внешнего усилия на наконечник *11* рабочий шток *10* перемещается и заставляет переместиться промежуточный шток *4* и связанный с ним сильфон обратной связи *8*. При этом сопло *6*, поджимаемое пружиной *7*, отводит золотник от гильзы *3*, и сжатый воздух поступает на выход.

Величина хода штока может регулироваться и при нормальной эксплуатации должна быть равна 4—5 *мм*. Пневмореле питается очищенным воздухом давлением 1,5—10 *кгс/см²*, давление на входе в реле должно быть на 0,5 *кгс/см²* выше заданного максимального давления на выходе. Крепится реле при помощи гайки *9*. Возвратные пружины *1* и *5* обеспечивают работу пневмореле в любом положении: вертикальном, горизонтальном и наклонном. В комплект поставки реле входит фильтр для воздуха.

Изготовитель: завод «Староруссприбор», Старая Русса.

5. Защитные реле

Реле давления ЗРДП-М предназначено для включения и выключения исполнительного устройства (воздушной сирены, пневматического клапана, пневматического устройства и т. д.) при отклонении контролируемого параметра от заданного значения. Принцип действия реле основан на сравнении силы сжатия пружины и силы, создаваемой на мембране давлением сжатого воздуха, поступающего от пневматического датчика. При отклонении этого давления от заданного значения мембрана прогибается и перемещает заслонку, которая перекрывает одно из двух сопел, что вызывает срабатывание реле. Когда работает верхнее сопло, сигнал подается, если значение параметра становится больше заданного. При работе нижнего сопла реле срабатывает, когда контролируемый параметр становится

меньше установленной величины. Изменение направления действия производится путем перестановки пластины на корпусе прибора.

Конструктивно реле выполнено в виде набора шайб, между которыми расположены мембраны, габаритные размеры его равны 62×90×202 *мм*. Реле питается сжатым воздухом давлением 1,4 *кгс/см*². Установка сигнальной точки осуществляется с помощью регулировочного винта на всем диапазоне изменения выходного давления пневматического датчика. После срабатывания реле продолжает подавать командный воздух в линию исполнительного механизма до тех пор, пока входное давление отличается от заданного более чем на 0,03 *кгс/см*². Комплектно с реле поставляются фильтр воздуха ФВ-2 и редуктор давления РДВ-1. По особому требованию поставляется также пневматическая мембранная сирена СПМ-1.

Пневматическое защитное устройство ЗПР-7 предназначено для предохранения колокола газгольдера от выброса вверх при чрезмерном повышении давления под колоколом (ЗПР-7-В) и от продавливания при чрезмерном разрежении под колоколом (ЗПР-7-Н). Приваренные к колоколу газгольдера скобы при крайних положениях колокола нажимают на ролик защитного устройства, благодаря чему срабатывает пневматическое реле ПР-7. Габаритные размеры прибора равны 800×395×185 *мм*. В комплект поставки входят фильтр для воздуха и прибор типа ПЭСУ-4.

Защитные устройства ЗРПД-М и ЗПР-7 выпускаются заводом «Староруссприбор» (Старая Русса).

6. Аппаратура контроля расхода и давления воздуха

Блок питания воздухом БПВЩ-А предназначен для визуального контроля и регулирования расхода воздуха в линиях питания пьезометрических измерителей при условии, что избыточное давление воздуха в этих линиях не превышает 0,6 *кгс/см*². Работа прибора основана на контроле и автоматическом поддержании установленного вручную количества пузырьков воздуха, барботирующих через жидкость, находящуюся в одном или нескольких прозрачных сосудах (контрольных стаканчиках блока питания).

Блок питания состоит из редуктора давления воздуха РДВ-5М, манометра, ловушек и контрольных стаканчиков. Блок питания типа БПВЩ-1А выпускается с одним контрольным стаканчиком, блок питания типа БПВЩ-2А — с двумя контрольными стаканчиками, блок питания типа БПВЩ-3А — с тремя контрольными стаканчиками (для питания соответственно одного, двух или трех пьезометрических измерителей).

Сжатый воздух под давлением 2—10 *кгс/см*² после очистки и осушки подводится к входному штуцеру и редуктором блока редуцируется до давления 0,8—1,0 *кгс/см*², обеспечивающего надежную работу подключенного пьезометрического устройства. Назначение ловушки — задержать жидкость, выходящую из сосуда контрольного стаканчика, при падении давления сжатого воздуха до атмосферного. Интенсивность потока воздуха через контрольные стаканчики регулируется с помощью игольчатого вентиля, имеющегося в контрольном стаканчике. Игольчатый вентиль дает возможность плавно изменять расход воздуха в пределах 0—20 *л/ч*, в случае необходимости обеспечивает полную отсечку потока.

Все модификации блока питания воздухом рассчитаны на щитовой монтаж. Длина блока БПВЩ-1А равна 140 *мм*, блока БПВЩ-2А — 190 *мм*, блока БПВЩ-3А — 250 *мм*; ширина всех модификаций блока равна 196 *мм*, глубина — 135 *мм*.

Изготовитель: Харьковский филиал ОКБА.

Контрольный стаканчик КС-6 предназначен для визуального контроля воздушного потока в линии питания пьезометрических измерителей. Давление воздуха, проходящего через контрольный стаканчик, должно быть не выше 6 *кгс/см²*, габариты его равны 127×87×58 *мм*. Изготовитель: Харьковский филиал ОКБА.

Регулятор подачи воздуха РРВ-1 (выпуск завода «Староруссприбор») предназначен для поддержания постоянства расхода воздуха, подаваемого к пьезометрическим уровнемерам. Габариты его 155×145×65 *мм*.

Индикатор давления воздуха типа В52-11 предназначен для определения наличия давления воздуха в различных участках пневматической системы. При подаче давления в корпусе индикатора перемещается поршень, выдвигая из корпуса шток на 4 *мм*. При отсутствии давления поршень под действием пружины перемещается в обратную сторону. Интервал контролируемых давлений — 2—6 *кгс/см²*. Габариты индикатора 38×22×19 *мм*, выпускается он Московским заводом пневмоаппаратов.

Реле указательное РУЗ-1 предназначено для сигнализации наличия пневматического сигнала с последующим запоминанием. Давление, подводимое в глухую камеру, вызывает перемещение мембранного узла, при этом на лицевой части реле появляются чередующиеся белые и черные полосы, свидетельствующие о наличии давления. После исчезновения давления состояние реле не меняется до нажатия на кнопку возврата. Реле крепится на панели щита, диаметр его равен 42 *мм*, длина — 44 *мм*.

Реле указательное следящее РУС-1 используется в качестве указателя положения исполнительного механизма или индикатора наличия давления. При подаче давления на вход реле перемещается мембрана и с помощью кинематической системы поворачивает на 90° указательный флажок, находящийся на лицевой части реле. Возврат указателя в исходное положение после снятия входного давления происходит под действием возвратной пружины. Реле крепится на панели щита, диаметр его равен 42 *мм*, длина — 45,5 *мм*.

Реле указательное РУС-2 предназначено для сигнализации двух неодновременно поступающих пневматических сигналов. При подаче давления на один из входов реле мембрана перемещает палец, который поворачивает на 45° валик в одну или в другую сторону. С валиком жестко связан указатель. После снятия давления указатель под действием пружины возвращается в нейтральное положение.

Табло сигнализации пневматическое ТСП-1 предназначено для сигнализации наличия пневматического сигнала. При появлении давления на входе мембрана перемещает шток, открывается шторка, и на экране табло появляется соответствующая надпись. После исчезновения давления под действием пружины шторка возвращается в исходное положение.

Индикатор пневматический ИП-1 предназначен для сигнализации наличия пневматического сигнала. При подаче давления мембрана растягивается и прижимается с внутренней стороны к сферическому стеклу, установленному на панели щита. В этом случае экран индикатора принимает окраску мембраны. При исчезновении давления мембрана возвращается в исходное положение и экран индикатора становится черным.

Индикатор пневматический с запоминанием ИПЗ-1 предназначен для сигнализации наличия пневматического сигнала с последующим его запоминанием, прибор состоит из индикатора ИП и обратного клапана. Съем сигнала осуществляется при помощи кнопки. Указательные реле, табло ТСП-1, индикаторы ИП-1 и ИПЗ-1 выпускаются экспериментальным калининградским заводом СКБ «Газприборавтоматика».

ГЛАВА X

ЭЛЕКТРОПНЕВМАТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ, РЕГУЛЯТОРЫ И УСТРОЙСТВА

§ 1. СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

1. Автоматика газифицированных отопительных водогрейных котлов типа АГК-2

Система автоматики АГК-2 предназначена для управления без кочегара отопительными водогрейными котлами, работающими на природном газе низкого давления с инжекционными или подовыми горелками. Система автоматики поддерживает постоянное давление газа перед котлом, постоянное разрежение в борове за котлом, постоянный коэффициент избытка воздуха и обеспечивает изменение температуры подогрева воды в зависимости от температуры внешнего воздуха; при аварийных режимах газ автоматически отключается от горелок. Все регуляторы, входящие в систему автоматики, являются регуляторами прямого действия и работают на газе, применяемом в качестве топлива. Принципиальная схема системы АГК-2 приведена на рис. X.1.

Газ для питания системы автоматики отбирается перед главным клапаном *17* и через дроссель *7* настройки электромагнитного клапана *8* поступает под мембраны главного клапана и сигнального реле *4*, а также к клапанам реле тяги *6*, электромагнитного клапана и регулятора соотношения температур *5*. При подаче давления под мембраны главный клапан открывает проход газа к горелкам, а сигнальное реле, замыкая свои контакты, сигнализирует о включении котла. При аварийном режиме открываются клапаны реле тяги, электромагнитного клапана или регулятора соотношения, это вызывает падение давления в системе регулирования и, как следствие, закрытие главного клапана. Одновременно размыкаются контакты сигнального реле и подается сигнал об отключении котла. Назначение и техническая характеристика отдельных узлов системы приведены ниже.

Регулятор давления газа *16* поддерживает давление в пределах 80—100 *мм вод. ст.* при давлении на входе 85—200 *мм вод. ст.* Пропускная способность его равна 50 *нм³/ч* (I типоразмер) или 250 *нм³/ч* (II типоразмер), нечувствительность ±1,5 *мм вод. ст.*

Регулирование тяги (регулятор тяги *14*) осуществляется путем изменения количества поступающего в дымоход холодного воздуха, который разбавляет продукты горения, повышая их удельный вес и увеличивая их количество; настройка в пределах 1,5—3 *мм вод. ст.* производится грузом.

*

Пропорционирующий клапан воздуха *18* служит для подачи воздуха в топку котла пропорционально расходу газа. Пропускная способность при тяге 2 *мм вод. ст.* равна 300 *м³/ч* (I типоразмер) или 900 *м³/ч* (II типоразмер), нечувствительность ±2 *мм вод. ст.*

Главный клапан *17* регулирует подачу газа к горелкам *13* по команде регулятора соотношения температур и прекращает подачу газа при падении тяги ниже 1,2 *мм вод. ст.*, при падении давления в газовой магистрали ниже 20 *мм вод. ст.*, при потухании запальника, при повышении температуры воды в котле до 95—98° С, при неисправности узлов автоматики.

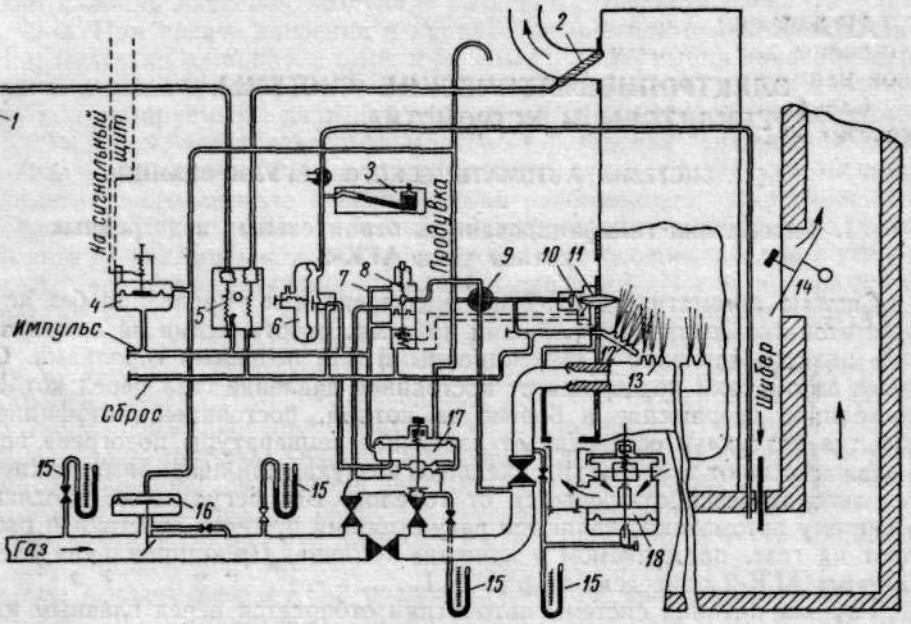


Рис. X.1. Принципиальная схема системы АГК-2

Пропускная способность клапана в зависимости от профиля юбки может изменяться от 10—15 до 100—150 *нм³/ч*.

Регулятор соотношения температур *5* устанавливает температуру воды на выходе из котла 45—95° С с расчетом на поддержание постоянства (18—22° С) температуры в отапливаемых помещениях при изменении внешней температуры от +10° до —20° С путем изменения давления газа под мембраной главного клапана. Чувствительными элементами регулятора являются два манометрических термометра, один из которых (*2*) измеряет температуру воды, выходящей из котла, а второй (*1*) — внешнего воздуха.

Запальник *11* с термопарой *10* и огневой дорожкой *12* служит для розжига газа, выходящего из горелок, контроля горения и выхода газа из линии сброса.

Розжиг котла и включение его на автоматическую работу осуществляются с помощью электромагнитного клапана *8*, который выполняет также функции реле защиты в случае прекращения горения запальника или выхода из строя термопары, контролирующей наличие горения.

Для переключения автоматики на разные режимы работы предусмотрен кран рода работы *9*. Контрольно-измерительная аппаратура (дифманометры *15* и микроманометр контроля тяги *3*) устанавливаются на

щите. Вся система монтируется на фронте котла. В диспетчерский пункт выносится сигнальный щиток, на котором размещаются звонок и три сигнальных лампочки для сигнализации о работе трех котлов, имеющих общий циркуляционный насос.

Система АГК-2 выпускается киевским заводом «Газприбор».

2. Система автоматического регулирования температуры и относительной влажности воздуха в производственных помещениях завода «Текстильмашприбор»

Московским заводом «Текстильмашприбор» выпускается комплект устройств для автоматического регулирования температуры и относительной влажности воздуха в производственных помещениях.

Схема регулирования температуры и влажности воздуха (рис. X.2) состоит из регулятора температуры приточного воздуха, регулятора отно-

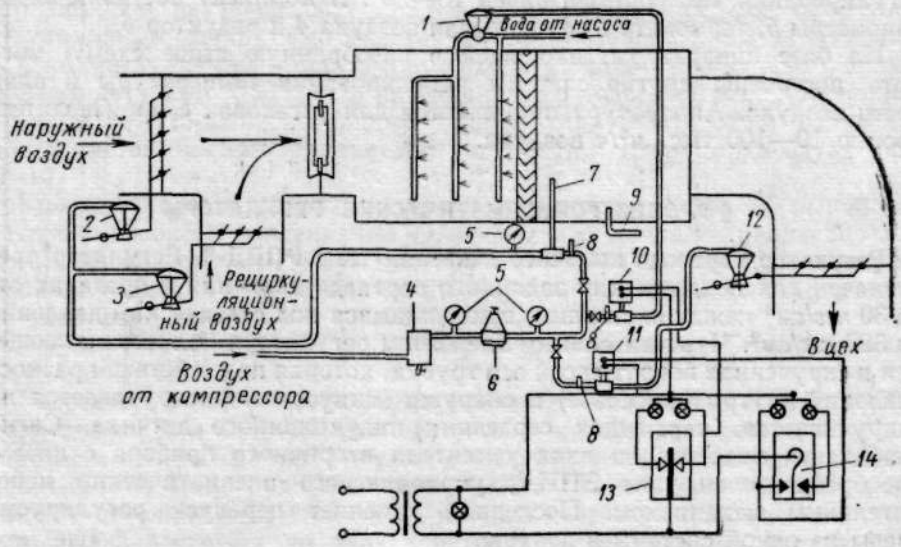


Рис. X.2. Принципиальная схема авторегулирования температуры и влажности воздуха в производственном помещении

сительной влажности воздуха в помещении, регулятора температуры воздуха в помещении и вспомогательной аппаратуры.

При изменении температуры воздуха за камерой орошения дилатометрический датчик с пневмовыходом *7* (ДР-3) воздействует на исполнительные механизмы *2* и *3* (СМ-300П), которые изменяют количество засасываемого наружного и рециркулирующего воздуха, увеличивая проходное сечение для одного из них и уменьшая для другого. Регулятор поддерживает температуру воздуха с отклонениями ±1,0—1,5° от заданной величины. Дроссель *8* (Д-1) служит для дросселирования потока сжатого воздуха, поступающего к регулятору температуры и мембранным исполнительным механизмам.

Для контроля и регулирования относительной влажности воздуха в помещении применяется волосяной регулятор влажности *13* (Г-2). Этот прибор имеет два чувствительных волосяных элемента, которые связаны с контактной пластинкой. При изменении относительной влажности

воздуха волосы удлиняются или укорачиваются, переводя контактную пластинку от одного контакта к другому, благодаря чему происходит замыкание или размыкание электрических цепей электропневматического реле *10* (ЭПР-3), которое управляет пневматическим мембранным исполнительным механизмом *1* (КМ-70). Последний регулирует подачу воды к форсункам, вследствие чего меняется степень орошения воздуха водой, а следовательно, и относительная влажность воздуха. Регулятор поддерживает относительную влажность воздуха с отклонениями ±1,5—2,5% от заданной величины. Величина относительной влажности устанавливается по шкале, имеющей деления от 30 до 90%.

Датчиком регулятора температуры воздуха в помещении является термометр *14*, работающий в комплекте с электропневматическим реле *11* (ЭПР-3), которое управляет мембранным исполнительным механизмом *12* (СМ-300). Последний изменяет количество воздуха, поступающего в цех, поддерживая температуру помещения на заданном уровне. Диапазон регулирования температуры равен 15—30°. В комплект поставки входят манометры *5*, термометр *9*, фильтр для воздуха *4* и редуктор *6*.

На базе аппаратуры, входящей в разобранную выше схему, могут быть построены другие системы регулирования температуры и влажности воздуха. Аппаратура применяется для установок с производительностью 10—100 тыс. *м³/ч* воздуха.

§ 2. ЭЛЕКТРОПНЕВМАТИЧЕСКИЕ РЕГУЛЯТОРЫ

Регулятор перепада высокого давления типа РПВД-3. Регулятор предназначен для поддержания заданного перепада давления в пределах от 0 до 30 *кгс/см²* между системами, находящимися под статическим давлением до 320 *кгс/см²*. Чувствительным элементом регулятора является сплющенная и скрученная вокруг своей оси трубка, которая под действием разности давлений внутри (плюсовое) и снаружи (минусовое) раскручивается или закручивается, перемещая сердечник индукционного датчика. Сигнал разбаланса подается на вход усилителя вторичного прибора с пневмопреобразователем типа ЭПИД, управляющего пневматическим исполнительным механизмом. Последний изменяет перепуск регулируемой среды из одной системы в другую.

В комплект поставки регулятора входят датчик перепада давления, вторичный прибор типа ЭПИД-4703, байпасная панель дистанционного управления БПДУ-1, фильтр воздуха ФВ-10. Кроме того, в комплект регулятора РПВД-3 по требованию заказчика могут включаться регулирующий клапан КРВД с позиционером и редуктор давления воздуха РДВ-1. В корпусе датчика устанавливаются уравнительный вентиль и два специальных клапана, предохраняющих чувствительный элемент от разрушения при одностороннем давлении. Основная допустимая погрешность датчика со вторичным прибором не превышает 1,5% от максимального значения шкалы. Габаритные размеры датчика равны 654×467××272 *мм*.

Регулятор выпускается Северодонецким филиалом ОКБА.

Регуляторы уровня жидкости типов РУП2-320 и РУП3-320. Регуляторы предназначены для автоматического поддержания и регистрации уровня жидкости в сосудах, работающих под давлением до 320 *кгс/см²*.

Регулятор РУП2-230 служит для регулирования уровня незагрязненных и невязких жидкостей, не имеющих твердых частиц во взвешенном состоянии; поплавок регулятора помещается в поплавковой камере,

подсоединяемой к сосуду высокого давления. Регулятор уровня РУП3-320 предназначен для регулирования уровня загрязненных и имеющих твердые частицы жидкостей; поплавок регулятора монтируется непосредственно внутри аппарата высокого давления.

При изменении уровня жидкости в сосуде высокого давления изменяется выталкивающая сила, действующая на поплавок, в результате чего изменяется положение поплавка и связанного с ним через систему тяг сердечника. Последний, перемещаясь внутри разделительной трубки, на которой находится катушка индукционного датчика, вызывает сигнал разбаланса, поступающий на вход усилителя вторичного прибора типа ЭПИД и преобразуемый в пропорциональный пневматический импульс.

Регуляторы РУП2-320 и РУП3-320 рассчитаны на предел регулирования уровня до 200 *мм*. Удельный вес регулируемой жидкости должен быть в пределах 0,6—1,1 *г/см*^{3}, температура ее не должна превышать 60° С. Основная погрешность измерительной части регулятора и вторичного прибора не превышает $\pm 2{,}5\%$ от верхнего предела измерения. Индукционный датчик выпускается во взрывозащищенном исполнении.

В комплект поставки регуляторов входят поплавковая камера с индукционным датчиком (РУП2-320) или поплавок с подвеской и индукционным датчиком (РУП3-320), вторичный прибор типа ЭПИД-4703, байпасная панель дистанционного управления типа БПДУ-1, фильтр воздуха типа ФВ-10.

Конструктивно поплавковая камера регулятора РУП2-320 выполнена из трубы высокого давления на $D_y = 400$ *мм*, длина ее равна 805 *мм*. Датчик регулятора РУП3-320 монтируется на верхней крышке аппарата высокого давления и выпускается с присоединительными фланцами четырех типоразмеров на $D_y = 40, 60, 70, 90$ *мм*.

Регуляторы РУП2-320 и РУП3-320 выпускаются Северодонецким филиалом ОКБА.

Корректирующий регулятор нейтрализации типа КРН. Регулятор КРН предназначен для поддержания постоянной кислотности или щелочности в процессе нейтрализации. Регулятор выпускается с датчиком проточного типа (КРН-1) и погружного типа (КРН-2). При изменении pH среды разность потенциалов с электродов датчика через электронную приставку типа ЭПГ-2 поступает на вход электронного потенциометра типа ЭПД с пневматическим регулятором. Исполнительным механизмом является регулирующий клапан типа КНМ-50с, который изменяет подачу кислоты. Электронная приставка ЭПГ-2 необходима для согласования высокоомного выхода датчика с низкоомным входом потенциометра.

Регулятор выпускается Северодонецким филиалом ОКБА.

Аппаратура для регулирования плотности. Эта аппаратура предназначена для автоматического контроля и регулирования плотности рудной пульпы или однородных жидкостей в открытых устройствах. Чувствительным элементом является пьезометрическая станция *3* (рис. X.3), две трубки которой погружены в пульпу на различную глубину. К обеим трубкам пьезостанции подводится сжатый воздух от гидрокомпрессора *1* и отстойника *2*. Сечения входных штуцеров пьезометрических трубок диафрагмированы дросселями с калиброванными отверстиями, вследствие чего разность давления в трубках пьезостанций, измеряемая индикатором *4* (типа МДП-62), зависит только от плотности пульпы. В индикаторе имеются реостатный датчик и механизм задатчика, при помощи которых отклонение плотности пульпы от заданного значения преобразуется в электрический сигнал, поступающий на регулятор *5* (типа ИРМ-240 или БРМ-11).

Регулятор подает команду исполнительному механизму *6*, который, перемещая рычаг клапана *7*, изменяет количество воды, подаваемой в классификатор.

Давление воздуха, создаваемое гидрокомпрессором, стабильно и равно 400 *мм вод. ст.* Выделяющаяся влага собирается в отстойнике.

Обе трубки пьезометрической станции изготовлены из винипласта и укреплены в обойме, позволяющей точно установить разность глубин их погружения, которая должна быть равна 50 *мм*. При изменении плотности в пределах шкалы регулятора (от 1 до 2 *кг/л*) разность давлений в трубках пропорционально изменяется от 50 до 100 *мм вод. ст.*

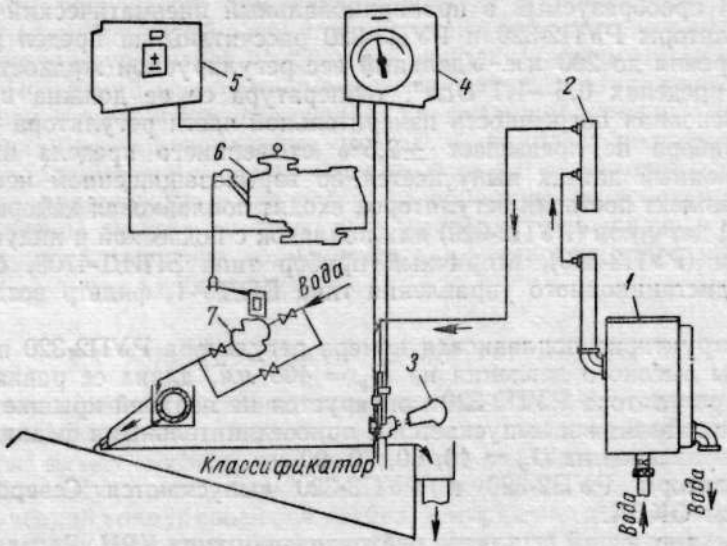


Рис. X.3. Принципиальная схема регулирования плотности

Индикатор МДП-62 является прибором компенсационного принципа действия с релейной балансирующей системой. Разность давлений от пьезометрических трубок подается к мембранной коробке *1* (рис. X.4) и уравновешивается пружиной *3*. При отклонении плотности пульпы от заданного значения рычаг *2* отклоняется от среднего положения и подвижный контакт *4* замыкает неподвижный контакт *5* или *6*. При этом реверсивный балансирующий двигатель *11* начинает через шестерни *8* и *12* вращать лекало *7*, которое опускает или поднимает рычаг *9*. Движение происходит до тех пор, пока пружина *3* не уравновесит усилие, развиваемое мембраной, и контакт *4* вернется в среднее положение. Таким образом, каждому значению разности давлений в пьезотрубках соответствует определенное положение лекала, а вместе с ним и стрелки *17* на шкале *18*. Зависимость показаний прибора от величины разности давлений имеет линейный характер. Перо *14* через зубчатую шестерню *15* и сектор *13* связано с осью лекала и перемещается по диаграмме *16*. Для вращения диаграммы в приборе имеется привод ПД-36 (на схеме не показан), который состоит из синхронного двигателя типа СД-2 (на 127 *в*), редуктора и фрикционной планшайбы. В качестве балансирующего двигателя применен двухфазный двигатель Д-32, в котором сдвиг фаз между токами в обмотках осуществлен при помощи активного сопротивления, конструктивно выполненного в виде спаренных реостатов *10*. Все узлы индикатора размещены

внутри корпуса на поворотном шасси. Шкала индикатора безразмерная и разделена на 100 равных частей. Стабильность показаний измерительного прибора составляет ±2% от разности верхнего и нижнего пределов шкалы. Время перемещения стрелки вдоль всей шкалы регулируется спаренными реостатами в пределах от 40 *сек* до 3 *мин*. В качестве исполнительных механизмов применяются МЭК-10 или ИМТ-25/120М, в качестве регулирующих клапанов — КРВ-50 или КРВ-100.

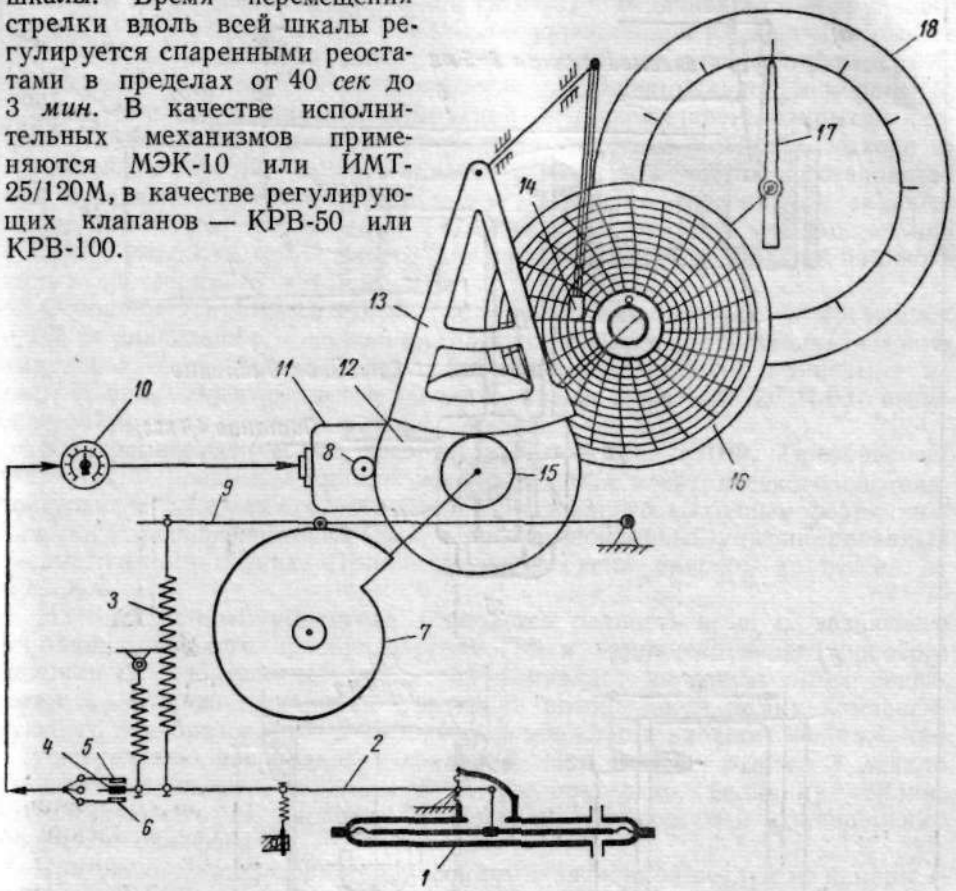


Рис. X.4. Принципиальная схема индикатора МДП-62

Габаритные размеры пьезостанции равны 550×190×540 *мм*, гидрокомпрессора — 1060×530×320 *мм*, отстойника — 350×78×48 *мм*, индикатора МДП-62 — 425×462×300 *мм*.

Аппаратура для регулирования плотности выпускается челябинским заводом «Теплоприбор».

§ 3. АНАЛОГОВЫЕ ЭЛЕКТРОПНЕВМАТИЧЕСКИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ

Электропневматический преобразователь типа ЭПП-63. Преобразователь ЭПП-63 предназначен для преобразования сигнала постоянного тока 0—5 *ма* в пропорциональный унифицированный пневматический сигнал 0,2—1 *кгс/см²*. Принципиальная схема прибора приведена на рис. X.5, *а*.

При установившемся режиме постоянный ток, проходя по катушке *1*, укрепленной на основном рычаге *5*, создает усилие втягивания катушки

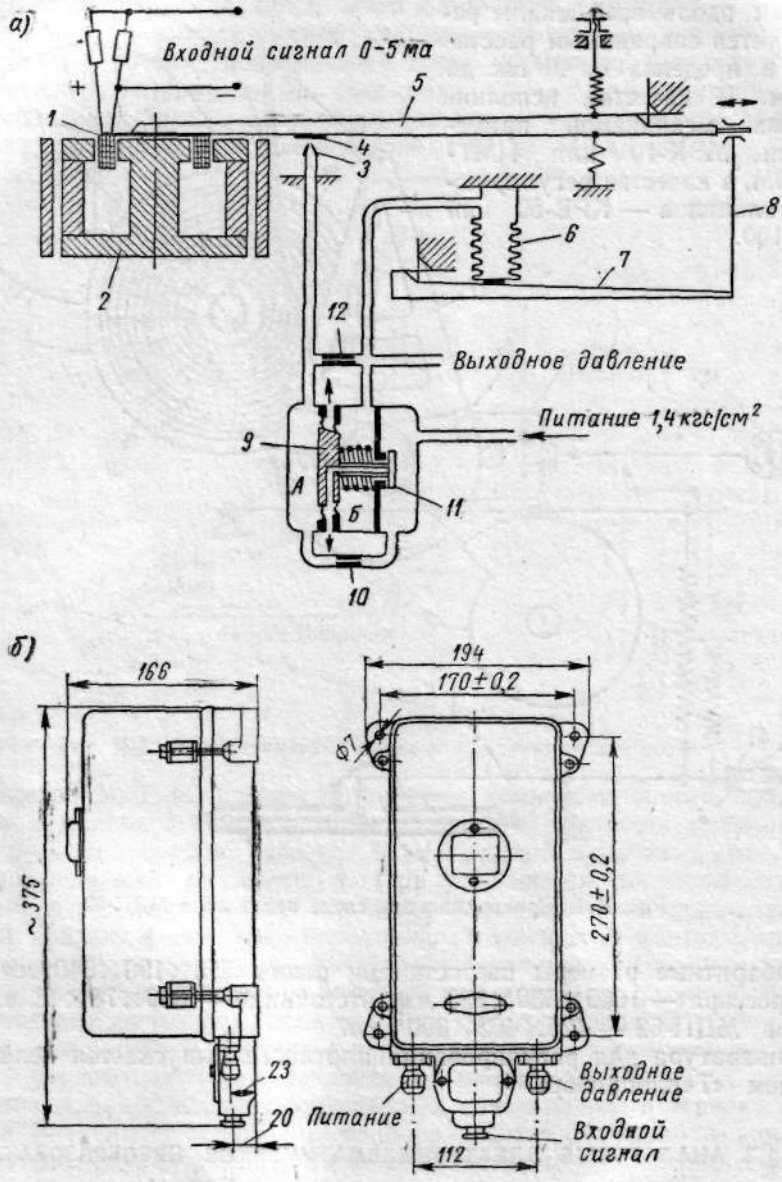


Рис. X.5. Электропневматический преобразователь ЭПП-63: *а* — принципиальная схема; *б* — общий вид

в зазор постоянного магнита *2*, которое уравновешивается на рычажной системе при определенном давлении в сильфоне обратной связи *6*.

При изменении тока нарушается равновесие рычажной системы и рычаги *5* и *7*, соединенные гибкой тягой *8*, поворачиваются вокруг шарниров, изменяя зазор между соплом *3* и укрепленной на основном рычаге заслонкой *4*. Это вызывает изменение давления в междроссельной камере *А*, вследствие чего нарушается равновесие дифференциальной мембраны *9*, и шток, жестко связанный с мембраной, изменяет степень открытия клапана *11*. При этом начинает изменяться давление в камере выхода *Б* и в сильфоне обратной связи. Равновесие рычажной системы восстановится при определенном соотношении между выходным давлением и входным током при новом соотношении давлений в выходной и междроссельной камерах, что соответствует новым значениям перепадов давлений на постоянных дросселях *10* и *12*.

Основная допустимая погрешность выходного сигнала не превышает ±1% от диапазона его изменения, длина трассы передачи пневматических импульсов — до 300 *м*. Габаритные размеры прибора приведены на рис. X.5, *б*. Электропневматический преобразователь ЭПП-63 выпускается заводом «Энергоприбор», Москва.

Электропневматический преобразователь типа ПЭПФ. Преобразователь ПЭПФ предназначен для преобразования электрического сигнала, поступающего от любого устройства, снабженного выходным ферродинамическим преобразователем ПФ1, в пропорциональный унифицированный пневматический сигнал. Принципиальная схема прибора приведена на рис. X.6, *а*.

На электронный усилитель *1* подается разность э. д. с. задающего ферродинамического преобразователя ПФ и компенсирующего преобразователя *2*. Электронный усилитель управляет конденсаторным двигателем *3*, который с помощью редуктора поворачивает рамку компенсирующего преобразователя *2* в сторону компенсации входного напряжения и одновременно поворачивает лекало *4*. При помощи рычага *5* лекало изменяет натяжение пружины *6* и, следовательно, величину усилия, воздействующего на заслонку *8* сопла *9*, являющуюся одновременно донышком сильфона *7*.

При увеличении зазора между соплом и заслонкой воздух из камеры *Г* через полость сильфона *7* по трубкам *а* и *б* поступает в камеру *Б* и отсюда — в межмембранную полость *В*, соединенную с атмосферой. При уменьшении зазора между соплом и заслонкой давление в камере *Г* повышается, и мембранная система *10* поднимается, открывая с помощью полого штока *12* и тарельчатого клапана *11* доступ воздуха из линии питания в камеру *Б*. Отсюда воздух поступает во внутреннюю полость сильфона. Величина давления в камере *Б*, а следовательно, и выходного давления определяется равновесием сил, действующих на сильфон *7*, благодаря чему обеспечивается пропорциональная зависимость между натяжением пружины *6* и выходным давлением.

При изменении входного сигнала в диапазоне 1—0—1 *в*, что соответствует углу поворота рамки компенсирующего преобразователя на 20—0—20°, выходной сигнал меняется от 0,2 до 1 *кгс/см²*. Погрешность преобразования не более 1% от диапазона изменения выходного сигнала, длина трассы передачи пневматических сигналов — до 300 *м*. Габаритные размеры прибора приведены на рис. X.6, *б*.

Электропневматический преобразователь ПЭПФ выпускается заводом КИП, Харьков.

Датчик мощности пневматический ДМП-1. Датчик мощности ДМП-1 предназначен для измерения величины электрической мощности и преобразования ее в пропорциональный пневматический сигнал, изменяющийся в диапазоне 0,2—1 *кгс/см²*. Принципиальная схема прибора приведена на рис. X.7, *а*.

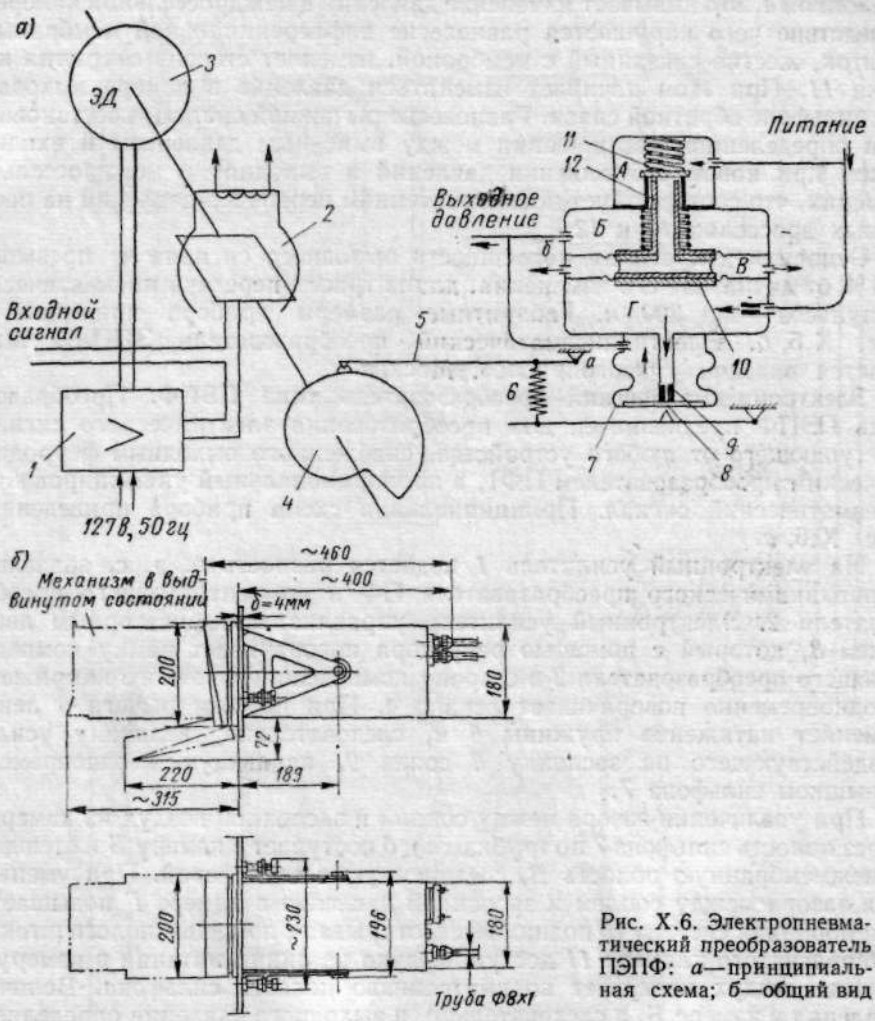


Рис. X.6. Электропневматический преобразователь ПЭПФ: *а*—принципиальная схема; *б*—общий вид

К датчику подводятся напряжение и ток. Напряжение подводится через клеммы *1* и *2* на катушку *9* напряжения, а ток через клеммы *3* и *4* — в токовую катушку *14*. При прохождении тока через обмотки катушек они притягиваются друг к другу с силой, пропорциональной измеряемой электрической мощности. Катушка напряжения укреплена на рычаге *7*, который подвешен с помощью крестообразных пружин и снабжен противовесом *5*. На рычаге расположена также заслонка *12*. При повороте рычага вокруг точки качания меняется зазор между заслонкой и соплом *6*, что вызывает изменение давления в линии сопла. Это давление управляет шариковыми клапанами пневмореле *11* так, что давле-

ние воздуха, поступающего к сильфону *13*, который является элементом обратной связи, и на выход прибора, изменяется пропорционально измеряемой электрической мощности. Сильфон *13* изменяет натяжение пружины *8*. Благодаря этому момент, создаваемый на рычаге *7* силой взаимного притяжения катушек *9* и *14*, компенсируется моментом от усилия пружины *8*. Для устранения вибрации катушки *9* и *14* погружены в трансформаторное масло, которое залито в бачок *10*.

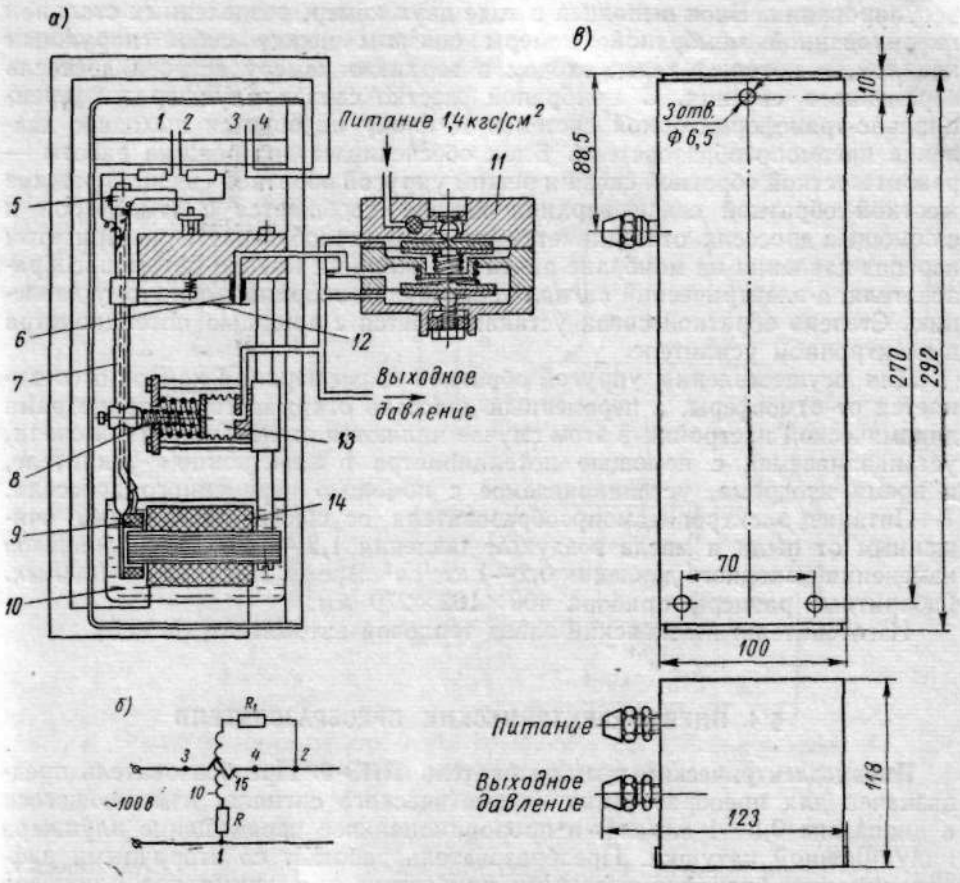


Рис. X.7. Датчик мощности пневматический ДМП-1: *а* — принципиальная схема; *б* — принципиальная электрическая схема; *в* — общий вид

Датчик может измерять величину мощности от 0 до 500 *вт* при номинальном напряжении 100 *в* и токе от 0 до 5 *а* и обеспечивает передачу результатов измерения на расстояние до 300 *м* по пневмотрассе. При необходимости измерения электрической мощности свыше 500 *вт* на входе датчика должны быть установлены понижающие трансформаторы тока и напряжения. Габаритные размеры прибора приведены на рис. X.7, *в*.

Датчик мощности ДМП-1 выпускается заводом «Тизприбор», Москва.

Электропневматический преобразователь типа ЭППИ. Преобразователь предназначен для преобразования электрического сигнала в пневматический. Применяется в комплекте с транзисторными усилителями типов УТ-П, УТ-П-ТС. Прибор состоит из электромеханического преобразователя, пневмопреобразователя и блока обратной связи.

Электромеханический преобразователь преобразует электрический сигнал, поступающий через повышающий трансформатор на обмотку управления электродвигателя типа РД-09, в усилие на штоке пневмопреобразователя. Преобразование осуществляется посредством винтовой пары и пружинно-рычажной передачи. Пневмопреобразователь преобразует усилие на штоке в пропорциональное давление сжатого воздуха.

С помощью блока обратной связи осуществляется формирование закона регулирования. Блок выполнен в виде двух камер, разделенных стальной гофрированной мембраной; камеры связаны между собой наружным каналом, в который перед входом в верхнюю камеру встроен дроссель переменного сечения. С мембраной жестко связан плунжер дифференциально-трансформаторной системы. К блоку подводится выходное давление пневмопреобразователя. Блок обеспечивает два режима работы — режим жесткой обратной связи и режим упругой обратной связи. В режиме жесткой обратной связи верхняя камера сообщается с атмосферой и с помощью дросселя отсоединяется от пневмопреобразователя. При этом перепад давления на мембране равен давлению на выходе пневмопреобразователя, а электрический сигнал от датчика пропорционален этому давлению. Степень обратной связи устанавливается с помощью потенциометра в электронном усилителе.

Для осуществления упругой обратной связи верхняя камера отсоединяется от атмосферы, а переменный дроссель открывается. Параметрами динамической настройки в этом случае являются степень обратной связи, устанавливаемая с помощью потенциометра в электронном усилителе, и время изодрома, устанавливаемое с помощью переменного дросселя.

Питание электропневмопреобразователя осуществляется сухим очищенным от пыли и масла воздухом давления 1,2—1,4 *кгс/см²*, диапазон изменения выходного давления 0,2—1 *кгс/см²*. Время изодрома 3—1500 *сек*. Габаритные размеры прибора 400×162×270 *мм*.

Изготовитель: Московский завод тепловой автоматики (МЗТА).

§ 4. ПНЕВМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ

Пневмоэлектрический преобразователь ППЭ-6. Преобразователь предназначен для преобразования пневматического сигнала, изменяющегося в диапазоне 0,2—1 *кгс/см²*, в пропорциональное перемещение плунжера индукционной катушки. Преобразователь работает со вторичными дифференциально-трансформаторными приборами, имеющими ход плунжера 5 *мм*. Принципиальная схема прибора приведена на рис. X.8, *а*.

При изменении давления сжатого воздуха донышко сильфона *6* перемещается. Это вызывает перемещение штока *7* и плунжера *2* индукционной катушки *1*. В кинематическую цепь встроены биметаллический компенсатор *5*, служащий для устранения температурных погрешностей, и корректирующий узел, состоящий из рычага *4*, ролика *8*, винта *9* и кронштейна *3*. Корректирующий узел предназначен для согласования статических характеристик преобразователя и вторичного прибора. Обмотки индукционной катушки защищены от внешних электрических воздействий экраном. Основная допустимая погрешность хода плунжера не превышает ±1% от максимального значения хода. Включение в сеть пневмопреобразователя осуществляется со стороны вторичного прибора, напряжение питания катушки пневмопреобразователя 20 *в*.

Изготовитель: Усть-Каменогорский завод приборов автоматики.

Пневмоэлектрический преобразователь типа ПЭ-55М. Прибор предназначен для преобразования унифицированного пневматического сигнала (0,2—1 *кгс/см²*) в унифицированный электрический сигнал постоянного тока (0—5 *ма*). Преобразователь состоит из манометрической трубчатой одновитковой пружины, магнитоэлектрического гальванометра Г-7-2, высокочастотного электронного генератора Э-2, блока питания П-7. Все элементы прибора собраны в общем корпусе.

Входное давление поступает в манометрическую пружину, которая перемещает коромысло магнитоэлектрического гальванометра. Электрическая схема преобразователя ПЭ-55М работает так же, как схема преобразователя Э-2Д1 (см. гл. XII, § 2).

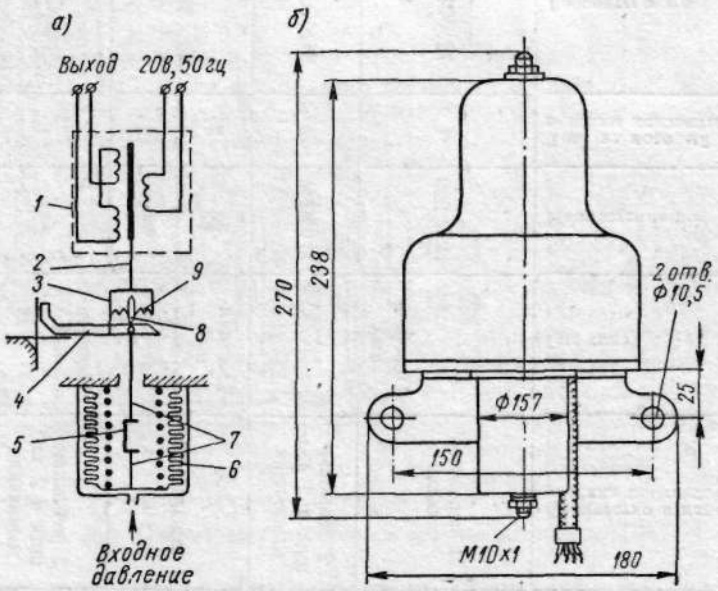


Рис. X.8. Пневмоэлектрический преобразователь ППЭ-6: *а* — принципиальная схема; *б* — общий вид

Основная допустимая погрешность преобразователя не превышает ±1% от верхнего предела изменения выходного сигнала, порог чувствительности не превышает ±0,1% от верхнего предела изменения входного сигнала. Преобразователь выпускается в пылезащищенном и брызгонепроницаемом исполнении. Габаритные размеры 355×225×160 *мм*.

Изготовитель: Чебоксарский завод электрических исполнительных механизмов.

Пневмоэлектрический преобразователь полупроводниковый типа ППП-1. Назначение преобразователя ППП-1 идентично назначению преобразователя ПЭ-55М. Входной пневматический сигнал поступает в чувствительный элемент — двухвитковую трубчатую пружину. Подвижный конец чувствительного элемента через тягу воздействует на рычаг, который перемещает укрепленный на его конце флажок. Флажок располагается над плоской катушкой индуктивности индикатора перемещения. При изменении зазора между катушкой и флажком изменяется напряжение на выходе индикатора перемещения. Это напряжение усиливается полупроводниковым усилителем постоянного тока, с выхода которого снимается

Таблица X.1

Пневмоэлектрические преобразователи дискретного действия

Тип	Наименование	Чувствительный элемент	Диапазон давления, при котором контакты замыкаются или размыкаются в *кгс/см²*	Количество и характеристика контактов	Род тока	Напряжение в *в*	Ток, на который рассчитаны контакты, в *а*	Габариты в *мм*	Завод-изготовитель
ППЧ.3	Мембранный сигнализатор	Мембрана	1 и 0	1 переключающий	Переменный	127, 220	1	72×74×96	Кировабадский приборостроительный завод; Усть-Каменогорский завод приборов автоматики
Р70	Реле пневмоэлектрическое		0,5 и 0,1	2 замыкающих и 2 размыкающих		220	2	84×70×45	Северодонецкий филиал ОКБА
П1ПР.4	Пневмоэлектрический преобразователь		1,4 и 0	1 замыкающий	Постоянный	30	2	42×37×30	Усть-Каменогорский завод приборов автоматики
					Переменный	250	3		
ПЭСУ-4	Пневмоэлектрическое сигнальное устройство	Сильфон	От 0,2 до 1	2 размыкающих и 2 замыкающих	Переменный	220	1	280×175×165	«Старорусприбор»

Примечание. Преобразователь ППЧ.3 входит в систему АУС; Р70 — в систему АУСЭДД; преобразователь П1ПР.4 — в систему УСЭППА.

токовый сигнал, поступающий на выход преобразователя и в катушку обратной связи. Последняя расположена на конце рычага и находится в поле постоянного магнита. При взаимодействии поля постоянного магнита и поля, созданного выходным током в катушке, на конце рычага возникает усилие, которое компенсирует усилие чувствительного элемента.

Основная допустимая погрешность преобразователя не превышает ±0,5% от максимального значения выходного сигнала. Габаритные размеры преобразователя 293×168×118 *мм*.

Пневмоэлектрический преобразователь ППП-1 выпускается Смоленским опытным заводом «НИИтеплоприбора».

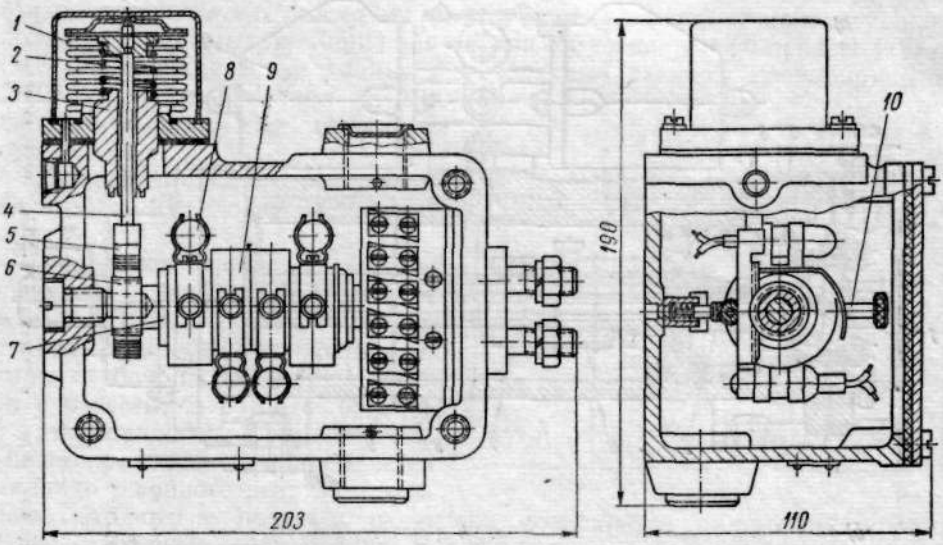


Рис. X.9. Пневмоэлектрическое сигнальное устройство ПЭСУ-4

Пневмоэлектрические преобразователи дискретного действия ППЧ.3, Р70, П1ПР.4, ПЭСУ-4. Эти преобразователи предназначены для управления электрическими цепями с помощью пневматического командного сигнала. Типы, основные характеристики и изготовители этих преобразователей приведены в табл. X.1.

В преобразователях ППЧ.3, Р70, П1ПР.4 входной сигнал в виде давления сжатого воздуха действует на мембрану узла чувствительного элемента и через шток — на кнопку микропереключателя, в котором происходит замыкание и размыкание контактов.

В пневмоэлектрическом сигнальном устройстве ПЭСУ-4 (рис. X.9) сжатый воздух поступает в полость над сильфоном *1*. При сжатии сильфона перемещается шток *4* и связанная с ним рейка *5*, которая находится в зацеплении с шестерней *6*. При вращении шестерни вращается барабан *7* и установленные на нем с помощью пружинных фиксирующих устройств *10* держатели *9* ртутных контактов *8*. В зависимости от положения ртутных контактов происходит поочередное их замыкание. Настройка ртутных контактов производится вручную путем перестановки их держателей *9* по накатке барабана. Шаг накатки соответствует угловому перемещению ртутных контактов на 4°. Каждый из четырех ртутных контактов настраивается отдельно. Внутри сильфона *1* установлена пружина *2*, предварительное натяжение которой регулируется гайкой *3*.

Максимальный угол поворота барабана при полном перемещении сильфонного механизма равен 40°, поворот барабана на 4° соответствует изменению давления контролируемой среды на 0,1 *кгс/см²*.

§ 5. ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ МЕХАНИЗМЫ

Привод пневматический с электрическим управлением типа ППЭ-1. Конструкция пневматического привода с электрическим управлением ППЭ-1 приведена на рис. X.10. Сухой и очищенный воздух под давлением 8 *кгс/см²* через пневмоэлектрический клапан *4* типа КПЭ-1, установленный

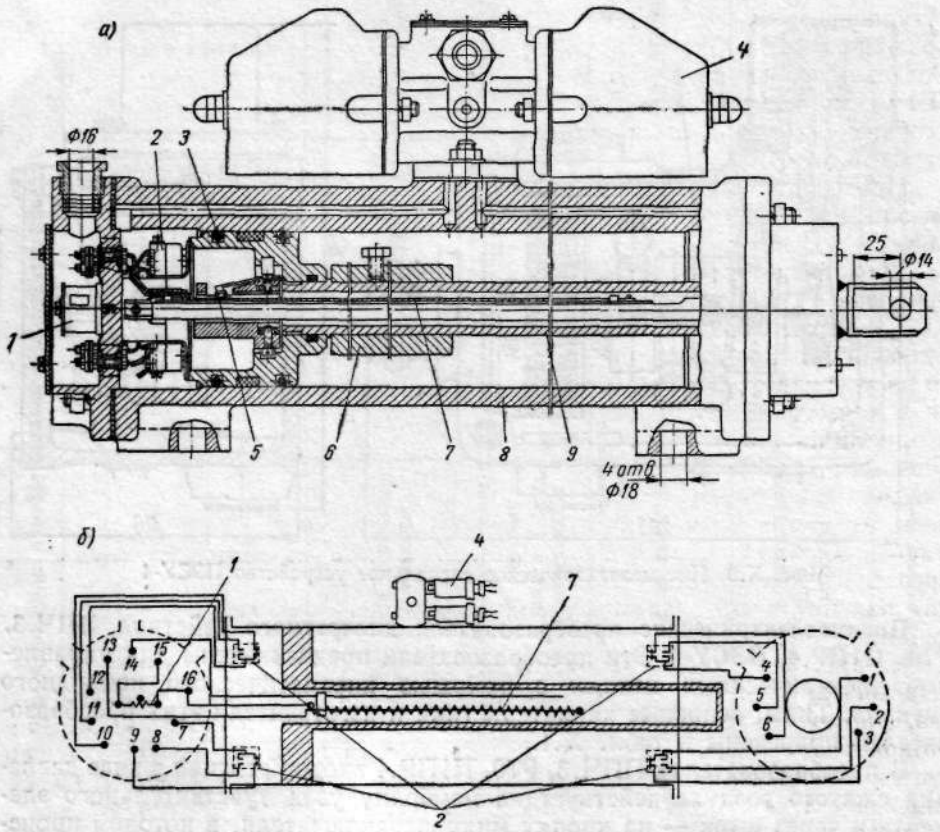


Рис. X.10. Пневмопривод поршневой ППЭ-1: *а* — общий вид; *б* — электрическая схема

на приводе, поступает в одну из полостей цилиндра *8* и заставляет перемещаться поршень *3* со штоком *9*. Вместе с поршнем по реохорду потенциометра *7* перемещается контактный ролик *5*, плавно изменяя сопротивление реохорда. При этом стрелка вторичного прибора (применяется вольтметр, шкала которого градуирована в процентах или в линейных величинах) показывает положение поршня. В крайнем положении поршень воздействует на пластины, связанные с контактами микропереключателей *2*. Одна пара микропереключателей используется обычно для обесточивания электромагнитов электропневмоклапана при достижении поршнем крайних положений, вторая пара — для сигнализации или технологической блокировки.

В зависимости от величины хода поршня и каталожного номера установленного на нем электропневмоклапана пневмоприводы ППЭ-1 выпускаются в трех модификациях. Полный ход штока пневмопривода может регулироваться путем подрезки (или полного удаления) укрепленной на штоке упорной втулки *6*. В пневмоприводе с каталожным номером *3* указатель положения и упорная втулка отсутствуют. Питание реохорда потенциометра дистанционного указателя осуществляется через добавочное сопротивление *1*.

При давлении воздуха 8 *кгс/см*^{2} пневмопривод развивает усилие 550 *кгс*. Напряжение, снимаемое с датчика указателя положения, 0—7,5 *в*. Микропереключатели имеют по одному переключающему контакту, наибольший ток размыкания при напряжении 380 *в* и частоте 50 *гц* равен 0,21 *а*. Остальные технические данные и габаритные размеры пневмоприводов ППЭ-1 приведены в табл. X.2, в скобках указан ход штока со втулкой *6*.

Таблица X.2

Техническая характеристика пневмоприводов ППЭ-1

Каталожный номер	Ход штока в *мм*	Габаритные размеры в *мм*
№ 1	500 (400)	825×275×212
№ 2	300 (200)	625×275×212
№ 3	100	425×275×212

Привод типа ППЭ-1 выпускается заводом «Теплоавтомат», Харьков.

Проходные краны с пневмоприводом 11с722бк, 11с723бк, КСП, КЦОП. Проходные краны с пневмоприводом устанавливаются на трубопроводах и применяются в качестве запорных органов с дистанционным управлением. Пневмоприводом кранов является цилиндр двойного действия, поршень которого с помощью редуктора сочленяется с пробкой крана. Типы, основные технические характеристики и заводы-изготовители проходных кранов с пневмоприводом приведены в табл. X.3. В конструкции каждого крана предусмотрена возможность ручного местного управления.

На рис. X.11 приведена схема *крана с пневмоприводом типа 11с722бк (11с723бк)*. В качестве рабочего агента в пневмоприводе используется газ, протекающий по трубопроводу, на котором установлен кран. Газ, отбираемый в систему управления, предварительно очищается и осушивается в фильтре-осушителе *6*. Управление пневмоцилиндром осуществляется с помощью узла дистанционного управления *5* типа ЭПУУ-2, в котором имеются три электропневматических клапана. Два крайних клапана служат для управления краном *1* с помощью пневмопривода *4*. Через средний клапан газ поступает к мультипликатору *3*, который подает под давлением 100—110 *кгс/см*^{2} смазку в полость верхней крышки крана, благодаря чему облегчается поворот пробки крана и обеспечивается ее герметичность. На верхнем конце шпинделя пробки имеется поводок, который в крайних положениях пробки поворачивает рычаг конечного выключателя *2*, вследствие чего электропневматический клапан обесточивается, и подача газа в пневмопривод прекращается. Краны выпускаются с фланцами или с концами под приварку и изготовляются для колодезной и бесколодезной установки, они могут работать при температуре рабочей среды от —40 до +70° С. Узел дистанционного управления ЭПУУ-2 выпускается во взрывозащищенном исполнении; габаритные размеры его равны 500×270×200 *мм*. Краны 11с722бк и 11с723бк

Таблица X.3

Технические характеристики проходных кранов с пневмоприводом

Тип крана с пневмоприводом	Условный диаметр в *мм*	Условное давление в *кгс/см²*	Габаритные размеры в *мм*
11с722бк	50	64	250×520×525
	80		350×560×555
	100		400×640×756
	150		500×840×2000
	200		600×1200×2700
	300		800×1200×2850
11с723бк	400		1200×1225×2885
	500		1300×1225×2980
	700		1600×1465×3375
КСП	50	40	540×370×400
	80		615×570×475
	100		1355×532×695
КЦОП	50	16	538×470×400
	80		538×470×448
	100		615×568×580
	150		615×568×660

устанавливаются на трубопроводах природного газа. Они выпускаются Мышегским арматурным заводом.

В каждый *кран типа КСП* встраивается двойной конечный взрывозащищенный выключатель типа ВК-ВЗГ. Переключение выключателя происходит при крайних положениях пробки крана. Рабочим агентом этих пневмоприводов является сжатый воздух давлением 5—8 *кгс/см²*, температура рабочей среды от —40 до +100° С. Смазка подается к пробке путем поворота нажимного болта. *Кран КЦОП* отличается от крана КСП наличием паровой рубашки, он может работать при температуре рабочей среды до +300° С. Краны КСП и КЦОП устанавливаются на трубопроводах темных и светлых нефтепродуктов и сжиженных нефтяных газов. Выпускаются Юго-Камским машиностроительным заводом.

Система дистанционного управления пневмодвигателями «Привод». Эта система предназначена для дистанционного и местного управления пневмодвигателями двухпозиционных объектов (например, задвижек) и сигнализации их положения. Система состоит из блока управления, воздухораспределителей ВР-2 и релейного шкафа с блоками реле. Блок управления представляет собой щит или пульт с мнемосхемой технологического участка, на которой смонтированы элементы управления и сигнализации. Дистанционное управление пневмодвигателями осуществляется с помощью переключателей, которые расположены на блоке управления и осуществляют замыкание или размыкание цепей электромагнитов возду-

хораспределителей ВР-2. Местное управление пневмодвигателями осуществляется кнопками «Закрыть» или «Открыть» воздухораспределителя. Система сигнализации обеспечивает контроль крайних положений пневмодвигателей, контроль длительности цикла переключения, контроль целостности линии и предохранителей.

Модификации системы «Привод» в зависимости от количества управляемых объектов приведены в табл. X.4.

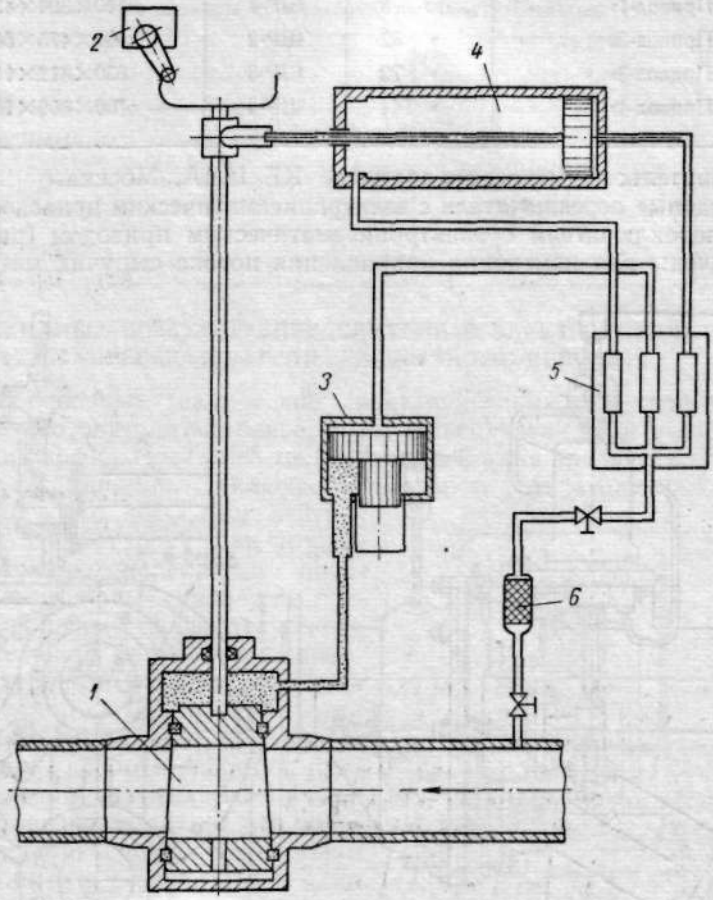


Рис. X.11. Проходной кран с пневмоприводом 11с722бк

Система «Привод» работает с пневмодвигателями, которые снабжены электрическими конечными выключателями и имеют время переключения не более 100 *сек*. Рабочее давление воздуха должно быть в пределах 2—6 *кгс/см²*. Число проводов линии связи релейного шкафа с блоком управления —$6n + 2$, релейного шкафа с воздухораспределителями —$n + 2$, где n — количество управляемых пневмодвигателей. Питание осуществляется от сети 127/220 *в*, 50 *гц*.

Релейные шкафы и блок управления размещаются в диспетчерском пункте, воздухораспределители — вблизи пневмодвигателей. Пневмодвигатели и собственно шкаф (пульт) блока управления в комплект поставки не входят.

Таблица X.4

Техническая характеристика системы «Привод»

Тип	Количество управляемых объектов	Тип релейного шкафа	Габаритные размеры релейного шкафа в *мм*
«Привод-1»	До 8	ШР-1	440×324×439
«Привод-2»	» 32	ШР-2	490×475×665
«Привод-3»	» 72	ШР-3	630×812×1150
«Привод-4»	» 144	ШР-4	700×812×1600

Изготовитель: Опытное предприятие КБ ЦМА, Москва.

Двухходовые переключатели с электропневматическим приводом. Двухходовые переключатели с электропневматическим приводом (рис. X.12) предназначены для изменения направления потока сыпучих материалов.

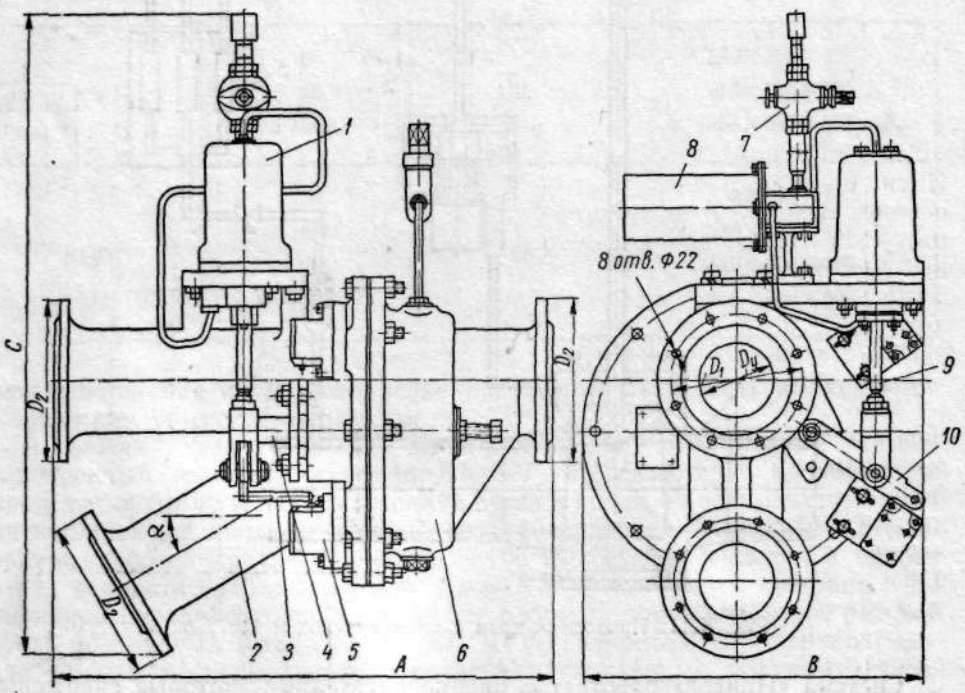


Рис. X.12. Двухходовой переключатель с электропневматическим приводом

Внутри корпуса переключателя *6* перемещается заслонка, которая попеременно перекрывает одно из двух отверстий тройника *2*. Управление заслонкой осуществляется пневмоприводом *1*, движение поршня которого передается с помощью штока *9*, рычага *10* и вала *4*. Заслонка прижимается к плоскости тройника пружиной. Дистанционное управление пневмоприводом осуществляется электромагнитным золотником *8*, местное ручное — трехходовым краном *7*. Перемещения заслонки ограничиваются конечными выключателями *5*, на которые воздействует палец *3*.

Рабочее давление воздуха на пневмоприводе 3—5 *кгс/см*², усилие прижатия заслонки 20—25 *кгс*, питание электромагнитного золотника от сети 220 *в*, 50 *гц*. Условные проходы, габаритные и присоединительные размеры двухходовых переключателей приведены в табл. X.5.

Двухходовые переключатели выпускаются заводом «Редуктор», Ленинград.

Таблица X.5

Основные размеры двухходовых переключателей (рис. X. 12)

D_y	D_1	D_2	A	B	C	$\angle\alpha°$
150	240	285	862	573	1080	15
175	260	300	882	620	1096	30
200	295	340	903	680	1090	45
250	360	420	953	775	1220	45

§ 6. КЛАПАНЫ, ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛИТЕЛИ И ЭЛЕКТРОПНЕВМАТИЧЕСКИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ДИСКРЕТНОГО ДЕЙСТВИЯ

Типы, основные технические характеристики, габаритные размеры и заводы-изготовители клапанов, воздухораспределителей и электропневматических преобразователей дискретного действия приведены в табл. X.6. Принцип их действия заключается в том, что золотник или заслонка, перемещаясь под действием электромагнита в одну сторону или пружины — в другую, переключает пневматические каналы связи или соединяет полость пневматического исполнительного механизма с напорной воздушной магистралью или с атмосферой. Для управления пневматическим исполнительным механизмом двойного действия применяется один четырехходовой или два трехходовых клапана, для управления исполнительным механизмом одностороннего действия — один трехходовой клапан.

В электропневматическом преобразователе П1ПР.5 якорь электромагнита связан штоком с двухсторонней подпружиненной заслонкой, которая перемещается между двумя соплами, закрывая поочередно каждое из них и сообщая выход прибора с атмосферой или с напорной магистралью. Прибор входит в систему УСЭППА.

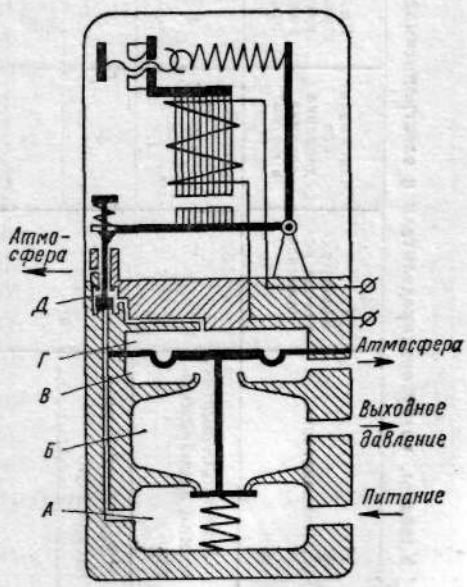


Рис. X.13. Принципиальная схема реле Р50

Электропневматическое реле Р50 входит в систему АУСЭДД. Его принципиальная схема приведена на рис. X.13. Сжатый воздух из линии питания поступает в камеру *А* и через управляющий клапан, располо-

Таблица X.6

Клапаны, воздухораспределители и электропневматические преобразователи дискретного действия

Тип	Наименование	Конструктивное исполнение	Максимальное давление воздуха в *кгс/см²*	Диаметр подсоединяемого воздухопровода	Род тока	Напряжение в *в*	Габаритные размеры в *мм*	Завод-изготовитель
ПІПР.5	Электропневматический преобразователь	Трехходовой	1,4	4 *мм*	Постоянный	24	76×46×40	Усть-Каменогорский завод приборов автоматики
Р50	Электропневматическое реле		4	6 *мм*	Переменный	36, 127, 220	142×66×45	Северодонецкий филиал ОКБА
КЭ-2	Клапан электромагнитный		2	6 *мм*	Постоянный	12, 24, 36	220×150×55	Харьковский филиал ОКБА
КЭ-3			2	6 *мм*	Переменный	127	270×177×94	
КЭВТ-1			6	6 *мм*		220	270×175×90	Харьковский филиал ОКБА
ЭПК-1/4″	Клапан электропневматический		2	1/4″		127, 220	235×158×116	Бакинский завод телеаппаратуры и приборов автоматики им. М. И. Калинина
ЭПКД-ВЗГ	Клапан электропневматический двойной	Четырехходовой	8	1/4″		127, 220	224×155×116	
КПЭ-1	Клапан электропневматический		8	6 *мм*		220	345×108×110	«Теплоавтомат», Харьков

Продолжение табл. X.6

Тип	Наименование	Конструктивное исполнение	Максимальное давление воздуха в *кгс/см²*	Диаметр подсоединяемого воздухопровода	Род тока	Напряжение в *в*	Габаритные размеры в *мм*	Завод-изготовитель
ВР-1	Воздухораспределитель	Четырехходовой	8	1″	Переменный	127, 220, 380	392×232×133	Опытное предприятие СКФ КБ ЦМА, Орджоникидзе
ВР-2			6	3/8″		127	360×220×130	Опытное предприятие КБ ЦМА, Москва
Т055.037			10	6 *мм*	Постоянный	110, 220	205×70×120	Арматурный завод, Семенов
БВ64-13			6	3/8″	Переменный	127, 220, 380	70×286×93	Московский завод пневмоаппаратов
БВ64-14			6	1/2″		127, 220, 380	82×286×109	
БВ64-15			6	3/4″		127, 220, 380	95×322×130	
В64-23		Трехходовой	6	3/8″		127, 220, 380	75×217×98	
В64-24			6	1/2″		127, 220, 380	85×217×114	
В64-25			6	3/4″		127, 220, 380	95×275×130	

женный в камере *Д*, подается в камеру *Г*. Камера *Б* соединена с атмосферой через камеру *В*. При исчезновении командного электрического сигнала управляющий клапан под действием возвратной пружины прекращает подачу сжатого воздуха в камеру *Г*, сообщая ее через камеру *Д* с атмосферой. Освобожденный мембранно-клапанный механизм возвратной пружиной и потоком сжатого воздуха разъединяет камеры *А* и *Б* и одновременно открывает проход воздуха из камеры *Б* в камеру *В*, а из нее — в атмосферу.

Клапан КЭ-3 является ударостойким, вибростойким и водозащищенным. Он может работать при температуре окружающего воздуха —40÷÷+60° С. В обесточенном состоянии якорь под действием пружины закрывает сопло одного штуцера и сообщает другой штуцер с воздушной линией. При включении электромагнита якорь, перемещаясь, сообщает с воздушной линией сопло первого штуцера и закрывает второй штуцер. Схемы работы клапанов КЭ-2 и КЭВТ-1 идентичны.

Клапан ЭПК-1/4″ выпускается в двух модификациях: НЗ и НО. Клапан НЗ осуществляет подачу сжатого воздуха из линии питания к прибору при включении напряжения на катушку клапана, а при выключении сбрасывает воздух из прибора в атмосферу. Действие клапана НО — обратное: подача сжатого воздуха к прибору происходит при выключении клапана, а сброс в атмосферу — при его включении. Корпус клапана имеет пылебрызгонепроницаемое исполнение. Клапан может работать при температуре окружающего воздуха —40÷+40° С.

Клапан ЭПКД-ВЗГ выпускается во взрывобезопасном исполнении. Он состоит из двух золотниковых переключателей, приводимых в действие двумя электромагнитами и заключенных в общий корпус. Каждый из электромагнитов снабжен электрическим контактом, который замыкается при включении электромагнита и используется в схеме дистанционного управления или сигнализации. Температура окружающего воздуха может быть в диапазоне —40÷+40° С.

Электропневматический клапан КПЭ-1 устанавливается на пневмоприводе ППЭ-1 и предназначен для управления последним.

Управление воздухораспределителями ВР-1, ВР-2 и БВ64-1 осуществляется при помощи двух электромагнитов. При включении одного из электромагнитов управляющий клапан перемещается и соединяет с атмосферой левую или правую полость воздухораспределителя, в результате чего давление в ней резко падает, и поршень под действием давления в другой полости воздухораспределителя перемещается в крайнее положение. Сжатый воздух из магистрали через среднюю полость поступает в одну из полостей пневматического исполнительного механизма, другая полость последнего соединяется с атмосферой.

Воздухораспределители ВР-1 и ВР-2 имеют кнопки для местного ручного управления пневмоприводом.

ГЛАВА XI

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ РЕГУЛЯТОРЫ И СИГНАЛИЗАТОРЫ

В главе рассматриваются бесшкальные приборы, предназначенные для сигнализации или позиционного регулирования технологических параметров (аппаратные сигнализаторы), а также сигнализирующие и позиционные регулирующие устройства, встроенные в показывающие или регистрирующие приборы.

По виду исполнения сигнализаторы разделяются на двухпозиционные и трехпозиционные, с дифференциалом (диапазоном включения) и без него. Сигнализаторы, снабженные узлом дифференциала, обеспечивают подачу и снятие сигнала при разных значениях контролируемого параметра, отличающихся на величину дифференциала в зависимости от направления его изменения.

Ниже в таблицах технических характеристик сигнализаторов характер работы контактов (замыкание, размыкание, переключение) указывается только при изменении параметра в одном направлении.

§ 1. СИГНАЛИЗИРУЮЩИЕ И ПОЗИЦИОННЫЕ РЕГУЛИРУЮЩИЕ ПРИБОРНЫЕ УСТРОЙСТВА

Характеристики контактных устройств приборов, используемых для сигнализации и позиционного регулирования, сведены в табл. XI.1 и XI.2.

1. Трехпозиционное контактное устройство

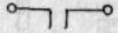
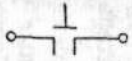
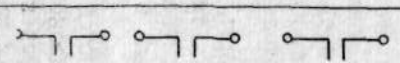
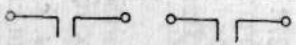
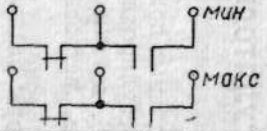
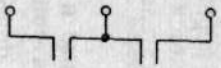
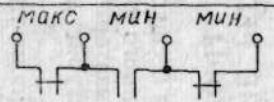
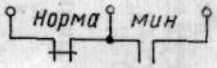
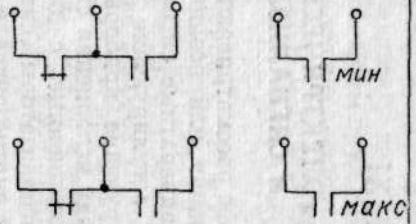
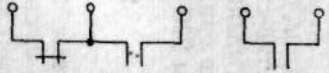
Манометры типов МС, МГ, МТО-278 и МСС, МСТМ, МСТО-618 оснащены ртутно-стеклянными переключателями. Поворот переключателя при срабатывании осуществляется специальным механизмом, приводимым в движение синхронным двигателем. Двигатель потребляет 13 *в·а*, питание от сети 220 *в*, 50 *гц*.

2. Позиционные и контактные устройства электронных приборов

Вторичные электронные приборы с реостатными задатчиками (см. гл. XII, § 3) снабжаются аварийными сигнальными устройствами (одноконтактными) как без зоны регулирования, так и с зоной регулирования. Это устройство состоит из контактной группы (микропереключатель), укрепленной на основании реостата задатчика, и профилированного гетинаксового диска, связанного с реверсивным двигателем прибора. Вал двигателя через редуктор перемещает диск относительно неподвижной

Таблица XI.1

Схемы контактных устройств

Индекс схемы	Графическое изображение	Наименование	Индекс схемы	Графическое изображение	Наименование
а		Одноконтактное, однопозиционное, двухпозиционное, одноконтактное без блокировки	*ж*		Трехконтактное, Трехпозиционное
б		Одноконтактное с блокировкой	*з*		Трехконтактное, трехпозиционное
в		Двухконтактное	*и*		Трехпозиционное
г		Двухконтактное	*к*		Трехпозиционное
д		Двухпозиционное	*л*		Трехпозиционное
е		Двухпозиционное			

Примечания:
1. Контакты изображены в нормальном положении стрелки прибора или в обесточенном положении выходных реле.
2. Наименования устройств приведены по данным заводов-изготовителей.

Таблица XI.2

Технические характеристики сигнализирующих и позиционных регулирующих приборных устройств

Тип	Напряжение в *в*	Ток в *а*	Основная допустимая погрешность срабатывания в % шкалы прибора	Индекс схемы*
МС; МТО-278; МСС; МСТМ; МСТО-618	~127 ~220	5 3	2,5	*ж*
ЭПВ2; ЭМВ2; ЭИВ2	~127 ~220	3 1,5	1	*а*; *в*; *ж*
ППР; МПР; ДПР	~127	0,8	1	*в*; *з*
ЭПД; ЭМД; ЭПИД	~127 ~220	5 3	1	*ж*
ЭПП; ЭМП — Контактное	~127	0,3	0,5	*г*; *ж*
ЭПП; ЭМП — Трехпозиционное	~127 ~220	25 15	0,5	*ж*
ЭПР; ЭМР; ЭПР-Р; ЭМР-Р; ЭПР-РД; ЭМР-РД	—220 ~220	0,2 2	1	*е*; *л*
ЭП; ЭМ; ПЭД; МЭД — Сигнальное устройство	~220	1	0,5—3	*г*
ЭП; ЭМ; ПЭД; МЭД — Регулятор позиционный	—220 ~220	0,2 2	0,15—5	*д*; *ж*
МСР; ПСР1; ДСР1; одноточечные и многоточечные без блокировки	~127 ~220	3 1,5	1	*а*; *в*; *ж*
ПСР1; ДСР1 многоточечные, исключая приборы без блокировки	—27 —300 ~115	1 0,1 1	1	*б*; *ж*
ПСМР2; МСМР2; ДСМР2	~127	0,8	1	*в*; *ж*
ВФСМ; ЭППМ; ЭПСМ; МФСМ; МФПМ	~220	3	1,5	*и*;
ЛСЩПр-018 МСЩПр-018 МР1-02М ЛР1-02М	—60 ~110	0,2	1,5	*а*; *к*
ТСГ-718ПЭ; ТПГ-188	~220	3	1,5	*и*
ДП-718 ДП-778 ДСП-778	—27 ~220	0,6 0,2	1—1,5	*и*

* Схемы приведены в табл. XI.1.

(в данный момент) контактной группы. Сигнальное устройство с регулируемой зоной сигнализации имеет два диска, которые сдвигаются относительно друг друга. Вследствие сдвига профилей дисков образуется впадина, и включение контакта происходит в заранее установленной зоне. Величина зоны меняется сдвигом дисков. Показывающие электронные приборы ЭПВ2, ЭМВ2 и ЭИВ2 (см. гл. I, § 7 и гл. III, § 13) оснащаются одноконтактными, а ЭПВ2 и ЭМВ2 также двух- и трехконтактными переключателями.

При вращении дисков попадание кулачков во впадины сопровождается переключением контактов.

В приборах с двухконтактным устройством контакт «минимум» находится в замкнутом состоянии в зоне от начального значения шкалы до заданной величины, а контакт «максимум» находится в замкнутом состоянии от заданной величины до конца шкалы.

Если впадины обоих дисков не совмещены, то в некотором интервале показаний прибора оба контакта будут разомкнуты, образуя диапазон «норма».

Трехконтактное устройство в зоне «норма» имеет замкнутый контакт. Указатель задатчика установлен на среднем значении зоны «норма», которое достигает 20% длины шкалы.

Показывающие приборы в миниатюрном исполнении ППР, МПР и ДПР (гл. I, § 7 и гл. III, § 13) оснащаются одно-, двух- или трехконтактными устройствами. Каждая контактная группа имеет индивидуальный задатчик с указателем в любой точке шкалы. По заказу сигнальные контакты могут быть выполнены нормально закрытыми и нормально открытыми в любом сочетании. Приборы с двухконтактными устройствами выпускаются также с одним указателем.

Электронные приборы с записью на дисковой диаграмме (ЭПД, ЭМД и ЭПИД, см. гл. I, § 7 и гл. III, § 13) выпускаются с трехпозиционным контактным устройством. При соответствии параметра заданному замкнут средний контакт «норма». При выходе за зону, образованную впадинами двух средних (из четырех) дисков, замыкается один из крайних контактов («максимум» или «минимум»), а контакт «норма» размыкается. Диапазон зоны «норма» может составлять до 20% диапазона шкалы.

Электронные приборы с записью на ленточной диаграмме (ЭПП, ЭМП) выпускаются с одно-, двух- и трехконтактными сигнальными устройствами. Зона «норма» настраивается в пределах 1—50%. Трехпозиционное регулирующее устройство для одной точки в многоточечных приборах показано на рис. XI.1, включение или выключение реле должно происходить только при подключении к измерительной схеме прибора первого датчика после наступления равновесия в измерительной схеме. Трехпозиционное регулирующее устройство в одноточечных приборах с программой отличается от выше рассмотренного отсутствием исполнительного и разрешающего переключателей. Зона «норма» этого устройства настраивается в пределах от 35 до 80% длины шкалы.

Многоточечные приборы типа ЭПР и ЭМР с двухпозиционным и трехпозиционным регулированием в каждой точке отличаются от рассмотренных выше многоточечных приборов ЭПП и ЭМП с регулированием в одной точке наличием переключателя каналов регулирования, который работает синхронно с переключателем датчиков.

Исполнительный переключатель, срабатывающий в момент отпечатывания, подключает питание к цепи регулирующего устройства на время не менее 0,1 *сек*.

Зона нечувствительности в случае двухпозиционного регулирования или зона «норма» в случае трехпозиционного регулирования может настраиваться в пределах 0—100% длины шкалы. Зона, в которой замкнуты контакты аварийной сигнализации, может изменяться от 0 до 50% длины шкалы.

В комплекте с приборами ЭПР, ЭМР, ЭПР-Р, ЭМР-Р, ЭПР-РД и ЭМР-РД применяются блоки регулирующих реле типа БР-01 и БР-02. Блок БР-01 применяется для 6 каналов при трехпозиционном регулировании или при двухпозиционном регулировании с зоной нечувствительности

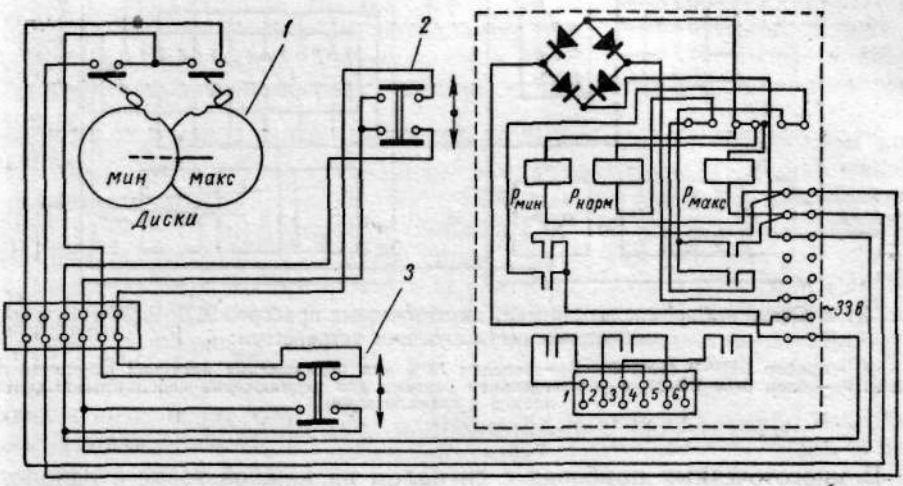


Рис. XI.1. Трехпозиционное регулирующее устройство многоточечных приборов ЭПП и ЭМП:

1 — управляющее устройство; *2* — контактная группа исполнительного переключателя; *3* — контактная группа разрешающего переключателя

равной 0. Блок БР-02 применяется для 12 каналов при двухпозиционном регулировании с зоной нечувствительности равной 0. Примеры схем внешних соединений с блоками приведены на рис. XI.2 и XI.3.

Питание блоков осуществляется от сети 220 *в*, 50 *гц*. Потребляемая мощность 50 *в·а*. Монтаж блоков настенный. Габаритные размеры блоков: 332×420×141 *мм*.

В электронных приборах ПЭД и МЭД, ЭП и ЭМ (завода «Теплоприбор», Челябинск) сигнальное устройство состоит из узла сигнальных контактов и задающего диска. Позиционное регулирование обеспечивается при помощи блока реле ППР-1М, смонтированного в отдельной приставке габаритами: 120×142×116 *мм*. В зависимости от схемы включения ППР-1М и прибора обеспечивается: двухпозиционное регулирование с минимальной фиксированной зоной нечувствительности; трехпозиционное регулирование с настраиваемой зоной включения среднего контакта. В этом варианте блок реле связан с прибором пятью проводами.

Приборы ПСР1, МСР1 и ДСР с двухконтактными устройствами имеют один или два указателя задачи. При одном указателе один из контактов замкнут от начала шкалы до значения, на которое установлен задатчик, второй контакт замкнут от местоположения задатчика до конца шкалы. При двух указателях задачи контакты замкнуты от начала шкалы до

левого указателя и от правого указателя до конца шкалы. Трехконтактные устройства имеют зону «норма» 0—20% шкалы.

В многоточечных приборах трехпозиционное регулирование обеспечивается только для одной точки. Зона «норма» составляет 0—80% шкалы. Задатчик перемещается в пределах 5—95% шкалы.

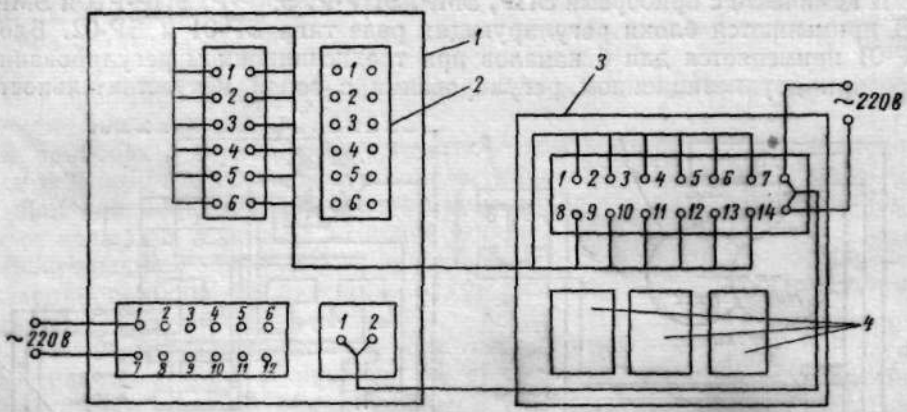


Рис. XI.2. Схема внешних подсоединений шеститочечных приборов ЭПР-Р (ЭМР-Р) с трехпозиционным регулирующим устройством:

1 —прибор ЭПР-Р (ЭМР-Р); *2* — колодка № 4 для подключения датчиков измерительной схемы; *3* — блок реле БР-01; *4* — штепсельные разъемы для подключения исполнительных механизмов и сигнализации

В многоточечных приборах с сигналом на каждой точке с однопозиционным устройством без блокировки контакт включается (выключается) на той измеряемой точке, на которой измеряемая величина больше (меньше) допустимого значения.

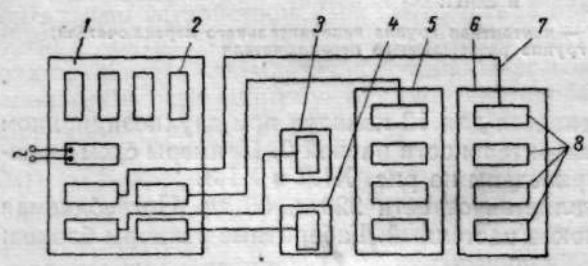


Рис. XI.3. Схема внешних подсоединений 24-точечных приборов с двухпозиционным регулирующим устройством ЭПР-РД (ЭМР-РД):

1 — прибор ЭПР-РД (ЭМР-РД); *2* — колодки для подключения датчиков измерительной схемы; *3* — блок задания БЗ-01 на 1—12 каналы; *4* — блок задания БЗ-01 на 13—24 каналы; *5* — блок БР2-02 на 1—12 каналы; *6* — блок реле БР2-02 на 13—24 каналы; *7* — многожильный кабель; *8* — штепсельные разъемы для подключения исполнительных механизмов и сигнализации

Двухпозиционное сигнальное устройство без блокировки отличается от однопозиционного наличием второго контакта, размыкаемого при превышении допустимого значения. В многоточечных приборах с блокировкой встроено самоблокирующее реле. Контакт замкнут, если одна из точек превышает допустимое значение. Сброс сигнала осуществляется вручную выключателем, установленным на крышке прибора.

Миниатюрные приборы ПСМР-2, МСМР-2 и ДСМР-2 имеют двухконтактное устройство, обеспечивающее зону «норма» (0—80% шкалы), в которой оба контакта разомкнуты.

Вторичные приборы ВФСМ, ЭПСМ, МФСМ и т. п. частотно-ферродинамической системы (см. гл. XIV, § 3) оснащаются трехпозиционным контактным устройством.

3. Фотоэлектрические контактные устройства

Фотоэлектрическое контактное устройство применяется в приборах типа МСЩПр-018, МСЩПр-010, МР1-02М и ЛР1-02М (см. гл. I, § 4). На рис. I.9 представлена схема самопишущего милливольтметра с трехпозиционным устройством. Перемещение стрелки с флажком за пределы задания приводит к перекрытию светового потока от осветителя к фотосопротивлению. Электрическое сопротивление последнего возрастает, и в результате последовательно включенное с фотосопротивлением реле обесточивается. В приборах ТСГ-718-ПЭ, ТПГ-188 (см. гл. I, § 2), ДП-718, ДП-778 и ДСП-778 (см. гл. III, § 8 и 9) фотосопротивления включены в цепь электронного реле. В нормальном положении флажок закрывает оба фотосопротивления. При отклонении стрелки за допустимые пределы освещается одно из фотосопротивлений и срабатывает электронное реле (блок реле).

Блок реле монтируется в отдельном пылебрызгонепроницаемом корпусе. Блок реле приборов завода «Теплоконтроль» (Казань) связан с прибором кабелем длиной 1200—1500 *мм* (поставляется комплектно). Питание (220 *в*, 50 *гц*) блока реле прибора ТПГ-188 подводится к штепсельному разъему (к одному из двух) связи с прибором (см. рис. I.3) .

Питание (220 *в*, 50 *гц*) блока реле самопишущего термометра и дифманометров подается к корпусу приборов. На крышке дифманометров и самопишущего термометра смонтированы три сигнальные лампы, включающиеся от блока реле.

§ 2. СИГНАЛИЗАТОРЫ И ПОЗИЦИОННЫЕ РЕГУЛЯТОРЫ АППАРАТНЫЕ

1. Сигнализаторы температуры

По принципу действия выпускаемые промышленностью сигнализаторы температуры разделяются на ртутные, манометрические, биметаллические, дилатометрические и термисторные.

Ртутные сигнализаторы температуры. Эти сигнализаторы представляют собой жидкостно-стеклянные термометры палочного типа, снабженные впаянными в капилляр рабочими и соединительным контактами. Технические характеристики бесшкальных сигнализаторов температуры — термоконтакторов ТК1—ТК4 — приведены в табл. XI.3; интервалы установки рабочих контактов двухконтактных термоконтакторов ТК-3 и ТК-4 даны в табл. XI.4.

Допустимые отклонения от номинальной температуры контактирования при установке контактов в интервале от 0 до +100° С составляют ±2° С; от 101 до 200° С — ±3° С; от 201 до 300° С — ±5° С. Разрывая мощность контактов ТК1—ТК4 не более 2 *вт* при силе тока до 0,2 *а* (при омической нагрузке) и до 0,07 *а* (при индуктивной нагрузке). В измеряемую среду термоконтакторы погружаются до нижнего контакта; угловые с точкой контактирования выше 100° С рассчитаны на погружение до изгиба. Для присоединения соединительных проводов к выводам платины припаиваются провода сечением 0,07—0,35 *мм*^{2} длиной 150—200 *мм* марки МГШДО, ПМВГ, МГШВ или др.

Характеристики контактных устройств шкальных ртутных термометров по ГОСТ 9871—61 с контактным устройством ТЗК — с заданной температурой контактирования и ТПК — с магнитной регулировкой положения рабочего контакта приведены в табл. XI.5.

Таблица XI.3

Технические характеристики термоконтакторов ТК-1—ТК-4

Тип	Исполнение	Количество рабочих контактов	Интервал установки рабочих контактов в °С	Длина прямого термоконтактора или верхней части изогнутого в *мм*	Длина нижней части изогнутого термоконтактора в *мм*
ТК-1	Прямой	1	—5÷+70	50; 60; 70; 80	—
			0—100	90; 100; 110; 120; 130; 140; 150; 165; 180; 200; 220; 240; 260; 280; 300	
			100—150	145; 155; 175; 190; 215	
			100—200	235; 255; 280	
			100—300	285; 310	
ТК-2	Угловой, 90°	1	—5÷+70	50; 60; 70; 80	50; 60; 70 80; 100; 120; 150; 180; 210; 250; 300
			0—100	90; 100; 110; 120; 130; 140; 150; 165; 180; 200; 220; 240; 260; 280; 300	
			100—150	150; 160; 175; 190; 210	
			100—200	230; 250; 260	
			100—300	285; 300	
ТК-3	Прямой	2	0—100	90; 100; 110; 120; 130; 140; 150; 165; 180; 200; 220; 240; 260; 280; 300	—
			100—150	150; 160; 175; 195; 210	
			100—200	230; 250; 270	
			100—300	290; 310	
ТК-4	Угловой, 90°	2	0—100	90; 100; 110; 120; 130; 140; 150; 160; 180; 200; 220; 240; 260; 280; 300	50; 60; 70; 80; 100; 120; 150; 180; 210; 250; 300
			100—150	160; 170; 180; 200	
			100—200	220; 240; 260	
			100—300	280; 300	

Таблица XI.4

Интервалы установки рабочих контактов ТК-3 и ТК-4

Интервал установки контактов в °С	ТК-3		ТК-4	
	Пределы измерений в °С	Длина в *мм*	Пределы измерений в °С	Длина в *мм*
20	0—100	⩽200	0—100	⩽100
30	0—100	>200	0—100	>100
30	100—150	150—210	100—150	160—200
40	100—200	230—270	100—200	220—260
50	100—300	290; 310	100—300	280; 300

Таблица XI.5

Характеристики контактных устройств шкальных контактных термометров

Тип	Шкала в °С	Количество рабочих контактов	Интервал установки рабочих контактов в °С	Наименьший интервал между контактами в °С	Основная погрешность срабатывания в °С
ТЗК (прямой и угловой)	0—50	2 или 3	5—45	5	±1
	0—100		10—90	10	
	0—200		20—180	20	+1 или −2
	0—300		50—250	30	±2
ТПК (прямой и угловой)	−30÷+70 0—50	1	В пределах всей шкалы	—	±1
	0—100 50—100 50—150 100—200				±2
	150—250 200—300				±4

Узел настройки термометра ТПК на заданную температуру контактирования состоит из винта, вращаемого магнитом, и овальной гайки с закрепленным в ней вольфрамовым контактом, входящим своим концом в капилляр. Конструкции защитных оправ для контактных термометров не стандартизированы и серийно промышленностью не выпускаются.

Изготовитель: Клинский термометровый завод.

Манометрические сигнализаторы температуры. Сигнализаторы предназначены для контроля неагрессивных жидкостей и газов.

В агрессивной среде термобаллон должен быть защищен гильзой. Замыкание или размыкание контактов манометрических сигнализаторов

Таблица XI.6

Технические характеристики манометрических дистанционных сигнализаторов температуры

Тип	Пределы настройки в °С	Дифференциал в °С	Основная погрешность срабатывания в °С	Работа контактов	Разрывная мощность контактов	Температура окружающей среды в °С	Габаритные размеры в *мм*	Завод-изготовитель
ТДД-30	−30÷−5	—	±1,5	Один контакт замыкается или размыкается при понижении температуры	300 *в·а* при напряжении 220 *в* переменного тока	5—40	142×122××105	Львовский завод радиоэлектронной медаппаратуры
ТДД-31		3,5—10 (Р)* или 2,5 (НР)						
ТДД-40	−10÷+15	—	±1					
ТДД-41		3,5—10 (Р) или 2,5 (НР)						
ТДД-50	5—30	—						
ТДД-51		3,5—10 (Р) или 2,5 (НР)						
ТДД-60	20—50	—						
ТДД-61		3,5—10 (Р) или 2 5 (НР)						
ТРД-3	−25÷0 или −20÷+8	2—8	±1	Один контакт размыкается при понижении температуры	150 *в·а* при 380 *в* переменного тока и индуктивной нагрузке; 50 *вт* при 320 *в* постоянного тока и безиндуктивной нагрузке	10—45	134×202××79	Тартуский приборостроительный завод

* Р — регулируемый, НР — нерегулируемый.

происходит в результате изменения давления насыщенных паров жидкости внутри замкнутой термосистемы при изменении ее температуры. В качестве наполнителя термосистемы используется фреон-12, фреон-22, хлорметил, хлорэтил, этиловый спирт и другие низкокипящие жидкости.

У дистанционных сигнализаторов чувствительный элемент — термобаллон удален от собственно прибора и связан с последним капилляром. У камерных — чувствительный элемент механически связан с прибором и прибор устанавливается непосредственно у места измерения температуры. Технические характеристики сигнализаторов приведены в табл. XI.6, XI.7 и XI.8.

Таблица XI.7

Технические характеристики манометрических камерных сигнализаторов температуры

Тип	Пределы настройки в °С	Дифференциал в °С*	Основная погрешность срабатывания в °С	Работа контактов	Разрывная мощность контактов	Температура окружающей среды в °С**	Габаритные размеры в мм	Завод-изготовитель
ТДК-50	15—25	—	±0,8	Один контакт замыкается или размыкается при понижении температуры	300 *в·а* при напряжении 220 *в* переменного тока	5—40	140×80×78	Львовский завод радиоэлектронной медицинской аппаратуры
ТДК-51		3,5—10 (Р) или 1 (НР)						
ТДК-60	10—30	—	±1,0					
ТДК-61		3,5—10 (Р) или 1 (НР)						
ТРЭ-1	—	3	±1,5	—	50 *вт* при 50 *в* постоянного тока и максимальном токе 1 *а*	—50÷+40	175×214×135	Тартуский приборостроительный завод
ТРЭ-3							175×320×135	

* Р — регулируемый, НР — нерегулируемый.
** Допустимая относительная влажность окружающей среды для ТРЭ до 95%.

Терморегуляторы двухпозиционные ТДД (дистанционный) и ТДК (камерный) применяются в установках бытового и технологического кондиционирования. Конструкция терморегулятора ТДД со снятой крышкой представлена на рис. XI.4. Чувствительным устройством терморегулятора ТДД является замкнутая термосистема, состоящая из термобаллона *1*, капилляра *2* и сильфона *3*. Настройка терморегулятора производится установкой указателя *4*.

Терморегулятор ТДК отличается от описанного выше отсутствием термобаллона и капилляра. Изменение температуры окружающей среды воспринимается непосредственно сильфоном, содержащим низкокипящую жидкость.

Термореле ТРД-3 применяется для регулирования температуры холодильной установки. Термосистема прибора выпускается в одном из двух исполнений: с гладким цилиндрическим термобаллоном — для жидкой среды и с ребристым термобаллоном для воздуха.

Таблица XI.8

Длины соединительных капилляров и габаритные размеры термобаллонов дистанционных манометрических сигнализаторов температуры

Тип	Длина капилляра в *м*	Размеры термобаллона в *мм*	
		Диаметр	Длина
ТДД-30 ТДД-31 ТДД-40 ТДД-41 ТДД-50 ТДД-51 ТДД-60 ТДД-61	1,6—10	18	360 (для газа) 150 (для жидкости)
ТРД-3	2,5	12 (гладкий) 32/12 (ребристый)	155

Биметаллические сигнализаторы температуры. Технические характеристики биметаллических сигнализаторов приведены в табл. XI.9.

Чувствительным элементом сигнализаторов является биметаллическая пружина (пластина, спираль). На рис. XI.5, *а* представлена конструкция терморегулятора РБ-1 (терморегуляторы РБ-3 и Т-50 конструктивно аналогичны; конструкция РБ-5 отличается от описанной ниже незначительно). При повышении температуры измеряемой среды (воздуха или других неагрессивных газов) биметаллическая пластина изгибается, производя при этом замыкание или размыкание контакта.

Температурное реле РБ-7 (с двумя контактами) применяется для работы в комплекте с промежуточным электромагнитным реле ПЭ-16, включенным по схеме рис. XI.5, *б*. Разрывная мощность контактов реле РБ-7 6 *в·а* при 220 *в*, 50 *гц*.

Терморегулятор ТРГ-1 снабжен постоянным магнитом, который, выполняя роль пружины, при повышении температуры до значения настройки удерживает контакт в замкнутом состоянии. Терморегулятор ТРГ-1 имеет две уставки регулирования температуры: на отметке шкалы «выше» уставка размыкания контактов 45 ± 5° С, уставка замыкания 30 ± ± 5° С, на отметке шкалы «ниже» — уставка размыкания 18 ± 5° С, замыкания — 9 ± 6° С.

Термовыключатель АД155М выпускается с защитным колпачком и без него. Модификация *А* выпускается с контактами, которые размыкаются при заданной температуре воздуха; модификация Б — с контактами, которые замыкаются при заданной температуре воздуха. Значения температур замыкания и размыкания контактов АД155М при скорости нагрева и охлаждения воздуха не более 6° С в *мин* и при скорости потока воздуха, омывающего термовыключатель, не более 50 *м/сек* приведены в табл. XI.10.

Терморегулятор ТР-4 применяется для включения (при температуре 3—15° С) и выключения (при температуре не более 30° С) цепи электронагревателей малой мощности в устройствах подогрева в емкости. Разность между температурой включения и выключения не менее 7° С.

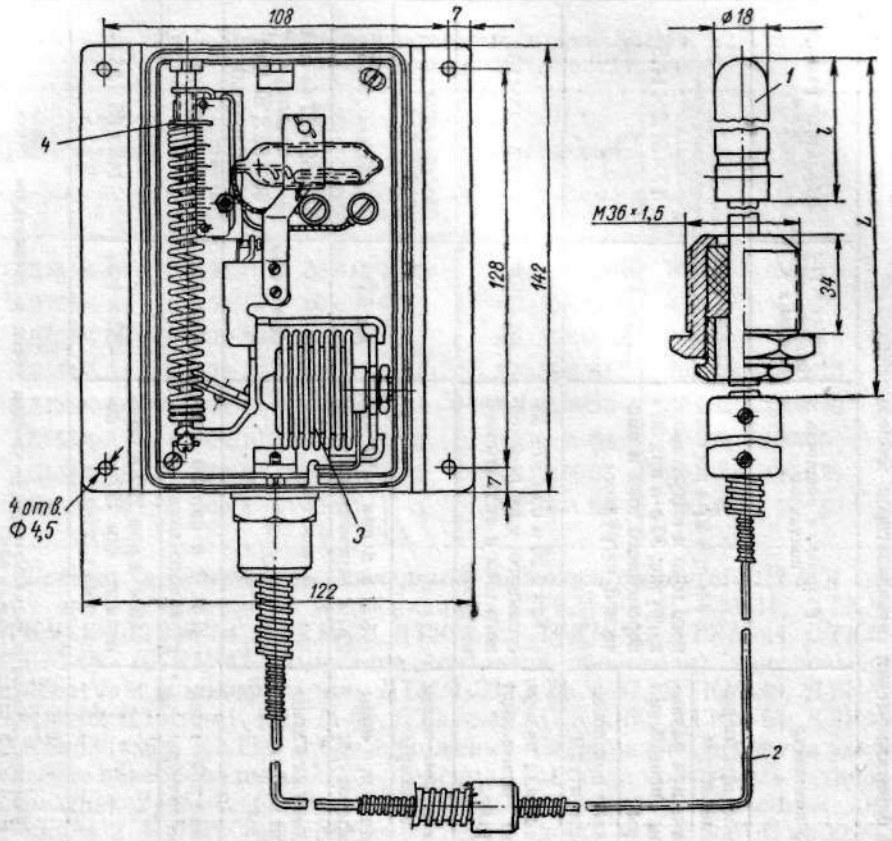


Рис. XI.4. Терморегулятор двухпозиционный дистанционный ТДД для жидкости $l = 150$ *мм*, $L = 250$ *мм*; для газа $l = 360$ *мм*, $L = 460$ *мм*

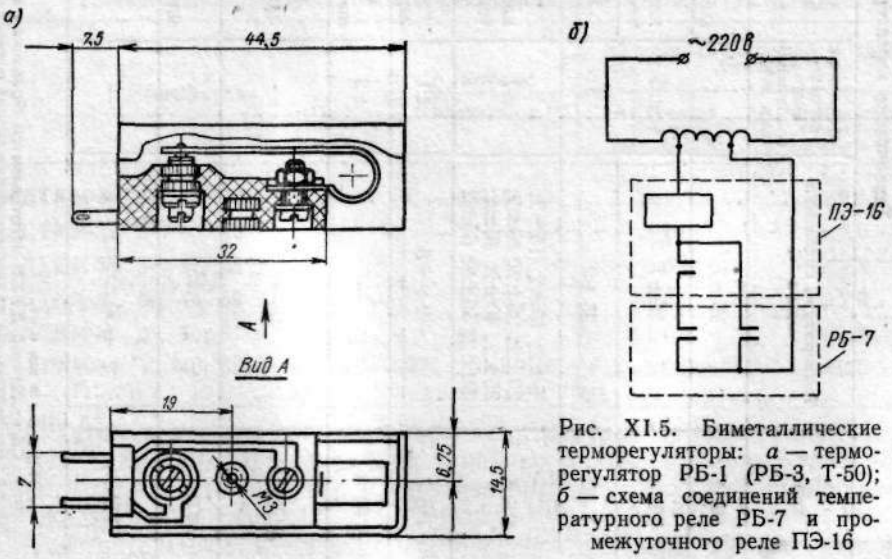


Рис. XI.5. Биметаллические терморегуляторы: *а* — терморегулятор РБ-1 (РБ-3, Т-50); *б* — схема соединений температурного реле РБ-7 и промежуточного реле ПЭ-16

Таблица XI.9

Технические характеристики биметаллических сигнализаторов температуры

Тип	Температура срабатывания в °С	Основная погрешность срабатывания в °С	Работа контактов	Разрывная мощность контактов	Температура окружающей среды в °С	Габаритные размеры в *мм*
РБ-1	20±7	±5	Замыкание при повышении температуры	5 *вт* при 27 *в* постоянного тока и индуктивной нагрузке; 30 *в·а* при 36 *в* переменного тока и омической нагрузке	—40÷+50	17×51,5×14,5
РБ-3	25±7		Замыкание или размыкание при повышении температуры		—60÷+50	
Т-50	35±2		Размыкание при повышении температуры			
РБ-5	5±2; 10±2; 15±2; 20±2; 25±2; 30±2; 35±2; 40±2; 45±2; 50±2; 55±2; 60±2	±7	Замыкание или размыкание при повышении температуры	Ток 0,25 *а* при 50 *в* постоянного или переменного тока и индуктивной нагрузке	—60÷+85	17,5×27×10
РБ-7	—2÷+6	±1	Замыкание при понижении температуры	—	—	45×90×44
ТРГ-1	—	±3	Размыкание при повышении температуры	500 *в·а* при 127 или 220 *в* переменного тока	До 55°	130×60×115
АД155М	—	—	Размыкание или замыкание при повышении температуры	—	—60÷+265	36×52×27 (с колпачком) 36×52×20 (без колпачка)
ТР-4	—	—	Замыкание при понижении температуры	Ток 2 *а* при 30 *в* постоянного тока	—60÷+50	32×16×12
ДТКМ	—30±+50	—	—	50 *в·а* при 220 *в* переменного или 127 *в* постоянного тока	—30÷+50	115×85×55

Примечания:
1. Сигнализатор ДТКМ изготовляется Орловским заводом приборов; остальные сигнализаторы — заводом «Реле и автоматики», Киев.
2. Относительная влажность окружающей среды для РБ-1, РБ-7 и АД155М составляет 98%.

Таблица XI.10

Характеристики термовыключателей АД155М

Модификация	Температура замыкания контактов в °С	Температура размыкания контактов в °С	Наибольший ток через контакты в *а*	Модификация	Температура замыкания контактов в °С	Температура размыкания контактов в °С	Наибольший ток через контакты в *а*
АД155М-А1	40±10	50±10	13	АД155М-А10	80+10	130+10	2
АД155М-А2	40±10	80±10	2	АД155М-А11	40+10	50±10	13
АД155М-А3	170±30	200+50	2	АД155М-А12	40±10	50+10	13
АД155М-А4	150±10	180±10	2	АД155М-Б1	70±10	60±10	25
АД155М-А6	30±10	40±10	1	АД155М-Б3	250+15	180+40	2
АД155М-А7	120±10	210±10	1	АД155М-Б4	40±5	30±5	2
АД155М-А8	80±5	110±5	2	АД155М-Б5	180±20	130±20	2
АД155М-А9	30±5	40±5	1	АД155М-Б6	70±10	55±10	1

Датчик температуры камерный модернизированный ДТКМ имеет одну пару контактов. В модификациях ДТКМ-30, ДТКМ-31, ДТКМ-32, ДТКМ-33, ДТКМ-34, ДТКМ-35, ДТКМ-42, ДТКМ-43, ДТКМ-44, ДТКМ-45, ДТКМ-46, ДТКМ-47 замыкание контактов происходит при повышении температуры; в модификациях ДТКМ-36, ДТКМ-37, ДТКМ-38, ДТКМ-39, ДТКМ-40, ДТКМ-41, ДТКМ-48, ДТКМ-49, ДТКМ-50, ДТКМ-51, ДТКМ-52, ДТКМ-53 (табл. XI.11) — при понижении. Заданная температура устанавливается поворотом шкалы. Дифференциал датчика может быть установлен в пределах 2—8° С. Обычно датчики выпускаются со значением дифференциала 2 ± 0,5° С на средней отметке шкалы и 3 ± 0,5° С на крайних отметках шкалы.

Таблица XI.11

Технические характеристики модификаций датчика температуры ДТКМ

Модификация	Пределы регулируемых температур в °С	Допустимая погрешность срабатывания	
		на средней отметке шкалы в °С	на крайних отметках шкалы в °С
ДТКМ-30, 36, 42, 48	—30—0	±1,0	±2,5
ДТКМ-31, 37, 43, 49	—10÷+10	±1,0	±2,0
ДТКМ-35, 41, 47, 53	0—30	±0,5	±2,5
ДТКМ-32, 38, 44, 50	10—30	±0,5	±2,0
ДТКМ-33, 39, 45, 51	15—25	±0,5	±1,5
ДТКМ-34, 40, 46, 52	20—50	±0,5	±2,5

Дилатометрические сигнализаторы температуры. Приборы (табл. XI.12) построены на принципе изменения линейных размеров твердых тел в зависимости от их температуры. Сигнализаторы (бесшкальные) выпускаются для жидкостей и газов.

Чувствительным элементом *температурного реле ТР-200* является дилатометрическое устройство, состоящее из латунной трубки *1*,

Таблица XI.12

Технические характеристики дилатометрических сигнализаторов температуры

Тип	Пределы настройки в °С	Основная погрешность срабатывания в °С	Работа контактов	Разрывная мощность контактов	Габаритные размеры в *мм*	Завод-изготовитель
ТР-200	25—200	До 5 при скорости изменения температуры не более 0,5 *град/мин*	Один контакт размыкается при повышении температуры	5 *вт* при 220 *в* постоянного тока и индуктивной нагрузке; 30 *в·а* при 220 *в* переменного тока	136×44×44	Завод «Реле и автоматики», Киев
ДЖК-2	70—90 (по спецзаказу 4—90)	±0,8	Один переключающий	Ток размыкания 0,2 *а* при 380 *в* переменного тока; длительный ток 3 *а*	125×600×66	«Текстильмашприбор», Москва

имеющей большой коэффициент линейного расширения, и инварных пружин *2* с малым коэффициентом линейного расширения (рис. XI.6). На агрегате реле должно устанавливаться так, чтобы его трубка полностью находилась в зоне контролируемой среды. Часть корпуса реле, погружаемого в контролируемую среду, герметична и имеет защитное покрытие. Максимальная разница между температурами размыкания и замыкания контактов, обусловленная в основном тепловой инерционностью, при скорости изменения температуры 0,5 *град/мин* составляет не более 5° С.

Дилатометрический жезл контактный ДЖК-2 поставляется как самостоятельное изделие и в комплекте электрического регулятора температуры шлихты в корпусе шлихтовальной машины. Глубина погружения дилатометрического чувствительного элемента (жезла) составляет 500 *мм*.

Термисторные сигнализаторы температуры. Чувствительным элементом этого типа сигнализаторов является термистор, у которого с повышением температуры значительно уменьшается омическое сопротивление (инерционность их ниже, чем у ртутных термометров). Термистор включается в одно из плеч моста переменного тока. В диагональ моста включается усилитель тока, выполненный на полупроводниковых триодах, у которого фаза выходного сигнала зависит от знака изменения регулируемой температуры. На выходе усилителя включены реле. Технические характеристики термисторных сигнализаторов температуры приведены в табл. XI.13.

Полупроводниковый двухпозиционный регулятор температуры ПТР-2 и трехпозиционный ПТР-3 предназначены для неагрессивных жидкостей и газов, находящихся под давлением до 5 *кгс/см*^{2}; применяются для позиционного регулирования температуры установок технологического кондиционирования, холодильной техники.

Термосистема ПТР-2 и ПТР-3 может быть погружного и камерного типов. Для термосистем погружного типа глубина погружения 170; 220; 320; 420; 770 *мм*. Длина соединительных проводов прибора с термосистемой погружного типа 3 ± 0,1 *м*, при дистанционности свыше 3 *м* появляется дополнительная погрешность по шкале температур и дифференциала.

Пределы настройки регуляторов типа ПТР:

Модификация	Пределы настройки в °С
ПТР-2-01; ПТР-3-02	—30÷—5
ПТР-2-02; ПТР-3-03	—10÷+15
ПТР-2-03; ПТР-3-04	5—35
ПТР-2-04; ПТР-3-05	30—60

Основная погрешность срабатывания 1° С, пределы настройки дифференциала 0,5—5° С.

Двухпозиционный регулятор ПТР-2 выполняется в двух вариантах: вариант А — с замыканием контакта при повышении температуры,

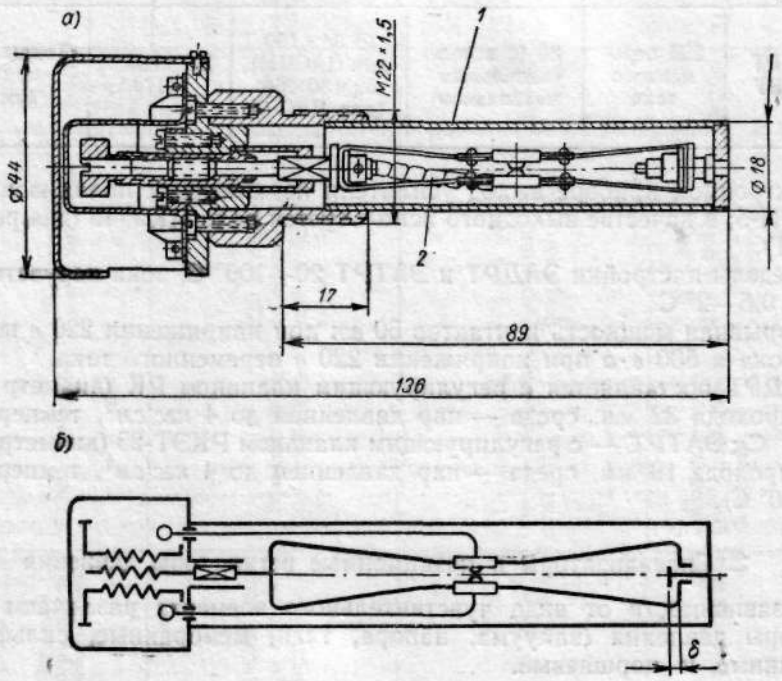


Рис. XI.6. Дилатометрические температурные реле ТР-100 и ТР-200: *а* — общий вид; *б* — схема устройства

вариант Б — с замыканием контакта при понижении температуры. Контакты двух выходных реле трехпозиционного регулятора ПТР-3 могут обеспечивать подачу сигналов «выше», «ниже» и «норма». Дифференциал команд «выше» и «ниже» не превышают 40% от значения полного дифференциала, установленного на шкале.

Разрывная мощность контактов 50 *вт* при напряжении 220 *в* постоянного тока и 500 *в·а* при напряжении 220 *в* переменного тока. Допустимая температура окружающей среды от 5 до 35° С.

В комплект *электронного автоматического регулятора температуры двухпозиционного ЭАДРТ и трехпозиционного ЭАТРТ* входит термисторный датчик, электронный прибор и регулирующий клапан. Для контроля жидкой среды применяется датчик—ДАС-1П, для контроля газообразной—ДВС-1 (с термосопротивлением ММТ-1 при влажности среды до 80% и ММТ-4 при влажности среды свыше 80%). В случае контроля агрессивной среды датчик помещается в герметичный корпус из нержавеющей стали.

Таблица XI.13

Технические характеристики термисторных сигнализаторов температуры

Тип	Напряжение питания в *в*	Потребляемая мощность в *в·а*	Габаритные размеры в *мм*		Изготовитель
			термопатрона	регулятора	
ПТР-2	220 или 127 переменного тока	7	∅16	167×106×108	Орловский завод приборов
ПТР-3				167×106×114	
ЭАДРТ ЭАТРТ	220 переменного тока	80 (с исполнительным механизмом)	∅ 32×150 (для ДАС-III), 32×30×68 (для ДВС-1)	250×250×170	«Текстильмашприбор», Москва

В электронном приборе выход усилителя подключен к поляризованному реле РП-5; в качестве выходного используется реле МКУ-48 (два реле для ЭАТРТ).

Пределы настройки ЭАДРТ и ЭАТРТ 20—100° С, зона нечувствительности 0,5—2° С.

Разрывная мощность контактов 50 *вт* при напряжении 220 *в* постоянного тока и 500 *в·а* при напряжении 220 *в* переменного тока.

ЭАДРТ поставляется с регулирующим клапаном РК (диаметр условного прохода 32 *мм*, среда — пар давлением до 4 *кгс/см²*, температурой до 180° С); ЭАТРТ — с регулирующим клапаном РКЭТ-25 (диаметр условного прохода 19 *мм*, среда — пар давлением до 4 *кгс/см²*, температурой до 180° С).

2. Сигнализаторы и позиционные регуляторы давления

В зависимости от вида чувствительного элемента различают сигнализаторы давления (вакуума, напора, тяги) мембранные, сильфонные, пружинные и поршневые.

Мембранные сигнализаторы давления. Предназначены для контроля жидкостей и газов. Чувствительным элементом является эластичная мембрана. Технические характеристики мембранных сигнализаторов приведены в табл. XI.14.

В сигнализаторе падения давления СПДМ (рис. XI.7, *а*). Плоская мембрана *8* связана при помощи штока *3* с ртутным выключателем *7*, который замыкается при снижении давления. Настройка производится регулировочной гайкой *6*. Для ручного выключения сигнализатора имеется специальный механизм *1*.

К мембранным сигнализаторам давления относятся *датчики-реле напора и тяги*: 1) Д3 — датчик-реле повышения напора; 2) Д4 — датчик-реле понижения напора; 3) Д5 — датчик-реле повышения тяги; 4) Д6 — датчик-реле понижения тяги. Датчики-реле предназначены для контроля и сигнализации напора или тяги рабочей среды (жидкости или газа) при температуре —30 ÷ +60° С. Приборы имеют шкалу настройки верхнего и нижнего предела срабатывания и шкалу настройки дифференциала. Подвод импульса от контролируемой среды осуществляется в нижнюю камеру для реле напора и в верхнюю камеру для реле тяги.

Таблица XI.14

Технические характеристики мембранных сигнализаторов давления

Тип	Пределы настройки в *кгс/м²*	Дифференциал в *кгс/м²*	Максимально допустимое давление в *кгс/м²*	Основная погрешность срабатывания	Работа контактов	Разрывная мощность контактов	Температура окружающей среды в °С**	Габаритные размеры в *мм*	Завод-изготовитель
СПДМ-100	20—100	10—50 *	1000	±2% от верхнего предела настройки	Замыкание при понижении давления	500 *вт* при 220 *в* переменного и постоянного тока и безындуктивной нагрузке	—10—+40	375×238×220	«Теплоприбор» Улан-Удэ
СПДМ-300	50—300	25—110 *							
СПДМ-500	100—500	50—200 *	2500					375×213×170	
СПДМ-800	200—800	70—280 *							
СПД-I	По давлению —10÷+100	—	300	До 1 *кгс/м²*	Переключение при понижении давления	3 *в·а* при 24 *в* постоянного и переменного тока	5—60	320×218×218	МЗТА
СПД-II	По перепаду давления 0—100							335×218×218	
АПДТ	50—150	До 30	200**	±5 *мм. вод. ст.*	Переключение при повышении давления	20 *вт* при 220 *в* постоянного тока и омической нагрузке	5—50	244×218×236	

* Значения пределов настройки дифференциала СПДМ приведены для средних отметок шкалы.
** Максимальная температура среды, поступающей в сигнализатор, до 50° С.

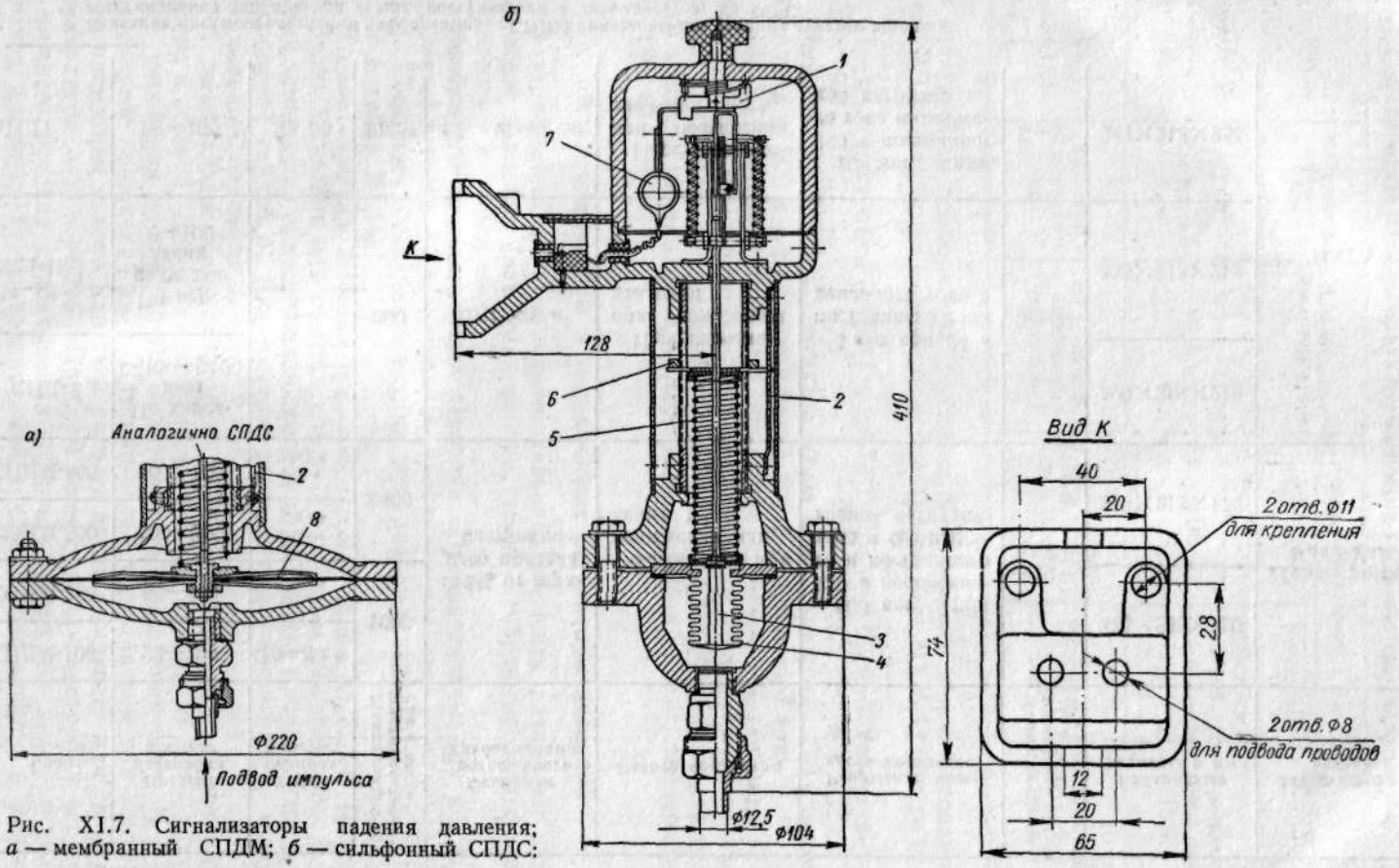


Рис. XI.7. Сигнализаторы падения давления; *а* — мембранный СПДМ; *б* — сильфонный СПДС:

1 — механизм ручного выключения; *2* — шкала задатчика; *3* — шток; *4* — сильфон; *5* — настроечная пружина; *6* — регулировочная гайка; *7* — ртутный выключатель; *8* — мембрана

Сигнализатор падения давления СПД предназначен для сигнализации падения или нарастания давления или разрежения (СПД-I) и перепада давления (СПД-II) неагрессивного газа.

В сигнализаторе СПД-I измеряемый параметр подается в полость над мембраной. Полость под мембраной сообщается с атмосферой. Сигнализатор СПД-II отличается от сигнализатора СПД-I наличием разделительной мембраны между нижней полостью и внешней средой.

Автомат защиты от повышения давления АПДТ (рис. XI.8) применяется в схемах защиты котлоагрегата от повышения давления в топке при разрыве кипятильных или экранных труб. Чувствительным элементом автомата является резиновая мембрана *3*, разделяющая мембранную камеру на две полости: верхнюю, подключенную к топочному пространству котла, и нижнюю, соединенную с атмосферой. В нижней камере установ-

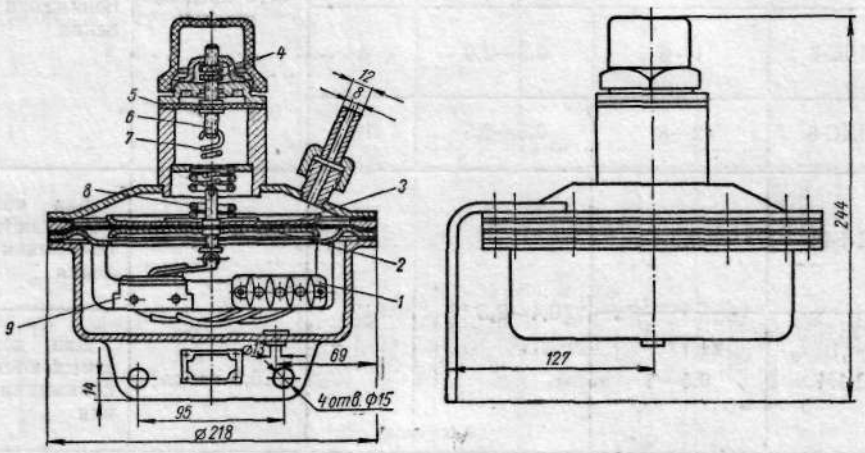


Рис. XI.8. Автомат защиты от повышения давления в топке АПДТ:
1 — колодка зажимов; *2* — жесткий центр мембраны; *3* — мембрана; *4* — гайки; *5* — мембрана; *6* — шток; *7* — пружина растяжения; *8* — пружина сжатия; *9* — микропереключатель

лен микропереключатель *9*, имеющий один переключающий контакт. Заданное давление устанавливается гайкой *4*.

Сильфонные сигнализаторы давления. Предназначены для контроля жидкостей и газов. Действие сильфонных сигнализаторов давления основано на уравновешивании контролируемого давления, действующего на свободный конец сильфона, силами упругих деформаций пружины и сильфона. При перемещении сильфона (при изменении давления) переключаются контакты прибора.

Технические характеристики сильфонных сигнализаторов давления с одним сильфоном приведены в табл. XI.15. Технические характеристики сильфонных сигнализаторов с двумя сильфонами приведены в табл. XI.16.

Сигнализатор падения давления сильфонный СПДС (рис. XI.7, *б*) применяется для сигнализации падения давления неагрессивных газов и жидкостей ниже заданной величины. Сильфонное устройство *4* воздействует на ртутный выключатель *7*. Настройка осуществляется регулировочной гайкой *6*. Снятие сигнала может быть произведено вручную с помощью механизма ручного выключения *1*.

Датчики-реле повышения давления Д1 и датчики-реле понижения давления Д2 применяются для жидкостей и газов с температурой от —40 до +60° С, не разрушающих сталь Х18Н9Т.

Технические характеристики сильфонных сигнализато

Тип	Пределы настройки в *кгс/см²*	Пределы настройки дифференциала в *кгс/см²*	Максимально допустимое давление в *кгс/см²*	Основная погрешность срабатывания	Работа контактов
СПДС-1,5	0,25—1,5	0,15—0,5	2,5	±2% от верхнего предела шкалы	Один контакт замыкается при понижении давления
СПДС-4	0,5—4	0,3—1,2	6		
СПДС-6	1—6	0,3—2,0	8		
СПДС-8	2—8	0,6—2,5	10		
РД-1-01	—0,3—4	0,4—2,5 **	12	±0,2 *кгс/см²*	Два контакта размыкаются при понижении давления
РД-1М	0,5—4			±0,3 *кгс/см²*	Два контакта замыкаются при понижении давления
РД-2-03	7—19	2—5 **	21	±0,5 *кгс/см²*	Два контакта размыкаются при повышении давления
РД-2М	5—11	1—2 **		±0,4 *кгс/см²*	
РД-3	40—660 *мм рт. ст.*	0,1—0,6	10	±4% от диапазона шкалы	Один контакт размыкается при понижении давления
РД-5	12—17	2,5	18,7		Один контакт размыкается при повышении давления

Таблица XI.15

ров давления с одним чувствительным элементом

Разрывная мощность контактов	Температура окружающей среды в °С *	Габаритные размеры в *мм*	Завод-изготовитель
500 *в·а* при 220 *в* переменного тока или 220 *в* постоянного тока и безындуктивной нагрузке	—10÷+40	410×190×115	«Теплоприбор», Улан-Удэ
150 *в·а* при 220 *в* переменного тока и индуктивной нагрузке	±50 (воздух или фреон); 0—50 (масло или другие жидкости)	145×85×61	Орловский завод приборов
		141×85×61	
150 *в·а* в цепи переменного тока и 50 *вт* в цепи постоянного тока и индуктивной нагрузке	10—65	160×218×70	Тартуский приборостроительный завод
150 *в·а* при 380 *в* переменного тока и индуктивной нагрузке	10—50	115×187×54	

Тип	Пределы настройки в *кгс/см²*	Пределы настройки дифференциала в *кгс/см²*	Максимально допустимое давление в *кгс/см²*	Основная погрешность срабатывания	Работа контактов
РД-12	От —300 *мм рт. ст.* до 3 *кгс/см²*	0,4—1,6 ***	120% от верхнего предела настройки	±4% от диапазона	Один контакт замыкается или размыкается при повышении или понижении давления
	2—8	0,75—2,75			
	2—12	1,5—4,5			
	5—20	2—7			
РД-13	10—30	3—10 ****			
	20—60	5—20			
РВК-1Т	Вакуум 460—680 *мм рт. ст.*	30 *мм рт. ст.*	5	±20 *мм рт. ст.*	Один контакт замыкается при понижении вакуума

* Допустимая относительная влажность окружающей среды для РВК-1Т до 95%.
** Погрешность настройки дифференциала РД-1-01—±0,21 *кгс/см²*, РД-1М —±0,3 *кгс/см²*.
*** Для реле РД-12, настроенных на срабатывание при повышении давления, разность между пределах настройки от —300 *мм рт. ст.* до 3 *кгс/см²* и не менее 0,5 *кгс/см²* при всех остальных при понижении давления, сумма значений давления срабатывания и дифференциала должна быть
**** Для реле РД-13, настроенных на срабатывание при повышении давления, разность между РД-13, настроенных на срабатывание при понижении давления, сумма значений давлений настрой

Реле давления РД-1-01 и РД-2-03 применяются для автоматического регулирования или защиты холодильных машин путем воздействия на пуск и останов электродвигателя компрессора при предельно допустимых давлениях всасывания, нагнетания или промежуточного давления.

Реле давления РД-1М применяется для автоматического включения и отключения станции управления автоматических водоподъемных установок.

Реле давления РД-2М — для автоматического управления работой насосной установки в водопроводах зданий повышенной этажности.

Реле давления РД-3 и РД-5 применяются для поддержания заданных значений давления в холодильных установках. Реле давления РД-3 рассчитано на контроль давления ниже атмосферного.

Реле давления РД-12 и РД-13 предназначены для контроля давления воздуха, воды, масла и фреона с температурой 5—50° С (для РД-13 до 60° С).

Реле вакуума РВК-1Т применяется для контроля вакуума в конденсаторе турбины.

Продолжение табл. XI.15

Разрывная мощность контактов	Температура окружающей среды в °С *	Габаритные размеры в *мм*	Завод-изготовитель
150 *в·а* при 380 *в* переменного тока и индуктивной нагрузке; 50 *вт* при 220 *в* постоянного тока и индуктивной нагрузке	10—50	155×93×52	Тартуский приборостроительный завод
150 *в·а* при 220 *в* переменного тока и индуктивной нагрузке; 10 *вт* при 220 *в* постоянного тока и индуктивной нагрузке		202×150×72	
150 *в·а* при 220 *в* переменного тока и индуктивной нагрузке; 30 *вт* при 110 *в* постоянного тока и безындуктивной нагрузке	—10÷+60	177×131×100	

РД-2-03 и РД-2М — ±0,35 *кгс/см²*.
значениями давления срабатывания и дифференциала должна быть не более 600 *мм рт. ст.* при пределах настройки; для реле РД-12 с пределами от 5 до 20 *кгс/см²*, настроенных на срабатывание не более 22 *кгс/см²*.
значениями давлений срабатывания и дифференциала должна быть не менее 5 *кгс/см²*; для реле ки и дифференциала должна быть не более верхнего предела диапазона настройки.

Реле давления РД-1, РД-6, РДА, РДА-2 и РД-3-01 предназначены для поддержания заданного значения давления в холодильных установках (фреоновых РД-1, РД-6 и РД-3-01 и аммиачных — РДА и РДА-2). Эти реле имеют два датчика: низкого и высокого давления (н. д. и в. д.), смонтированных в одном корпусе. Через систему рычагов оба датчика воздействуют на одно общее контактное устройство. В реле давления РД-1, РД-6 и РД-3-01 контакты размыкаются при понижении давления в блоке н. д. или при повышении давления в блоке в. д. В реле РДА контакты замыкаются при повышении, а в РДА-2 при понижении давления в блоке н. д. и размыкаются при повышении давления в блоке в. д.

Пружинный сигнализатор давления. Реле давления РДС предназначено для контроля жидкостей и газов. Чувствительным элементом реле (рис. XI.9) является сдвоенная одновитковая трубчатая пружина *4*, которая через поводок *1* и рычаг *2* воздействует на положение ртутных переключателей, срабатывающих при отклонении рабочего давления от заданного значения, в пределах 5÷25 *кгс/см²*. Максимальное статическое давление 40 *кгс/см²*. Погрешность срабатывания ±0,25 *кгс/см²*. Дифферен-

Таблица XI.16

Технические характеристики сильфонных сигнализаторов давления с двумя чувствительными элементами (Изготовитель: Тартуский приборостроительный завод)

Тип	Датчик низкого давления				Датчик высокого давления				Разрывная мощность контактов	Температура окружающей среды в °С	Габаритные размеры в *мм*
	Пределы настройки	Пределы настройки дифференциала в *кгс/см²*	Максимально допустимое давление в *кгс/см²*	Основная погрешность срабатывания	Пределы настройки срабатывания в *кгс/см²*	Дифференциал в *кгс/см²*	Максимально допустимое давление в *кгс/см²*	Основная погрешность срабатывания			
РД-1	От 550 *мм рт. ст.* до 3,8 *кгс/см²*	0,4—1,5	10	4% от диапазона настройки	6—12	До 2,5	15	4% от диапазона настройки	150 *в·а* при 380 *в* переменного тока и индуктивной нагрузке	—10÷+40	87×156×114
РД-6	От 550 *мм рт. ст.* до 4 *кгс/см²*				8—19	До 3,5	20			10—50	162×260×78
РДА	0,15—3,3 *кгс/см²*	0,4—1,2	12		14—18	До 3				—10÷+40	87×201×114
РДА-2	0,15—0,85 *ата*	0,15—0,6			5—12 *ата*		19			—10÷+50	87×200×115
РД-3-01	—0,3—4 *кгс/см²*	0,3—2,5		±0,2 *кгс/см²*	7—19	До 2	21	±0,5 *кгс/см²*	То же и 30 *вт* в цепи постоянного тока	—20÷+50	126×155×63

циал реле не регулируется и находится в пределах 3—3,5 *кгс/см²*. Разрывная мощность ртутных контактов (замыкающего и размыкающего) 300 *в·а* при напряжении 220 *в* переменного тока.

Изготовитель: Завод тепловых приборов, Рязань.

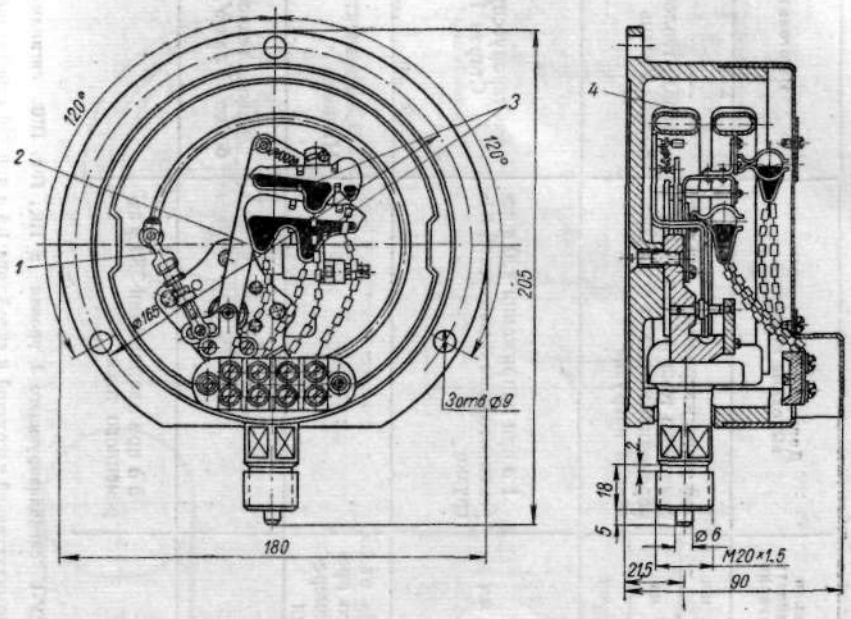


Рис. X1.9. Реле давления сигнальное РДС

3. Сигнализаторы и позиционные регуляторы уровня

Поплавковые сигнализаторы уровня. Типы и технические характеристики поплавковых сигнализаторов уровня приведены в табл. X1.17.

Сигнализатор уровня жидкости СУ-1 изображен на рис. X1.10, *а*. При изменении уровня жидкости поплавок *1* через тягу *2* и систему рычагов поворачивает ртутный переключатель *3*, который замыкает одну из трех электрических цепей и размыкает две другие цепи трех лампочек: зеленой (нормальный уровень), желтой (предупредительный), красной (аварийный). Ограничение перемещения поплавка вверх и вниз осуществляется с помощью винтов.

Реле поплавковое РМ-51 (рис. X1.10, *б*) предназначено для сигнализации двух положений уровня неагрессивной жидкости в открытых резервуарах или колодцах при помощи двух ртутных переключателей.

Реле поплавковое РП-40 (рис. X1.10, *в*) выпускается в двух модификациях: с водомерным стеклом (РП-40/1) и без водомерного стекла (РП-40/2). Заданное значение уровня устанавливается кулачками *1* и *2*, воздействующими на ртутные переключатели *3* и *4*. Ртутные переключатели при нижнем положении поплавка могут быть оба разомкнуты, оба замкнуты, один разомкнут и один замкнут.

Сигнализаторы уровня ПК, ПШ и ПФ (рис. X1.11) предназначены для сигнализации и позиционного регулирования уровня жидкости в емкостях и аппаратах как открытых, так и находящихся под давлением. Сигнализатор ПК (камерный) предназначен для наружного монтажа;

Таблица XI.17

Технические характеристики поплавковых сигнализаторов уровня *

Тип	Наибольшее давление среды в *кгс/см²*	Температура среды в °С	Расстояние между сигнализируемыми уровнями в *мм*	Основная погрешность срабатывания	Допустимый ток через выходные контакты	Изготовитель
СУ-1	5	5—60	20—150	±10 *мм*	3 *а* при напряжении 220 *в* переменного тока и 5 *а* при 127 *в* переменного тока и безындуктивной нагрузке **	Завод тепловых приборов, Рязань
РМ-51	Атмосферное		500—10 000	±50 *мм*		
РП-40	5		20—150	±20 *мм*		
ПК-16-СУ-4 ПК-16-СУВЗГ-4	16	200	0—250	±5 *мм*	1 *а* при напряжении 220 *в* переменного тока и омической нагрузке	«Староруссприбор», Старая Русса
ПФ-40-СУ-4 ПФ-40-СУВЗГ-4	40		0—365			
ПШ-64-СУ-4 ПШ-64-СУВЗГ-4	64					
РП-1065-0	Атмосферное	50	До 6000	±3,5% от верхнего предела измерения	—	«Севкавэлектроприбор», Нальчик
РП-1065-1						
СПУ-25	25	—	150—250	—	—	Завод тепловых приборов, Улан-Удэ
СПУ-64	64					
С53-51	—	10—50	540	—	3 *а* при напряжении 380 *в* переменного тока	
С57-51						

* Количество сигнализируемых уровней во всех приборах 2, кроме СУ-1 сигнализирующего 3 уровня и ПК, ПФ, ПШ, сигнализирующих 4 уровня.

** Ртутный переключатель СУ-1 рассчитан также на работу в цепи с безындуктивной нагрузкой и силой тока 1,5 *а* при 220 *в* постоянного тока и 3 *а* при 127 *в* переменного тока.

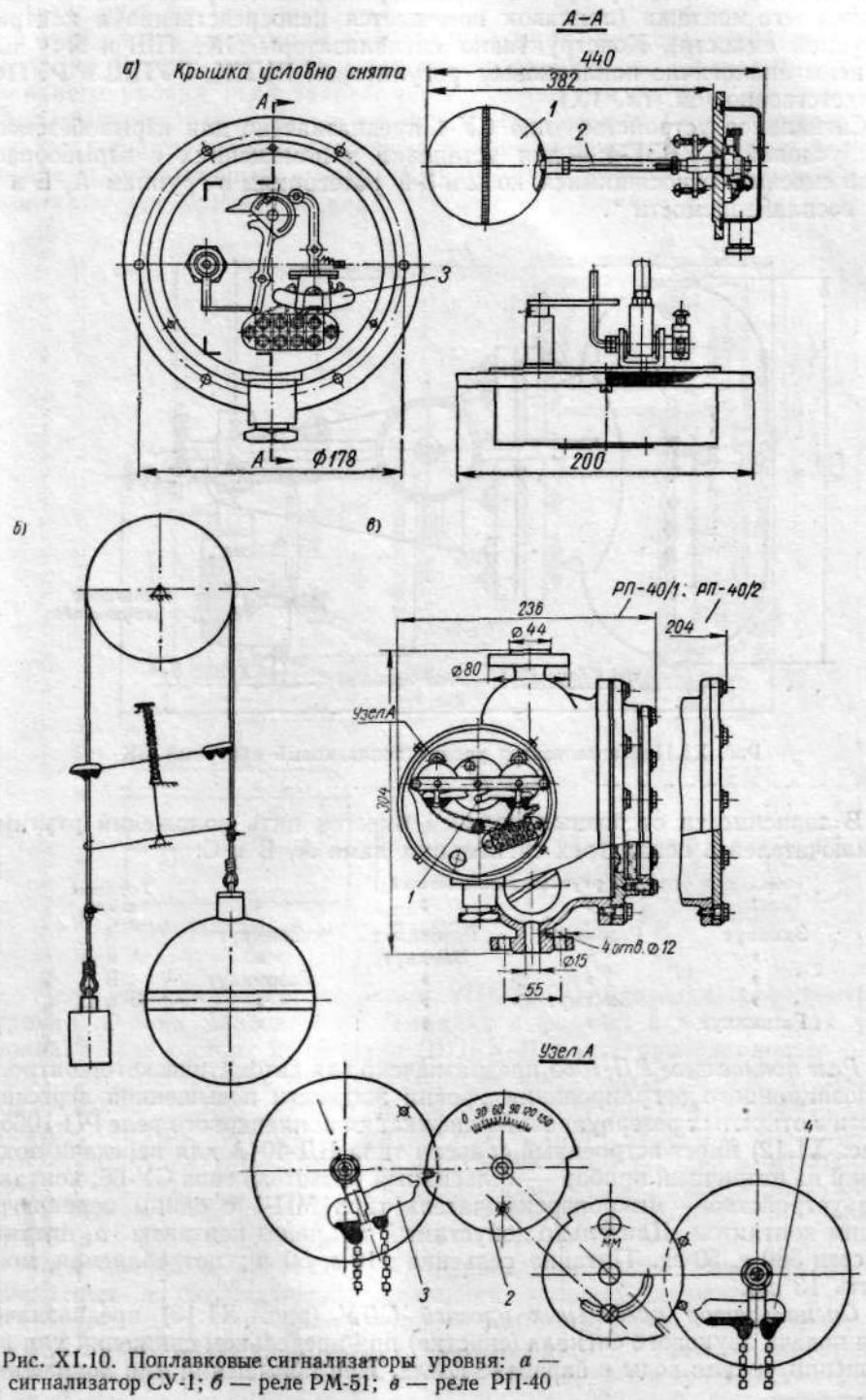


Рис. XI.10. Поплавковые сигнализаторы уровня: *а* — сигнализатор СУ-1; *б* — реле РМ-51; *в* — реле РП-40

сигнализаторы ПШ (штуцерный) и ПФ (фланцевый) предназначены для внутреннего монтажа (поплавок помещается непосредственно в контролируемой емкости). Конструктивно сигнализаторы ПК, ПШ и ПФ выполнены аналогично поплавковым регуляторам РУПК, РУПШ и РУПФ соответственно (см. гл. IX).

Сигнальное устройство типа СУ-4 предназначено для взрывобезопасных условий, СУВЗГ-4 — для установки в помещениях с взрывоопасными смесями, относящимися ко 2 и 3-й категориям и группам А, Б и Г по воспламеняемости *.

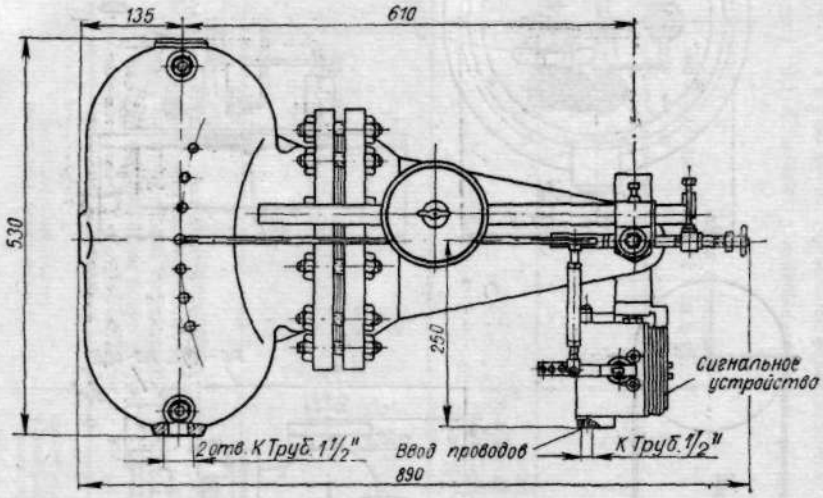


Рис. XI.11. Сигнализатор уровня поплавковый камерный ПК

В зависимости от разных уровней имеется пять положений ртутных выключателей в цепях трех сигнальных ламп А, В и С:

№ ртутных выключателей				Горящие лампы
1	2	3	4	
Замкнут	Разомкнут	Разомкнут	Замкнут	А
»	»	Замкнут	»	А и В
»	»	»	Разомкнут	В
»	Замкнут	»	»	В и С
Разомкнут	»	»	»	С

Реле поплавковое РП-1065 предназначено для автоматического контроля и позиционного регулирования уровня жидкости повышенной агрессивности в открытых резервуарах. Модификация поплавкового реле РП-1065-1 (рис. XI.12) имеет встроенный сельсин типа БД-404А для передачи показаний на вторичный прибор — сельсинный указатель типа СУ-66; контактное устройство — микропереключатель типа МП-1 с одним переключающим контактом. Длительно допустимый ток через контакты 3 *а*, питание от сети 380 *в*, 50 *гц*. Питание сельсина 110 *в*, 50 *гц*; потребляемая мощность 13 *вт*.

Сигнализатор предельных уровней СПУ (рис. XI.13) предназначен для подачи звукового сигнала (свистка) при предельном снижении или повышении уровня воды в барабане котла. При повышении или понижении

* «Правила устройства электроустановок», гл. VII-3 и VII-4; изд. 1965 г.

уровня воды клапан открывается. Выходя из отверстия клапана, пар воздействует на свисток.

Реле уровня сильфонное РУС-3 (рис. XI.14) предназначено для сигнализации уровня жидкости в открытых резервуарах. Для сигнализации верхнего уровня реле закрепляется повернутым на 180° по сравнению с положением, приведенным на рис. XI.14. Сильфон *1* предусмотрен в качестве гибкого разделительного устройства между жидкостью в резервуаре и окружающей средой. Выключатель *2* типа А801 переключает контакты электрической цепи.

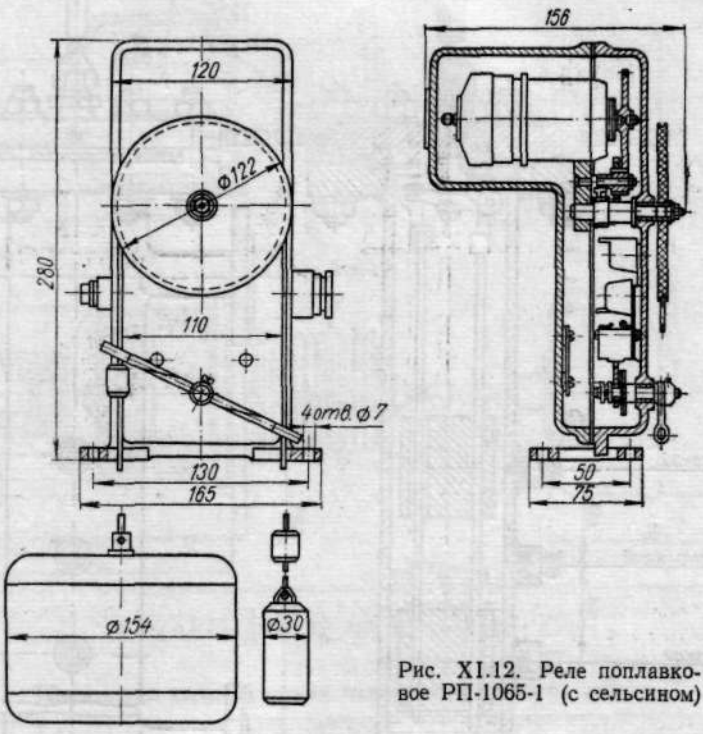


Рис. XI.12. Реле поплавковое РП-1065-1 (с сельсином)

Реле уровня полупроводниковое ПРУ-4 применяется для контроля уровня жидких хладоагентов (аммиака и фреона) в холодильных установках. Реле состоит из датчика (ДПРУ-4) и полупроводникового блока (БПРУ-4), расстояние между которыми может быть до 500 *м*. Датчик представляет собой сообщающуюся с контролируемым резервуаром камеру, внутри которой плавает сферический поплавок — сердечник индуктивных катушек, которые включены в плечи моста переменного тока. Реле может применяться во взрывоопасных помещениях класса В-1б. Габариты датчика ДПРУ-4 240×137×90 *мм*, электронного блока БПРУ-4 — 292×152×90 *мм*.

Реле контроля уровня С53-51 предназначено для контроля уровня смазочных и охлаждающих жидкостей условной вязкостью 2—15° Е в гидросистемах при высоте уровня контролируемой жидкости от дна резервуара 60—600 *мм*. Реле устанавливается на крышке резервуара. Поплавок свободно перемещается вдоль опущенного в жидкость стержня, длина которого выбирается из ряда 160, 240, 320, 400, 500 и 600 *мм*.

Мембранные датчики уровня. Принцип действия мембранных датчиков (сигнализаторов) уровня (табл. XI.18) основан на использовании давления контролируемого материала на резиновую мембрану датчика, вмонтированного в стенку емкости.

Мембранный датчик МДГ-1 предназначен для подачи сигнала в схему управления поточно-транспортной системы при забивании желобов, транспортирующих кусковой или сыпучий материал.

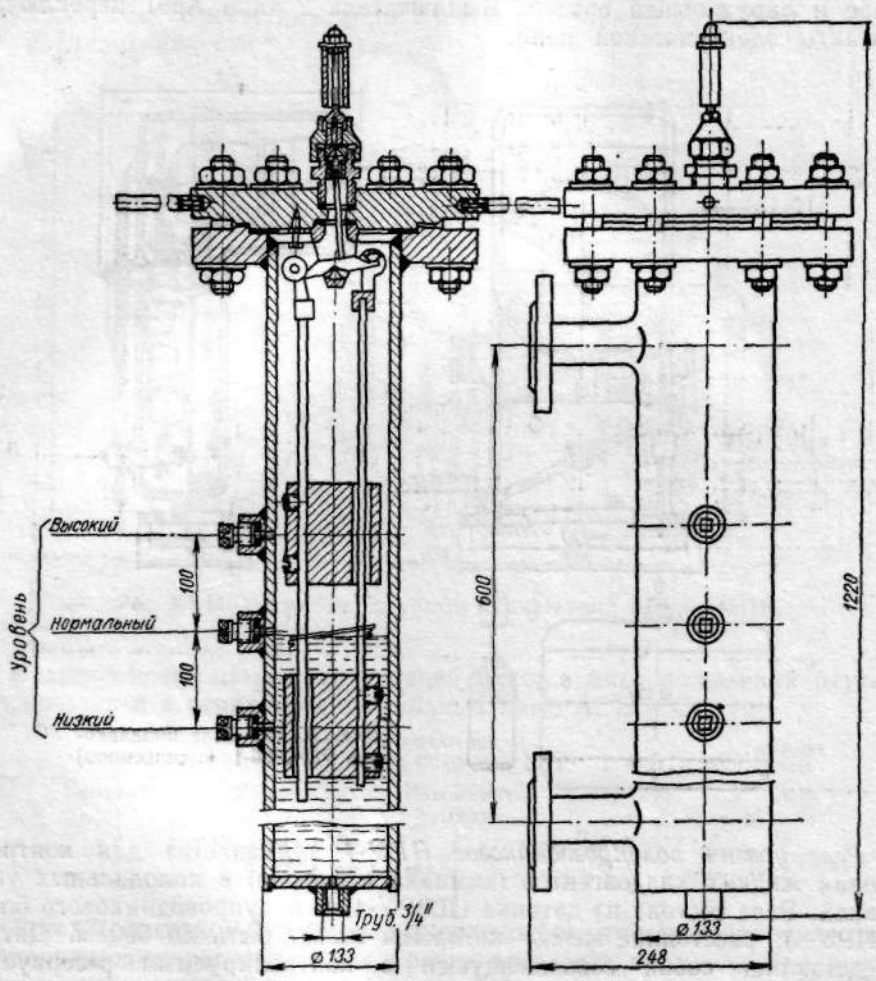


Рис. XI.13. Сигнализатор предельных уровней СПУ-25

Мембранные датчики уровня МДУ-2с, МДУ-3, МДУ-3с служат для подачи сигнала в схему управления подачей муки, зерна и других сыпучих материалов с целью предупреждения аварийного накопления материала в подводящих и отводящих самотеках зерноперерабатывающих машин.

Микропереключатели типа МИ-3в мембранного датчика МДУ-2с и типа МИ-3 мембранных датчиков МДУ-3 и МДУ-3с имеют по одному переключающему контакту.

В качестве контактного устройства в датчике МДГ-1 использован микропереключатель с одним замыкающим контактом.

Крыльчатые сигнализаторы уровня. Предназначены для сигнализации уровней сыпучих и мелкокусковых материалов (цемента, мелкого угля, песка, формовочных и стержневых смесей и т. д.) в бункерах и емкостях. Принцип действия крыльчатых сигнализаторов основан на использовании

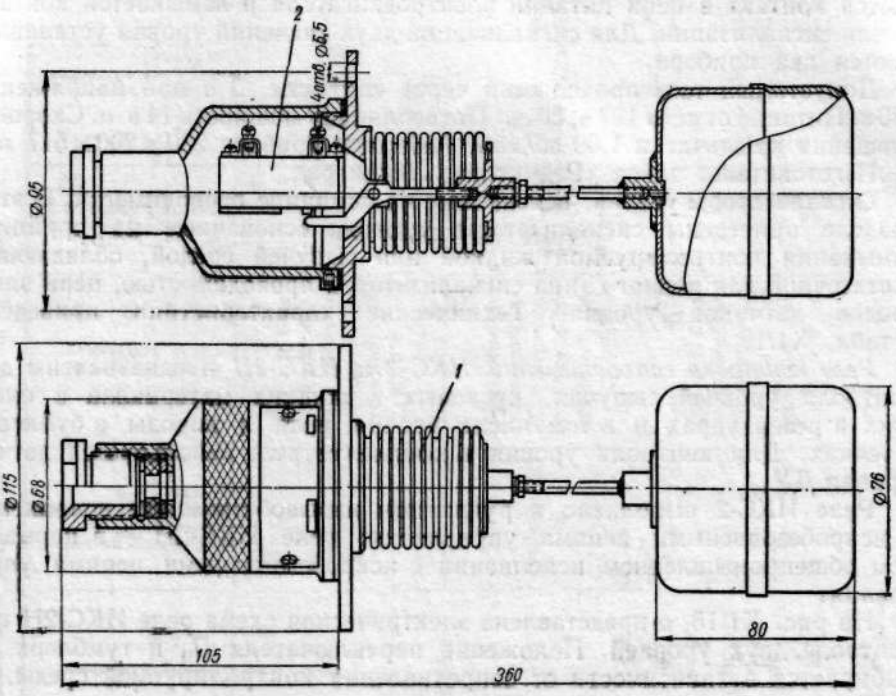


Рис. XI.14. Реле уровня сильфонное РУС-3

Таблица XI.18

Технические характеристики мембранных датчиков уровня

Тип	Нажимное усилие срабатывания в *г*	Допустимый ток через контакты в *а*	Температура окружающей среды в °С	Габаритные размеры в *мм*	Завод-изготовитель
МДГ-1	600—1200	1 при напряжении 220 *в* переменного тока	−20÷+40	⌀ 275×110	Харьковский коксохимзавод
МДУ-2с	70—80	1—2 при напряжении 220 *в* переменного тока		⌀ 126×74	Могилев-Подольский приборостроительный завод
МДУ-3 МДУ-3с	70—100	2 при напряжении 220 *в* переменного тока	−30÷+50	115×115×86 180×220× ×100	Спецэлеватормельмаш, Харьков

торможения вращающейся крыльчатки (лопатки) при контакте ее с контролируемым материалом.

Указатель уровня модернизированный УКМ работает следующим образом. Установленный в приборе синхронный электродвигатель СД-54 через встроенный в него редуктор и червячную пару вращает крыльчатку, которая останавливается при погружении в материал. При этом размыкается контакт в цепи питания электродвигателя и замыкается контакт в цепи сигнализации. Для сигнализации двух значений уровня устанавливаются два прибора.

Допустимый ток, проходящий через контакты, 3 *а* при напряжении 380 *в*. Питание от сети 127 *в*, 50 *гц*. Потребляемая мощность 14 *в·а*. Скорость вращения крыльчатки 1,09 *об/мин*. Габариты прибора 280×200×517 *мм*.

Изготовитель: завод «Редуктор», Ленинград.

Сигнализаторы уровня, основанные на принципе проводимости. В этом разделе приведены сигнализаторы уровня, основанные на принципе замыкания контролируемой жидкой или сыпучей средой, обладающей достаточной для данного типа сигнализаторов проводимостью, цепи электродов датчиков уровня. Технические характеристики приведены в табл. XI.19.

Реле контроля сопротивлений ИКС-2 и ИКС-2Н предназначены для контроля уровней сыпучих, кусковых и жидких материалов в емкостях и резервуарах и в том числе уровня угля и породы в бункерах и течках. Для контроля уровня в комплекте реле используется датчик уровня ДУ.

Реле ИКС-2 выполнено в рудничном взрывобезопасном исполнении с искробезопасными цепями управления; реле ИКС-2Н — в нормальном общепромышленном исполнении с искробезопасными цепями управления.

На рис. XI.15, *а* представлена электрическая схема реле ИКС-2Н при контроле двух уровней. Положение переключателя $П_1$ и тумблера $П_2$ выбирается в зависимости от сопротивления контролируемой среды.

В случае контроля одного уровня (например, наличие электрода верхнего уровня *1*) при соприкосновении электрода датчика с контролируемой средой и снижении измеряемого сопротивления в контрольной цепи до заданного значения через катодный селеновый шунт $ШС_1$ замыкается цепь питания поляризованного реле $Р_1$, которое срабатывает и замыкает свой контакт в цепи исполнительного реле $Р_2$ (МКУ-48). Во избежание подгорания этого контакта включен селеновый шунт $ШС_2$. В случае контроля двух уровней при заполнении емкости до верхней отметки одновременно замыкается замыкающий контакт в цепи электрода нижнего уровня. При понижении уровня цепь поляризованного реле $Р_1$ замкнута через электрод нижнего уровня и закрытый контакт реле $Р_2$. При дальнейшем понижении уровня размыкается цепь электрода нижнего уровня *3* и реле $Р_2$ обесточивается. Для предотвращения ложных срабатываний от утечек применено охранное кольцо *2*.

Контрольные цепи реле искробезопасны, что обеспечивается незначительной силой тока (даже при коротком замыкании сила тока в цепи управления не превышает 5 *ма*). Датчик уровня и внешний вид релейного блока сигнализатора приведены на рис. XI.15, *б*, *в* и *г*. Вводы искробезопасных цепей управления как в ИКС-2, так и в ИКС-2Н отделены от цепей питания и сигнализации.

Сигнализатор наличия руды СНР-1063м (рис. XI.16) предназначен для автоматического контроля наличия руды, концентрата, шихты и других

Таблица XI.19

Технические характеристики сигнализаторов уровня, работающих на принципе проводимости

Тип	Наибольшее сопротивление среды	Наибольшее давление среды в *кгс/см²*	Температура среды в °С	Количество сигнализируемых уровней	Длина электрода в *м*	Напряжение питания в *в* (50 *гц*); потребляемая мощность в *в·а*	Разрывная мощность контактов	Температура окружающей среды в °С	Габаритные размеры в *мм* (блока и датчика)	Изготовитель
ИКС-2Н	До 1 *Мом*	Атмосферное	—	1 или 2	До 6	127/380; 5	500 *в·а* при напряжении 380 *в* переменного тока; допустимый ток до 5 *а*	−10÷÷+35	210×140×130 150×165×335	Днепропетровский завод шахтной автоматики
ИКС-2						127/380/660 5	500 *в·а* при напряжении 127 *в* переменного тока; допустимый ток до 5 *а*		273×380×278 150×165×335	
СНР-1063М	До 20 *Мом* *		—	1	Подбирается по месту	220; 20	500 *в·а* при напряжении 220 *в* переменного тока; допустимый ток до 5 *а*	−30÷÷+40	330×148×240 140×80×200	Севкавэлектроприбор, Нальчик

* При достаточно высоком сопротивлении изоляции до 40 *Мом*

Продолжение табл. XI.19

Тип	Наибольшее сопротивление среды	Наибольшее давление среды в *кгс/см²*	Температура среды в °С	Количество сигнализируемых уровней	Длина электрода в *м*	Напряжение питания в *в* (50 *гц*); потребляемая мощность в *в·а*	Разрывная мощность контактов	Температура окружающей среды в °С	Габаритные размеры в *мм* (блока и датчика)	Изготовитель
ЭРСУ-2	До 500 *ом*	16	—60÷+200	3	0,1; 0,25; 1,0; 1,6; 2,0 **	220; 15	500 *в·а* при напряжении 200 *в* переменного тока; 50 *вт* при напряжении 220 *в* постоянного тока и индуктивной нагрузке 2 *гн*	10—50	230×210×108 70×55× ×235 ***	Рязанский завод тепловых приборов
7В-1	До 10 *ом*	Атмосферное	До 40	1	90—400 (*по заказу*)	127/220; 12		0—40	284×210×135 110×110×107	Харьковский филиал ОКБА
СНЦ-3	—		До 100	1	1,75	220		—30÷ ÷+40	198×286×168 ∅ 30×1840	Опытный завод УНИХИМа, Свердловск
СПУ		13	До 200	3	—	220; 30	Номинальный ток 0,2 *а*, номинальное напряжение 60 *в*	—	225×335×215, 667 (max)× ×175×80	Моснефтекип, Люберцы

** Длину электродов можно увеличить путем наращивания стержнем из нержавеющей стали.
*** Габариты датчика указаны при минимальной длине электродов.

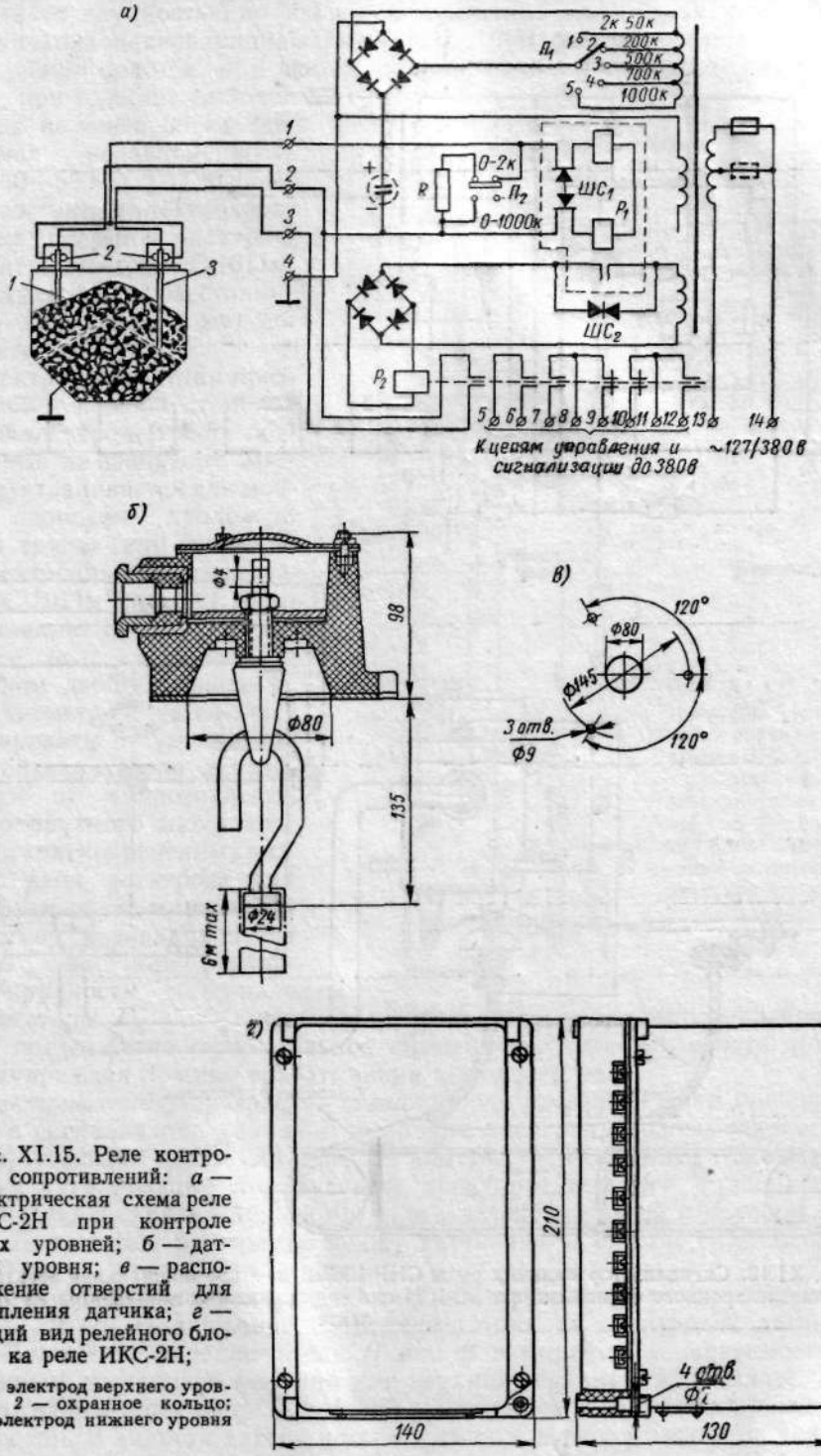


Рис. XI.15. Реле контроля сопротивлений: *а* — электрическая схема реле ИКС-2Н при контроле двух уровней; *б* — датчик уровня; *в* — расположение отверстий для крепления датчика; *г* — общий вид релейного блока реле ИКС-2Н;

1 — электрод верхнего уровня; *2* — охранное кольцо; *3* — электрод нижнего уровня

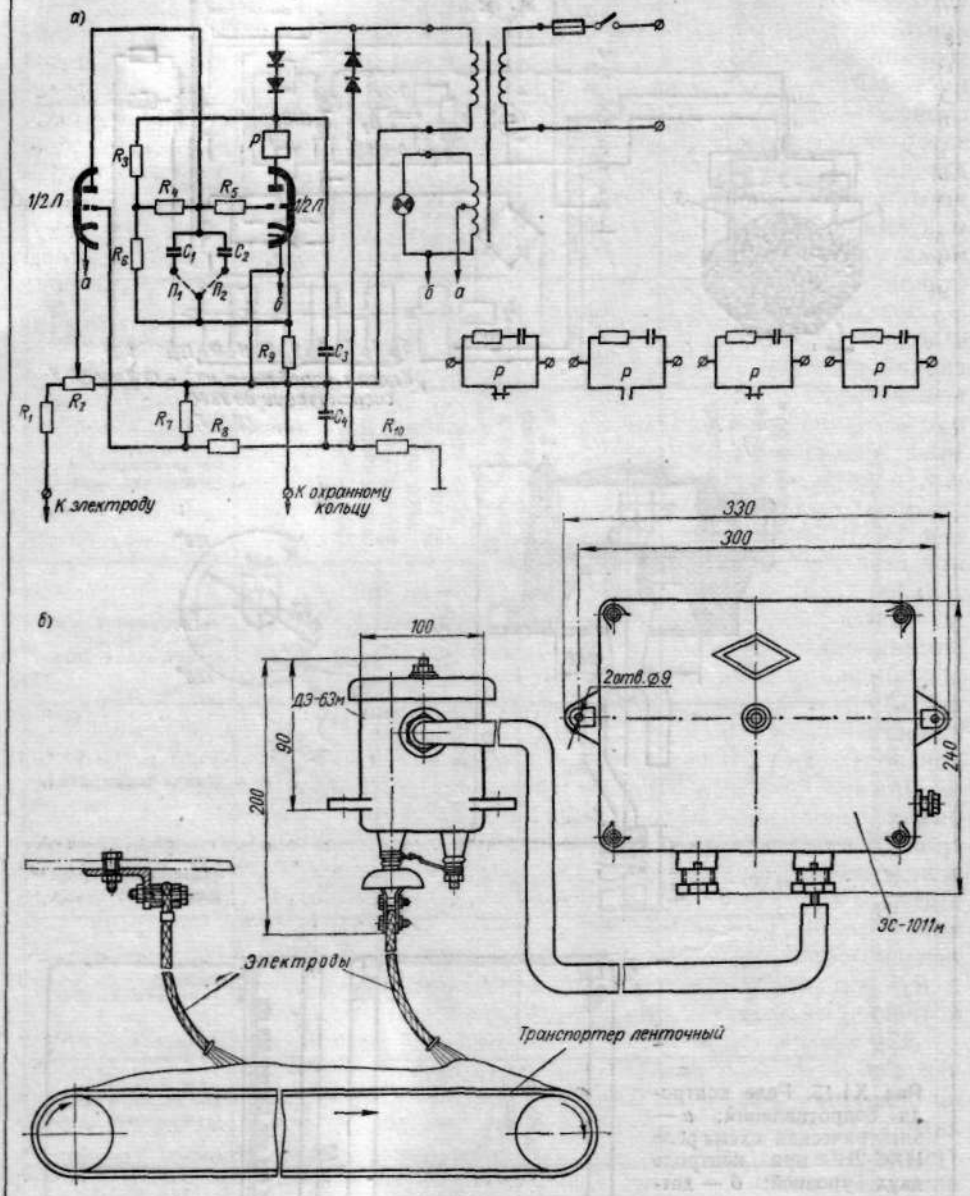


Рис. XI.16. Сигнализатор наличия руды СНР-1063м: *а* — принципиальная электрическая схема электронного сигнализатора ЭС-1011м; *б* — установка сигнализатора на транспортерной ленте

материалов крупностью до 500 *мм* на ленточных конвейерах, ленточных, пластинчатых и вибрационных питателях, при любом профиле поперечного сечения полотна, при любых ширине, наклоне и скорости движения ленты, при толщине слоя материала не менее 30 *мм* (допустимая неравномерность слоя 30—500 *мм*). Сигнализатор состоит из электродного датчика ДЭ-63м и электронного сигнализатора ЭС-1011м, максимальное расстояние между которыми может составлять 500 *м*.

Электродный датчик представляет собой стальной гибкий электрод (трос), подвешенный на изоляторе. Корпус изготавливается для монтажа проводки, проложенной в трубах или кабелем.

Электронный сигнализатор ЭС-1011м (рис. XI.16, *а*) представляет собой чувствительное реле, выполненное на одном двойном триоде *Л*. Потенциометр R_2 позволяет регулировать чувствительность сигнализатора в зависимости от сопротивления контролируемого материала.

При кратковременных разрывах цепи электрода контролируемым материалом вследствие неравномерности высоты слоя или различной крупности материала конденсаторы C_1 и C_2 медленно разряжаются через сопротивления R_4 и R_6, поддерживая отрицательное смещение на сетке релейного триода и предупреждая ложные срабатывания выходного реле.

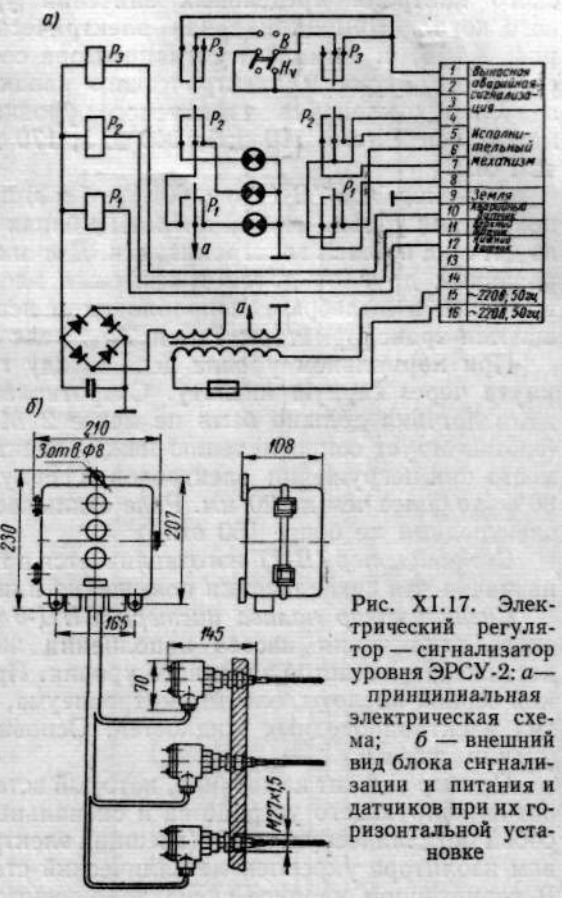


Рис. XI.17. Электрический регулятор — сигнализатор уровня ЭРСУ-2: *а* — принципиальная электрическая схема; *б* — внешний вид блока сигнализации и питания и датчиков при их горизонтальной установке

Электрический регулятор — сигнализатор уровня ЭРСУ-2 предназначен для сигнализации уровня агрессивных электропроводных жидкостей, не разрушающих сталь 1Х18Н9Т. В комплект сигнализатора входит три датчика сигнализации нормального, предупредительного и аварийного уровня и блок сигнализации и питания с зеленой, желтой и красной лампами. Допустимое расстояние между датчиками и блоком сигнализации до 100 *м*.

Принципиальная электрическая схема сигнализатора приведена на рис. XI.17, *а*. Напряжение постоянного тока на электродах датчиков 36 *в*. Положение переключателя *Н* или *В* выбирается в зависимости от того, какой из уровней (нижний или верхний) является аварийным. Датчик сигнализатора (рис. XI.17, *б*) — стержневой с неизолированным электродом. В емкости датчик устанавливается горизонтально (на контролируемых уровнях) или вертикально (с электродами разной длины).

Заводом-изготовителем рекомендуется вертикальная установка датчика. Основная допустимая погрешность сигнализации уровня ±10 *мм*.

Сигнализатор предельных уровней СПУ предназначен для автоматического контроля предельных значений уровня воды в барабане парового котла. Принципиальная электрическая схема СПУ приведена на рис. XI.18, *а*. Комплект сигнализатора состоит из датчика, электронно-релейного блока и электрического звонка громкого боя. Предельные значения отклонения измеряемого уровня, определяемые расстоянием между контактами 110 ± 1; 140 ± 1; 170 ± 1; 200 ± 1; 240 ± 1; 260 ± ± 1 *мм*.

Сигнализатор 7В-1 (рис. XI.18, *б* и *в*) предназначен для сигнализации понижения уровня серной кислоты в баках и других емкостях. Он состоит из датчика и блока электропитания. Датчик представляет собой два изолированных друг от друга графитовых электрода. Блок электропитания выполнен в пылебрызгонепроницаемом исполнении. Внутри блока помещаются трансформаторы $Тр_1$ и $Тр_2$, реле $Р$, предохранитель и тумблер.

При нормальном уровне цепь между графитовыми электродами замкнута через серную кислоту. Сопротивление изоляции между электродами датчика должно быть не менее 2 *Мом*. Порог срабатывания реле (соответствует сопротивлению между электродами не ниже 10 *ом*) имеет место при погружении электродов в серную кислоту концентрации 60—80% не более чем на 20 *мм*. Реле отключается при сопротивлении между электродами не более 150 *ом*.

Сигнализатор 7В-2Т изготавливается в тропическом исполнении и предназначен для сигнализации повышения или понижения уровня в емкости.

Сигнализатор налива цистерн СНЦ-3 предназначен для автоматического отключения насоса наполнения железнодорожных цистерн при достижении кислотой заданного уровня. Применяется для контроля крепкой серной кислоты, олеума, нитроолеума, азотной кислоты, а также других электропроводных жидкостей. Основная погрешность сигнализации уровня ±5 *мм*.

Прибор состоит из датчика, который вставляется в горловину цистерны, сигнализирующего устройства и сигнальных табло. Датчик представляет собой металлическую трубу (внешний электрод), в которой на фторопластовом изоляторе укреплен металлический стержень (внутренний электрод). В герметичном корпусе сигнализирующего устройства на панели размещены понижающий трансформатор, реле МКУ-48, два тумблера и кнопка.

Емкостные сигнализаторы уровня. Электронные емкостные сигнализаторы уровня применяются для контроля уровня электропроводных и неэлектропроводных, агрессивных и неагрессивных жидких, сыпучих и гранулированных веществ с различными физическими свойствами. Эти сигнализаторы могут применяться также для контроля уровня вязких или кристаллизующихся сред, но в этом случае для нормальной работы датчика должна быть обеспечена периодическая очистка электрода от возможного налипания и загрязнения.

Электронные сигнализаторы уровня основаны на принципе измерения электрической емкости системы электрод датчика — измеряемая среда. Эта емкость включена в схему генератора высокочастотных колебаний. Типы и технические характеристики электронных сигнализаторов уровня приведены в табл. XI.20.

Сигнализатор состоит из датчика и электронного блока в брызго- и пыленепроницаемом корпусе, соединенных между собой коаксиальным кабелем длиной 0,7—2,5 *м* (для ЭСУ-1М, ЭСУ-2М до 3 *м*), либо,

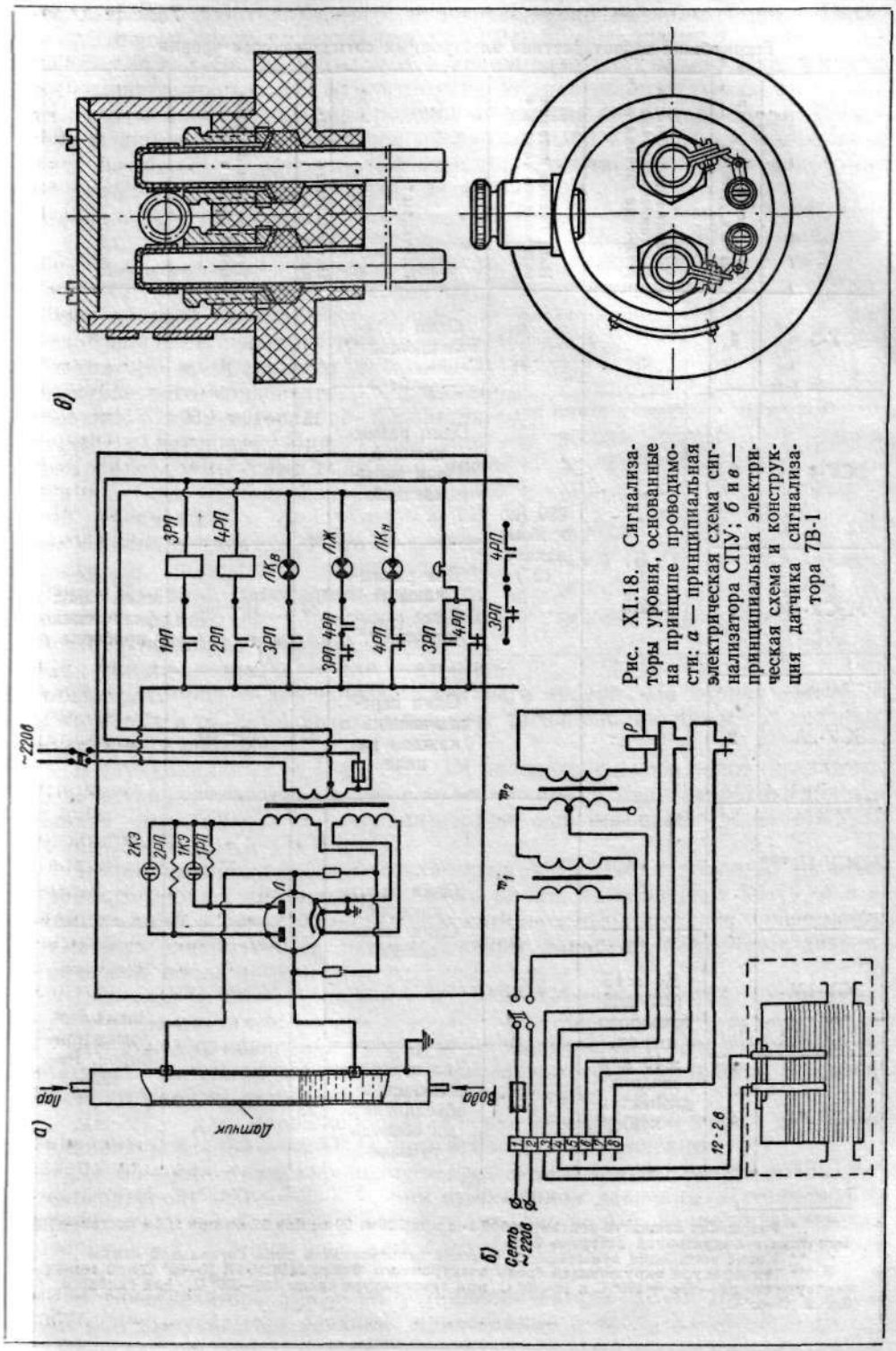


Рис. XI.18. Сигнализаторы уровня, основанные на принципе проводимости: *а* — принципиальная электрическая схема сигнализатора СПУ; *б* и *в* — принципиальная электрическая схема и конструкция датчика сигнализатора 7В-1

Таблица XI.20

Технические характеристики электронных сигнализаторов уровня

Тип	Количество контролируемых уровней	Основная погрешность при горизонтальной установке датчика в *мм*	Напряжение питания переменного тока в *в*	Контакты*	Потребляемая мощность в *в·а*	Температура окружающей среды в °С	Изготовитель
ЭСУ-3	1	±2,5	220 (по особому заказу 127)	Один переключающий **	15	−10÷+50	Фрунзенский завод физических приборов
ЭСУ-4	2			Один размыкающий Один замыкающий			
МЭСУ-1М	1			Два размыкающих Один замыкающий **	25	10—60	
ЭСУ-2А	2			Один переключающий в каждом канале	35	10—60	
МЭСУ-1В***	1	До ±15 (±3 для токопроводящих, ±10 для жидких диэлектриков)	220	Один размыкающий Один замыкающий	15	—	Завод тепловых приборов, Рязань
ЭСУ-1М						10—60	
ЭСУ-2М	2			Два переключающих с объединенными общими точками	23		

* *Разрывная мощность контактов 500 в·а при 220 в, 50 гц или 50 вт при 220 в постоянного тока и индуктивной нагрузке 2 гн.*

** Кроме того, один замыкающий контакт использован в цепи сигнальной лампы.

*** Температура окружающей среды электронного блока МЭСУ-1В 10—50° С при температуре среды −60÷+150° С и 10—40° С при температуре среды 150—250° С, для силового блока 10—60° С.

из датчика смонтированного непосредственно на электронном блоке, и отдельного силового блока (табл. XI.21).

Для МЭСУ-1М, ЭСУ-2А, МЭСУ-1В силовой блок может быть отнесен на значительное (до 200 *м*) расстояние от электронного блока. Величина сопротивления в каждом из проводов не должна превышать 0,6 *ом*. В комплект поставки сигнализаторов не входит кабель связи электронного и силового блоков. Коаксиальный кабель и защищающий его металлорукав от датчика до электронного блока поставляются с прибором.

Таблица XI.21

Комплектность электронных сигнализаторов уровня

Тип	Емкостный датчик	Электронный блок	Силовой блок
ЭСУ-3	1	1	—
ЭСУ-4	2	1	—
МЭСУ-1М	1	1	1
ЭСУ-2А	2	2	1
МЭСУ-1В	1	1	1
ЭСУ-1М	1	1	—
ЭСУ-2М	2	1	—

Принципиальная электрическая схема электронного блока ЭСУ-3, (рис. XI.19, *а*) представляет собой генератор высокой частоты, собранный на левой половине двойного триода 6Н6П. Генератор настраивается с помощью подстроечного конденсатора C_2, включенного в цепь генератора последовательно с датчиком. При правильной настройке схемы срыв колебаний происходит при соприкосновении датчиков со средой.

В сигнализаторе ЭСУ-1М в зависимости от положения переключателя (В или Н) лампа загорается при достижении верхнего или нижнего уровня. В сигнализаторах ЭСУ-2М и ЭСУ-2А один датчик используется для контроля нижнего, второй — для контроля верхнего уровня. На корпус электронного блока в ЭСУ-2М вынесены лампы сигнализации нижнего, среднего и верхнего уровней.

В двухканальных ЭСУ-4 и ЭСУ-2М использованы обе половины лампы. В качестве исполнительных реле во всех типах сигнализаторов и в каждом канале двухканальных сигнализаторов использованы реле МКУ-48 (в МЭСУ-1В—МКУ-48С).

Принципиальная электрическая схема МЭСУ-1М, состоящего из электронного блока с датчиком и силового блока, дана на рис. XI.19, *б* и *в*. Конструкция и размеры электродов датчиков выбираются в зависимости от свойств измеряемой среды: температуры, давления, влажности, диэлектрической постоянной и пр.

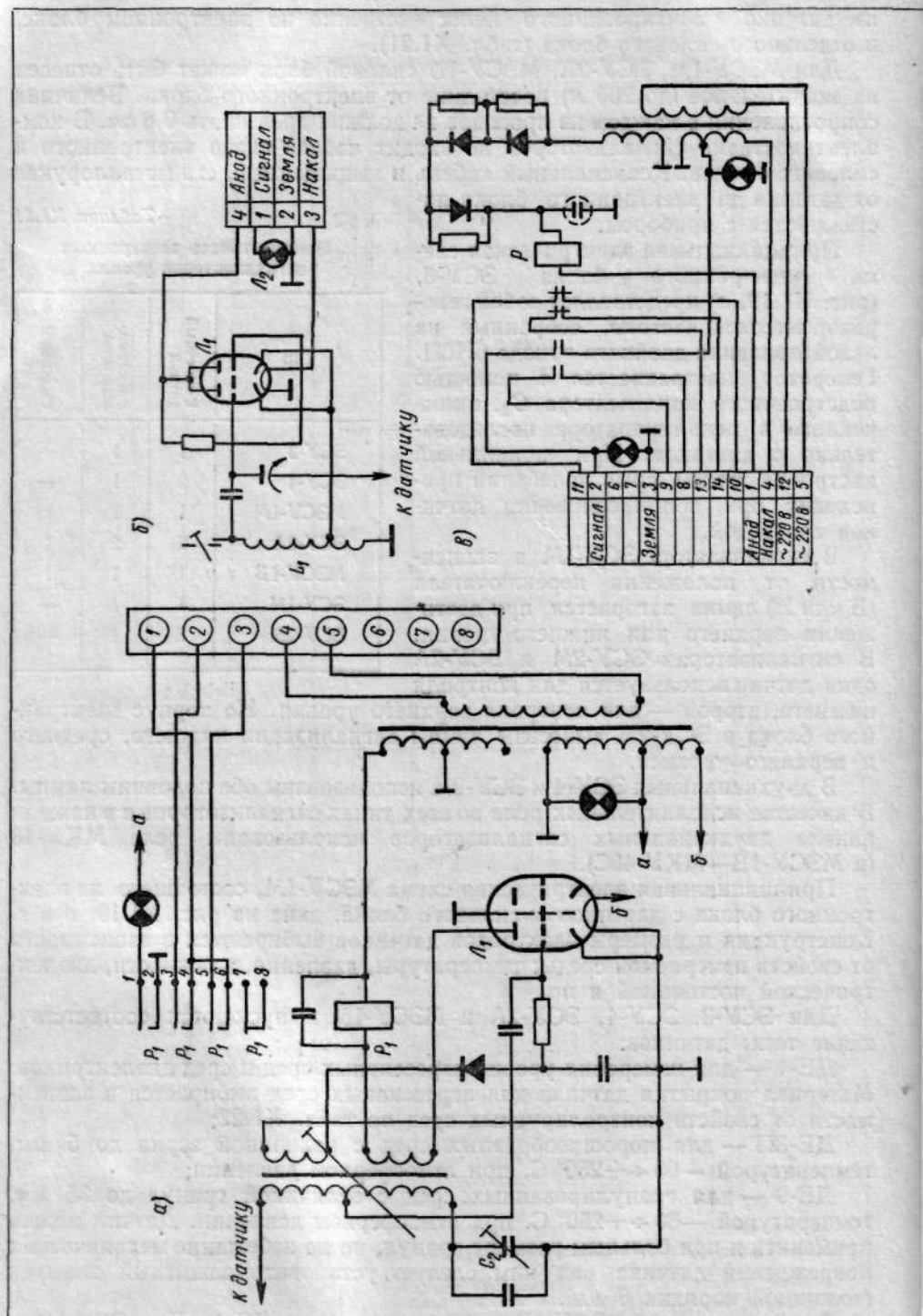
Для ЭСУ-3, ЭСУ-4, ЭСУ-2А и МЭСУ-1М выпускаются соответствующие типы датчиков:

ДЕ-4 — для измерения уровня агрессивных сред и сред диэлектриков. Материал покрытия датчика для агрессивных сред выбирается в зависимости от свойств контролируемых сред по табл. XI.22;

ДЕ-3П — для порошкообразных сред с величиной зерна до 5 *мм*, температурой $-60 \div +250°$ С, при атмосферном давлении;

ДЕ-9 — для гранулированных сред с величиной гранул до 35 *мм*, температурой $-60 \div +250°$ С, при атмосферном давлении. Датчик можно применить и при большем размере гранул, но во избежание механических повреждений датчика над ним следует установить защитный козырек (толщиной порядка 6 *мм*).

В сигнализаторе МЭСУ-1В установлен датчик ДЕ-4. Для ЭСУ-1М и ЭСУ-2М выпускаются датчики, приведенные в табл. XI.23.


4 Анод
1 Сигнал
2 Земля
3 Накал
к датчику
б)
в)
Сигнал
Земля
Анод
Накал
~220 В
~220 В
к датчику
а)

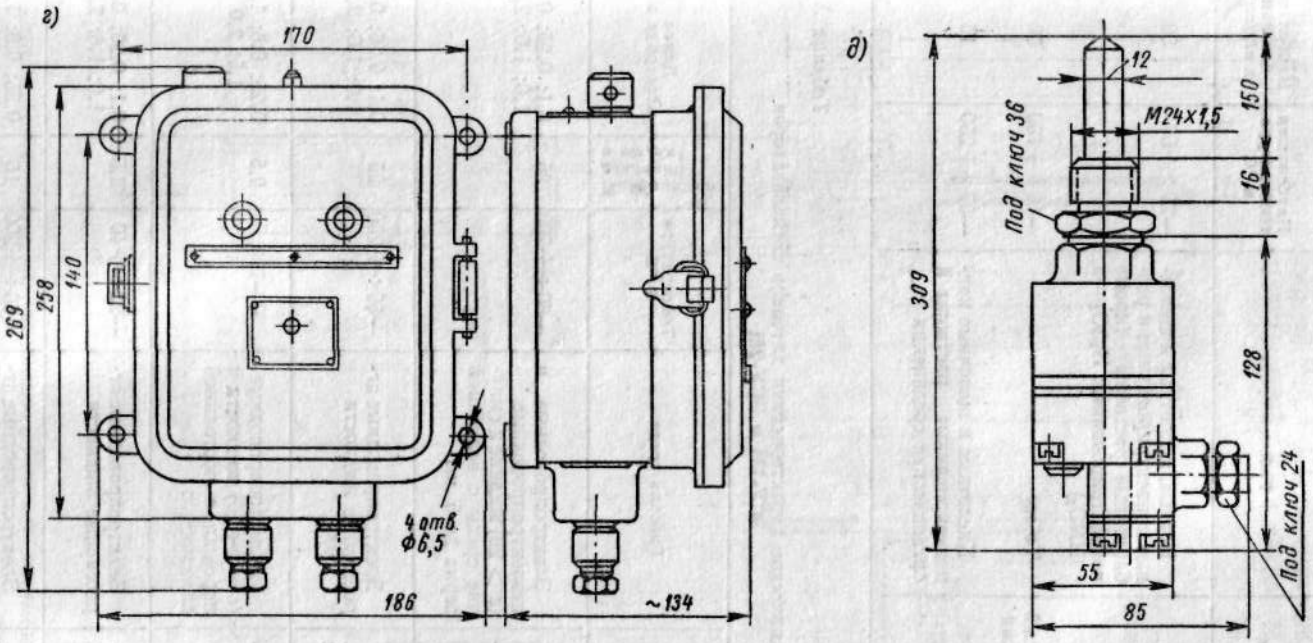


Рис. XI.19. Электронные сигнализаторы уровня: *а* — принципиальная электрическая схема электронного блока ЭСУ-3; *б* — принципиальная электрическая схема электронного блока МЭСУ-1М; *в* — принципиальная электрическая схема силового блока МЭСУ-1М; *г* — внешний вид электронного блока ЭСУ-3; *д* — внешний вид электронного блока МЭСУ-1М и ЭСУ-2А с датчиком ДЕ-4

Таблица XI.22

Применение датчика ДЕ-4 в зависимости от покрытия

Изоляционное покрытие	Рабочая среда	Наибольшая температура в °С	Наибольшее давление в *кгс/см²*
Винипласт	Водные, кислотные и щелочные концентрированные и разбавленные растворы (кроме концентрированных H_2SO_4 и HNO_3)	—20÷+60	30
Полиэтилен, получаемый методом низкого давления	То же	—10÷+100	30
Фторопласт-4	Кислотные и щелочные концентрированные растворы и органические соединения	—60÷+250	15

Таблица XI.23

Типы и технические характеристики датчиков сигнализаторов ЭСУ-1М и ЭСУ-2М

Характеристика датчика	Рабочая среда	Температура в °С	Наибольшее давление в *кгс/см²*	Длина электрода в *м*
Стержневой с неизолированным электродом диаметром 6 *мм* из стали Х18Н9Т	Электропроводные и неэлектропроводные ($\varepsilon > 20$) жидкие и сыпучие среды с величиной зерна до 5 *мм*	—60÷+200	25	0,1; 0,25; 0,6; 1,0; 1,6; 2,0
Стержневой изолированный фторопластом-4, диаметр электрода 5 *мм*	Электропроводные агрессивные жидкости	—60÷+200	25	0,1; 0,26; 0,6; 1,0; 1,6; 2,0
Пластинчатый неизолированный	Неэлектропроводные ($\varepsilon = 2 \div 20$) жидкости и порошки с постоянной влажностью	0—100	2,5	0,25; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0
Стержневой изолированный винипластом, диаметр электрода 6 *мм*	Электропроводные агрессивные жидкости	—20÷+40	2,5	0,1; 0,25; 0,6; 1,0; 1,6; 2,0
Стержневой изолированный фторопластом-4, диаметр электрода 3,5 *мм*	Электропроводные агрессивные жидкости	—60÷+200	16	0,25; 0,6; 1,0; 1,6; 2,0

Как видно из рис. XI.20, датчики МЭСУ-1М и ЭСУ-2М вворачиваются в электронный блок, аналогичные датчики ЭСУ-3 и ЭСУ-4 заканчиваются выводом коаксиального кабеля.

Все сигнализаторы, кроме МЭСУ-1В, рассчитаны на работу во взрывобезопасных условиях. Электронный блок с датчиком МЭСУ-1В изготовлен

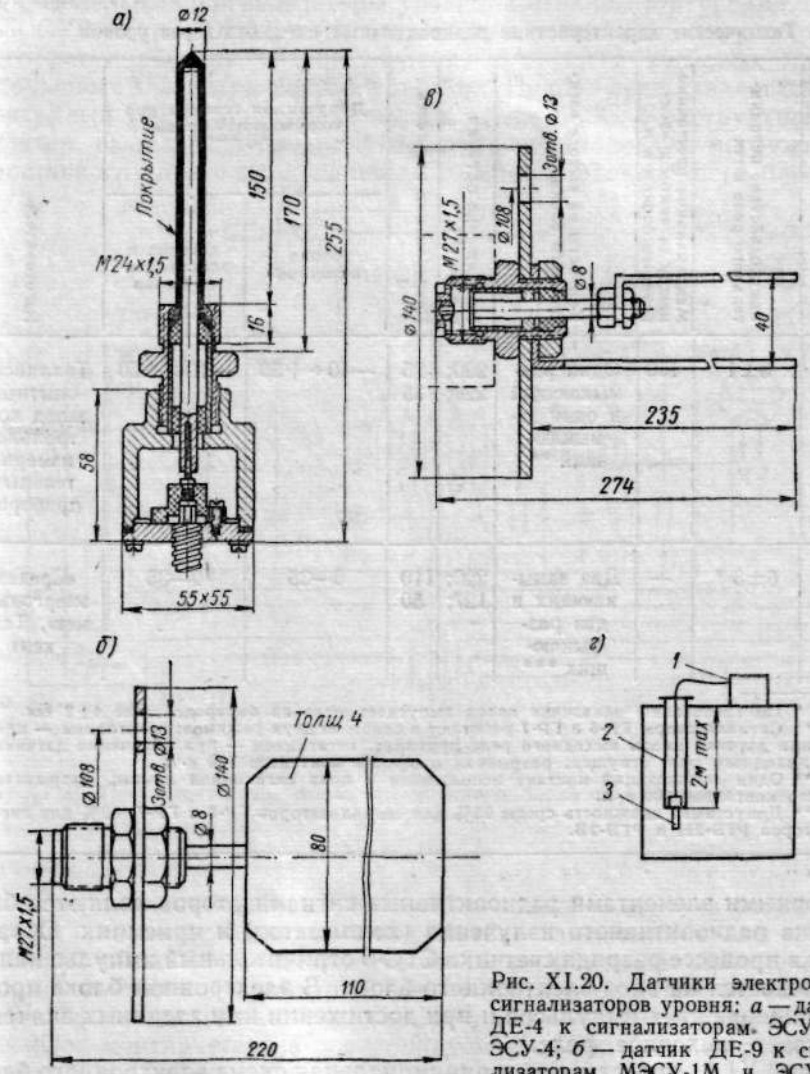


Рис. XI.20. Датчики электронных сигнализаторов уровня: *а* — датчик ДЕ-4 к сигнализаторам ЭСУ-3 и ЭСУ-4; *б* — датчик ДЕ-9 к сигнализаторам МЭСУ-1М и ЭСУ-2А; *в* — датчик ДЕ-3П к сигнализаторам МЭСУ-1М и ЭСУ-2А; *г* — схема установки датчика ЭСУ-3 с применением промежуточной трубы; *1* — прибор; *2* — промежуточная труба; *3* — датчик

во взрывобезопасном исполнении и может применяться для контроля уровня различных легковоспламеняющихся и горючих сред до 3-й категории и группы Г включительно в помещениях класса В-1а.

Радиоактивные сигнализаторы уровня. Радиоактивные сигнализаторы уровня предназначены для контроля уровня жидких, сыпучих и твердых

сред с различными свойствами в емкостях, уровня раздела двух сред со значительно отличающимися плотностями, наличия материала на ленте транспортера, контроля забивки течек, желобов и т. д.

Типы и технические характеристики радиоактивных сигнализаторов уровня приведены в табл. XI.24.

Таблица XI.24

Технические характеристики радиоактивных сигнализаторов уровня

Тип	Быстродействие исполнительного реле в *сек*	Максимальное расстояние между датчиком и электронным блоком в *м*	Контакты на выходе электронного блока	Напряжение питания в *в* (50 *гц*)	Потребляемая мощность в *в·а*	Допустимая температура окружающей среды в °С ****		Изготовитель
						блока источника	датчика и электронного блока	
ГР-6 ГР-7	3±1	150	Один размыкающий и один замыкающий **	220; 220;	25 35	—40÷+50	—10÷+50	Таллинский опытный завод контрольно-измерительных приборов
РГЭ-2Н РГЭ-2В	6±3 *	—	Два замыкающих и два размыкающих ***	220; 127;	110 50	0—35	0—35	«Средазэнергоцветмет», Ташкент

* По требованию заказчика завод выпускает реле на быстродействие 4±2 *сек*.

** Сигнализаторы ГР-6 и ГР-7 работают в одном из двух режимов: позитивном — при облучении датчика якорь выходного реле притянут, негативном — при облучении датчика якорь выходного реле отпущен; разрывная мощность контактов 500 *в·а*.

*** Один замыкающий контакт использован в цепи сигнальной лампы; разрывная мощность контактов 500 *в·а*.

**** Допустимая влажность среды 95% для сигнализаторов ГР-6 и ГР-7, 80% для сигнализаторов РГЭ-2Н и РГЭ-2В.

Основными элементами радиоактивных сигнализаторов являются блок источника радиоактивного излучения (коллиматор) и приемник. Образующийся в процессе разряда счетчика СТС-5 отрицательный импульс напряжения подается на вход электронного блока. В электронном блоке происходит усиление этих импульсов и при достижении ими заданных значений срабатывает выходное реле.

На рис. XI.21 представлена принципиальная схема электронного блока сигнализатора типа ГР. Соединение блока счетчиков с электронным блоком осуществляется электронным кабелем МКШЭ 2×0,75 *мм*^{2}.

В комплект ГР-6 входит один блок источника излучения, один блок счетчиков (датчиков), один электронный блок и один блок управления. Комплект ГР-7 отличается от ГР-6 наличием двух блоков источника излучения. Приборы РГЭ-2Н и РГЭ-2В оснащаются одним блоком источника излучения и одним электронным блоком.

Блоки счетчиков приборов ГР-6 и ГР-7 выполнены водозащищенными, блоки управления и электронные блоки — пылебрызгозащищенными.

У электронных блоков приборов РГЭ-2Н исполнение рудничное пылебрызгонепроницаемое, а у приборов РГЭ-2В — взрывобезопасное пылебрызгонепроницаемое. Активность радиоактивного источника излучения (кобальт-60, цезий-137) гамма-реле ГР-6 и ГР-7 составляет 0,0003—7 *кюри*, для гамма-реле РГЭ-2Н и РГЭ-2В — 0,5—60 *мг. экв. Ra*.

Специальные сигнализаторы уровня. Сигнализатор уровня электронный СУЭ-1 (рис. XI.22) предназначен для сигнализации и двухпозиционного регулирования уровня жидких, сыпучих и кусковых материалов с большими диэлектрическими потерями. Прибор представляет собой двухконтурный генератор, собранный на лампе 6С5С. Конструктивно сигнализатор выполнен в виде чувствительного элемента погружного или приставного типа с коаксиальным кабелем и электронного блока.

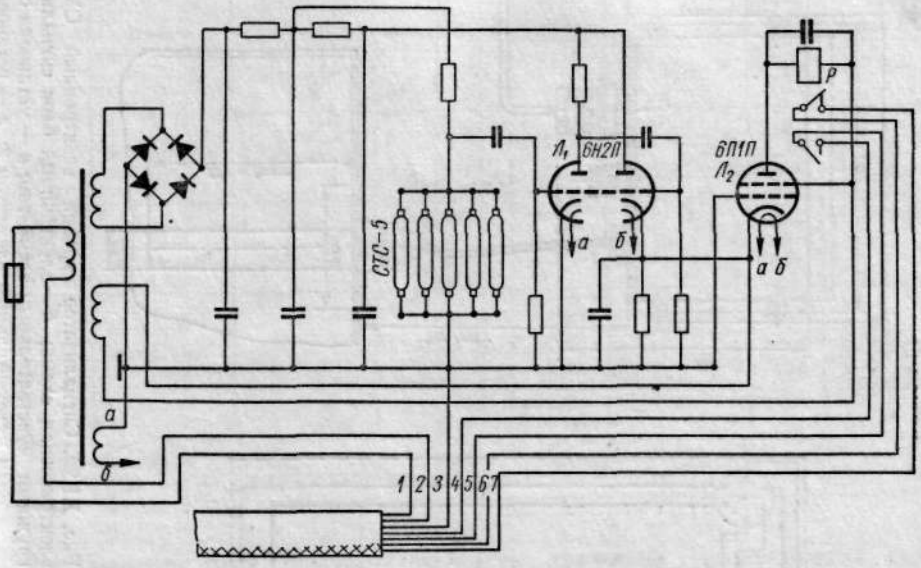


Рис. XI.21. Принципиальная схема электронного блока радиоактивного сигнализатора уровня типа ГР

Чувствительный элемент погружного типа состоит из стержня и арматуры. Стержень защищен от воздействия измеряемой среды изоляционной трубкой из винипласта. Чувствительный элемент приставного типа состоит из диска и арматуры. Крепление элемента осуществляется при помощи фланца или пластины, приваренной к арматуре элемента. Электронный блок монтируется на контролируемом объекте или на расстоянии от него до 7 *м*. Температура окружающей среды должна быть $-10 \div +50°$ С, относительная влажность до 80%. Основная допустимая погрешность сигнализации уровня жидкости ± 1 *мм*, уровня сыпучих и кусковых материалов $\pm 2 \div \pm 50$ *мм*. Выходное реле МКУ-48 имеет два замыкающихся и два размыкающихся контакта. Питание сигнализатора осуществляется от сети 127 или 220 *в* 50 *гц*. По индивидуальному заказу сигнализаторы могут быть изготовлены на 12, 24 и 36 *в*, 50 *гц*. Контакты рассчитаны на ток 2,5 *а*, питание от сети 220 *в*, 50 *гц*. Потребляемая мощность не более 10 *в·а*.

Изготовитель: Экспериментальный завод Института автоматики, Киев.

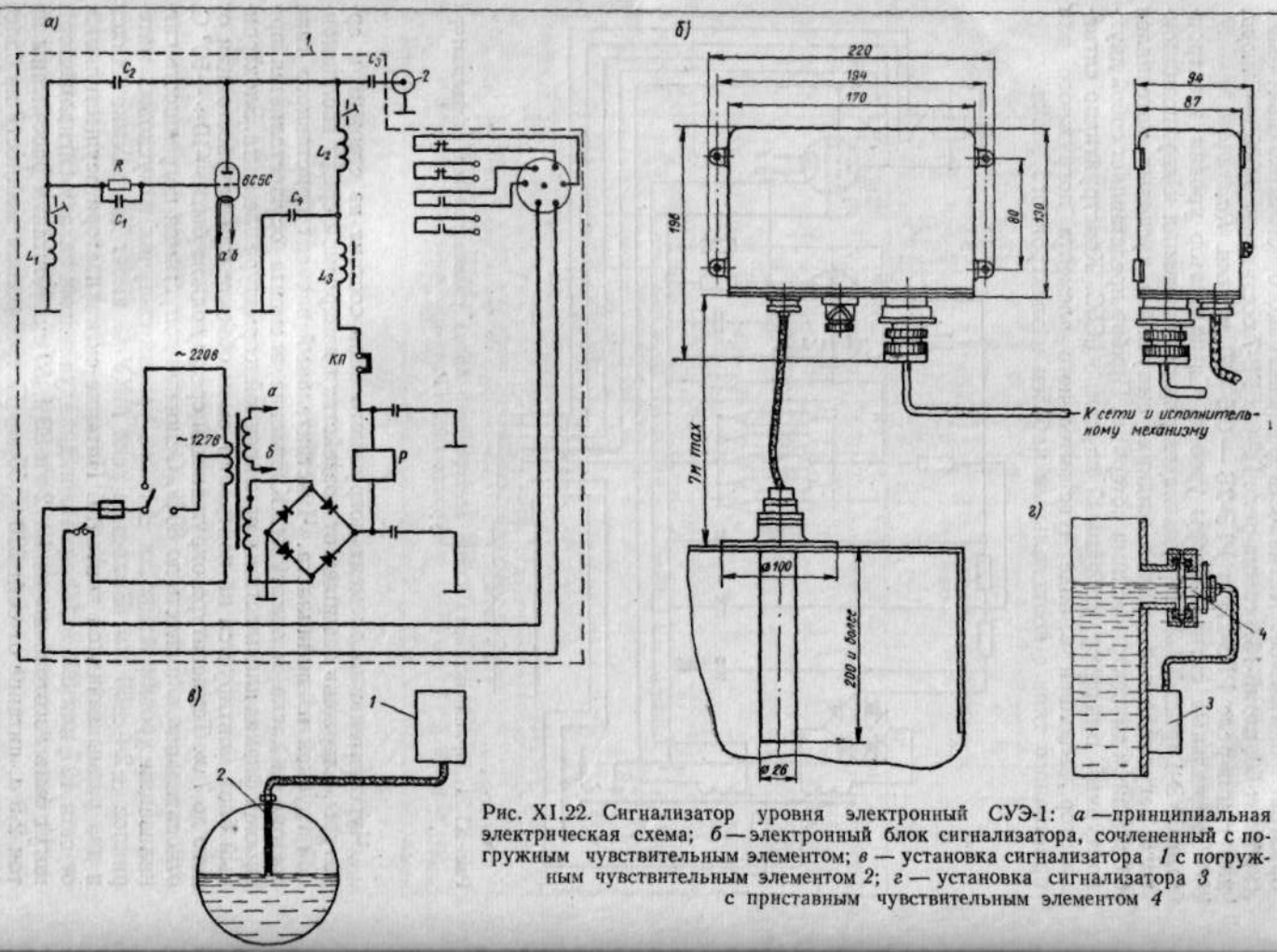


Рис. XI.22. Сигнализатор уровня электронный СУЭ-1: *а* — принципиальная электрическая схема; *б* — электронный блок сигнализатора, сочлененный с погружным чувствительным элементом; *в* — установка сигнализатора *1* с погружным чувствительным элементом *2*; *г* — установка сигнализатора *3* с приставным чувствительным элементом *4*

4. Сигнализаторы и позиционные регуляторы разности давлений и расхода аппаратные

Сигнализаторы разности двух давлений являются бесшкальными приборами и предназначены для контроля жидкостей и газов. При контроле перепада давления на постоянном сопротивлении эти приборы могут служить сигнализаторами расхода. Чувствительным элементом служит сильфон или мембрана. Технические характеристики мембранных и сильфонных сигнализаторов разности давлений приведены в табл. XI.25.

Таблица XI.25

Технические характеристики сигнализаторов разности двух давлений

Тип	Предел настройки	Статическое давление	Контакты	Разрывная мощность контактов	Допустимая температура окружающей среды в °С	Габаритные размеры в *мм*	Изготовитель
СРД-1	400—1000 *мм вод. ст*	0,3—3 *кгс/см²*	Один переключающий	Ток размыкания 0,2 *а* при 380 *в* переменного тока; длительный ток 3 *а*	—5÷+40	255×290×160	«Теплоавтомат», Харьков
РКПЖ-1	0,1—0,3 *кгс/см²*	0,5—5 *кгс/см²*				250×150×93	
РКС-1*	От 0,2 до 1,8 *кгс/см²*	0,1—6 *ата*	Два размыкающих	150 *в·а* при 220 *в* переменного тока и индуктивной нагрузке	—40÷+50 при контроле воздуха и фреона; 0—50 при контроле масла	232×105×69	Орловский завод приборов

* Для РКС-1 в пусковой период допустимое статическое давление до 12 *кгс/см²*, разность давлений — до 5 *кгс/см²*; дифференциал РКС-1 — до 3 *кгс/см²*.

Мембранные сигнализаторы разности давлений. Сигнализатор разности давлений СРД-1 представлен на рис. XI.23, *а*. Чувствительный элемент сигнализатора — мембрана *2*. Контролируемые давления подводятся по обе стороны мембраны, причем большее давление подводится к нижней полости, а меньшее — к верхней. При изменении величины контролируемой разности давлений мембрана перемещается и стяжной болт *1* воздействует на микропереключатель *3* (типа МП-1).

Сильфонные сигнализаторы разности давлений. В реле контроля протекания жидкости РКПЖ-1 (рис. XI.23, *б*) измеряемые давления подводятся к сильфонным камерам *2* и *5*. При изменении разности давлений нарушается равновесие системы и скоба *4* перемещается вверх или вниз, что приводит к срабатыванию микропереключателя *1* (типа МП-1). Настройка реле на заданное значение разности давлений производится с помощью втулки *3*.

5. Сигнализаторы контроля наличия струи (потока)

Принцип работы сигнализаторов этого типа основан на использовании разности давлений в корпусе прибора при наличии и при отсутствии потока жидкости. Типы и технические характеристики сигнализаторов контроля наличия потока приведены в табл. XI.26.

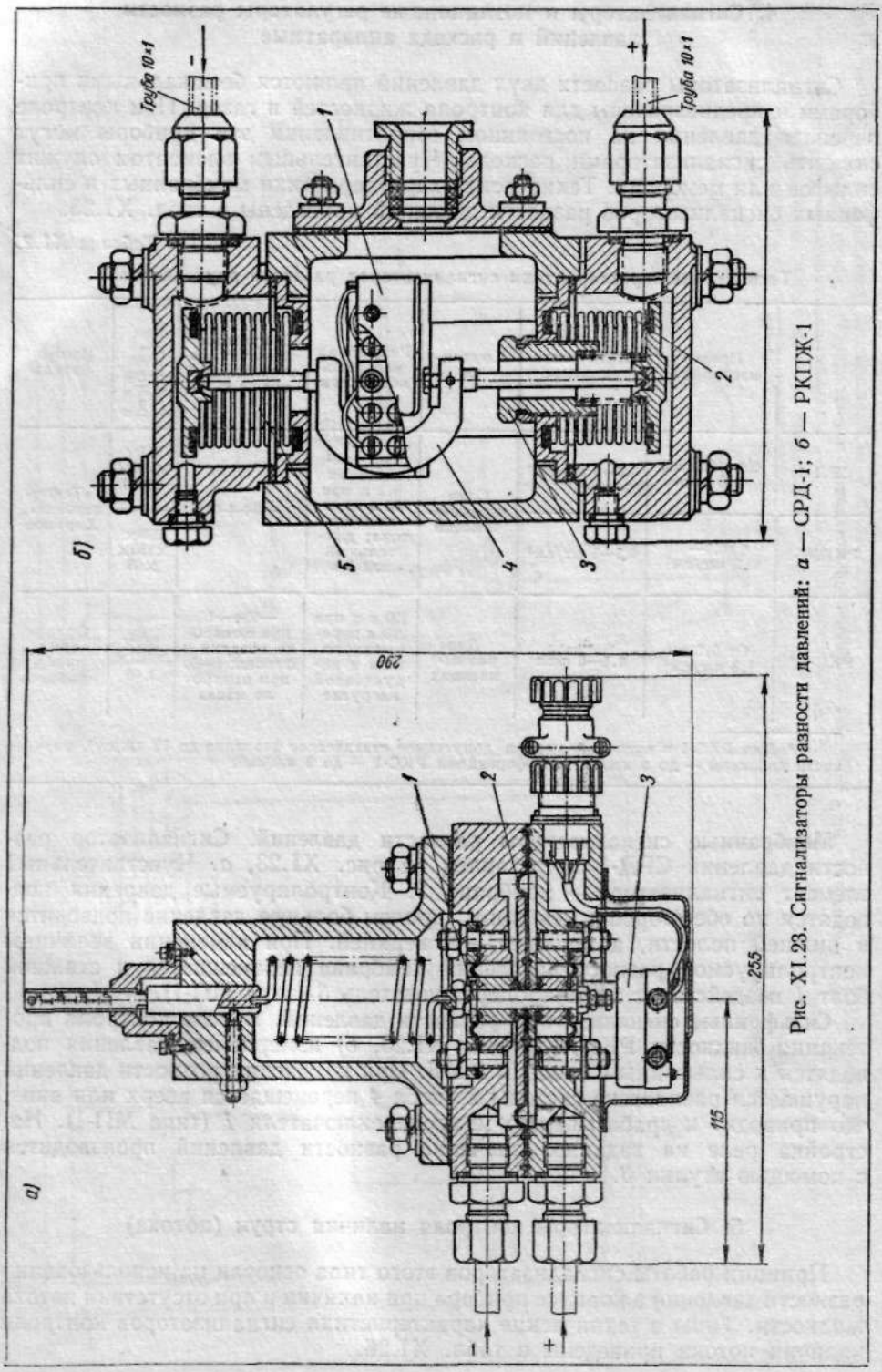


Рис. XI.23. Сигнализаторы разности давлений: *а* — СРД-1; *б* — РКПЖ-1

Таблица XI.26

Технические характеристики сигнализаторов наличия потока

Тип*	Расход жидкости, при котором срабатывает реле в *л/мин*	Корпус	Давление среды в *кгс/см²*	Допустимый ток через выходные контакты	Допустимая температура окружающей среды в °С	Габаритные размеры в *мм*	Завод-изготовитель
РП-$\frac{3''}{4}$	Соответствует перепаду на клапане 0,4 *кгс/см²*	Прямой	До 3,5	3 *а* при напряжении 220 *в* переменного тока и 0,4 *а* при 220 *в* постоянного тока и омической нагрузке	5—35	242×160×67	«Теплоконтроль», Казань
РП-1 $\frac{1''}{2}$							
РП-2″						267×190×67	
РП-1 $\frac{1''}{2}$ У		Угловой				253×118×67	
РСЭ-2″	170	Прямой	2—2,5	Ток размыкания 2 *а* при напряжении 50 *в* постоянного тока	5—40	262×120×50	Московский энергомеханический
РС-2-ЦНИИ-$\frac{3''}{4}$	20					215×160×92	
РС-2-ЦНИИ-1 $\frac{1''}{2}$	30					215×145×95	
РС-2-ЦНИИ-2″	170					221×180×105	
0,5С55-51	0,5		6			152×80×80	
2С55-51	2						

* Последние цифры в типе прибора обозначают диаметр условного прохода в дюймах, исключая приборы 0,5С55-51 и 2С55-51.

Реле протока РП, представленное на рис. XI.24, работает следующим образом. При протекании жидкости через корпус *4* прибора клапан *5* под действием давления жидкости перемещается вверх. На штоке *3* клапана укреплен диск *2*, который переключает два микропереключателя *1*.

Момент срабатывания микропереключателей можно регулировать, смещая диск *2* вдоль штока. Для обеспечения предупредительной и аварийной сигнализации при различных расходах срабатывание реле может

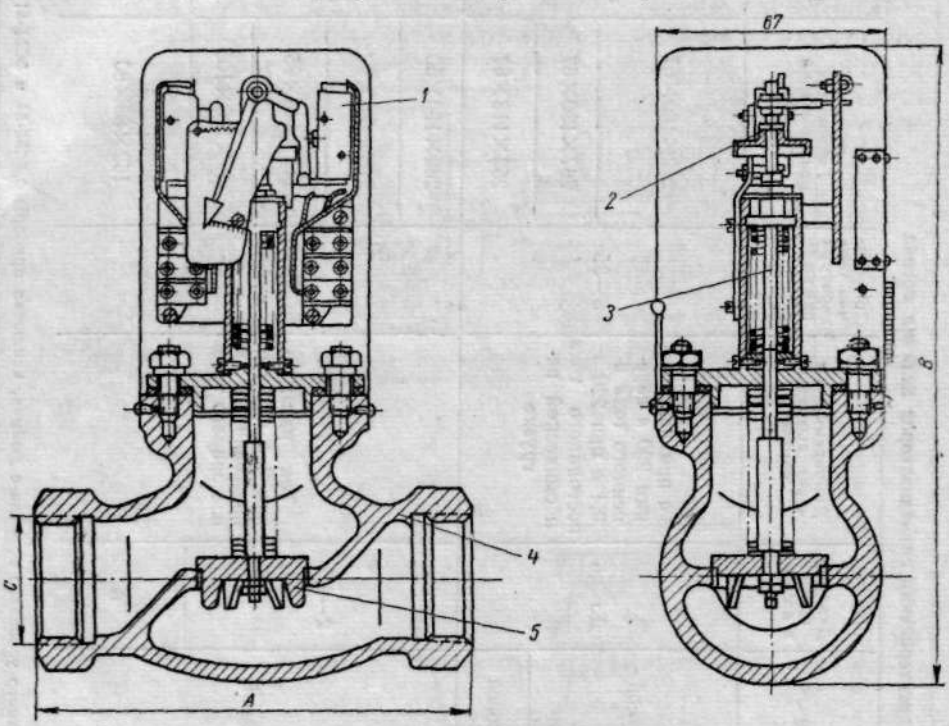


Рис. XI.24. Реле протока РП

быть отрегулировано путем смещения микропереключателей с кронштейнами, на которых они крепятся.

Микропереключатели имеют по одному переключающему контакту.

Корпус реле выполняется прямым, корпус реле РП-$1^1/_2$″У — угловым.

Реле струйные РСЭ-2 и РС-ЦНИИ по конструкции аналогичны реле протока РП. Контактные группы этих реле имеют два верхних и два нижних (с общими точками) неподвижных контакта; при наличии потока жидкости замыкаются верхние контакты, при ее отсутствии — нижние.

6. Реле скорости

Реле потока воздуха РПВ-2 служит для контроля и сигнализации увеличения скорости воздуха в воздуховоде сверх заданного значения. Чувствительным элементом реле является заслонка, на которую воздействует динамический напор движущегося потока воздуха. Заслонка укреплена на оси, по концам которой установлены рычаги с балансировочными грузами. На оси укреплен кулачок, по поверхности которого катится

ролик, связанный с ртутным переключателем. Прибор может быть установлен на вертикальном и горизонтальном участках воздуховода сечением не менее 200×200 *мм* при любом направлении потока воздуха.

Предел настройки заданной скорости 4—10 *м/сек*. Максимально допустимая скорость воздуха через реле 25 *м/сек*. Температура среды 5—55° С при относительной влажности 20—95% и давлении, отличающемся от барометрического на ±100 *мм вод. ст.*

Контакты замыкаются при повышении скорости воздуха. Максимально допустимая нагрузка на контакты при питании от сети 220 *в*, 50 *гц* и индуктивной нагрузке 100 *в·а*. Дифференциал, т. е. разность между скоростями воздуха при замыкании и размыкании контактов, может быть установлен в пределах 0,5—2 *м/сек*.

Изготовитель: завод «Киевприбор».

§ 3. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ РЕГУЛЯТОРЫ

1. Датчики электрических регуляторов

Терморегуляторы ТПД (дистанционный) и ТПК (камерный) являются датчиками для систем пропорционального регулирования температуры неагрессивных жидкостей и газов в установках кондиционирования (табл. XI.27). Терморегуляторы работают в комплекте с балансными реле БР-3 и исполнительными механизмами ПР-М и ПР-1М (см. гл. XIII, § 1)

Таблица XI.27

Технические характеристики терморегуляторов ТПД и ТПК

Пределы регулируемых температур в °С						Количество вспомогательных устройств		
−30÷−5	−10÷+15	5—30	20—50	15—25	10—30	Реохорды	Узел предельных контактов	Узел настройки степени неравномерности
Модификации								
ТПД-30	ТПД-40	ТПД-50	ТПД-60	ТПК-50	ТПК-60	1	—	—
ТПД-31	ТПД-41	ТПД-51	ТПД-61	ТПК-51	ТПК-61	1	—	1
ТПД-32	ТПД-42	ТПД-52	ТПД-62	ТПК-52	ТПК-62	1	1	—
ТПД-33	ТПД-43	ТПД-53	ТПД-63	ТПК-53	ТПК-63	1	1	1
ТПД-34	ТПД-44	ТПД-54	ТПД-64	ТПК-54	ТПК-64	2	—	—
ТПД-35	ТПД-45	ТПД-55	ТПД-65	ТПК-55	ТПК-65	2	—	1
ТПД-36	ТПД-46	ТПД-56	ТПД-66	ТПК-56	ТПК-66	2	1	—
ТПД-37	ТПД-47	ТПД-57	ТПД-67	ТПК-57	ТПК-67	2	1	1

Конструктивно терморегуляторы ТПД и ТПК аналогичны терморегуляторам ТДД и ТДК, но отличаются наличием реохорда и менее мощной контактной группой. Нечувствительность приборов не превышает 2% от диапазона регулируемых температур. Минимальная нерегулируемая

неравномерность параметра 2,5° С для ТПД и 2° С для ТПК. Минимальная регулируемая неравномерность 3° С, максимальная 10° С. Сопротивление реохорда 140 ± 5 *ом*; допустимая сила тока 0,06 *а*. Допустимое напряжение контактов 24 *в*, разрывная мощность 10 *в·а*.

Изготовитель: Завод медаппаратуры, Львов.

2. Балансное реле типа БР-3

Балансное реле типа БР-3 применяется в системах регулирования с реостатными датчиками для управления исполнительными механизмами, имеющими реостаты обратной связи; оно может быть также использовано для синхронизации работы двух исполнительных механизмов с реостатами обратной связи. Принципиальная электрическая схема балансного реле БР-3 приведена на рис. XI.25.

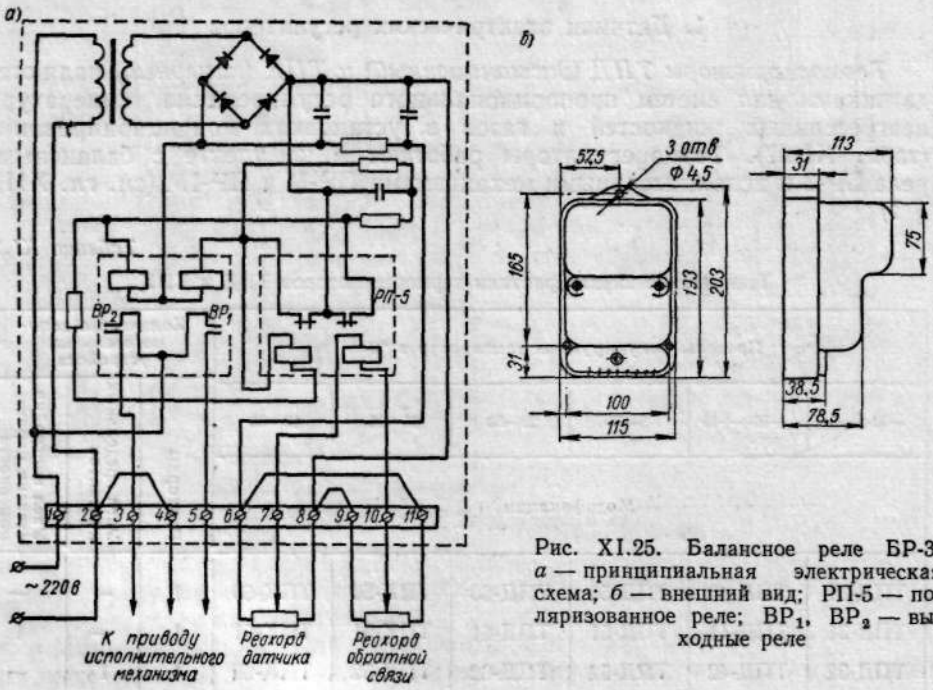


Рис. XI.25. Балансное реле БР-3: *а* — принципиальная электрическая схема; *б* — внешний вид; РП-5 — поляризованное реле; $ВР_1$, $ВР_2$ — выходные реле

В случае использования балансного реле для синхронизации двух исполнительных механизмов вместо реохорда датчика подключается реохорд ведущего механизма, а реохорд ведомого служит для обратной связи.

Изготовитель: завод «Теплоконтроль», Львов.

3. Ступенчатый импульсный прерыватель типа СИП-01

Ступенчатый импульсный прерыватель СИП-01 предназначен для работы в схемах позиционного регулирования. Прибор обеспечивает продолжительность периода подачи импульсов и продолжительность импульсов в соответствии с приведенными данными.

Продолжительность периода подачи импульсов в *сек*	Продолжительность импульсов в *сек* при включении РВ-I, короткий импульс	при включении РВ-II, длинный импульс
15	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	14,13,12,11,10,9, 8
30	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	29, 28, 27, 26, 25, 24, 23
60	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	59, 58, 57, 56, 55, 54, 53
120	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	119, 118, 117, 116, 115, 114, 113

Принципиальная электрическая схема прибора приведена на рис. XI.26, *б*. Синхронный двигатель посредством кинематической схемы воздействует на ртутные контакты РВ-I и РВ-II. Тумблер T_1 служит для

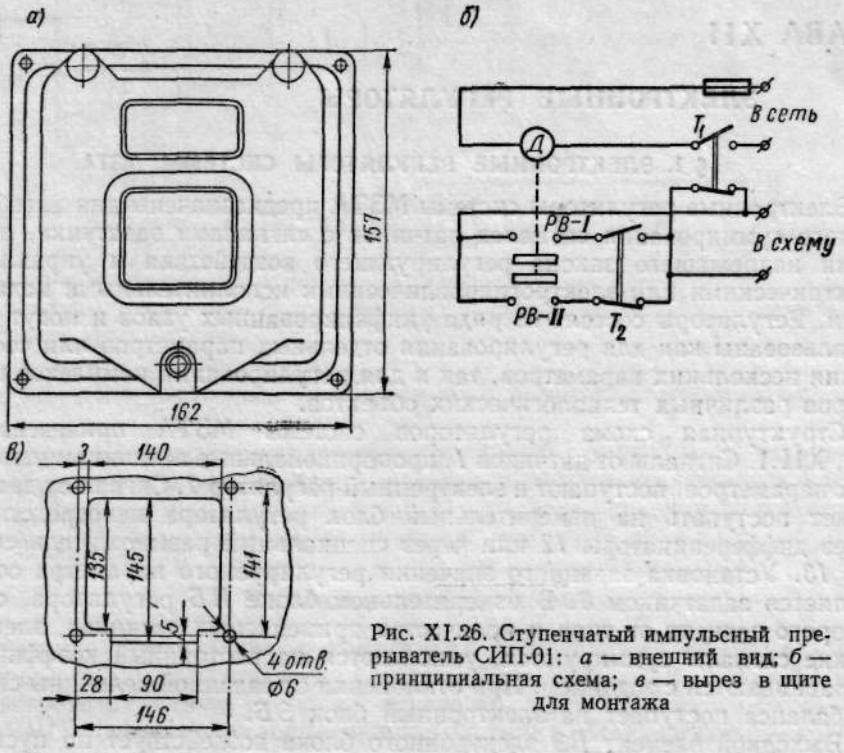


Рис. XI.26. Ступенчатый импульсный прерыватель СИП-01: *а* — внешний вид; *б* — принципиальная схема; *в* — вырез в щите для монтажа

включения и отключения прибора. Выбор коротких или длинных импульсов осуществляется тумблером T_2. Синхронный двигатель питается от сети 127 или 220 *в*; потребляемая мощность 12 *в·а*. Ртутные выпрямители рассчитаны на включение тока 25 *а* при напряжении 127 *в* или 15 *а* при 220 *в*. Внешний вид прибора представлен на рис. XI.26, *а*. Прибор приспособлен как для щитового, так и для настенного монтажа.

Изготовитель: производственное объединение «Средазэнергоцветмет», Ташкент.

ГЛАВА XII

ЭЛЕКТРОННЫЕ РЕГУЛЯТОРЫ

§ 1. ЭЛЕКТРОННЫЕ РЕГУЛЯТОРЫ СИСТЕМЫ МЗТА

Электронные регуляторы системы МЗТА предназначены для алгебраического суммирования сигналов датчиков с сигналами задатчика, выработки надлежащего закона регулирующего воздействия и управления электрическими или электрогидравлическими исполнительными механизмами. Регуляторы состоят из ряда унифицированных узлов и могут быть использованы как для регулирования отдельных параметров или соотношения нескольких параметров, так и для регулирования комплекса параметров различных технологических объектов.

Структурная схема регуляторов системы МЗТА приведена на рис. XII.1. Сигналы от датчиков *1*, пропорциональные величинам измеряемых параметров, поступают в электронный регулятор *2*. Сигнал от датчика может поступать на измерительный блок регулятора непосредственно через дифференциаторы *12* или через специальный размножитель сигналов *13*. Установка заданного значения регулируемого параметра осуществляется задатчиком *3*. В измерительном блоке *ИБ* регулятора, схема которого зависит от типа и количества применяемых датчиков, электрические сигналы суммируются, умножаются на постоянный коэффициент и сравниваются с заданием. При отклонении от заданной величины сигнал разбаланса поступает на электронный блок *ЭБ*.

Выходной элемент *ВЭ* электронного блока воздействует на пусковое устройство *4* исполнительного механизма *5* и устройство обратной связи по выходному сигналу *ОС*. В схеме регулятора имеется также переключатель управления *6*, ключ дистанционного управления *7* и указатель положения *8* регулирующего органа *9*. Бесконтактный датчик положения *10* может обеспечить обратную связь по положению регулирующего органа.

В зависимости от типа управляющего устройства (магнитный пускатель или магнитный усилитель), регуляторы системы МЗТА подразделяются на два вида: серии РПИК с релейным выходным элементом и серии РПИБ с бесконтактным выходным элементом.

В каскадных схемах регулирования могут применяться бесконтактные корректирующие приборы *11* типа КПИ (рис. XII.1), осуществляющие регулирование путем изменения задания «подчиненному» регулятору *2*, который поддерживает какой-либо параметр (или соотношение параметров), существенно влияющий на условия поддержания корректирующим прибором заданного режима работы объекта.

Комплект устройств системы МЗТА предназначен для утопленного щитового монтажа и работы в закрытых нормальных помещениях при условии отсутствия в них агрессивных паров или газов. Допустимая вибрация мест крепления по амплитуде не более 0,2 *мм* и частоте 30 *гц*.

Питание устройств от сети переменного тока 220 *в*, 50 *гц*.

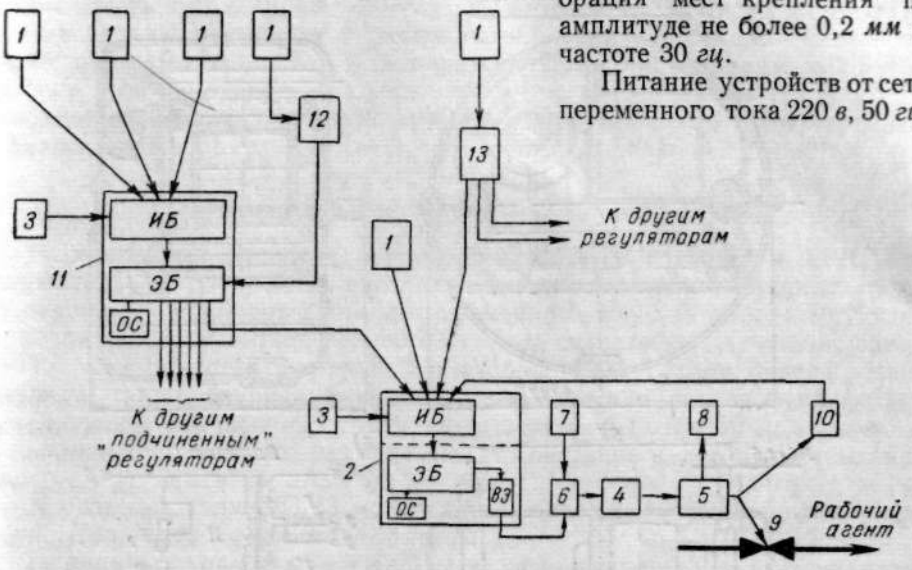


Рис. XII.1. Структурная схема электронных регуляторов системы МЗТА

Допустимая напряженность внешнего магнитного поля в месте установки аппаратуры до 400 *а/м*. Питание измерительных и электронных частей всех регулирующих и корректирующих устройств осуществляется стабилизированным напряжением переменного тока 220 *в*.

1. Первичные приборы-датчики

Индукционные датчики. В комплекте с электронными регулирующими и корректирующими приборами заводом МЗТА выпускаются измерительные устройства с индукционной передачей: чувствительные манометры типа ЧМП, дифференциальные манометры типа ДММ, дифференциальные тягомеры типа ДТ-2, датчики солесодержания типа КСКВ и магнитные кислородомеры типа КМК-59. Кроме того, аппаратура системы МЗТА может работать совместно с дифференциально-трансформаторными датчиками завода «Манометр», ферродинамическими и реостатными датчиками, термопарами и термометрами сопротивления. Упомянутые датчики описаны в гл. I, § 3, 5; гл. II, § 1, 3; гл. III, § 10, 11, 12; гл. V, § 1, 3.

Датчик-трансформатор тока типа ДТТ-58. Для измерения тока в однофазных и трехфазных цепях переменного тока заводом МЗТА выпускается датчик-трансформатор типа ДТТ-58. Датчик представляет собой двухобмоточный трансформатор, первичная обмотка *I* которого последовательно с амперметром включена во вторичную цепь стандартного измерительного трансформатора тока, а вторичная обмотка *II* постоянно нагружена сопротивлениями R_1 и R_2.

Постоянное сопротивление R_1 служит для ограждения тока во вторичной обмотке датчика при полностью выведенном сопротивлении R_2. Переменное сопротивление R_2 («нечувствительность») служит для

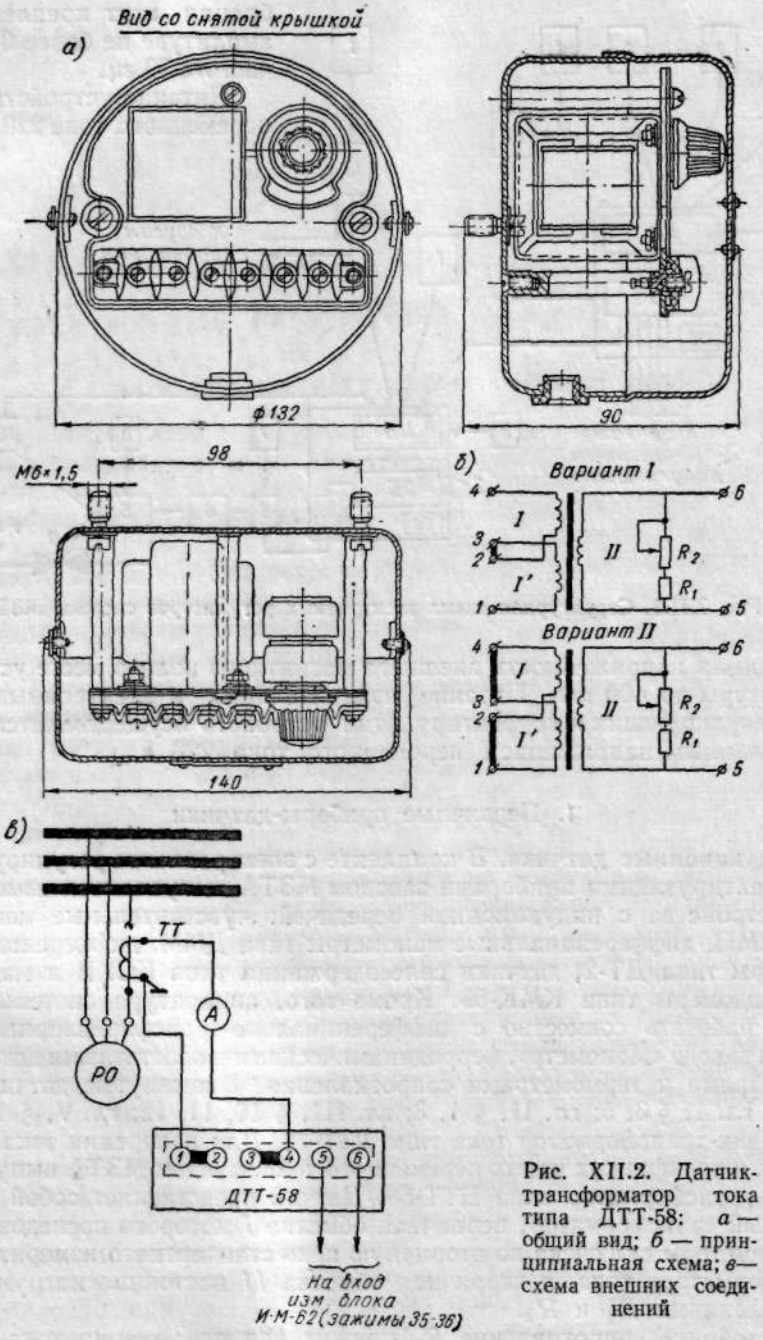


Рис. XII.2. Датчик-трансформатор тока типа ДТТ-58: *а* — общий вид; *б* — принципиальная схема; *в* — схема внешних соединений

установки определенной величины выходного напряжения, равного 15 *в* при различных заданных значениях тока в цепи первичной обмотки.

Первичная обмотка ДТТ-58 (рис. XII.2) разделена на две секции, чтобы иметь возможность изменять коэффициент трансформации. При токе в первичной обмотке в диапазоне 0,5—2,5 *а* ее секции включаются последовательно (рис. XII.2, вариант I). При токе в диапазоне 2,5—5 *а* секции этой обмотки необходимо включить параллельно (вариант II). Входное напряжение датчика при номинальном токе в цепи первичной обмотки равно 15 *в*.

2. Функциональные приборы (преобразователи) *

Размножители сигналов переменного тока типа РП-63 и ДРИ. Размножитель РП-63 предназначен для увеличения числа выходных цепей: а) первичных приборов-датчиков переменного тока; б) корректирующего прибора КПИ. Работает совместно с индукционными датчиками завода МЗТА, дифференциально-трансформаторными датчиками завода «Манометр», а также ферродинамическими датчиками и реостатными устройствами, если они развивают на выходе переменный ток 50 *гц*, синфазный с напряжением питания размножителя. Сочетание видов первичных приборов не регламентируется.

К размножителю РП-63 может быть подключено два первичных прибора. Количество выходных обмоток 5.

Принципиальная схема РП-63 приведена на рис. XII.3. Измерительная часть схемы состоит из обмоток *I* и *II* трансформатора $Тр_1$, к которым подключаются индукционные или дифференциально-трансформаторные датчики. Переменные сопротивления R_1 и R_2 служат для регулировки величины напряжения, подаваемого на вход однокаскадного усилителя, выполненного на транзисторе $ПП_1$. Усилитель охвачен глубокой отрицательной обратной связью, подаваемой во входную цепь триода со вторичной обмотки *I* трансформатора $Тр_2$. Остальные вторичные обмотки (*II—VI*) трансформатора $Тр_2$ осуществляют «размножение» выходного сигнала.

Питание размножителя РП-63 производится от электромагнитного стабилизатора напряжения типа С-0,16, к которому может быть присоединено до 15 аналогичных устройств.

Внешний вид размножителя РП-63 приведен на рис. XII.4.

Для размножения сигналов переменного тока МЗТА выпускает также размножающий датчик типа ДРИ, который представляет собой экранированный трансформатор с одной первичной и четырьмя вторичными

---

* МЗТА подготавливает к серийному выпуску следующие типы функциональных блоков, предназначенных для преобразования унифицированных входных сигналов 0—5 *ма* и 0—20 *ма* постоянного тока в унифицированные выходные сигналы 0—5 *ма* постоянного тока: 1) блок интегрирования — выходной сигнал пропорционален интегралу по времени от входного сигнала. Постоянная времени интегрирования 2—1000 *сек*; 2) блок извлечения корня; основная допустимая погрешность преобразования 0,6%; 3) блок суммирования 3—4 сигналов; коэффициент пропорциональности по каждому каналу 1 : 5. Нелинейность статической характеристики не более 0,6%; 4) блок умножения двух величин; основная допустимая погрешность 1,6%; 5) блок деления, основная допустимая погрешность при значениях тока числителя 0,5—5 *ма* и тока знаменателя 0,5—3,5 *ма* не более 1,6%; 6) блок возведения в квадрат; основная допустимая погрешность 0,6%; 7) блок дифференцирования; выходной сигнал $-5 \div 0 \div +5$ *ма*; коэффициент усиления 1—10; постоянная времени дифференцирования 0,25—100 *сек*; постоянная времени демпфера 0—20 *сек*; 8) блок ограничения выходного сигнала по максимуму и минимуму (min 0—5 *ма*; max 5—0,6 *ма*). Основная допустимая погрешность на активном участке 0,6%. Все блоки питаются от сети 220 *в*, 50 *гц*. Потребляемая мощность — 10 *в·а*.

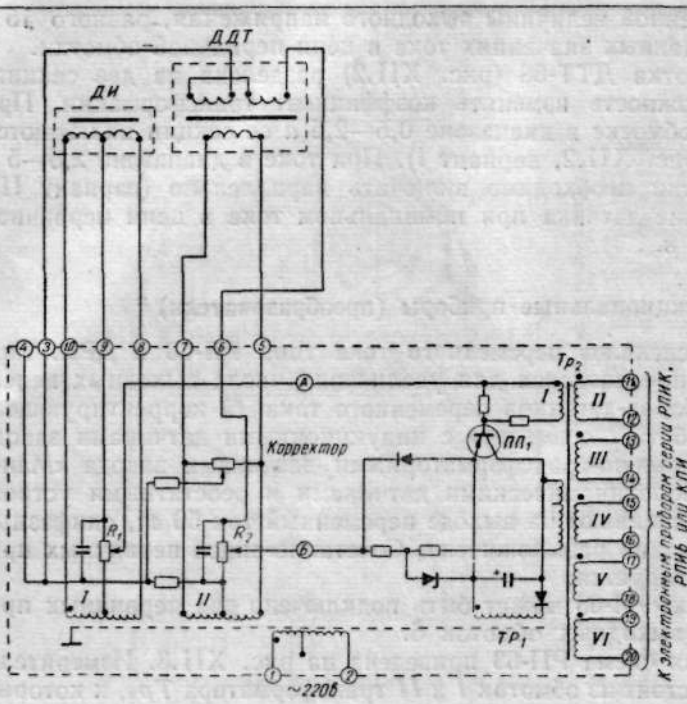


Рис. XII.3. Принципиальная схема размножителя сигналов типа РП-63:
ДИ — датчик индукционный;
ДДТ — датчик дифференциально-трансформаторный

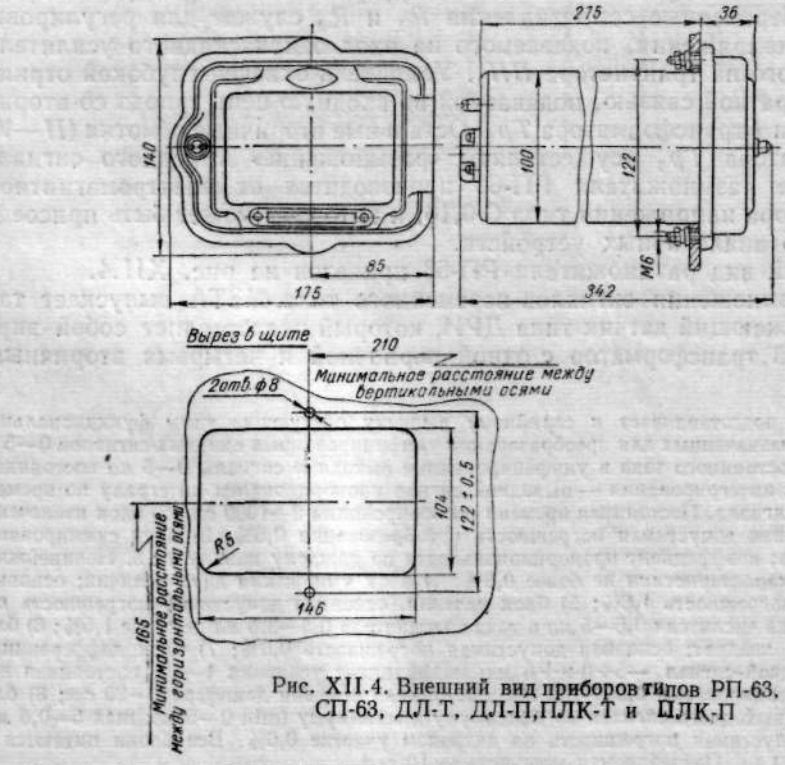


Рис. XII.4. Внешний вид приборов типов РП-63, СП-63, ДЛ-Т, ДЛ-П, ПЛК-Т и ПЛК-П

обмотками. При подаче на вход размножающего датчика ДРИ напряжения 47 *в*, на выходных обмотках снимается напряжение 1,2 *в* при выходной мощности 0,2 *в·а*.

Сумматор сигналов переменного тока типа СП-63. Сумматор СП-63 применяется в схемах автоматического регулирования в качестве устройства, осуществляющего суммирование сигналов от первичных приборов (датчиков) переменного тока (индукционных ДИ, дифференциально-трансформаторных ДДТ, ферродинамических ДФ и реостатных). К сумматору может подключаться до 4 первичных приборов. Схема суммирования сигналов выполняется так же, как в измерительном блоке электронного регулятора, описанного ниже. Каскад усиления сумматора выполнен аналогично усилителю размножителя РП-63. Сочетание видов первичных приборов не регламентируется.

Принципиальная схема сумматора сигналов СП-63 приведена на рис. XII.5. Внешний вид сумматора показан на рис. XII.4.

3. Регулирующие и корректирующие приборы *

Регуляторы серии РПИК и РПИБ (совместно с корректирующим прибором КПИ или без него) обеспечивают формирование необходимого закона регулирования: П (пропорционального) за счет воздействия сигнала жесткой обратной связи от датчика положения исполнительного механизма *10* (см. рис. XII.1); ПИ (пропорционально-интегрального или изодромного); ПИД (пропорционально-интегрально-дифференциального). Формирование ПИД-регулирования (т. е. изодромного регулирования с упреждающим воздействием по производной) осуществляется при условии работы регулирующего прибора *2* или корректирующего прибора *11* в комплекте с дифференциатором *12*. Измерительные блоки, применяемые в различных модификациях регуляторов, идентичны для регуляторов РПИК, РПИБ и корректирующих приборов КПИ.

Как показано на рис. XII.1, электронные регуляторы и корректирующие приборы МЗТА конструктивно выполнены в виде раздельных блоков (измерительного и электронного), которые смонтированы в общем корпусе и имеют дополнительные стальные чехлы (служат для механической защиты и являются также магнитными экранами). Органы настройки регулятора выведены на его лицевую панель. Там же находятся индикаторные лампы, показывающие направление воздействия. Внешний вид регуляторов РПИК, РПИБ и корректирующих приборов КПИ приведен на рис. XII.6. Регуляторы и корректирующие приборы предназначены для

---

* Помимо регуляторов РПИ, РПИБ и КПИ завод тепловой автоматики подготавливает к серийному выпуску следующие типы регулирующих блоков, предназначенных для восприятия входных унифицированных сигналов 0—5 *ма* и 0—20 *ма* и выдачи выходных унифицированных сигналов 0—5 *ма*: 1) блок регулирующий с пропорциональным выходом для осуществления П-закона регулирования и управления исполнительным механизмом с позиционером; значение коэффициента пропорциональности от 0,5 до 50; 2) блок формирования закона релейный для преобразования входного сигнала в последовательность импульсов постоянного напряжения, интегрирование которых исполнительным механизмом постоянной скорости дает ПИ-закон регулирования. Минимальная зона нечувствительности $\leqslant$0,2%; диапазон времени интегрирования 2—2000 *сек*; диапазон изменения скорости обратной связи 0,2—3,0%; постоянная времени демпфера 0—8,8 *сек*. Выходное управляющее напряжение 24 *в*; выходная мощность — 8 *вт*; питание от сети 220 *в*, 50 *гц*; 3) блок формирования закона регулирования предназначен для формирования ПИД-закона регулирования. Коэффициент пропорциональности 0,25—50; постоянная времени интегрирования 1—2000 *сек*; отношение постоянной времени дифференцирования к времени интегрирования 0—0,4.

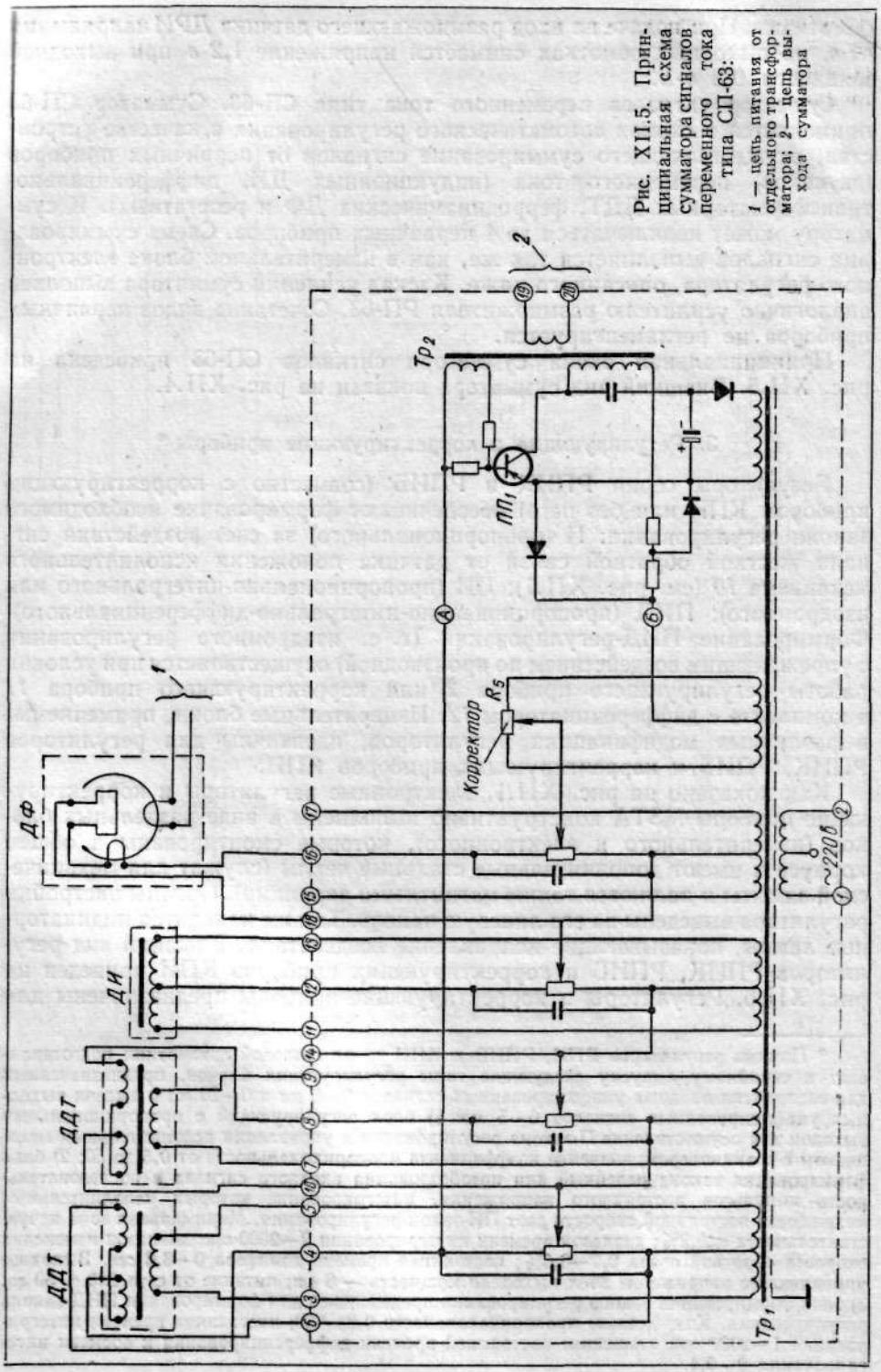


Рис. XII.5. Принципиальная схема сумматора сигналов переменного тока типа СП-63:
1 — цепь питания от отдельного трансформатора; *2* — цепь выхода сумматора

установки на вертикальных панелях и должны быть предохранены от увлажнения, действия коррозионной среды, запыления, влияния теплового излучения и значительных вибраций. Для устранения возможности попадания пыли внутрь корпуса на его задней стенке расположен штуцер,

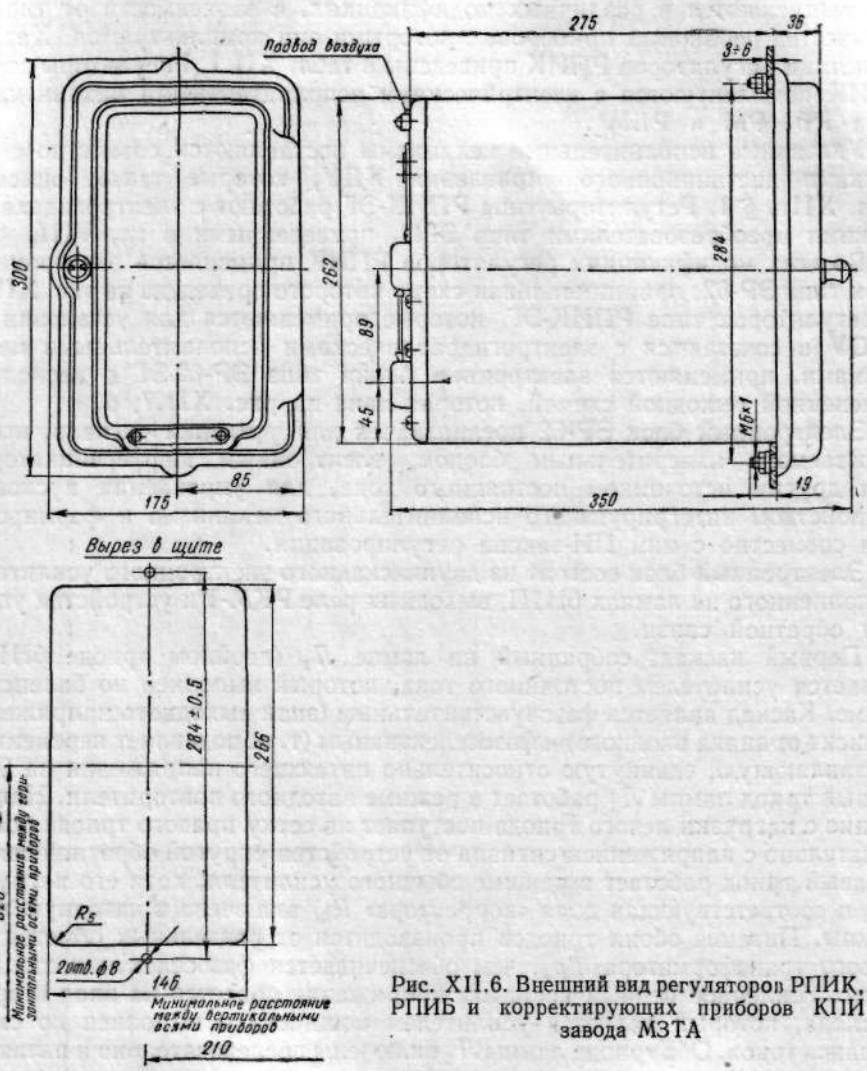


Рис. XII.6. Внешний вид регуляторов РПИК, РПИБ и корректирующих приборов КПИ завода МЗТА

через который подводится сухой воздух под давлением до 10 *мм вод. ст.* Аппаратуру следует предохранять от воздействия магнитных полей. Минимальное расстояние до элементов, имеющих сильные магнитные поля, должно быть не менее 1 *м*.

Соединение регуляторов и корректирующих приборов с другими элементами схемы регулирования должно осуществляться медным кабелем, сечением не менее 1,5 *мм*^{2}, и производиться по нормам, отвечающим рабочему напряжению 250 *в*. Измерительные цепи от первичных приборов и выносного задатчика могут быть объединены в общий кабель. Силовая цепь выделяется в отдельный кабель. Выходные цепи регуляторов

и корректирующих приборов не следует совмещать в общем кабеле с их входными цепями.

Регуляторы серии РПИК с релейным выходным элементом. Импульсные регуляторы серии РПИК с релейным выходным (пусковым) элементом выпускаются в различных модификациях, в зависимости от типа и количества первичных приборов, с которыми они комплектуются. Характеристики регуляторов РПИК приведены в табл. XII.1. Регуляторы серии РПИК комплектуются с электрическими исполнительными механизмами типа РБ, РМ и РБМ*.

Указанные исполнительные механизмы поставляются совместно с колонками дистанционного управления КДУ, которые также описаны в гл. XIII, § 1. Регуляторы типа РПИК-ЭГ работают с электрогидравлическими преобразователями типа ЭГП, приведенными в гл. VIII, § 1.

Во всех модификациях регуляторов РПИК применяется электронный блок типа ЭР-62, принципиальная схема которого приведена на рис. XII.7. В регуляторах типа РПИК-ЭГ, которые применяются для установки на БРОУ и сочетаются с электрогидравлическими исполнительными механизмами, применяются электронные блоки типа ЭР-62-ЭГ с несколько измененной выходной схемой, которая дана на рис. XII.7, *б*.

Электронный блок ЭР-62 предназначен для усиления сигнала, вырабатываемого измерительным блоком, электронным дифференциатором или другим источником постоянного тока, для управления пусковым устройством интегрирующего исполнительного механизма и формирования совместно с ним ПИ-закона регулирования.

Электронный блок состоит из двухкаскадного электронного усилителя, выполненного на лампах 6Н1П, выходных реле РКМ-1 и устройства упругой обратной связи.

Первый каскад, собранный на лампе $Л_1$ (двойном триоде 6Н1П), является усилителем постоянного тока, который выполнен по балансной схеме. Каскад является фазочувствительным (знак выходного напряжения зависит от знака входного) и фазоселективным (т. е. подавляет переменную составляющую, сдвинутую относительно питающего напряжения на 90°). Левый триод лампы $Л_1$ работает в режиме катодного повторителя. Напряжение с нагрузки левого триода поступает на сетку правого триода последовательно с напряжением сигнала от устройства упругой обратной связи. Правый триод работает в режиме обычного усилителя, хотя его нагрузка (R_5 и соответствующая доля «корректора» R_3) включена в катодную цепь лампы. Питание обоих триодов производится от раздельных обмоток силового трансформатора $Тр_1$, чем обеспечивается фазоселективность каскада. Усиленное первым каскадом напряжение подается на вход второго каскада, который является усилителем мощности и выполнен по схеме баланса токов. Оба триода лампы $Л_2$ включены последовательно и питаются постоянным током от обмотки трансформатора $Тр_1$ через выпрямители $В_4$ и $В_5$. Верхний (по схеме) триод управляется напряжением, развиваемым на сопротивлении R_{13}, которое является частью анодной нагрузки для нижнего (по схеме) триода. Регулирование зоны нечувствительности каскада осуществляется потенциометром R_{12}. Нагрузкой каскада служат реле $Р_1$ и $Р_2$, шунтированные емкостью $С_9$. Селективность срабатывания реле в зависимости от направления тока в нагрузке обеспечивается соответствующим включением последовательно с их обмотками выпрямителей $В_2$

* Регуляторы РПИК могут также комплектоваться с электрическими исполнительными механизмами серии МЭО.

и B_3. Каждое реле имеет по одной паре замыкающих контактов, которые коммутируют напряжение постоянного тока, предназначенное для управления устройством обратной связи и катушками реверсивного магнитного контактора (через зажимы *7—8* или *9—8* на выходной панели).

Устройство упругой обратной связи состоит из потенциометра R_{14} (скорость связи), сопротивления R_{11}, емкости C_3, сменного сопротивле-

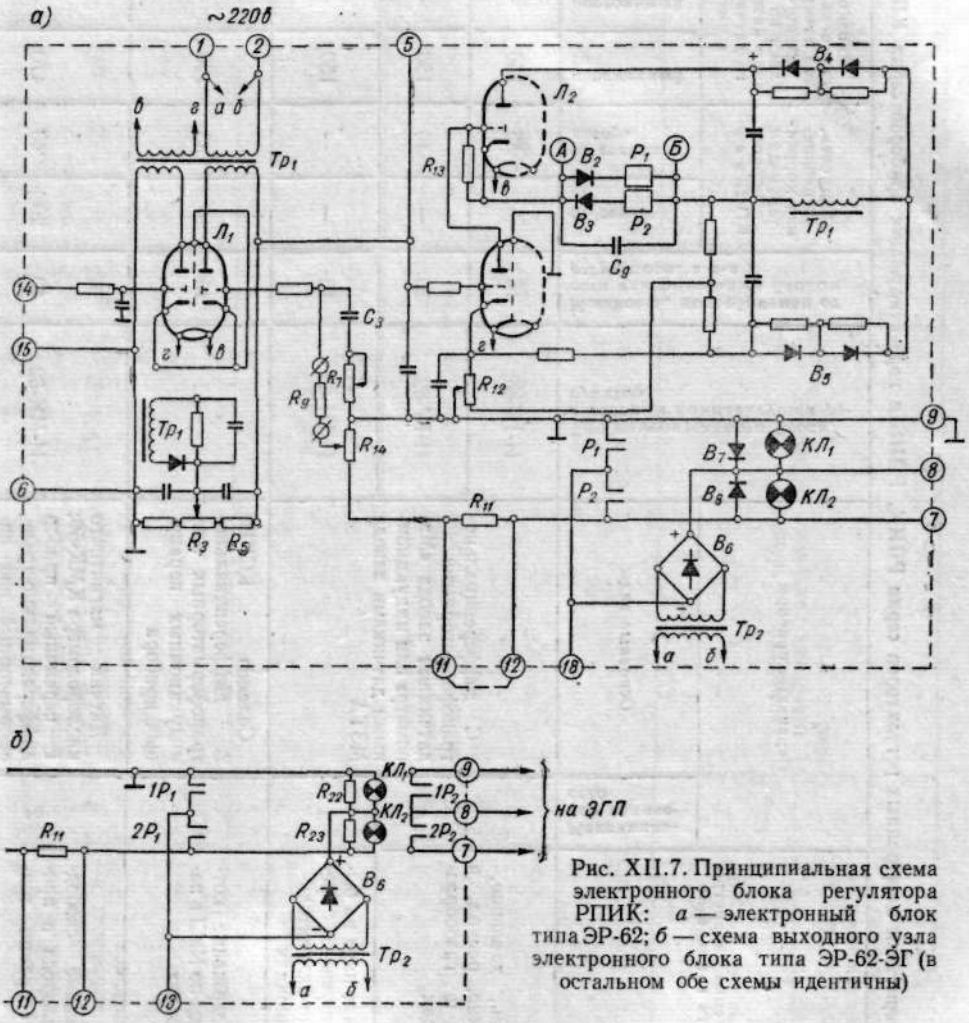


Рис. XII.7. Принципиальная схема электронного блока регулятора РПИК: *а* — электронный блок типа ЭР-62; *б* — схема выходного узла электронного блока типа ЭР-62-ЭГ (в остальном обе схемы идентичны)

ния R_9 (время изодрома) и потенциометра R_7 (длительность импульса), через которые производится заряд и разряд емкости C_3. В момент срабатывания одного из реле на потенциометре R_{14} появляется постоянное напряжение, полярность которого подобрана таким образом, чтобы воздействие обратной связи уравновешивало воздействие сигнального напряжения. При этом происходит размыкание контактов реле, и емкость C_3 начинает разряжаться через сопротивления R_9 и R_7, чем обеспечивается эффект введения сигнала по первой производной в цепь обратной связи. Изменяя величину R_7, можно изменять величину воздействия по производной и

Таблица XII.1

Технические характеристики электронных регуляторов серии РПИК, РПИБ и корректирующих приборов серии КПИ (МЗТА)

Тип	Регулируемые параметры и область применения	Первичные приборы		Тип измерительного блока, с которым комплектуется регулятор	Мощность, потребляемая от сети измерительным блоком регулятора, в *в·а*	Мощность, потребляемая корректирующим прибором КПИ, в *в·а*		Входное сопротивление измерительного блока по каналу каждого датчика в *ом*		Род тока выходного сигнала
		Максимальное количество	Основные виды			от сети	от стабилизатора	переменный ток	постоянный ток	
РПИК-III РПИБ-III КПИ-III	Уровень, давление, разрежение, расход в жидких и газообразных средах	3	С дифференциально-трансформаторными датчиками завода «Манометр» или индукционными датчиками завода МЗТА	И-III-62	15	—	35	150	—	
РПИК-IV РПИБ-IV КПИ-IV		4		И-IV-62	20	—	40	150	—	
РПИК-III-ЭГ РПИБ-III-ЭГ	Давление пара на быстродействующих редукционно-охладительных установках	3		И-III-62	15	—	—	150	—	
РПИК-НП РПИБ-НП КПИ-НП	Солесодержание котловой воды по NaCl в паровых котлах	3	Солемер КСКВ; 2 дифференциально-трансформаторных или индукционных первичных прибора	—	15	—	35	150	—	
РПИК-МК РПИБ-МК КПИ-МК	Содержание свободного кислорода в продуктах сгорания топлива	2	Датчик магнитного кислородомера КМК-59; 1 первичный прибор дифференциально-трансформаторный или индукционный	И-МК-62	40	20	40	470	—	

РПИК-МК РПИБ-МК КПИ-МК	ного кислорода в продуктах сгорания топлива	2	1 первичный прибор дифференциально-трансформаторный или индукционный	И-МК-62	40	20	40	470	—	
РПИК-М РПИБ-М КПИ-М	Электрическая активная мощность в трехфазных и однофазных цепях переменного тока	2	Датчик-трансформатор тока ДТТ-58; 1 первичный прибор индукционный или дифференциально-трансформаторный	И-М-62	15	—	35	150	—	Переменный, 50 *гц*
РПИК-С РПИБ-С КПИ-С	Температура среды при условии измерения стандартными термометрами сопротивления	1	Электрические термометры сопротивления любых стандартных градуировок	И-С-62	10	—	30	4000	—	
РПИК-2С РПИБ-2С КПИ-2С	Температура двух сред, измеряемая термометрами сопротивления. Один параметр — регулируемый, второй — корректирующий	2		И-2С-62	12	—	30	4000	—	
РПИК-Т РПИБ-Т КПИ-Т	Температура среды при условии ее измерения с помощью термопары	1	Термопары любых стандартных градуировок	И-Т-62	10	—	30	—	50	Постоянный
РПИК-Т-ЭГ РПИБ-Т-ЭГ	Температура пара на быстродействующих редукционно-увлажнительных установках	1			10	—	—	—	50	

Продолжение табл. XII.1

Тип	Регулируемые параметры и область применения	Первичные приборы: Максимальное количество	Первичные приборы: Основные виды	Тип измерительного блока, с которым комплектуется регулятор	Мощность, потребляемая от сети измерительным блоком регулятора, в *в·а*	Мощность, потребляемая корректирующим прибором КПИ, в *в·а*: от сети	Мощность, потребляемая корректирующим прибором КПИ, в *в·а*: от стабилизатора	Входное сопротивление измерительного блока по каналу каждого датчика в *ом*: переменный ток	Входное сопротивление измерительного блока по каналу каждого датчика в *ом*: постоянный ток	Род тока выходного сигнала
РПИК-Т2 РПИБ-Т2 КПИ-Т2	Регулируемый параметр—температура (измеряемая термопарой); корректирующий параметр—уровень, давление, расход (или наоборот)	1+2	Термопары любых градуировок; дифференциально-трансформаторные и индукционные датчики	И-Т2-62	15	—	35	150	50	Постоянный; переменный, 50 *гц*

Примечания:

1. Мощность, потребляемая электронными блоками регуляторов РПИК и РПИБ, 30 *в·а*.
2. Управляющее (выходное) напряжение постоянного тока для регуляторов: а) РПИК — 27^{+3}_{-1} *в* (кроме РПИК-III-ЭГ и РПИК-Т-ЭГ); б) РПИБ — 24^{+2}_{-1} *в*.
3. Максимальная управляющая (выходная) мощность для регуляторов: а) РПИК — 6 *вт* (кроме РПИК-III-ЭГ и РПИК-Т-ЭГ); б) РПИК — 8 *вт*.
4. Диапазон изменения времени изодрома: а) для регуляторов РПИК и корректирующих приборов КПИ — 5÷500 (±20%) *сек*; б) для регуляторов РПИБ — 5÷2000 *сек*.
5. Диапазон изменения постоянной времени демпфера для регуляторов РПИК и РПИБ — 0,5÷13 *сек* (кроме регуляторов, работающих с температурными датчиками).
6. Зона нечувствительности прибора, приведенная к его входу: а) минимальная Δ_{min} для регуляторов РПИК и РПИБ по переменному току 2 *мв*, по постоянному току 0,1 *мв*; б) максимальная равна 6—10 Δ_{min}.
7. Номинальное значение регулируемой температуры, на которую настроены измерительные блоки: а) регуляторов РПИК-Т, РПИК-Т-ЭГ, РПИК-Т2, РПИБ-Т, РПИБ-Т-ЭГ, РПИБ-Т2 и корректирующих приборов КПИ-Т, КПИ-Т2 — 510±10° С, при работе с термопарой градуировки ХК; б) регуляторов РПИК-С, РПИК-2С, РПИБ-С, РПИБ-2С и корректирующих приборов КПИ-С, КПИ-2С — 100° С, при работе с термометром сопротивления градуировки 23.
8. Диапазон автоматически изменяемого значения температуры в регуляторах РПИК-Т2, РПИБ-Т2 и корректирующих приборах КПИ-Т2 находится в пределах 100—150° С.
9. Стабилизаторы напряжения типа С-0,16 предусматриваются только в схемах корректирующих приборов КПИ (1 стабилизатор не более чем на 6 приборов) и регуляторов РПИК-МК, РПИК-М, РПИК-Т2, РПИБ-МК, РПИБ-М, РПИБ-Т2 (1 стабилизатор не более чем на 10 регуляторов).
10. Регуляторы серии РПИК подлежат снятию с производства.

регулировать таким образом продолжительность одного включения реле.

Устройство обратной связи питается постоянным током напряжением 30 *в* от выпрямителя B_6 (собранного по мостовой схеме), подключенного ко вторичной обмотке силового трансформатора $Тр_2$. В входные цепи электронного блока включены индикаторные лампочки $КЛ_1$ («больше») и $КЛ_2$ («меньше») и выпрямители B_7—B_8, выполняющие функции искрогашения на контактах реле.

В модификации ЭР-62-ЭГ каждое реле имеет по две пары замыкающих контактов. Контакты $1Р_1$ и $2Р_1$ коммутируют напряжение постоянного тока в цепях устройства обратной связи. Контакты $1Р_2$ и $2Р_2$ коммутируют напряжение 127 *в* переменного тока, предназначенное для управления электромеханической частью электрогидропреобразователя (ЭМЧ-ЭГП).

Схемы внешних соединений регулятора РПИК с электрическими исполнительными механизмами типа РМ, РМБ, РБ, РБ-200 и РБ-400, а также описание и технические данные комплектуемых с ними реверсивных магнитных контакторов типа МКР-0-58, электрических тормозов типа ТЭК 30/60 или 60/150; блоков управления БУ-1/6, БУ-2/6 и постов дистанционного управления ПДУ-64 приведены в гл. XIII, § 1.

Регуляторы серии РПИБ с бесконтактным выходным элементом. Импульсные регуляторы серии РПИБ с бесконтактным выходным (пусковым) элементом отличаются от регуляторов серии РПИК только устройством электронного блока. Данные по выпускаемым модификациям регулятора РПИБ и их технические характеристики приведены в табл. XII.1. Регуляторы серии РПИБ комплектуются с электрическими исполнительными механизмами серии МЭК и МЭО, а также с исполнительными механизмами типа РБ, РМ и ЭГП.

В регуляторах с бесконтактным выходным элементом применяются электронные блоки типа РПИ и РПИ-ЭГ, которые выполняют те же функции, что и блоки типа ЭР-62.

Принципиальная схема электронных блоков РПИ и РПИ-ЭГ приведена на рис. XII.8. Блок состоит из суммирующего каскада *I*, модулятора *II*, триггера *III*, выходного каскада *IV*, трансформатора обратной связи *V* и устройства обратной связи *VI*.

Суммирующий каскад выполнен на электронной лампе $Л_1$ (двойном триоде) как балансный усилитель постоянного тока и является фазочувствительным и фазоселективным (аналогично первому каскаду блока ЭР-62). На сетку левого (по схеме) триода лампы поступает входное напряжение от измерительного блока (зажимы *14—15*), а на сетку правого (по схеме) триода лампы подается напряжение обратной связи от узла изодрома. Выходное напряжение суммирующего лампового каскада снимается с конденсатора C_6, напряжение постоянного тока на котором представляет собой разность напряжений на нагрузках триодов лампы. При отсутствии входного сигнала и сигнала обратной связи каскад балансируется потенциометром R_6 («корректор»).

Выходное напряжение с лампового каскада преобразуется модулятором, собранным на транзисторах $ПП_1$, $ПП_2$, и подается на дифференцирующую цепочку, образованную емкостью C_7 и входным сопротивлением триггера. Триггер выполнен на транзисторах $ПП_3$, $ПП_4$ и нагружен входной обмоткой трансформатора $Тр_3$. В зависимости от характера управляющего сигнала один из триодов триггера открыт, а другой закрыт, и на соответствующей выходной обмотке трансформатора $Тр_3$ возникает напряжение, управляющее одним из триодов $ПП_5$, $ПП_6$ выходного каскада, который нагружен пусковым устройством исполнительного механизма.

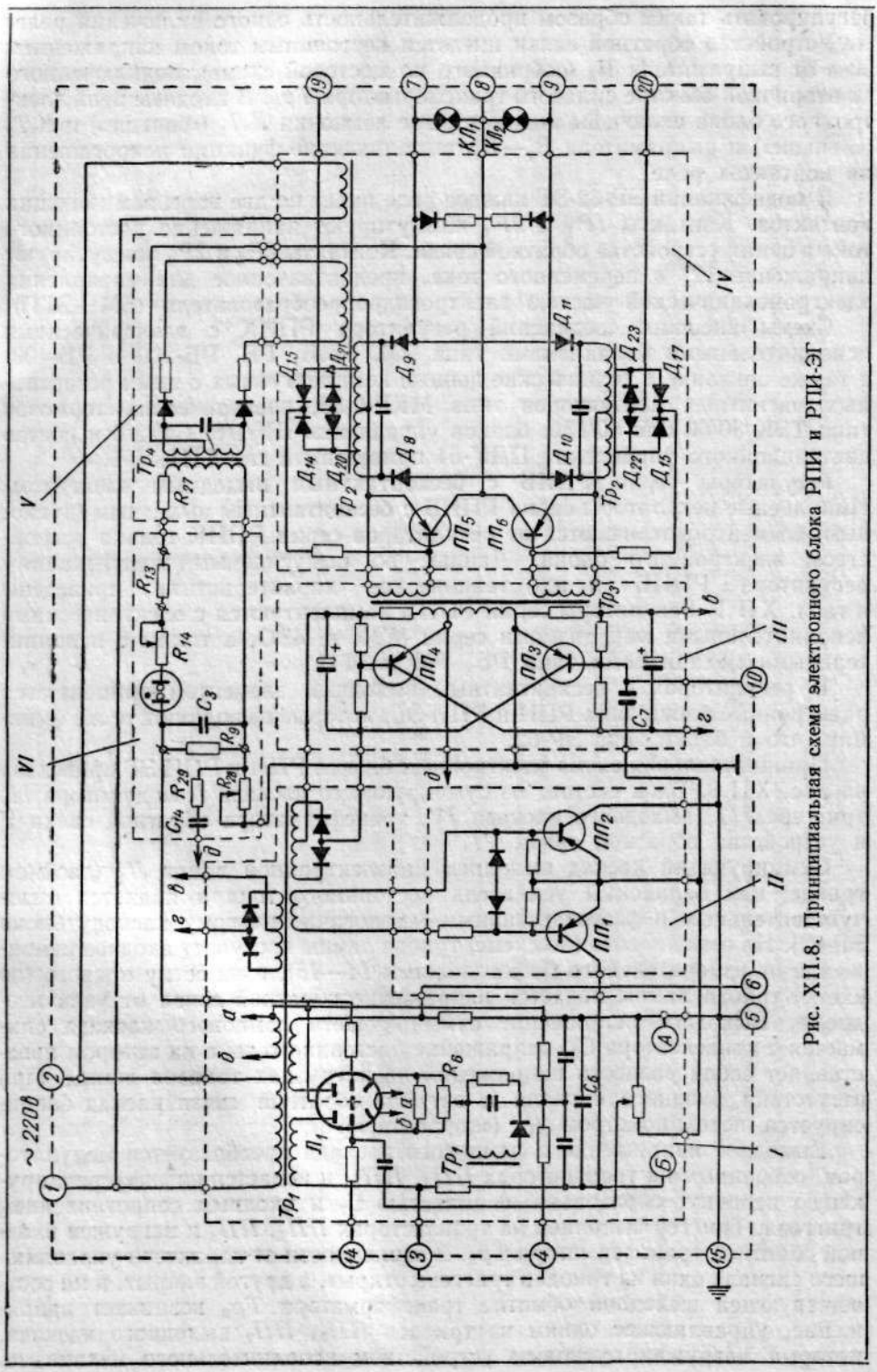


Рис. XII.8. Принципиальная схема электронного блока РПИ и РПИ-ЭГ

Нагрузка прибора по постоянному напряжению присоединяется к зажимам *7—8—9*, по переменному (для присоединения ЭМЧ-ЭГП) — к зажимам *19—8—20*. В формовании на выходе из электронного блока РПИ постоянного напряжения участвуют диоды $Д_8$—$Д_{11}$; в электронном блоке РПИ-ЭГ в формовании переменного напряжения участвуют диоды $Д_{20}$—$Д_{23}$.

Нагрузкой выходного каскада является также первичная обмотка трансформатора связи $Тр_4$, вторичная обмотка которого связана с узлом изодрома, образованного емкостью C_3 и сопротивлениями R_9, R_{13}, R_{14}, R_{27}, R_{28} и R_{29}. Время изодрома устанавливается сменным сопротивлением R_9. Скорость связи изменяется плавно сопротивлением R_{14} и ступен-

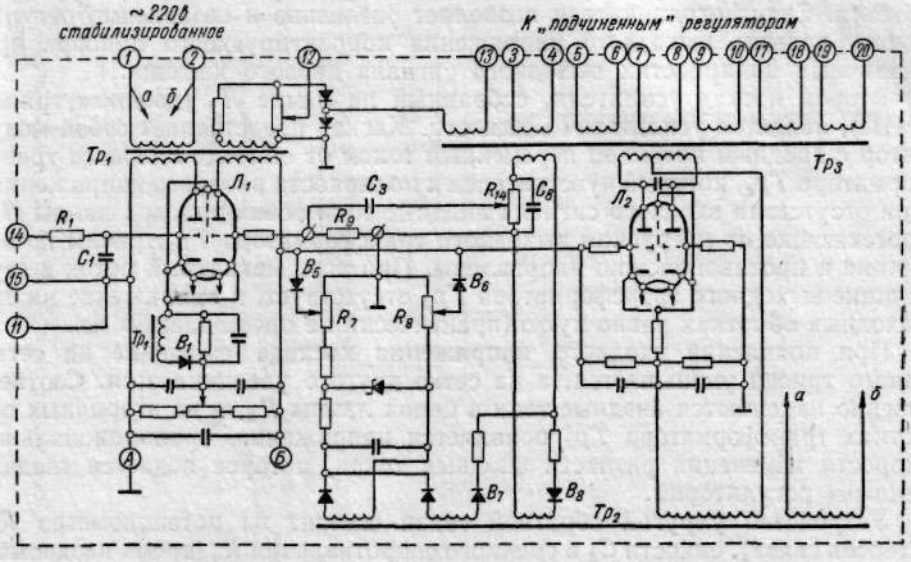


Рис. XII.9. Принципиальная схема электронного блока КПИ-62

чатым сопротивлением R_{13}. Максимальная скорость связи задается сопротивлением R_{27}. Диапазон изменения длительности импульсов определяется сопротивлением R_{29}. Длительность импульсов регулируется сопротивлением R_{28}.

Корректирующие приборы серии КПИ. Корректирующие приборы серии КПИ осуществляют: а) суммирование электрических сигналов от первичных приборов; б) при возникновении сигналов разбаланса в измерительной схеме корректирующего прибора усиление этих сигналов до величины, необходимой для управления подчиненными электронными регуляторами РПИК и РПИБ (1—6 шт. одновременно); в) формирование необходимого П, ПИ или ПИД-закона регулирования при выработке сигнала управления подчиненными регуляторами.

Данные по выпускаемым модификациям корректирующих приборов КПИ и их технические характеристики приведены в табл. XII.1. Во всех модификациях корректирующего прибора применяется электронный блок типа КПИ-62, который служит для усиления сигнала постоянного тока, поступающего от измерительного блока через зажимы *14—15*. Принципиальная схема электронного блока КПИ-62 показана на рис. XII.9.

Входной сигнал постоянного тока от измерительного блока предварительно проходит через фильтр R_1, C_1 и подводится к сетке левого (по

схеме) триода лампы $Л_1$ (типа 6Н1П), на которой собран первый каскад электронного усилителя напряжения. К сетке правого (по схеме) триода лампы $Л_1$ подводится сигнал постоянного тока от устройства упругой обратной связи. Первый каскад электронного усилителя КПИ-62 аналогичен входному каскаду электронного усилителя ЭР-62 (см. рис. XII.7) и описан ранее.

Усиленное первым каскадом напряжение постоянного тока через ограничитель подается на вход второго каскада. Ограничитель собран на диодах $В_5$, $В_6$ и потенциометрах R_7, R_8 и предназначен для ограничения как верхнего, так и нижнего уровней значения выходного напряжения корректирующего прибора, в зависимости от характеристики регулируемого объекта. Схема ограничителя позволяет раздельно и независимо регулировать уровень выходного напряжения корректирующего прибора при различных полярностях выходного сигнала первого каскада.

Второй каскад усилителя, собранный на лампе $Л_2$ (двойном триоде 6Н1П), является усилителем мощности. Каскад представляет собой модулятор с анодным питанием переменным током от обмотки силового трансформатора $Тр_2$, который чувствителен к полярности входного напряжения. При отсутствии входного сигнала анодные токи обоих триодов лампы $Л_2$, протекающие по нагрузкам выходного трансформатора $Тр_3$, равны по величине и противоположно направлены. При этом магнитный поток в сердечнике выходного трансформатора $Тр_3$ отсутствует, и напряжение на его выходных обмотках равно нулю (практически не превышает 50 *мв*).

При появлении входного напряжения каскада смещение на сетке одного триода уменьшается, а на сетке другого увеличивается. Соответственно изменяются анодные токи в цепях лампы $Л_2$, и во вторичных обмотках трансформатора $Тр_3$ появляется напряжение, пропорциональное скорости изменения разности анодных токов, которое подается «подчиненным» регуляторам.

Устройство упругой обратной связи состоит из потенциометра R_{14} (степень связи), емкости C_3 и сменного сопротивления R_9 (время изодрома). Питается устройство обратной связи от отдельной обмотки силового трансформатора $Тр_2$ через выпрямитель, собранный на диодах $В_7$ и $В_8$.

Для наблюдения за работой прибора в схеме предусмотрена возможность подключения (через зажимы *12—13*) от 1 до 6 указателей выхода. Отключение стрелки указателя выхода зависит от фазы выходного напряжения и его величины.

Пример схемы присоединения корректирующего прибора к «подчиненным» регуляторам приведен на рис. XII.10. Если какая-либо из выходных обмоток трансформатора не подключается к регулирующему прибору, соответствующую выходную цепь следует зашунтировать сопротивлением 200 *ом*.

В случае работы корректирующего прибора *4* с большим статизмом, один из его выходных сигналов должен быть подан обратно на вход прибора (через зажимы *23—32*).

Как видно из схемы, управляющий сигнал (через зажимы *3—4* корректирующего прибора) поступает на измерительный блок «подчиненного» регулятора *7* (например, на зажимы *27—38*) через переключатель управления КФ-222/ПIV (*5*), рукоятка которого находится в данном случае в положении «автоматика». Для снятия корректирующего воздействия рукоятка переключателя управления переводится в положение «дистанционно». При этом в цепь измерительного блока «подчиненного» регулятора включается задатчик ручного управления типа ЗРУ-174 (*6*),

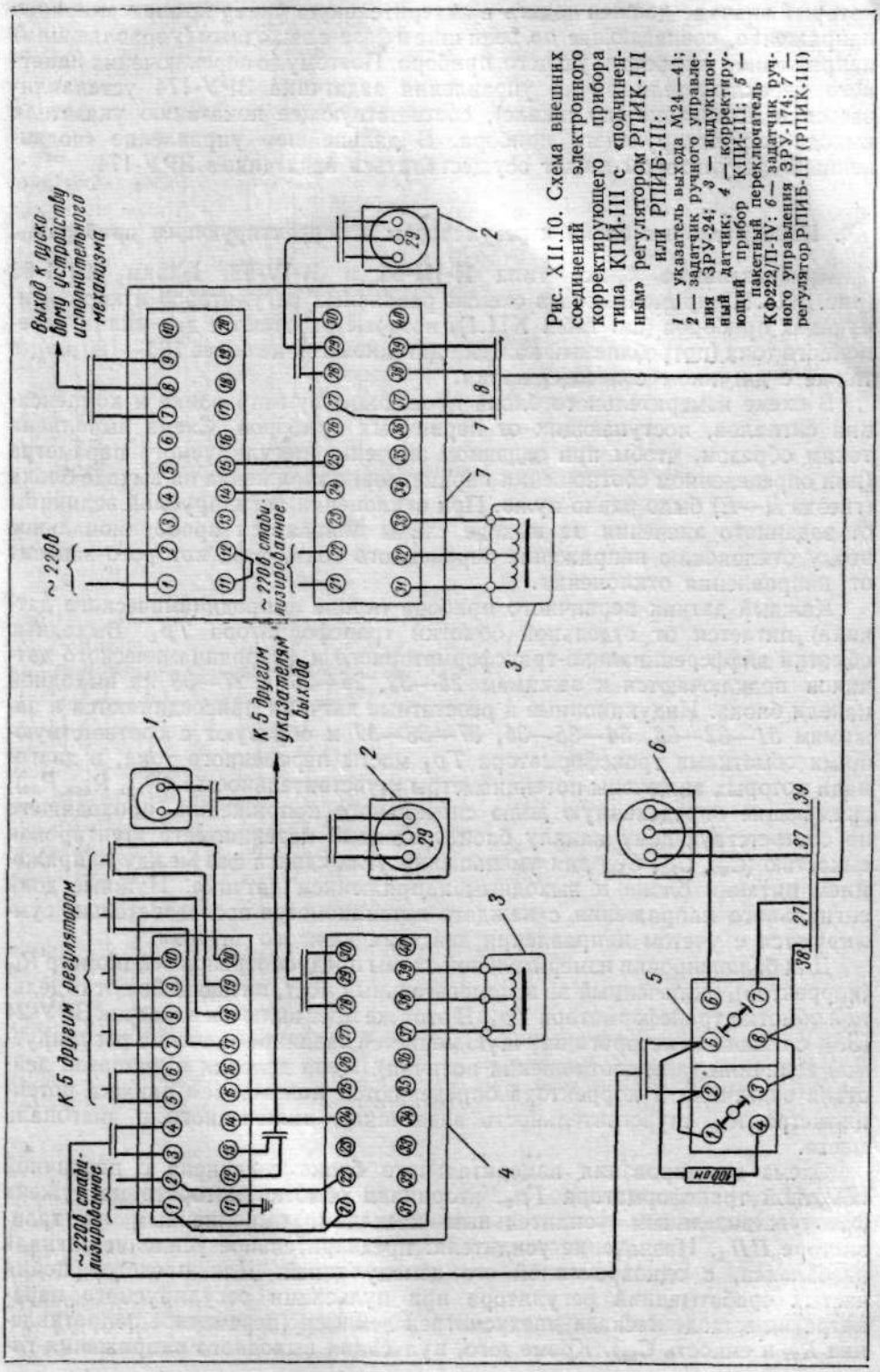


Рис. XII.10. Схема внешних соединений электронного корректирующего прибора типа КПИ-III с «подчиненным» регулятором РПИК-III или РПИБ-III:

1 — указатель выхода М24—41; *2* — задатчик ручного управления ЗРУ-24; *3* — индукционный датчик; *4* — корректирующий прибор КПИ-III; *5* — пакетный переключатель КФ222/П-IV; *6* — задатчик ручного управления ЗРУ-174; *7* — регулятор РПИБ-III (РПИК-III)

который вначале должен подать в измерительную схему компенсационное напряжение, совпадающее по величине и фазе с выходным (управляющим) напряжением корректирующего прибора. Поэтому до переключения пакетного переключателя ручка управления задатчика ЗРУ-174 устанавливается в положение (по шкале), соответствующее показанию указателя выхода корректирующего прибора. В дальнейшем управление «подчиненным» регулятором может осуществляться задатчиком ЗРУ-174.

4. Измерительные блоки к регуляторам и корректирующим приборам

Измерительные блоки типа И-III-62 и И-IV-62. Блоки И-III-62 (рис. XII.11) применяются в схемах различных регуляторов и корректирующих приборов (см. табл. XII.1), которые работают с датчиками переменного тока (потребляемый каждым датчиком ток не более 160—180 *ма*), а также с датчиком солесодержания.

В схеме измерительного блока происходит суммирование и компенсация сигналов, поступающих от первичных приборов. Схема выполнена таким образом, чтобы при заданном значении регулируемого параметра (или определенном соотношении параметров) напряжение на выходе блока (гнезда *Д—Е*) было равно нулю. При отклонении регулируемой величины от заданного значения на выходе схемы появляется пропорциональное этому отклонению напряжение переменного тока, фаза которого зависит от направления отклонения.

Каждый датчик первичного прибора (кроме ферродинамического датчика) питается от отдельной обмотки трансформатора $Тр_1$. Выходные обмотки дифференциально-трансформаторного и ферродинамического датчиков подключаются к зажимам *23—32*, *26—35* и *27—38* на выходной панели блока. Индукционные и реостатные датчики присоединяются к зажимам *31—32—33*, *34—35—36*, *37—38—39* и образуют с соответствующими обмотками трансформатора $Тр_1$ мосты переменного тока, в диагонали которых включены потенциометры «чувствительность» (R_{81}, R_{82}, R_{83}), снимающие определенную долю сигнального напряжения, проходящего по соответствующему каналу блока. Каждый потенциометр шунтирован емкостью (C_{57}, C_{58}, C_{59}) для уменьшения угла сдвига фаз между напряжением питания блока и выходным напряжением датчика. Нужные доли сигнального напряжения с каждого потенциометра последовательно суммируются с учетом направления действия каждого датчика.

Для балансировки измерительной схемы предусмотрен потенциометр R_{80} (корректор), включенный во вспомогательный мост, питающийся от отдельной обмотки трансформатора $Тр_1$. В этот же мост включен задатчик ЗРУ-24 (*Зд*), с помощью которого вручную меняется заданное значение регулируемой величины (или соотношения величин). Цена деления и диапазон действия задатчика и корректора определяются положением движка потенциометра R_{85} «чувствительность задатчика», включенного в диагональ моста.

Схема суммирования измерительного блока соединена с первичной обмоткой трансформатора $Тр_2$, вторичная обмотка которого нагружена фазочувствительным усилительным каскадом, выполненным на транзисторе $ПП_1$. Назначение усилителя: предварительное усиление сигнала разбаланса, с одновременной его демодуляцией. Для предотвращения частых срабатываний регулятора при пульсации регулируемого параметра на выходе каскада предусмотрен демпфер (переменное сопротивление R_{77} и емкость C_{52}). Кроме того, пульсация выходного напряжения га-

сится фильтром, образованным сопротивлением R_{76} и емкостью C_{52}. Выход измерительного блока (зажимы *24—25*) соединен с входом электронного блока.

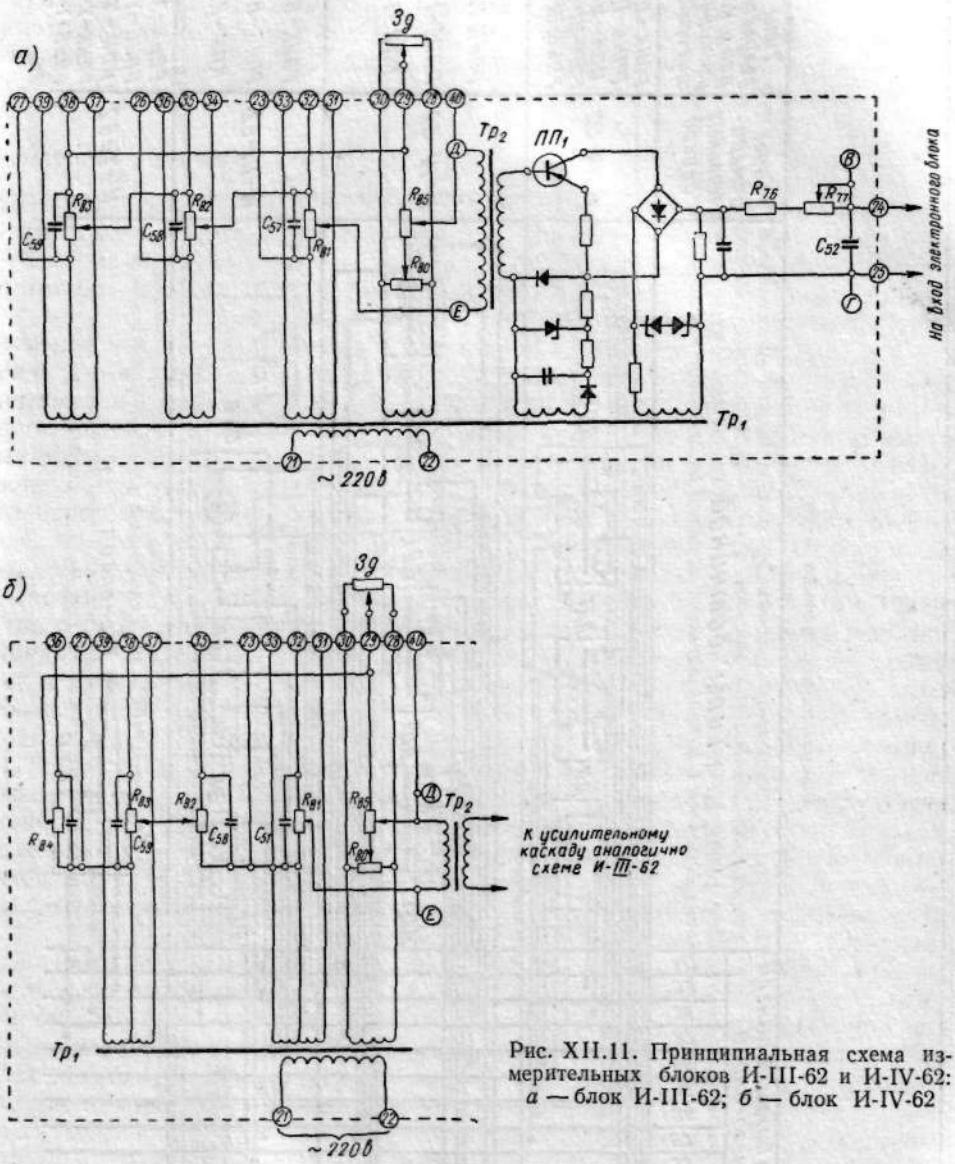
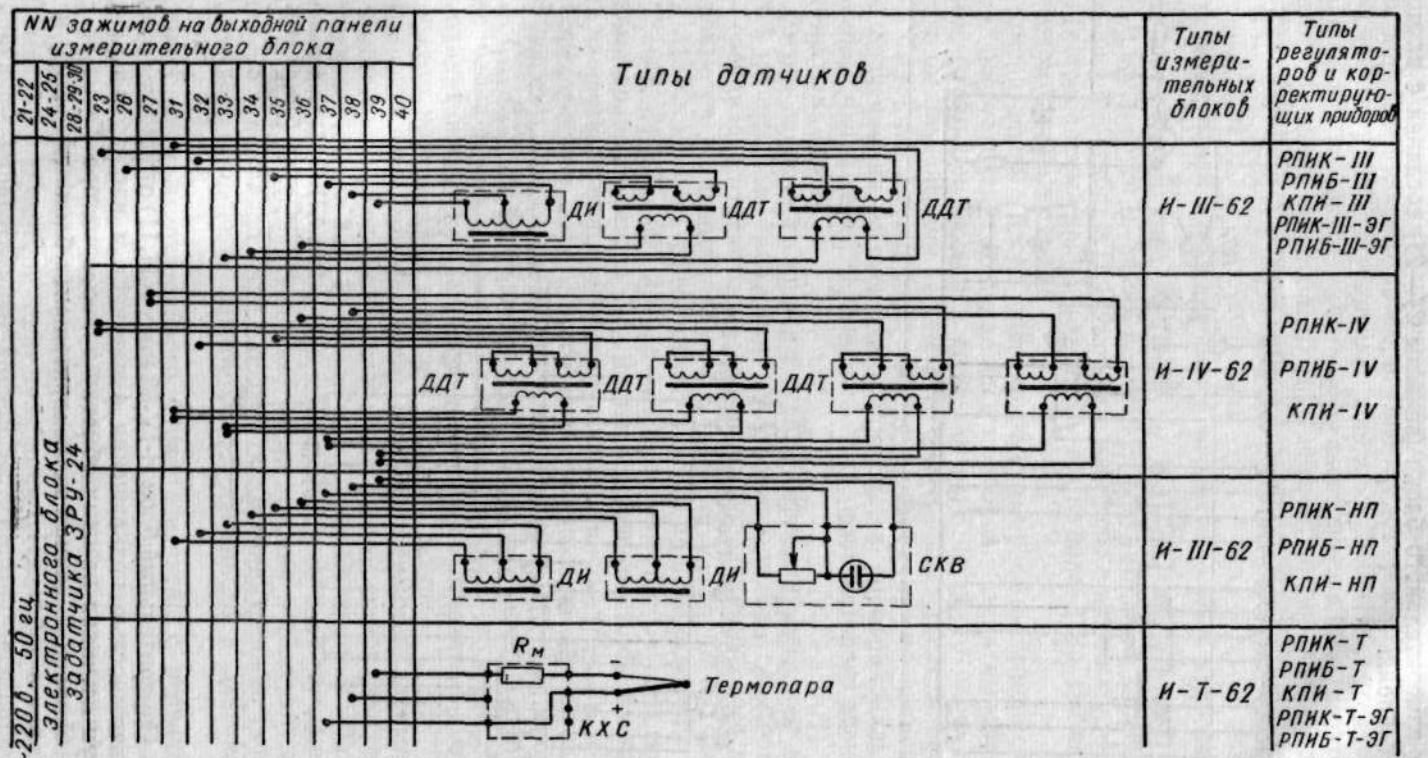


Рис. XII.11. Принципиальная схема измерительных блоков И-III-62 и И-IV-62: *а* — блок И-III-62; *б* — блок И-IV-62

Измерительный блок И-IV-62 (рис. XII.11) отличается от блока И-III-62 возможностью подключения 4 датчиков и параллельным подключением двух датчиков на одну обмотку трансформатора $Тр_1$.

Остальные данные по измерительным блокам И-III-62 и И-IV-62 приведены в табл. XII.1.

Примеры внешних соединений измерительных блоков с первичными приборами даны на рис. XII.12.


NN зажимов на выходной панели измерительного блока
21-22
24-25
28-29-30
23
26
27
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
Типы датчиков
Типы измерительных блоков
Типы регуляторов и корректирующих приборов
~220 в, 50 гц
Электронного блока
задатчика ЗРУ-24
ДИ
ДДТ
ДДТ
ДДТ
И-III-62
РПИК-III
РПИБ-III
КПИ-III
РПИК-III-ЭГ
РПИБ-III-ЭГ
ДДТ
ДДТ
ДДТ
ДДТ
И-IV-62
РПИК-IV
РПИБ-IV
КПИ-IV
ДИ
ДИ
СКВ
И-III-62
РПИК-НП
РПИБ-НП
КПИ-НП
Rм
Термопара
КХС
И-Т-62
РПИК-Т
РПИБ-Т
КПИ-Т
РПИК-Т-ЭГ
РПИБ-Т-ЭГ

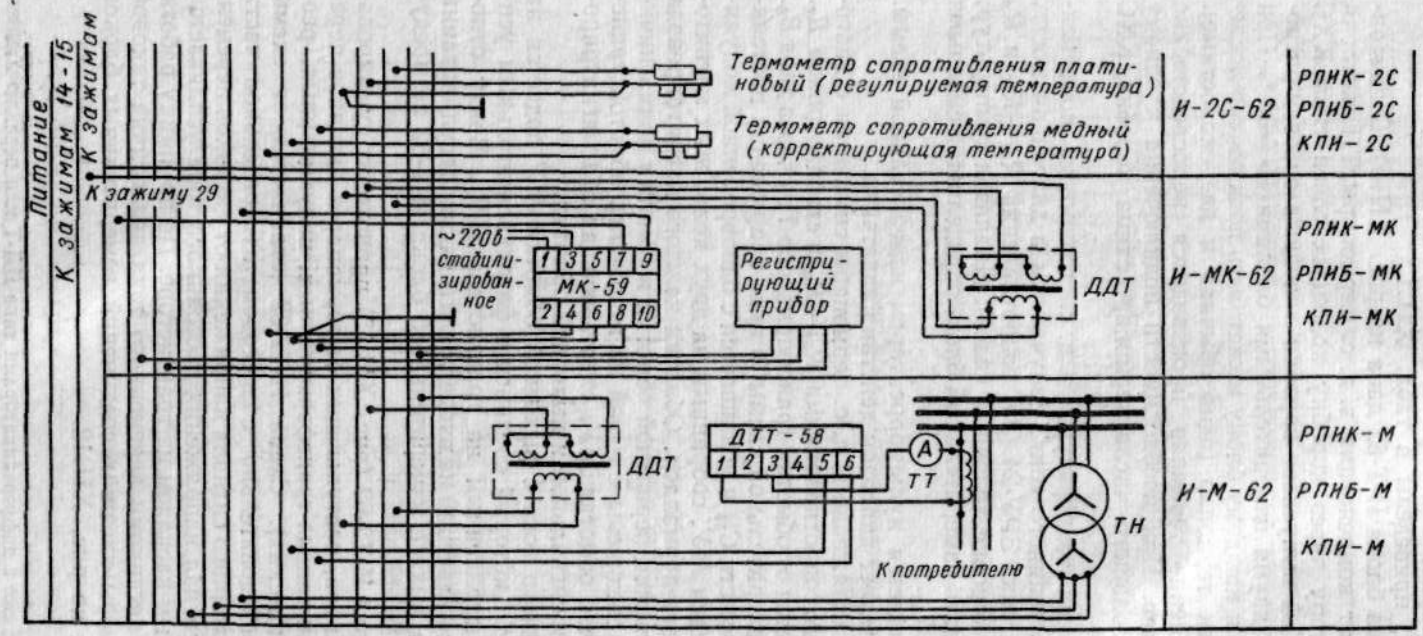


Рис. XII.12. Схема внешних соединений датчиков с измерительными блоками регуляторов и корректирующих приборов МЗТА. Схема внешних соединений регуляторов РПИК-Т2, РПИБ-Т2 и корректирующего прибора КПИ-Т2 аналогична схеме внешних соединений регулятора РПИК-НП. Подключение термопары к зажимам *37—38—39* аналогично регулятору РПИК-Т (через КХС). В регуляторах РПИК-С, РПИБ-С и КПИ-С подключение термометра сопротивления производится к зажимам *37—38—39* аналогично регулятору РПИК-2С. К зажимам *21—22* измерительных блоков И-Т2-62, И-МК-62, И-М-62 подводится стабилизированное напряжение ~220 *в*

Измерительные блоки типа И-Т-62 и И-Т2-62. Типы регуляторов и корректирующих приборов, в которых применяются измерительные блоки И-Т-62 и И-Т2-62, приведены в табл. XII.1.

Принципиальная схема блока И-Т-62 дана на рис. XII.13. В измерительном блоке происходит компенсация э. д. с. термопары ТП, которая подключается к регулятору через коробку холодных спаев типа КХС (рис. XII.14). Завод МЗТА выпускает коробки холодных спаев, приспособленные для работы с двумя измерительными блоками И-Т-62 *. При этом через коробку КХС к каждому блоку может быть подключено последовательно не более трех термопар (одна обычная и две скоростные). Последовательное соединение термопар производится непосредственно в коробке холодных спаев. При необходимости подключения к одному измерительному блоку большого числа термопар, схема коробки КХС может быть изменена.

При заданном значении температуры э. д. с. термопары компенсируются напряжением постоянного тока, получаемым в диагонали моста, который состоит из задатчика ЗРУ-24 (*Зд*) сопротивлений R_{51}—R_{57} и $R_м$ (последнее размещено в коробке холодных спаев). Диапазон температур, при котором может работать измерительный блок, определяется сменными сопротивлениями R_{52} и R_{53}.

Потенциометр R_{54} является нуль-корректором измерительной схемы. Сопротивление R_{51} определяет диапазон действия задатчика.

Стабилизированное напряжение э. д. с. термопары снимается с диагонали моста, образованного сопротивлениями R_{58}—R_{60} и стабилотроном $Д_6$. Питание моста производится от обмотки трансформатора $Тр_1$ через диод $В_5$.

Сигнал разбаланса измерительной схемы (в виде напряжения постоянного тока) снимается с емкости C_{55} и усиливается с одновременной модуляцией магнитным усилителем *МУ*, собранным на двух кольцевых магнитопроводах из молибденового пермаллоя. Обмотки каждого магнитопровода (совмещающие в себе функции первичной обмотки и обмотки подмагничивания) последовательно соединены с одной из вторичных обмоток трансформатора $Тр_1$. Вторичная обмотка *МУ*, охватывающая оба магнитопровода, совмещает функции сигнальной и выходной обмотки.

Напряжение переменного тока с выходной обмотки *МУ* подается на вход трансформатора $Тр_2$, который соединен с фазочувствительным усилительным каскадом, выполненным на транзисторе $ПП_1$. Ввиду относительно низкой частоты пульсаций на входе усилителя при регулировании температуры, демфер на выходе измерительного блока И-Т-62 не предусмотрен.

В измерительном блоке И-Т2-62 (рис. XII.15) происходит суммирование и компенсация сигналов, поступающих от термопар и датчиков переменного тока (дифференциально-трансформаторных, индукционных, реостатных и ферродинамических). Схема И-Т2-62 отличается от схемы И-Т-62 включением последовательно с выходом измерительной части от термопар демодулированного сигнала напряжения от датчиков переменного тока. Суммарный сигнал напряжения постоянного тока усиливается *МУ* и фазочувствительным каскадом на транзисторе. По принципу работы измерительная схема с датчиками переменного тока аналогична таковой в блоке И-III-62. Примеры внешних соединений измерительных блоков с датчиками приведены на рис. XII.12.

---

* КХС могут работать также с дифференциаторами типа ДЛ-Т или переключателями типа ПЛК-Т.

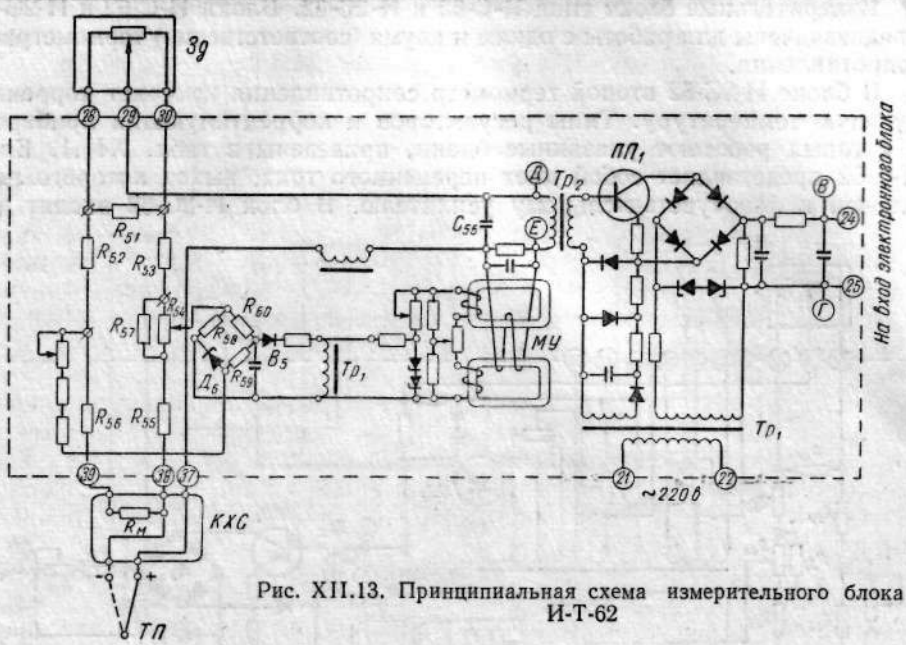
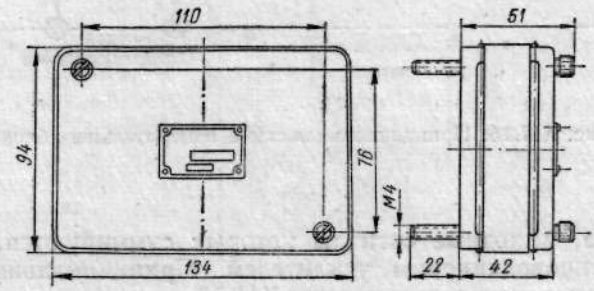


Рис. XII.13. Принципиальная схема измерительного блока И-Т-62



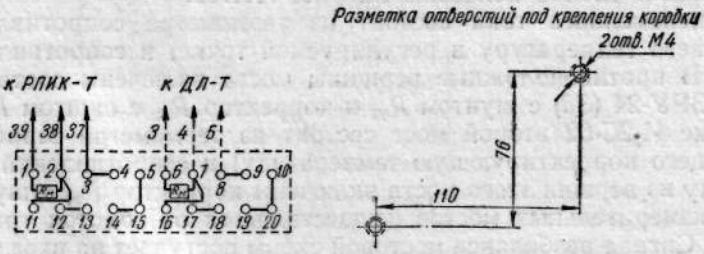


Рис. XII.14. Общий вид и принципиальная схема коробки холодных спаев типа КХС

Измерительные блоки типа И-С-62 и И-2С-62. Блоки И-С-62 и И-2С-62 предназначены для работы с одним и двумя (соответственно) термометрами сопротивления.

В блоке И-2С-62 второй термометр сопротивления измеряет корректирующую температуру. Типы регуляторов и корректирующих приборов, в которых работают указанные блоки, приведены в табл. XII.1. Блок И-С-62 представляет собой мост переменного тока, выход которого подключен к фазочувствительному усилителю. В блок И-2С-62 входят два

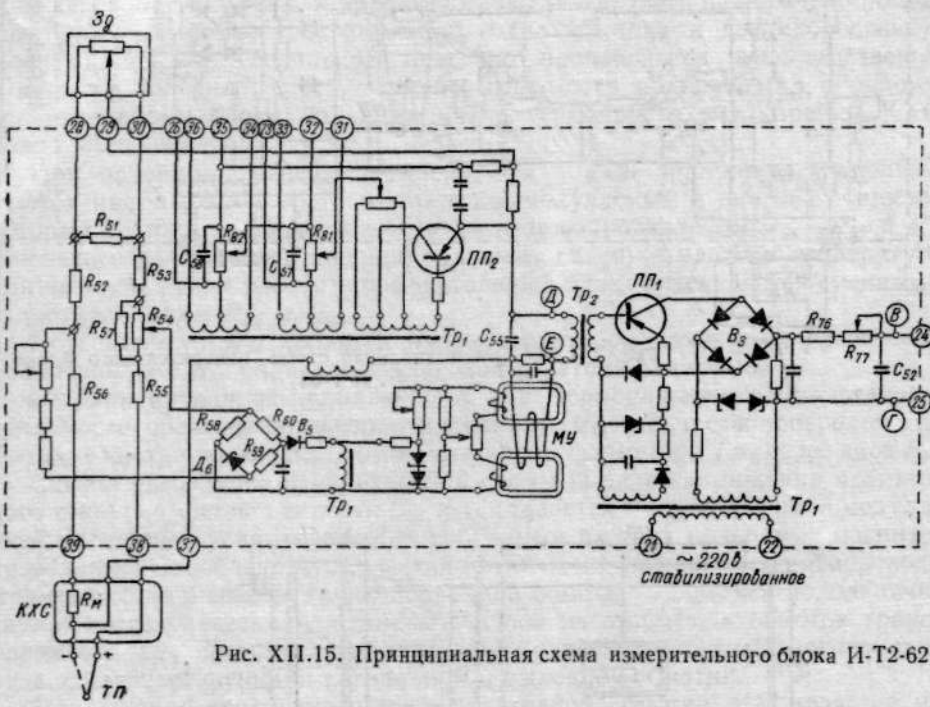


Рис. XII.15. Принципиальная схема измерительного блока И-Т2-62

аналогичных моста, выходные сигналы которых суммируются, а затем усиливаются полупроводниковым усилителем. Принципиальные схемы измерительных блоков показаны на рис. XII.16.

Мост переменного тока состоит из термометра сопротивления *ТС* (измеряющего температуру в регулируемой точке) и сопротивлений R_{76}, R_{78}, R_{79}. В противоположные вершины моста включены соответственно задатчик ЗРУ-24 (*Зд*) с шунтом R_{77} и корректор R_{81} с шунтом R_{80}.

В блоке И-2С-62 второй мост состоит из термометра сопротивления (измеряющего корректирующую температуру) и сопротивлений R_{84}, R_{85}, R_{88}. В одну из вершин этого моста включены корректор R_{87} с шунтом R_{86}. Питание измерительных мостов осуществляется от обмоток трансформатора $Тр_1$. Сигнал разбаланса мостовой схемы поступает на вход трансформатора $Тр_2$, выходная обмотка которого нагружена усилительным каскадом, аналогичным каскаду усиления измерительного блока И-III-62. Только на выходе каскада отсутствуют демпфер и фильтр.

Схема внешних соединений блока И-2С-62 приведена на рис. XII.12.

Измерительные блоки типа И-МК-62 и И-М-62. Блок И-МК-62 предназначен для работы с датчиком магнитного кислородомера, который

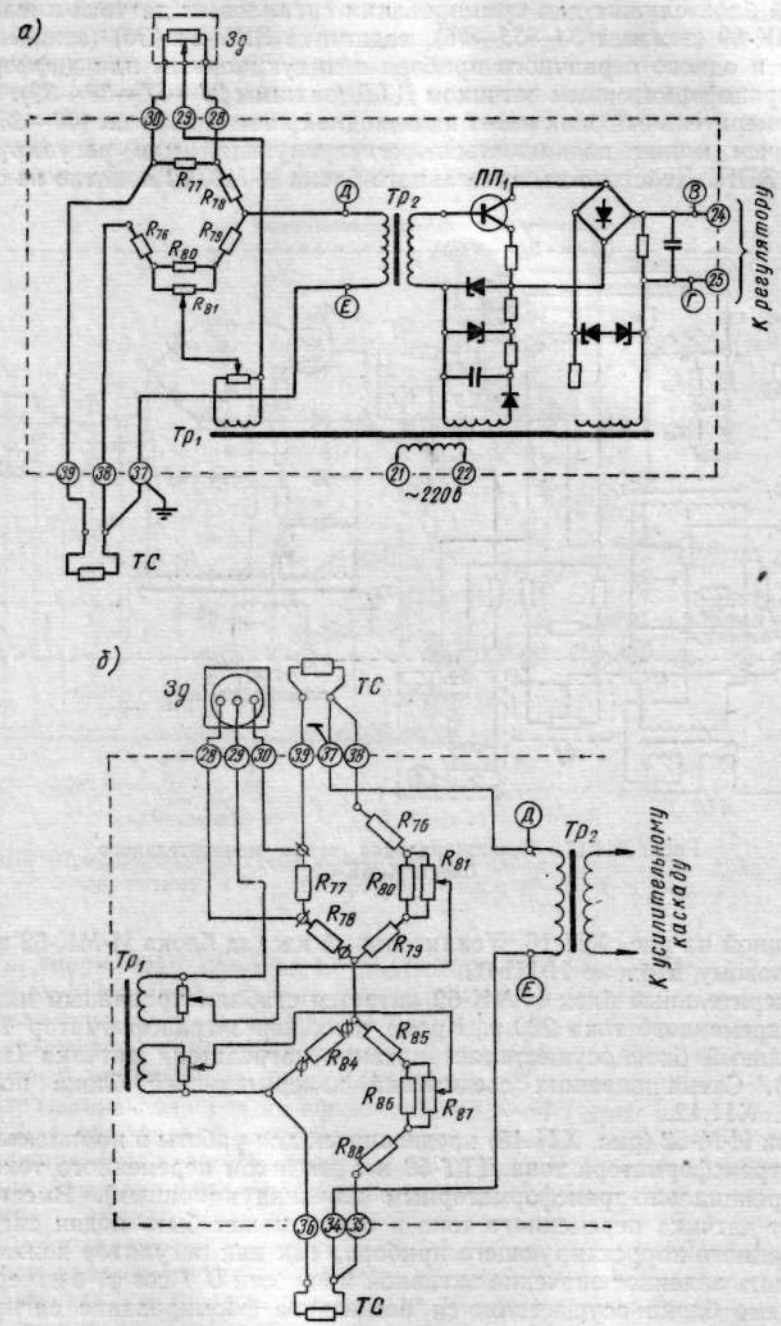


Рис. XII.16. Принципиальные схемы измерительных блоков И-С-62 и И-2С-62: *а* — блок типа И-С-62; *б* — блок типа И-2С-62

описан в гл. V. Принципиальная схема блока дана на рис. XII.17. Измерительный блок служит для суммирования сигналов от датчика-кислородомера МК-59 (зажимы *34—35—36*), задатчика ЗРУ-24 (*Зд*) (зажимы *28—29—30*) и одного первичного прибора с индукционным или дифференциально-трансформаторным датчиком ДТД (зажимы *29—37—38—39*). Кроме того, измерительный блок имеет на выходной панели зажимы (*40—26—27*), к которым может подключаться регистрирующий или регулирующий прибор ЭПП. Действие измерительного блока И-МК-62 понятно из схемы,

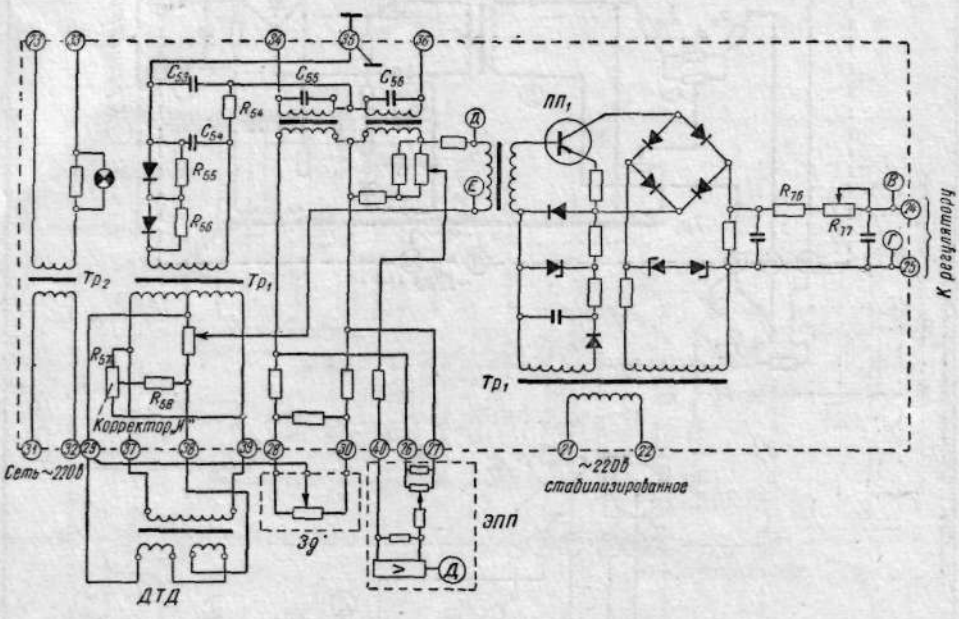


Рис. XII.17. Принципиальная схема измерительного блока И-МК-62

показанной на рис. XII.16. Усилительный каскад блока И-МК-62 идентичен таковому в блоке И-III-62.

Измерительный блок И-МК-62 питается стабилизированным напряжением переменного тока 220 *в*. Кроме того, через трансформатор $Тр_2$ измерительный блок осуществляет питание нагревателя датчика (зажимы *23—33*). Схема внешних соединений измерительного блока показана на рис. XII.12.

Блок И-М-62 (рис. XII.18) предназначен для работы в комплекте с датчиком трансформатора тока ДТТ-58 и с датчиком переменного тока ДТД (дифференциально-трансформаторным или индукционным). Вместо сигнала от датчика переменного тока в схему может быть подан сигнал от электронного корректирующего прибора. Так как регулятор должен поддерживать заданное значение активной мощности $U\ I \cos\varphi$, в измерительной схеме блока осуществляется раздельное формирование сигналов U и $I \cos\varphi$. Устройство, формирующее, сигнал пропорциональный изменению активного тока ($I \cos\varphi$), представляет собой диодный фазочувствительный демодулятор (вектормерная ячейка), собранный на сопротивлениях R_{51}—R_{53} и диодах B_{51}, B_{52}. Ячейка питается от обмотки трансформатора $Тр_2$, состоящей из двух симметричных секций.

Для приведения сигнала по активному току к нулю при заданном режиме работы потребителя, в схеме предусмотрен источник компенсационного напряжения собранный на диодах B_{53}, B_{54}, стабилотроне $Д_4$ и сопротивлениях R_{57}, R_{63}, R_{64} и питающийся от трансформатора $Тр_2$.

Устройство, формирующее сигнал, пропорциональный изменению напряжения питания потребителя, представляет собой мост, состоящий из опорного и измеряемого напряжения. Источник опорного напряжения собран на диодах B_{57}, B_{58} и подключен к отдельной обмотке трансформа-

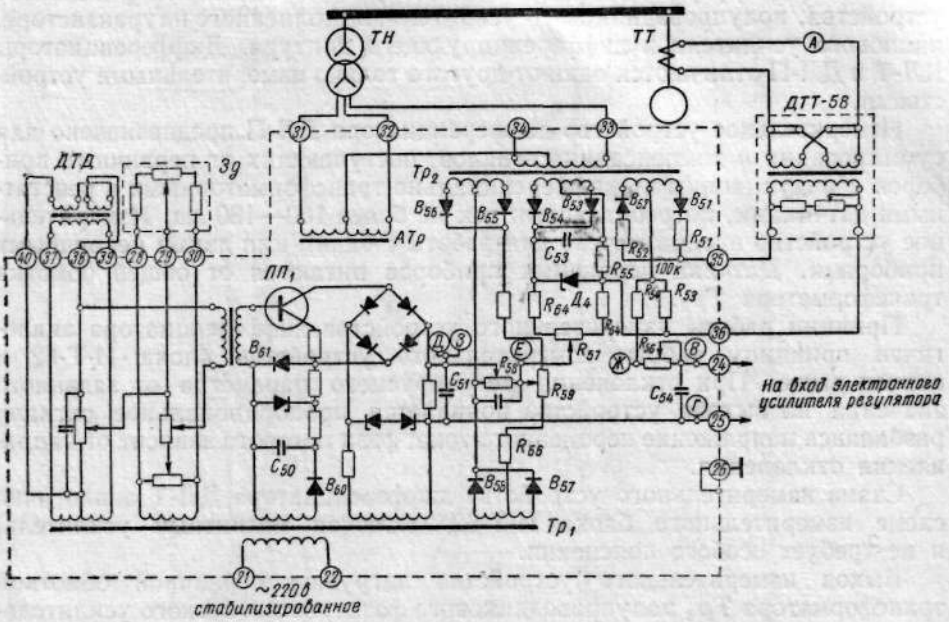


Рис. XII.18. Принципиальная схема измерительного блока И-М-62: *ТН*— трансформатор напряжения; *ТТ* — трансформатор тока; *П* — потребитель

тора $Тр_1$, первичная обмотка которого питается стабилизированным напряжением. Источник измеряемого напряжения собран на диодах B_{55}, B_{56} и подключен к трансформатору $Тр_2$, первичная обмотка которого питается трехфазным или однофазным напряжением с шин потребителя через стандартный измерительный трансформатор. В трехфазной цепи питающее напряжение подается на зажимы *31—32—33* (через автотрансформатор *АТр*), в однофазной цепи — на зажимы *33—34*. Полученные сигналы по изменению U и $I\cos\varphi$ фактически не умножаются, а суммируются, что допустимо, так как абсолютные приращения этих величин сравнительно невелики.

При необходимости введения коррекции по какому-либо параметру сигнал от соответствующего датчика вводится в мостовую схему через зажимы *37—38—39* или *37—38—39—40*. В схему включен также задатчик ручного управления ЗРУ-174 (*Зд*) для задания значения активной мощности, поддерживаемой регулятором. Сигнал коррекции усиливается фазочувствительным полупроводниковым усилителем, описанным выше.

Схема внешних соединений измерительного блока И-М-62 приведена на рис. XII.12.

5. Дифференциаторы и устройства динамической связи

Дифференциаторы типа ДЛ-Т и ДЛ-П. Электронные ламповые дифференциаторы применяются для формирования выходного сигнала, пропорционального скорости изменения температуры, измеряемой одной хромель—копелевой или хромель—алюмелевой термопарой (дифференциатор ДЛ-Т), или параметров, измеряемых первичными приборами (одним или двумя) с датчиками переменного тока (дифференциатор ДЛ-П).

Каждый дифференциатор (рис. XII.19) состоит из измерительного устройства, полупроводникового усилителя, выполненного на транзисторе, лампового усилителя и дифференцирующего контура. Дифференциаторы ДЛ-Т и ДЛ-П отличаются один от другого только измерительными устройствами.

Измерительное устройство дифференциатора ДЛ-П предназначено для суммирования и компенсации сигналов, поступающих от первичных приборов с индукционными, дифференциально-трансформаторными и реостатными датчиками, потребляющими ток не более 160—180 *ма*. Измерительное устройство предназначено для работы с одним или двумя первичными приборами. Датчики первичных приборов питаются от общей обмотки трансформатора Tp_1.

Принцип работы измерительного устройства дифференциатора аналогичен принципу работы измерительного устройства блока И-Т-62 и описан выше. При отклонении регулируемого параметра от заданного значения на выходе устройства появляется пропорциональное сигналу разбаланса напряжение переменного тока, фаза которого зависит от направления отклонения.

Схема измерительного устройства дифференциатора ДЛ-Т аналогична схеме измерительного блока И-Т-62 (включая магнитный усилитель) и не требует особого пояснения.

Выход измерительного устройства нагружен первичной обмоткой трансформатора Tp_2 полупроводникового фазочувствительного усилительного каскада. Схема каскада идентична схеме усилительного каскада, который имеется на выходе любого описанного выше измерительного блока. Усиленный этим каскадом сигнал снимается с потенциометра R_{75} («чувствительность») и через фильтрующую цепочку R_1—C_{52} поступает на вход левого (по схеме) триода лампового усилителя (собранного на двойном триоде 6Н1П). Левый триод работает в схеме катодного повторителя. Напряжение с нагрузки этого триода (сопротивление R_2 и соответствующая доля потенциометра R_5) подается на сетку правого триода, который работает в режиме обычного усилителя. Питание обоих триодов осуществляется от раздельных обмоток трансформатора Tp_1 (чем обеспечивается фазоселективность). На выходе усилителя включена дифференцирующая цепочка R_6—C_6. Регулируя величину R_6, можно изменять постоянную времени дифференцирования $T_д$. Демпфирование выходного сигнала осуществляется цепочкой R_8—C_8. Постоянная времени демпфирования регулируется потенциометром R_8.

Подавая на вход лампового усилителя соответствующим образом преобразованное выходное напряжение, можно изменять статическую и динамическую характеристику всего дифференциатора, что достигается соответствующим переключением перемычек на зажимах выходной панели прибора (рис. XII.20). На рис. XII.20 приведены также схемы внешних соединений дифференциаторов с датчиками и регуляторами (РПИК, РПИБ, КПИ). Внешний вид дифференциаторов см. на рис. XII.4.

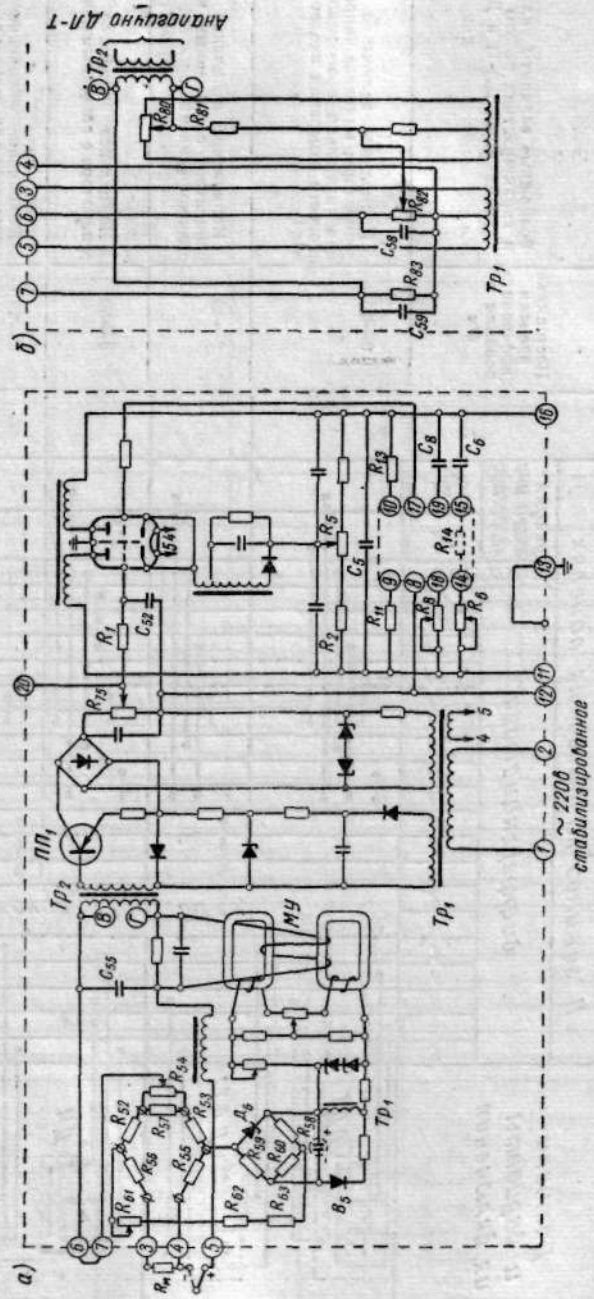
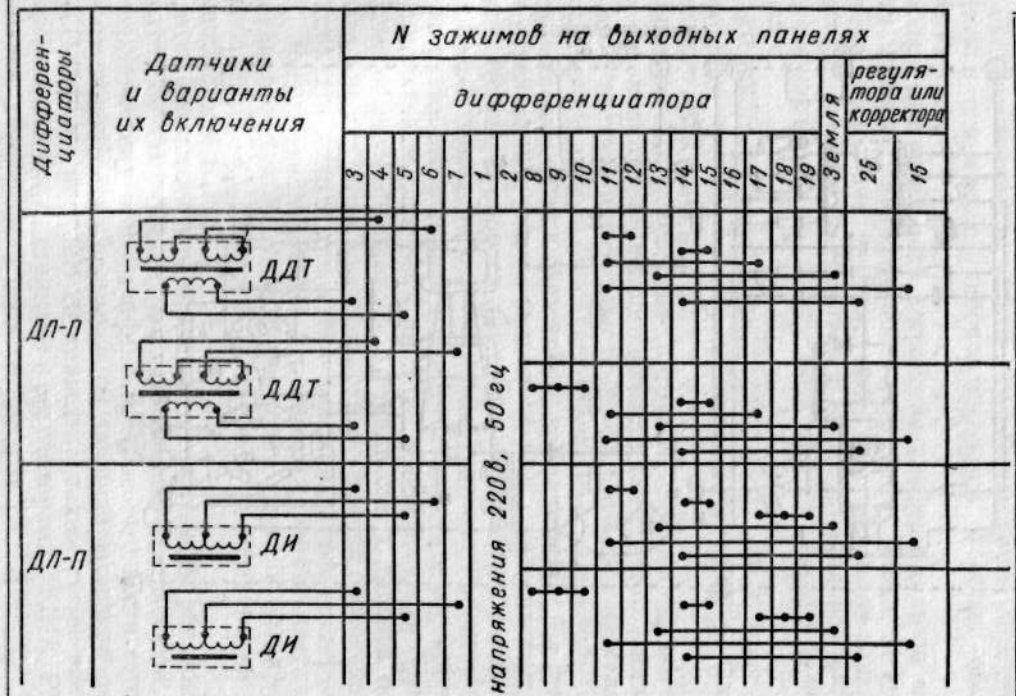
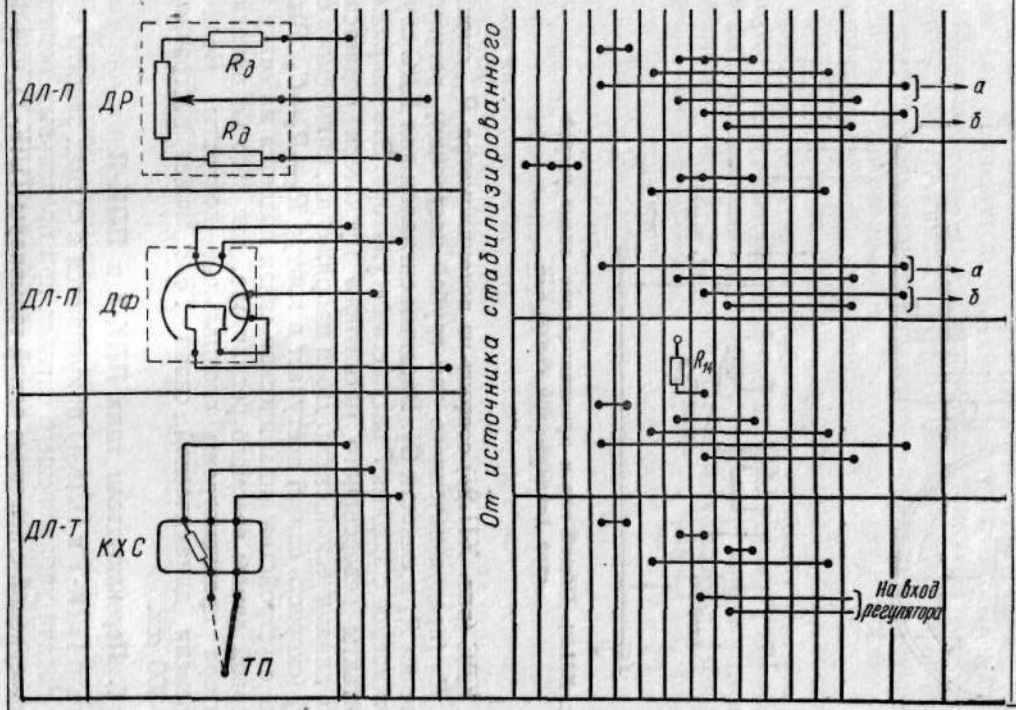


Рис. XII.19. Принципиальные схемы электронных ламповых дифференциаторов: *а* — типа ДЛ-Т; *б* — типа ДЛ-П



Постоянная времени дифференцирования в *сек*	Возможные варианты включения и характеристика работы дифференциаторов ДЛ-П и ДЛ-Т
0—30	Нормальное включение дифференциатора; выходное напряжение приблизительно пропорционально скорости измерения входного сигнала
0—30	Нормальное включение дифференциатора с удвоенным коэффициентом усиления
0—30	Нормальное включение дифференциатора с введенным демпфером
0—30	Нормальное включение дифференциатора с введенным демпфером и удвоенным коэффициентом усиления



0—500	Прибор работает с увеличенной постоянной времени, в режимах: *а* — дифференциатора; *б* — интегратора. Прибор может быть использован в качестве внешней упругой обратной связи, охватывающей исполнительный механизм
0—1000	Прибор работает с увеличенной постоянной времени и удвоенным коэффициентом усиления, в режимах: *а* — дифференциатора; *б* — интегратора
$T_Д < 500$ или 1000	Постоянная времени дифференциатора меньше, чем в вариантах № 5 и 6. Регулируется переменным сопротивлением $R_в$ и сменным сопротивлением R_{14}
—	Прибор используется как демпфер, если постоянная времени демпфера регулятора недостаточна. Включается между первичным прибором и регулятором (или корректором)

Рис. XII.20. Схемы внешних соединений дифференциаторов с датчиками, регуляторами и координирующими приборами МЗТА.
К дифференциатору могут быть подключены два реостатных датчика *ДР* аналогично индукционным.
В случае присоединения к ДЛ-П двух ферродинамических датчиков *ДФ* их рамки подключаются к зажимам *4—6* и *4—7* дифференциатора. Питание датчиков напряжением 12 *в* переменного тока от независимого источника.
При подключении к регулирующему прибору двух и более дифференциаторов их выходы и выход измерительного блока регулятора соединяются между собой последовательно

Дифференциаторы ДЛ-П и ДЛ-Т питаются стабилизированным напряжением от сети 220 *в*, 50 *гц*. Потребляемая мощность 15 *в·а*. Входное сопротивление ДЛ-Т постоянному току — 50 *ом*. Входное сопротивление ДЛ-П переменному току по каналу каждого датчика не менее 150 *ом*.

Устройство динамической связи типа КДС. В связанных системах автоматического регулирования в качестве дополнительного устройства, которое служит для изменения регулирующего воздействия ведомого регулятора в случае изменения воздействия ведущего регулятора, применяется устройство динамической связи типа КДС.

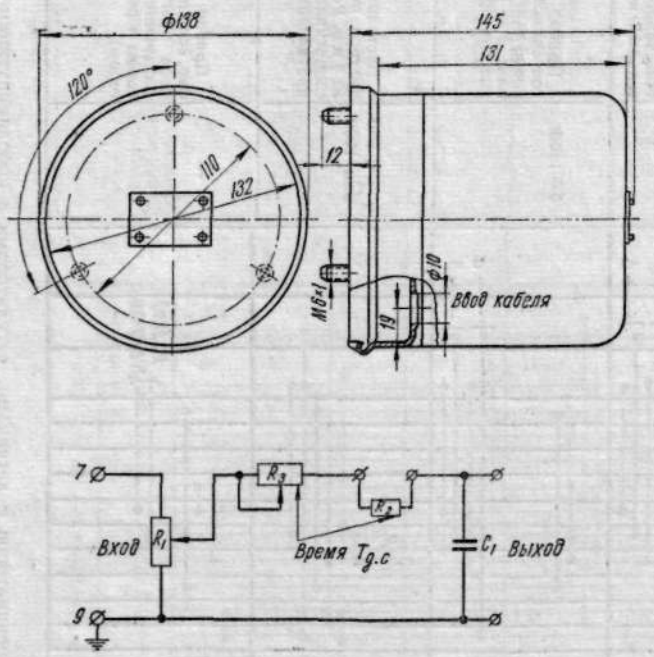


Рис. XII.21. Общий вид и принципиальная схема устройства динамической связи КДС

Устройство КДС (рис. XII.21) состоит из потенциометра R_1, сменного сопротивления R_2 (предназначенного для грубой настройки), регулируемого сопротивления R_3 и емкости C_1. Входным сигналом для КДС служит напряжение, снимаемое с зажима 7 ведущего регулятора. Это напряжение через блок-контакты реверсивного магнитного пускателя подается на вход устройства динамической связи. Доля напряжения, снимаемого с потенциометра R_1 (скорость связи) поступает в контур R_2—R_3—C_1. Выходное напряжение с устройства динамической связи подается на сетку правого триода первой лампы ведомого регулятора, для чего на панели зажимов регулятора предусмотрены специальные контакты. Величина постоянной времени динамической связи *Тд. с* может настраиваться в пределах 0—300 *сек*.

6. Переключатели типа ПЛК-Т и ПЛК-П

Переключатели ПЛК-Т и ПЛК-П применяются в схемах защиты и сигнализации для подачи управляющего сигнала при предельных значениях температуры, измеряемой с помощью одной термопары (ПЛК-Т), или пара-

метров, измеряемых первичными приборами (одним или двумя) с дифференциально-трансформаторными, индукционными, реостатными или ферродинамическими датчиками (ПЛК-П). Переключатель ПЛК-П может применяться также в схемах так называемых шагающих следящих систем в качестве следящего прибора, воспринимающего сигналы рассогласования положения двух исполнительных механизмов (МЗТА или ЧЗЭИМ).

Принципиальная схема переключателя ПЛК-Т приведена на рис. XII.22. Измерительное устройство и промежуточный усилитель переключателя полностью идентичны таковым в дифференциаторе ДЛ-Т, описанном выше.

Предварительная настройка измерительной схемы переключателя на заданное значение температуры осуществляется сменными сопротивлениями R_{52}, R_{53} и «корректором» R_{54}. Если переключатель ПЛК-Т используется в качестве индикатора малых сигналов постоянного тока, например для обнаружения разности температур, измеряемых двумя термопарами одинаковой градуировки, последние присоединяются встречно в коробке холодных спаев, которая подключается непосредственно на вход магнитного усилителя (зажимы *5—6*), минуя измерительную схему.

Так как промежуточный усилитель (однотактный магнитный усилитель *МУ*, трансформатор $Тр_2$ и полупроводниковый усилитель, собранный на транзисторе $ПП_1$) является фазочувствительным, переключатель ПЛК-Т может быть использован как для двустороннего ограничения управляющего сигнала (вне зависимости от его фазы), так и для его одностороннего ограничения (с учетом фазы сигнала).

В первом случае напряжение, развиваемое на выходе полупроводникового усилителя через разделительный конденсатор C_{52}, выпрямляется выпрямителем $В_4$ и подается на сетку левого триода $Л_1$ лампы 6Н1П (на которой собран ламповый усилитель). При этом ставятся перемычки между зажимами *19—18* и *9—8* на выходной панели прибора. При необходимости срабатывания переключателя от сигнала с учетом его фазы, перемычки должны быть установлены между зажимами *20—19* и *10—9*.

В ламповом усилителе триоды включены последовательно, т. е. анодный ток левого (по схеме) триода управляет анодным током правого триода, нагрузкой которого является реле Р типа РМК-1, шунтированное емкостью C_2. Корректор R_3 устанавливается таким образом, чтобы при отсутствии сигнала в измерительной части прибора ток левого триода достигал величины, при которой падение напряжения на сопротивлении R_4 было достаточно для запирания правого триода (т. е. отпускания реле). В этом случае при режиме одностороннего ограничения правый триод открывается и реле срабатывает только при условии появления управляющего сигнала, уменьшающего анодный ток левого триода. Тогда размыкаются контакты *12—13*, *15—16* и замыкаются контакты *13—14*, *16—17*.

В режиме двустороннего ограничения, независимо от фазы входного сигнала, на сетку левого триода лампового усилителя всегда поступает минусовое напряжение, вызывающее уменьшение анодного тока левого триода и соответствующее увеличение тока через правый триод.

В переключателе ПЛК-П схема измерительного устройства аналогична показанной на рис. XII.19, *б*. В остальном схемы ПЛК-П и ПЛК-Т идентичны.

Подключение датчиков (одного или двух) к переключателю ПЛК-П может быть выполнено аналогично показанному на рис. XII.20. Кроме того, один дифференциально-трансформаторный датчик может быть одновременно подключен к регулятору (например, РПИК-III) и

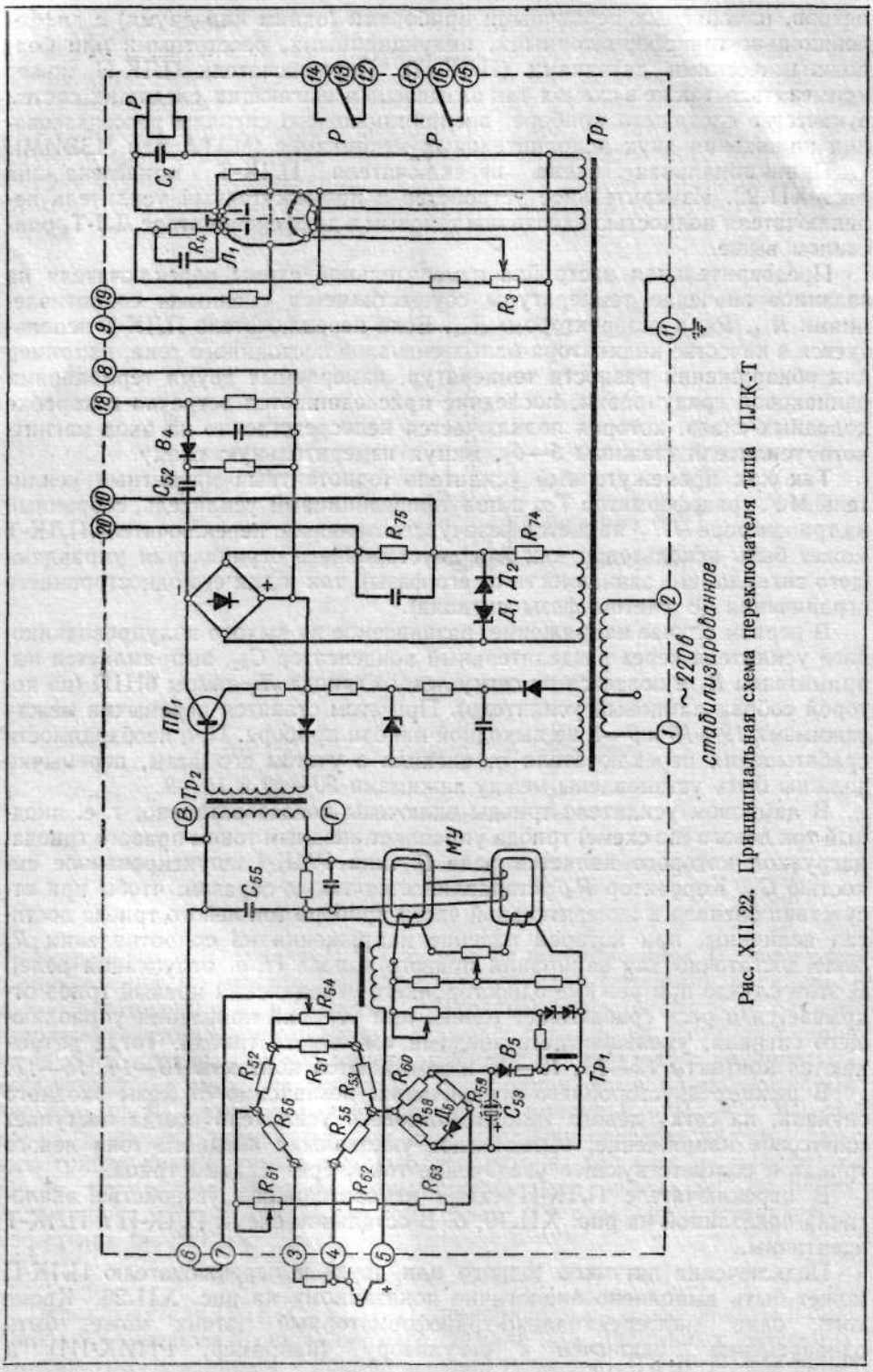


Рис. XII.22. Принципиальная схема переключателя типа ПЛК-Т

переключателю. Для этого первичная обмотка датчика подключается только к регулятору, как показано на рис. XII.12 (например, на зажимы *31—33*), а вторичная обмотка присоединяется параллельно к регулятору (на зажимы *23—32*) и к переключателю (на зажимы *3—5* или *4—6*, см. рис. XII.20).

При включении на один переключатель ПЛК-П (работающий в режиме одностороннего ограничения) датчиков положения двух исполнительных механизмов (заводов МЗТА или ЧЗЭИМ), может быть осуществлена схема «шагающей» синхронизации их хода. В этом случае переключающие контакты ПЛК-П выполняют коммутирующую роль, переключая воздействие регулирующего прибора (при срабатывании или опускании реле) на отставший исполнительный механизм. Таким образом, при работе следящей системы в движении находится только один исполнительный механизм.

Внешний вид переключателей ПЛК-Т и ПЛК-П дан на рис. XII.4.

Переключатели питаются стабилизированным напряжением от сети 220 *в*, 50 *гц*. Потребляемая мощность 15 *в·а*. Величины входных сопротивлений такие же, как и в соответствующих дифференциаторах. Предельные значения пускового тока через контакты реле зависят от напряжения на них:

Напряжение в *в*	Ток в *а*
До 60 постоянного тока	0,2
» 110 переменного »	0,2
» 220 постоянного »	0,02
» 220 переменного »	0,05

7. Вспомогательные устройства

Задатчики типа ЗРУ-24, ЗРУ-174 и ПЗВ*. В схемах измерительных блоков электронных регуляторов МЗТА применяются выносные задатчики ручного управления ЗРУ-24 и ЗРУ-174 (рис. XII.23), которые могут быть установлены на определенном расстоянии от места расположения регулятора. Все модификации регуляторов комплектуются с задатчиками ЗРУ-24, кроме РПИК-М, РПИБ-М и КПИ-М, в измерительных схемах которых применяются задатчики ЗРУ-174.

Задатчик ручного управления представляет собой проволочный потенциометр. Рукоятка управления задатчика плавно перемещается по всей шкале, которая разбита на 50 делений от 0 до 100%.

Величина регулируемого сопротивления в обоих типах задатчиков 24 *ом*. Полное активное сопротивление задатчика ЗРУ-24 равно 24 *ом*; ЗРУ-174 равно 174 *ом*.

Для программного регулирования параметра или соотношения параметров применяется программный задатчик ПЗВ (рис. XII.24). Изменение электрического сигнала по любой непрерывной программе осуществляется индуктивным датчиком. Диск задатчика может делать 1, 2, 3 и 100 оборотов в сутки. Пусковая схема прибора обеспечивает запуск задатчика нажатием кнопки и выключение его после окончания рабочего цикла.

Возможны следующие продолжительности рабочего цикла при установке: однопрограммного диска — 15 *мин*, 8, 12 и 24 *ч*; двухпрограммного диска — 7,5 *мин*, 4, 6 и 12 *ч*; четырехпрограммного диска — 3,5 *мин*, 2,3 и 6 *ч*. Минимально допускаемое время перерыва между циклами должно

* Задатчики типа ЗРУ-24 и ЗРУ-174 в дальнейшем будут заменены задатчиками типа ЗР-1, ЗР-2, ЗР-3.

быть не менее 2% от продолжительности рабочего цикла. При увеличении промежутка между циклами можно осуществить любое время рабочего цикла в пределах от 3,5 *мин* до 24 *ч*. Для контроля за положением плунжера датчика в приборе предусмотрен указатель положения.

Общий вид программного задатчика аналогичен общему виду регулятора, приведенному на рис. XII.6.

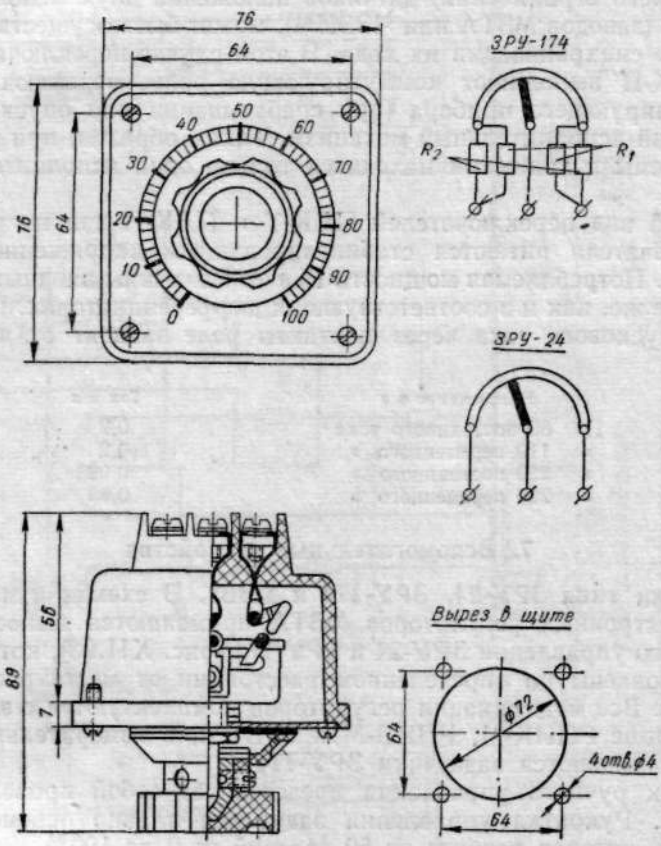


Рис. XII.23. Общий вид и принципиальные схемы задатчиков типа ЗРУ-24 и ЗРУ-174

Стабилизаторы напряжения типа С-0,16. Стабилизаторы напряжения обязательно применяются в схемах питания измерительных блоков некоторых типов регуляторов, в корректирующих приборах, дифференциаторах и переключателях. Для остальных приборов стабилизаторы применяются только при условии работы этих приборов в специальных схемах регулирования.

Электромагнитные стабилизаторы напряжения С-0,16 могут обеспечить питание 10 приборов. Питание стабилизатора от сети 127/220 *в*, 50 *гц*. Номинальная мощность 0,16 *кв·а*. Ток нагрузки 0,73 *а*. Номинальное стабилизированное напряжение 220 ± 3 *в*. Допустимые колебания стабилизированного напряжения при изменении входного напряжения в пределах $+8 \div -17\%$, при неизменном сопротивлении активной нагрузки $\leqslant 1\%$. Стабилизатор может работать при температуре окружающей среды

не выше +35° и относительной влажности до 70%. Габаритные размеры стабилизатора 310×186×196 *мм*.

Указатели положения типа М4202.6*. Для дистанционного наблюдения за положением выходного вала исполнительного механизма применяется указатель положения (магнитоэлектрический милливольтметр) М 4202.6.

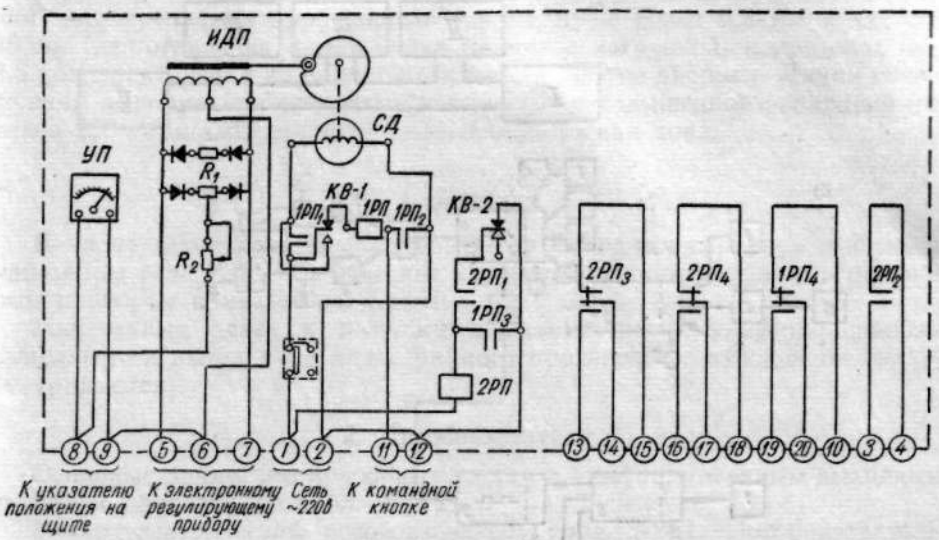


Рис. XII.24. Принципиальная схема программного задатчика типа ПЗВ:

КВ — концевые выключатели; *СД* — синхронный двигатель; *1РП* — пусковое реле; *2РП* — промежуточное реле: *УП* — указатель положения; *ИДП* — индуктивный датчик перемещения; R_1 — корректор; R_2 — чувствительность; $КВ_1$, $КВ_2$ —конечные выключатели

Прибор выполняется со шкалой 0—100%. Габаритные размеры прибора 60×60×47 *мм*. Для крепления прибора на панели щита должен быть предусмотрен вырез ∅ 58 ±0,5 *мм*.

§ 2. ЭЛЕКТРОННАЯ АГРЕГАТНАЯ УНИФИЦИРОВАННАЯ СИСТЕМА РЕГУЛИРОВАНИЯ И КОНТРОЛЯ ЭАУС-У

Электронная агрегатная унифицированная система ЭАУС-У выпускается заводом электрических исполнительных механизмов (ЗЭИМ, Чебоксары). Система состоит из датчиков и нормирующих преобразователей с унифицированным выходным сигналом постоянного тока 0—5 *ма* и вторичных приборов контроля и регулирования, между которыми может быть осуществлена раздельная или последовательная связь, как это показано на рис. XII.25.

Датчики с унифицированным выходным сигналом имеют повышенную точность измерения и большой радиус действия. Нормирующие преобразователи предназначены для сочетания вторичной аппаратуры системы ЭАУС-У с датчиками, не имеющими унифицированного выхода (термопары, термометры сопротивления, датчики переменного тока: индукционные, дифференциально-трансформаторные и ферродинамические). Датчики и нормирующие преобразователи с унифицированным выходным сигналом

* Подлежат замене унифицированными индикаторами положения типа ИПУ.

могут также применяться с машинами централизованного контроля и регулирования (МЦКР) и электронными цифровыми вычислительными машинами (ЭЦВМ).

Для работы электронных регулирующих устройств с пневматическими исполнительными механизмами, а также для ввода в схемы регулирования

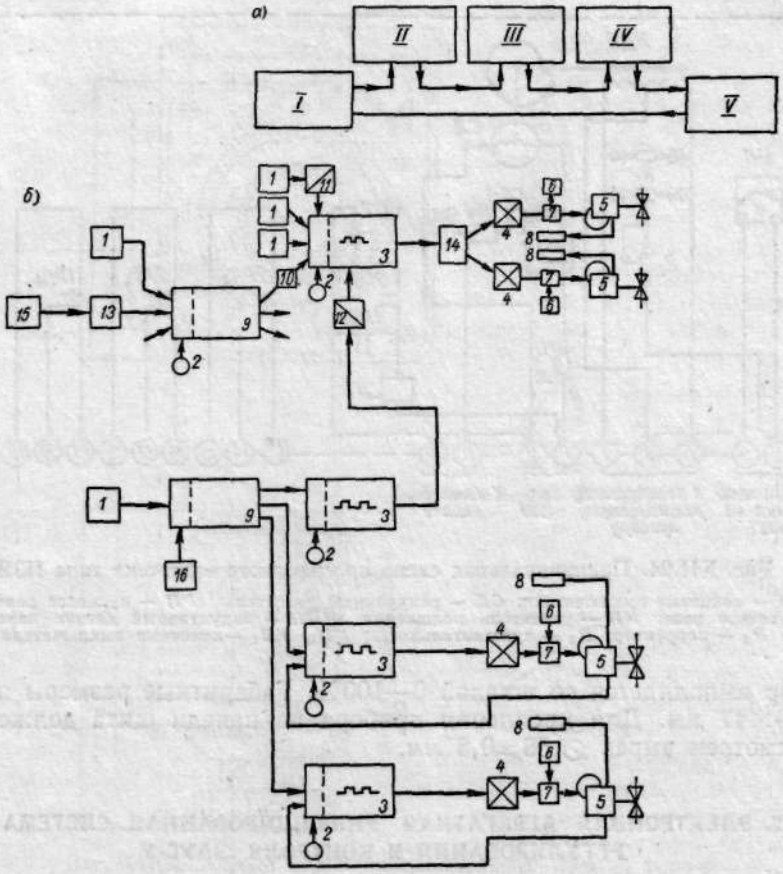


Рис. XII.25. Электронная агрегатная унифицированная система автоматического контроля и регулирования ЭАУС-У: *а* — схема связи первичных приборов и вторичных устройств; *б* — примерная структурная схема возможных вариантов использования блоков ЭАУС-У; *I* — унифицированный датчик; *II* — показывающий прибор; *III* — регистрирующий прибор; *IV* — сигнализирующий прибор; *V* — регулятор;

1 — датчик с унифицированным выходом; *2* — задатчик; *3* — регулятор; *4* — магнитный усилитель; *5* — исполнительный механизм; *6* — ключ дистанционного управления; *7* — переключатель рода работы; *8* — указатель положения; *9* — корректирующее устройство; *10* — ограничитель сигнала; *11* — дифференциатор; *12* — устройство динамической связи; *13* — нормирующий преобразователь; *14* — синхронизатор; *15* — датчик с неунифицированным выходом; *16* — программный задатчик

сигналов от пневматических устройств в системе ЭАУС-У предусмотрены специальные электропневматические и пневмоэлектрические преобразователи и электропневматические позиционеры, которые описаны в гл. X. Примерная схема возможного использования блоков ЭАУС-У показана на рис. XII.25. Система ЭАУС-У в настоящее время полностью еще не укомплектована, и некоторые приборы находятся в стадии освоения или модернизации.

Комплекс устройств системы ЭАУС-У предназначен для работы во взрывобезопасных и непожароопасных помещениях, при отсутствии в них агрессивных паров или газов.

Питание аппаратуры от сети 220 *в*, 50 *гц*. Допустимая напряженность внешнего магнитного поля постоянного или переменного тока промышленной частоты в месте установки аппаратуры до 400 *а/м*. Допустимая вибрация мест крепления приборов по амплитуде не более 0,2 *мм* и частоте 25 *гц*. Сопротивление линии связи (вместе с нагрузкой) в пределах 0—2,5 *ком* практически не влияет на точность работы системы. Линии связи должны выполняться проводами и кабелями с повышенной изоляцией (не менее 250 *Мом/км*), с целью уменьшения утечки тока.

1. Датчики

К числу датчиков с унифицированным выходным сигналом относятся манометры типа М1М. Технические характеристики по указанным первичным приборам приведены в гл. II.

Намеченные ранее к выпуску дифманометры с унифицированным выходным сигналом пока для серийного производства заводом не предусматриваются.

2. Преобразователи

Основные данные по преобразователям с унифицированным выходным сигналом приведены в табл. XII.2.

Механоэлектрический преобразователь типа Э-2Д1. Преобразователь Э-2Д1 предназначен для встраивания в различные устройства и приборы и состоит из трех отдельных блоков: магнитоэлектрического гальванометра Г-8, электронного генератора Э-2 и блока питания П-8 (рис. XII.26).

Механическое перемещение, подлежащее преобразованию, задается в виде угла поворота входной оси гальванометра *1*. При этом спиральная пружина (волосок) *2*, соединяющая входную ось с подвижной системой гальванометра, создает вращающий момент, выводящий подвижную систему из равновесия. Коромысло *3* с алюминиевым флажком перемещается относительно катушки индуктивности L_1, входящей в сеточный контур генератора, собранного на лампе 6Н15П ($Л_1$) (двойном триоде).

Изменение режима работы генератора сопровождается изменением анодного тока, обтекающего обмотку обратной связи L_2, укрепленную на коромысле *3* в поле постоянного магнита *4*. Ток, обтекающий обмотку L_2, создает момент обратной связи, противоположный моменту, создаваемому при закручивании пружины *2*, чем обеспечивается однозначное соответствие между углом поворота входной оси и величиной выходного тока. Перемещение подвижной системы, соответствующей полному диапазону изменения входного сигнала, составляет около 0,1 *мм*.

Рабочее положение блока гальванометра — любое, при котором входная ось расположена горизонтально, с допустимым отклонением до 5° в любую сторону. Рабочее положение остальных блоков — любое. Расстояние от любой точки блока гальванометра до массивных ферромагнитных тел у преобразователя Э-2Д1 должно быть не менее 50 *мм*; момент, необходимый для поворота входной оси на полный рабочий угол не превышает 15 *гс·см*.

Габаритные размеры в *мм*: блок гальванометра — 110×90×60; электронный блок 100×70×32; блок питания — 160×125×120. Остальные технические данные приведены в табл. XII.2.

Таблица XII.2

Технические характеристики преобразователей системы ЭАУС-У

Наименование		Тип	Сигнал		Основная погрешность в % от верхнего предела изменения выходного сигнала	Порог чувствительности в % от верхнего предела изменения входного сигнала	Постоянная времени преобразователя *в сек*	Потребляемая мощность *в в·а*	Допустимая амплитуда вибрации мест крепления преобразователя при частоте 25 *гц* в *мм* ***
			входной	выходной					
Механоэлектрический		Э-2Д1	0—30°	0—5 *ма*	±1,0	0,05	0,2	15	0,1
Пневмоэлектрический *		ПЭ-55М	0,2—1,0 *кгс/см²*	0—5 *ма*	±1,0	0,1	0,5	20	0,1
Электропневматический **		ЭП-56Б	0—5 *ма*	0,2—1,0 *кгс/см²*	±1,5	0,1	2	20	0,1
Нормирующие преобразователи	т. э. д. с. термопары	НП-Т	Постоянное напряжение	0—5 *ма*	±0,5; 1,0	0,1	2	20	0,1
	для термометров сопротивления	НП-С			±0,5	0,1	2	20	0,2
	переменного напряжения	НП-П	Переменное напряжение		±1,0	0,1	2	30	0,2

* Преобразователь типа ПЭ-55М описан в гл. X. Вместо преобразователя ПЭ-55М может быть использован пневмоэлектрический преобразователь типа ППП-1, выпускаемый отдельными сериями Смоленским опытным заводом «НИИтеплоприбор», который также приведен в гл. X.

** Электропневматический преобразователь типа ЭП-56Б модернизируется.

*** Изменение выходного тока от вибрации мест крепления не превышает 0,5 допустимой основной погрешности.

Общий вид всех блоков и их монтажно-присоединительные размеры показаны на рис. XII.27.

Нормирующие преобразователи типа НП-С, НП-Т, НП-П. Преобразователь типа НП-С предназначен для линейного преобразования сигнала термометра сопротивления ТС (градуировки 20, 21, 22, 23, 24) в унифицированный сигнал постоянного тока. Преобразователь состоит из измерительного моста и усилителя постоянного тока (рис. XII.28). Термометр сопротивления по трехпроводной схеме включен в измерительный мост R_1,

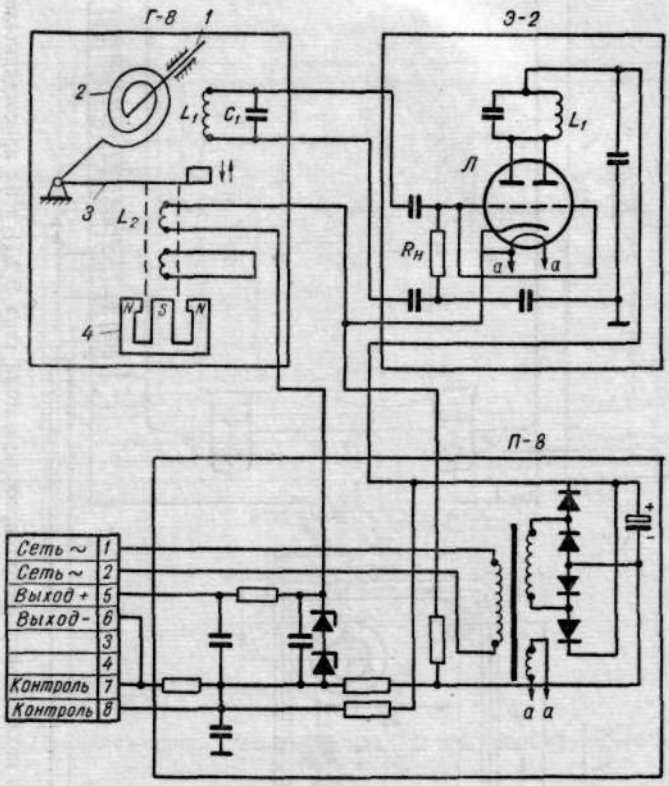


Рис. XII.26. Принципиальная электрическая схема механоэлектрического преобразователя типа Э-2Д1

R_2, R_3, R_4, который питается от источника стабилизированного напряжения (однополупериодного выпрямителя $Д_3$ с емкостным фильтром C_1, стабилотронами $Д_1$, $Д_2$ и сопротивлениями R_7, R_8). В цепь стабилизатора включено медное сопротивление R_6 для компенсации изменения напряжения стабилизации при колебании температуры. Переменное сопротивление R_5 служит для установки рабочего тока моста, равного 10 *ма*.

Постоянное напряжение, снимаемое с измерительной диагонали моста, усиливается магнитным усилителем *МУ*, который одновременно преобразует его в переменный сигнал частоты 100 *гц*.

Магнитный усилитель *МУ* собран на трехстержневом сердечнике. Обмотка возбуждения (находящаяся на среднем сердечнике) питается переменным напряжением 50 *гц* от трансформатора $Тр_4$ через стабилизаторы $Д_6$—$Д_9$, которые ограничивают амплитуду напряжения питания *МУ*.

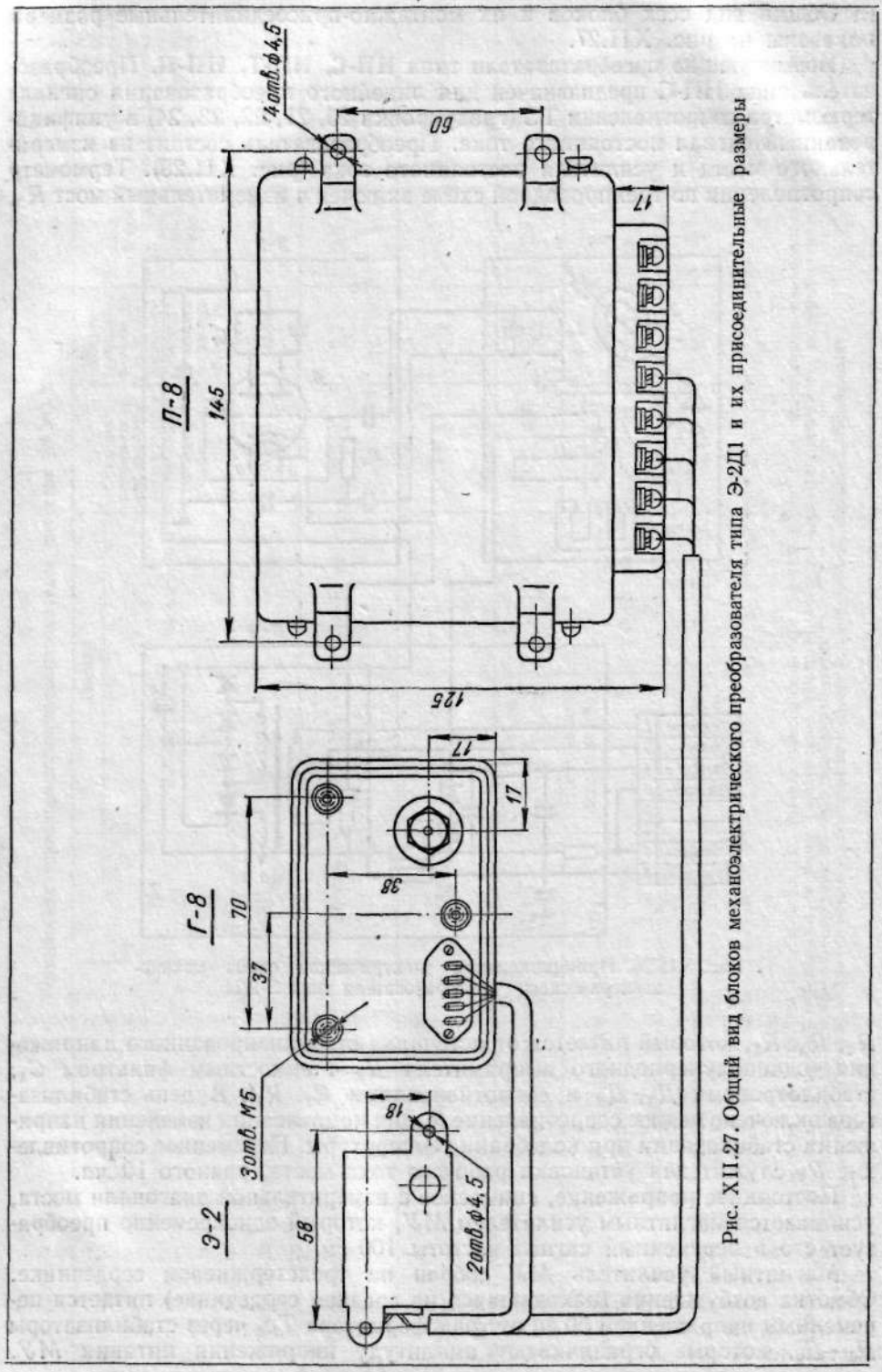


Рис. XII.27. Общий вид блоков механоэлектрического преобразователя типа Э-2Д1 и их присоединительные размеры

Выходная обмотка усилителя, на которой формируется сигнал с частотой 100 *гц*, через трансформатор $Тр_1$ связана с первым каскадом электронного усилителя, собранным на триоде $ПП_1$.

Балансировка магнитного усилителя осуществляется сопротивлениями R_{11} и R_{12}. Настройка магнитного усилителя на частоту 100 *гц* производится с помощью конденсаторов C_3 и C_4. Конденсатор C_2 и заградительный дроссель $Др_1$ предохраняют входную цепь усилителя от проникновения случайных сигналов переменного тока.

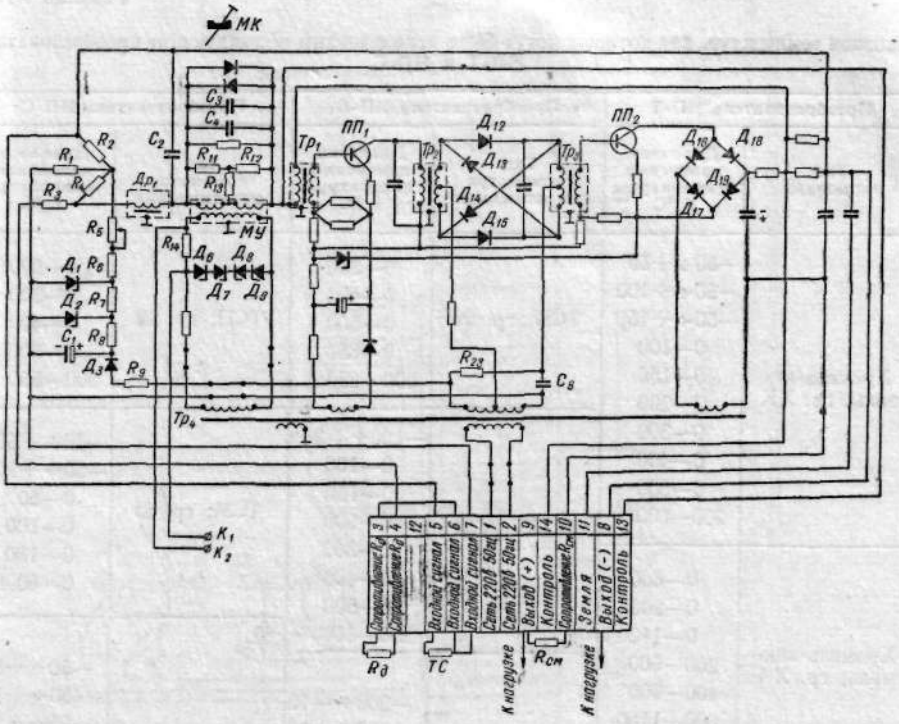


Рис. XII.28. Принципиальная электрическая схема нормирующего преобразователя типа НП-С

Усиленный первым каскадом сигнал через трансформатор $Тр_2$ поступает в кольцевой делитель частоты, собранный на диодах $Д_{12}$—$Д_{15}$, который вдвое уменьшает частоту сигнала. Сдвиг фаз, вносимый кольцевым делителем, компенсируется фазовращательной цепью из сопротивления R_{23} и емкости C_8. Из кольцевого делителя через трансформатор $Тр_3$ сигнал поступает во второй каскад электронного усилителя — однотактный фазочувствительный усилитель, выполненный на триоде $ПП_2$ и диодах $Д_{16}$—$Д_{19}$, соединенных по мостовой схеме. Установка нулевого значения выходного тока преобразователя производится магнитным корректором *МК*.

Помимо указанных в табл. XII.2, преобразователь НП-С характеризуется следующими данными. Сопротивление линии связи преобразователя с датчиком (термометром сопротивления) не более 2,5 *ом* (на один провод). Изменение выходного тока при изменении температуры окружающего воздуха в пределах 5—50° С не превышает 0,4 допустимой основной погрешности на каждые 10°. Изменение выходного тока от изменения

сопротивления линии связи термометра с преобразователем в диапазоне 0—2,5 *ом* на один провод не превышает 0,25 допустимой основной погрешности. Изменение выходного тока от изменения сопротивления нагрузки на 500 *ом* не превышает 0,5 допустимой основной погрешности.

Общий вид нормирующего преобразователя типа НП-С дан на рис. XII.29. Диапазон температур, для которых может быть использован преобразователь, приведен в табл. XII.3.

Таблица XII.3

Диапазон температур, для которых могут быть использованы нормирующие преобразователи НП-Т и НП-С

Преобразователь НП-Т		Преобразователь НП-С		Преобразователь НП-С	
Тип термопары	Диапазон изменения температуры в °С	Тип термометра сопротивления	Диапазон изменения температуры в °С	Тип термометра сопротивления	Диапазон изменения температуры в °С
Хромель-копель; гр. ХК	—50÷+50 —50÷+100 —50÷+150 0—100 0—150 0—200 0—300 0—400 0—600 200—600	ТСП; гр. 20	0—300 0—400 0—500 0—650 300—650	ТСП; гр. 22	0—200 0—300 0—400 0—500 200—500
		ТСП; гр. 21	—120÷+30 0—100 0—150 0—200 0—300 0—400 0—500 200—5000	ТСМ; гр. 23	—50÷+50 —50÷+100 0—50 0—100 0—180 0—60,4
Хромель-алюмель; гр. ХА	0—600 0—800 0—1100 200—600 400—900 600—1100 700—1300	ТСП; гр.22	—200÷—70 —120÷+30 —90÷+50 0—50 0—100 0—150	ТСМ; гр. 24	—50÷+50 —50÷+100 —25÷+25 0—25 0—50 0—100 0—180
Платина-платинородий; гр. ПП-1	0—1300 0—1600				

Преобразователь типа НП-Т предназначен для линейного преобразования в унифицированный сигнал э. д. с. термопары. Преобразователь НП-Т отличается от преобразователя НП-С в основном измерительной схемой (рис. XII.30).

Постоянное напряжение, поступающее с измерительной схемы, усиливается магнитным усилителем, который одновременно преобразует его в переменный сигнал. Электронный усилитель на полупроводниковых триодах осуществляет дальнейшее усиление сигнала и его фазочувствительное выпрямление. Измерительный мост ($R_м$, R_1, R_2, R_3, R_4) служит для автоматической компенсации температуры холодных спаев термопары *ТП* и компенсации начальной э. д. с. термопары в преобразователях

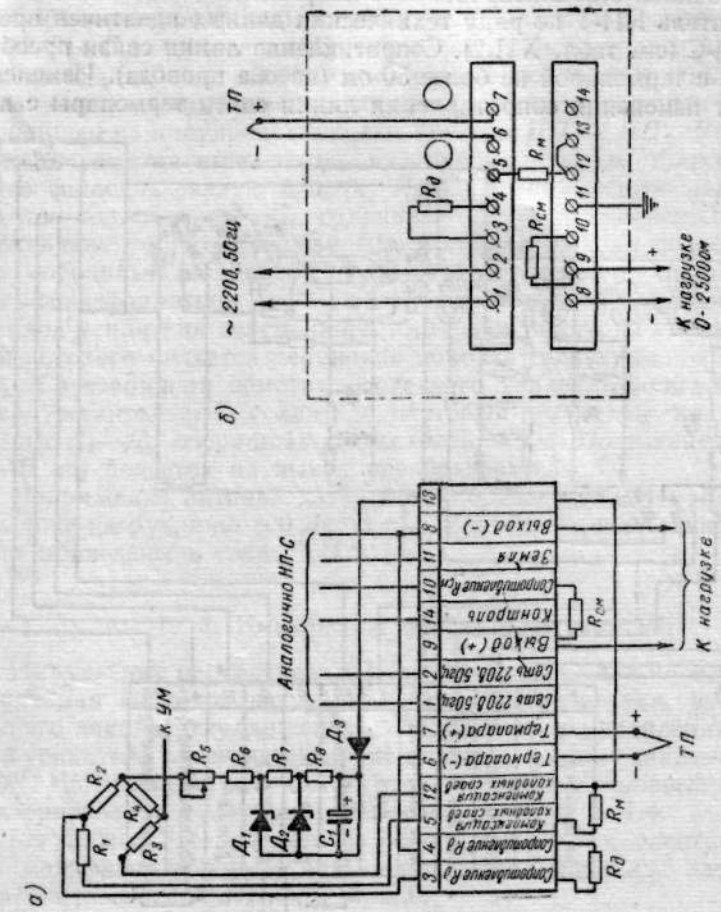


Рис. XII.30. Нормирующий преобразователь типа НП-Т: *а* — принципиальная электрическая схема; *б* — схема внешних соединений

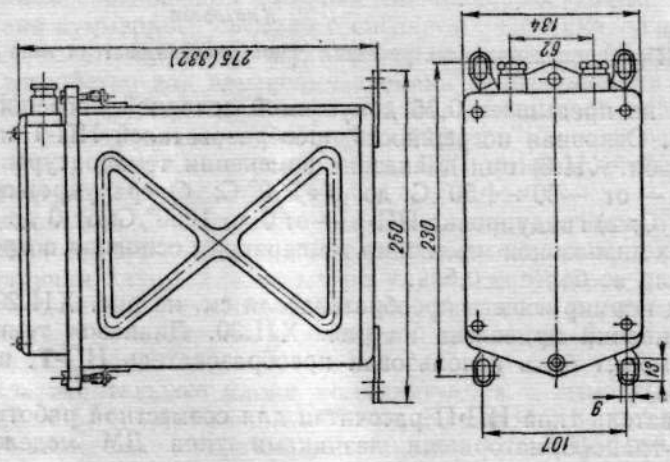


Рис. XII.29. Общий вид нормирующих преобразователей типа НП-С, НП-Т и НП-П (размер в скобках относится к преобразователю НП-П)

с ненулевым началом диапазонов входного сигнала. Измерительный мост питается от источника стабилизированного напряжения, описанного выше.

Преобразователь НП-Т по ряду технических данных идентичен преобразователю НП-С (см. табл. XII.2). Сопротивление линии связи преобразователя НП-Т с термопарой не более 50 *ом* (на оба провода). Изменение погрешности от изменения сопротивления линии связи термопары с пре-

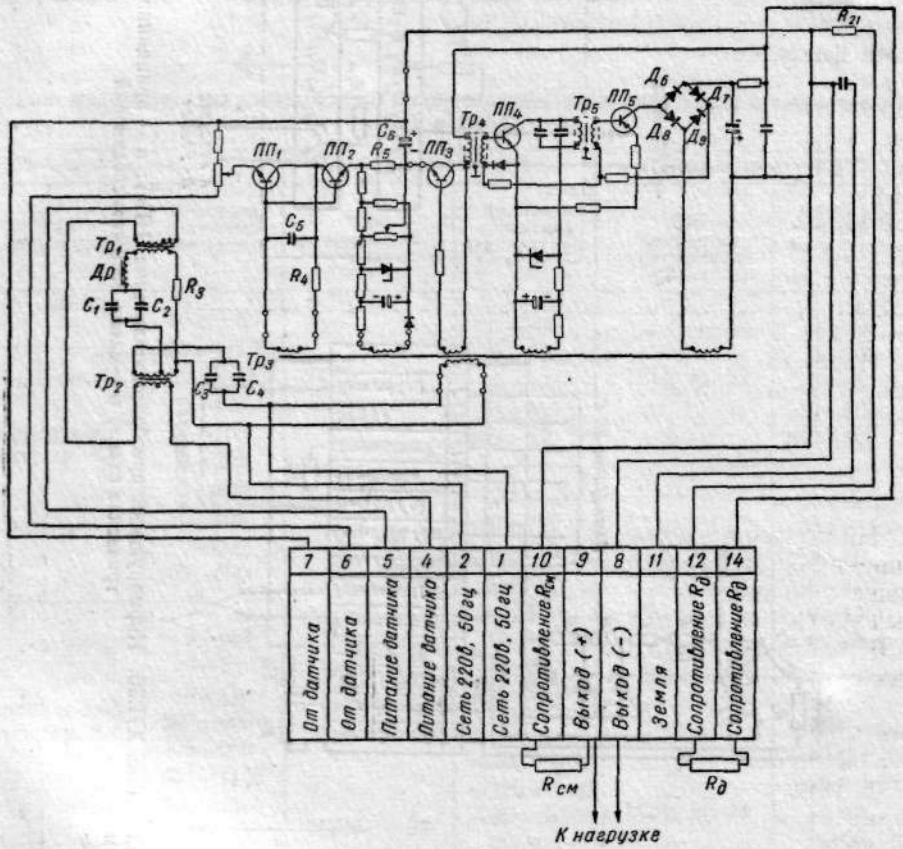


Рис. XII.31. Принципиальная электрическая схема преобразователя типа НП-П

образователем не превышает 0,25 допустимой основной погрешности на каждые 10 *ом*. Основная погрешность преобразователей НП-Т не более ±1,0% (см. табл. XII.3) при диапазоне изменения температуры: а) градуировка ХК — от —50÷+50° С до 0÷200° С; б) градуировка ХА — от 200 до 600° С; в) градуировка ПП-1 — от 0 до 1300° С; от 0 до 1600° С. Для остальных диапазонов изменения температуры основная погрешность преобразователя не более ±0,5%.

Общий вид нормирующего преобразователя см. на рис. XII.29. Схема внешних соединений приведена на рис. XII.30. Диапазон температур, для которых может быть использован преобразователь НП-Т, приведен в табл. XII.3.

Преобразователь типа НП-П рассчитан для совместной работы с дифференциально-трансформаторными датчиками типа ДМ моделей 3564 (ДМ-7), 3565 (ДМ-8), 3566 (ДМ-6) завода «Манометр».

Принципиальная схема преобразователя НП-П дана на рис. XII.31. Питание датчика осуществляется от последовательно включенных вторичных обмоток трансформаторов $Тр_1$ и $Тр_2$, которые вместе с конденсаторами $С_1$—$С_4$ и дросселем $Др$ образуют стабилизированный источник питания. Переменное напряжение, снимаемое со вторичной обмотки датчика, выпрямляется демодулятором (фазочувствительным выпрямителем), собранным на полупроводниковых триодах $ПП_1$ и $ПП_2$. Управление триодами осуществляется током вторичной обмотки трансформатора $Тр_3$ через фазосдвигающую цепочку R_4, $С_5$. Выпрямленное напряжение фильтруется конденсатором $С_6$, сравнивается с напряжением, снимаемым с сопротивления обратной связи R_{21}, и сигнал ошибки подается на модулятор, собранный на триоде $ПП_3$, а затем на первичную обмотку согласующего трансформатора $Тр_4$. Со вторичной обмотки $Тр_4$ напряжение подается на вход усилителя переменного тока, собранного на триоде $ПП_4$, нагрузкой которого является первичная обмотка согласующего трансформатора $Тр_5$. Со вторичной обмотки последнего усиленный сигнал поступает на фазочувствительный усилитель, который выполнен на триоде $ПП_5$ и диодах $Д_6$—$Д_9$, собранных по мостовой схеме. Постоянная составляющая (0—5 *ма*) подается на выход преобразователя.

Напряжение питания датчика преобразователя НП-П составляет 12 *в* при токе нагрузки до 200 *ма*; остальные технические данные преобразователя приведены в табл. XII.2.

3. Импульсные регуляторы типа РП1

Импульсные регуляторы РП1 предназначены для алгебраического суммирования сигналов датчиков с сигналом задатчика, выработки надлежащего закона регулирующего воздействия и управления через магнитный усилитель электрическими исполнительными механизмами типов МЭО, МЭК, ИМ, которые описаны в гл. XIII. Типы и основные технические характеристики регуляторов приведены в табл. XII.4.

Регулятор РП1 состоит из измерительного и электронного блоков. Все модификации регулятора имеют унифицированный электронный блок и различные измерительные блоки.

В измерительном блоке осуществляется алгебраическое суммирование в заданном соотношении входных сигналов, поступающих от датчиков, сравнение суммарного сигнала с сигналом задатчика, усиление и выдача сигнала разбаланса в виде постоянного напряжения. Измерительный блок имеет устройство для изменения времени демпфирования выходного сигнала. Все измерительные блоки взаимозаменяемы. Модификации измерительных блоков приведены в табл. XII.4.

Измерительные блоки регуляторов РП1 используются также в схемах корректирующих приборов КП1.

Электронный блок служит для восприятия сигнала разбаланса, суммирования его с сигналами, поступающими от дополнительных устройств (при наличии таковых в схеме регулирования), формирования соответствующего закона регулирующего воздействия и усиления результирующего сигнала до величины, необходимой для импульсного управления оконечным каскадом.

Все измерительные блоки комплектуются с выносными задатчиками типа ЗД-50 (с сопротивлением 50 *ом*). Блоки И-УД, И-УП могут поставляться по особому заказу с задатчиками типа ЗД-1000 (с сопротивлением 1000 *ом*) в комплекте с показывающим прибором типа 1ПЭ-63М.

*

Таблица XII.4

Технические характеристики импульсных регуляторов типа РП1 и корректирующих приборов типа КП1 системы ЭАУС-У

Импульсные регуляторы	Корректирующие приборы	Измерительные блоки	Входные сигналы	Датчики, с которыми работают измерительные блоки	Сопротивление основного входа (не менее)	Потребляемая мощность в *вт*	
						РП1	КП1
РП1-УД	КП1-УД	И-УД	Постоянный ток 0—5 *ма*	4 датчика или нормирующих преобразователя с унифицированным сигналом постоянного тока	150±50 *ом* для сигналов постоянного тока; 500 *ом* для сигналов переменного напряжения только для РП1-УП, КП1-УП	60	30
РП1-УП	КП1-УП	И-УП	Переменное напряжение и постоянный ток 0—5 *ма*	2 датчика переменного напряжения (индукционные, ферродинамические, дифференциально-трансформаторные) и 2 датчика с унифицированным сигналом		60	45
РП1-ПД	КП1-ПД	И-ПД	Переменное напряжение	4 датчика переменного напряжения (индукционные, дифференциально-трансформаторные, ферродинамические)	500 *ом* для сигналов переменного напряжения	45	45
РП1-СД	КП1-СД	И-СД	Постоянное напряжение	2 термометра сопротивления типа ТСП или ТСМ	—	45	30

Продолжение табл. XII.4

Импульсные регуляторы	Корректирующие приборы	Измерительные блоки	Входные сигналы	Датчики, с которыми работают измерительные блоки	Сопротивление основного входа (не менее)	Потребляемая мощность в *вт*	
						РП1	КП1
РП1-ТД	КП1-ТД	И-ТД	Постоянное напряжение	1 термопара типа ХК или ХА	150±50 *ом* для сигналов постоянного напряжения; 500 *ом* для сигналов переменного напряжения только для РП1-ПТ, КП1-ПТ	45	30
РП1-ПТ	КП1-ПТ	И-ПТ	Переменное и постоянное напряжение	2 датчика переменного напряжения (индукционные, ферродинамические, дифференциально-трансформаторные) и 1 термопара типа ХК или ХА		45	45
РП1-ПФ	КП1-ПФ	И-ПФ	Переменное напряжение	3 ферродинамических или дифференциально-трансформаторных датчика и 1 индукционный датчик	400 *ком* для сигналов переменного напряжения	65	65

Примечания:

1. При подключении трех датчиков используется делитель напряжения, имеющийся в измерительном блоке. В случае применения ферродинамических датчиков со встроенным делителем напряжения к прибору может быть подключено до 8 датчиков.
2. В приборах типа РП1-ПФ и КП1-ПФ вход индукционного датчика предназначен только для работы в схеме с исполнительным механизмом.
3. Схемы регуляторов РП1 и корректирующих приборов КП1 при использовании внутренней изодромной обратной связи позволяют формировать ПИ (пропорционально-интегральный), а при наличии дифференцирующих устройств ПИД (пропорционально-интегрально-дифференциальный) законы регулирования.
4. Регуляторы РП1-УП, РП1-ПД, РП1-ПТ, РП1-ПФ при наличии внешней жесткой обратной связи с выхода исполнительного механизма на вход регулирующего прибора позволяют формировать П (пропорциональный) закон регулирования.
5. Корректирующие приборы КП1-УД и КП1-УП позволяют формировать П-закон регулирования при подаче с выхода прибора на вход его измерительного блока жесткой обратной связи (последовательно с измерительным блоком регулирующего устройства).
6. Корректирующие приборы типа КП-1 могут воздействовать только на регуляторы типа РП1-УД, РП1-УП, каскадно на корректоры типа КП1-УД, КП1-УП, на электрические следящие системы, а также через электропневматические позиционеры с входным сигналом постоянного тока 0—5 *ма* на пневматические исполнительные механизмы.
7. В качестве датчиков переменного напряжения могут быть также использованы реостатные датчики, подключенные по трехпроводной схеме.
8. Сопротивление нагрузки для РП1 — 160±10 *ом*; для КП1 — 0,3—2,5 *ком*; сопротивление вспомогательного (электронного) входа не менее 100 *Ком*.
9. Выходная мощность регулятора РП1 не менее 3 *вт*, выходное напряжение 24 *в*.
10. Время удвоения: минимальное — не более 5 *сек*; максимальное — не менее 500 *сек* (в особом исполнении не менее 2000 *сек*); время демпфирования 0,2—5 *сек*.

Задатчик обеспечивает настройку регулятора на определенное значение или соотношение параметров.

Органы управления и настройки блоков выведены на переднюю панель прибора.

Принципиальная схема унифицированного электронного блока регулятора показана на рис. XII.32. Первый каскад блока, собранный на лампе $Л_{51}$ (двойном триоде 6Н1П), выполнен балансным и фазочувствительным и работает в режиме катодного повторителя. В этом каскаде осуществляется алгебраическое суммирование сигналов постоянного напряжения от измерительного блока и дополнительных устройств (дифференциатора, устройства динамической связи и др.), подаваемых (между зажимами *4—5*) на сетку левого триода лампы через ограничительные сопротивления R_{51} и R_{52}, и сигнала обратной связи, поступающего на сетку правого триода*.

Питание лампы $Л_{51}$ осуществляется от силового трансформатора $Тр_{53}$. Между анодами лампы включен потенциометр R_{54} для балансировки каскада. Нагрузками левой и правой половин лампы являются соответственно сопротивления R_{53} и R_{55}. Напряжение смещения подается на сетку лампы от дополнительного выпрямителя ($Д_{54}$, R_{92}, R_{93}, C_{55}, C_{74}), питающегося от трансформатора $Тр_{53}$.

Постоянное напряжение, снимаемое на выходе первого каскада с конденсатора C_{52} (включенного между катодами лампы), преобразуется в переменное с помощью модулятора, собранного на транзисторах $ПП_{51}$ и $ПП_{52}$. Коммутирующее напряжение от трансформатора $Тр_{53}$ подается между базой и коллектором транзисторов через ограничивающее сопротивление R_{58}. Фаза выходного напряжения модулятора зависит от полярности входного напряжения. При смене полярности входного сигнала фаза выходного напряжения меняется на 180°. Нагрузкой модулятора служит первичная обмотка трансформатора $Тр_{51}$, который является входным элементом усилителя переменного тока, собранного на транзисторе $ПП_{53}$. Этот усилитель включен в схему трансформатора $Тр_{52}$.

Дальнейшее усиление сигнала осуществляется фазочувствительным каскадом, выполненным на транзисторе $ПП_{54}$ и имеющим раздельные выходы на два несвязанных между собой трансформатора $Тр_{54}$ и $Тр_{55}$. В зависимости от фазы выходного сигнала выходной ток протекает через первичную обмотку одного из этих трансформаторов. Питание каскада осуществляется от силового трансформатора $Тр_{53}$ через диоды $Д_{57}$, $Д_{58}$ и стабилизируется стабилотронами $Д_{73}$, $Д_{74}$.

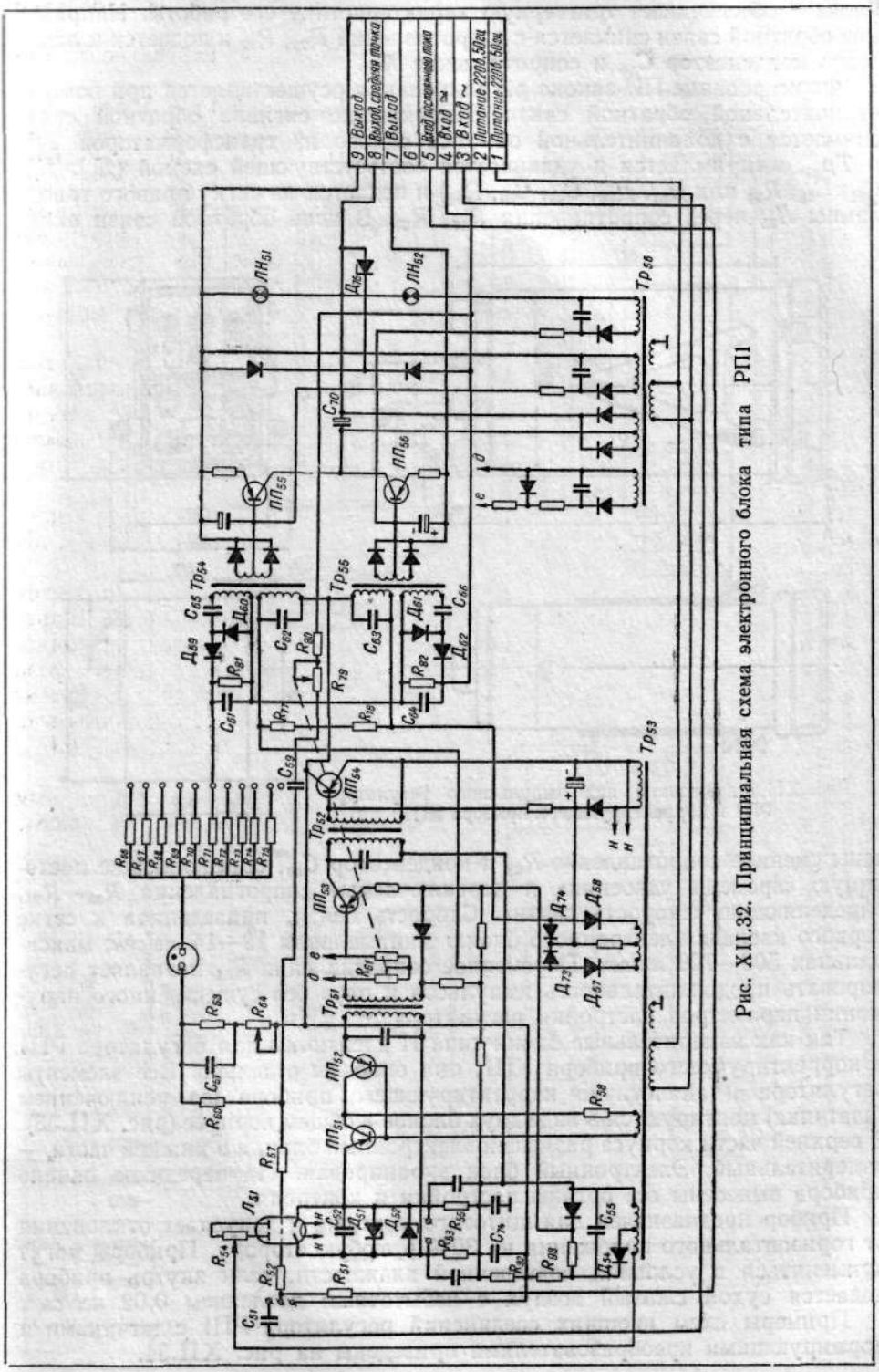
Ко вторичным обмоткам выходных трансформаторов $Тр_{54}$, $Тр_{55}$ подключены усилители мощности, выполненные на транзисторах $ПП_{55}$, $ПП_{56}$, которые работают в триггерном режиме. Нагрузкой выходного каскада служат управляющие обмотки магнитного усилителя**, подключаемые между зажимами *7—8* и *8—9* выходной панели электронного блока. Параллельно выходным зажимам *7—8* и *8—9* включены лампочки $ЛН_{51}$, $ЛН_{52}$, сигнализирующие о работе соответствующего канала усиления.

Положительная обратная связь, подаваемая на сетку правого триода лампы $Л_{51}$, охватывает первые четыре каскада усиления электронного

---

* Схема электронного блока предусматривает возможность подачи на его вход также сигнала переменного напряжения (между зажимами *3—4*), но при сочетании электронного блока с измерительными блоками, указанными в табл. XII.4, в этом нет необходимости, и поэтому между зажимами *3—4* устанавливается перемычка.

** Регулятор РПИ может быть также использован для контактного управления исполнительным механизмом через магнитный пускатель.


9 Выход
8 Корпус, свободная точка
7 Вход
6
5 Вход постоянного тока
4 Вход ≂
3 Вход ~
2 Питание 220В, 50гц
1 Питание 220В, 50гц
Тр56
Тр55
Тр54
Тр53
Тр52
Тр51
Л51
Л52
ЛП51
ЛП52
ЛП53
ЛП54
ЛП55
ЛП56
Д51
Д52
Д53
Д54
Д55
Д56
Д57
Д58
Д59
Д60
Д61
Д62
Д63
Д64
Д65
Д66
Д67
Д68
Д69
Д70
Д71
Д72
Д73
Д74
Д75
Д76
Д77
Д78
Д79
Д80
Д81
Д82
Д83
Д84
Д85
Д86
Д87
Д88
Д89
Д90

блока и обеспечивает триггерную характеристику его работы. Напряжение обратной связи снимается с сопротивлений R_{79}, R_{80} и подается к лампе через конденсатор C_{59} и сопротивление R_{57}.

Формирование ПИ-закона регулирования осуществляется при помощи *отрицательной обратной связи*. Напряжение сигнала обратной связи снимается с дополнительной обмотки одного из трансформаторов $Тр_{54}$ и $Тр_{55}$, выпрямляется и удваивается соответствующей схемой ($Д_{59}$, $Д_{60}$, C_{61}, C_{65}, R_{81} или $Д_{61}$, $Д_{62}$, C_{64}, C_{66}, R_{82}) и подается на сетку правого триода лампы $Л_{51}$ через сопротивления R_{57}, R_{60}. В цепь обратной связи вклю-

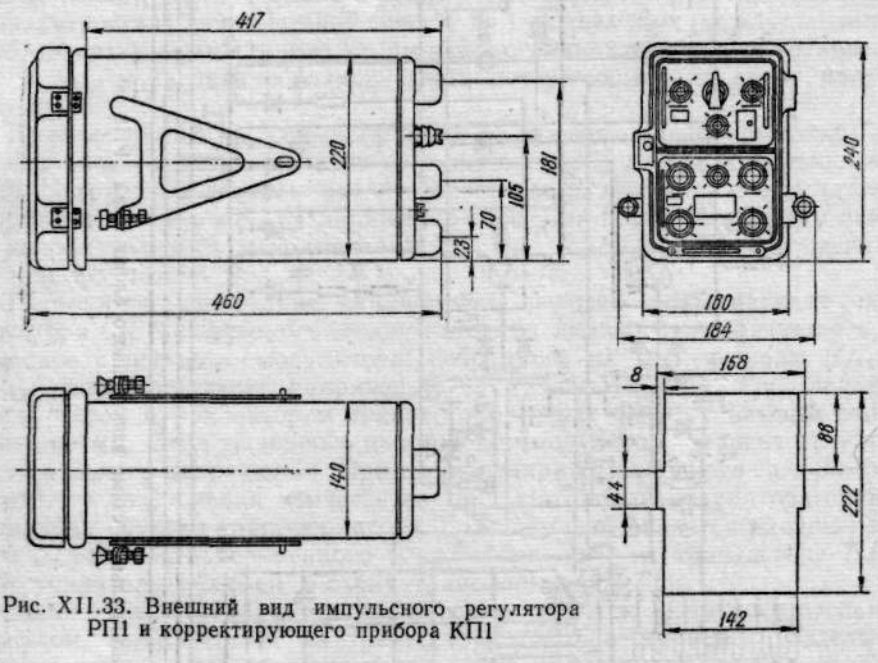


Рис. XII.33. Внешний вид импульсного регулятора РП1 и корректирующего прибора КП1

чены сменное сопротивление R_{63} и конденсатор C_{57}, определяющие постоянную «времени удвоения», и переключаемые сопротивления R_{66}—R_{75}, определяющие «скорость связи». Скорость связи, приведенная к сетке первого каскада электронного блока: минимальная 12—14 *мв/сек*; максимальная 500—700 *мв/сек*. Переменное сопротивление R_{64} позволяет регулировать продолжительность импульсов и пауз без существенного нарушения параметров настройки регулятора.

Так как измерительные блоки типа И идентичны для регулятора РП1 и корректирующего прибора КП1, они описаны отдельно. Все элементы регулятора и аналогично корректирующего прибора (за исключением задатчика) монтируются в виде двух блоков в общем корпусе (рис. XII.33). В верхней части корпуса размещен электронный блок, а в нижней части — измерительный. Электронный блок экранирован. На переднюю панель прибора вынесены все органы настройки и контроля.

Прибор предназначен для щитового монтажа и допускает отклонения от горизонтального положения на 30% в любую сторону. Приборы могут применяться в условиях повышенной влажности, если внутрь прибора подается сухой сжатый воздух с избыточным давлением 0,02 *кгс/см*^{2}.

Примеры схем внешних соединений регулятора РП1 с датчиками и нормирующими преобразователями приведены на рис. XII.34.

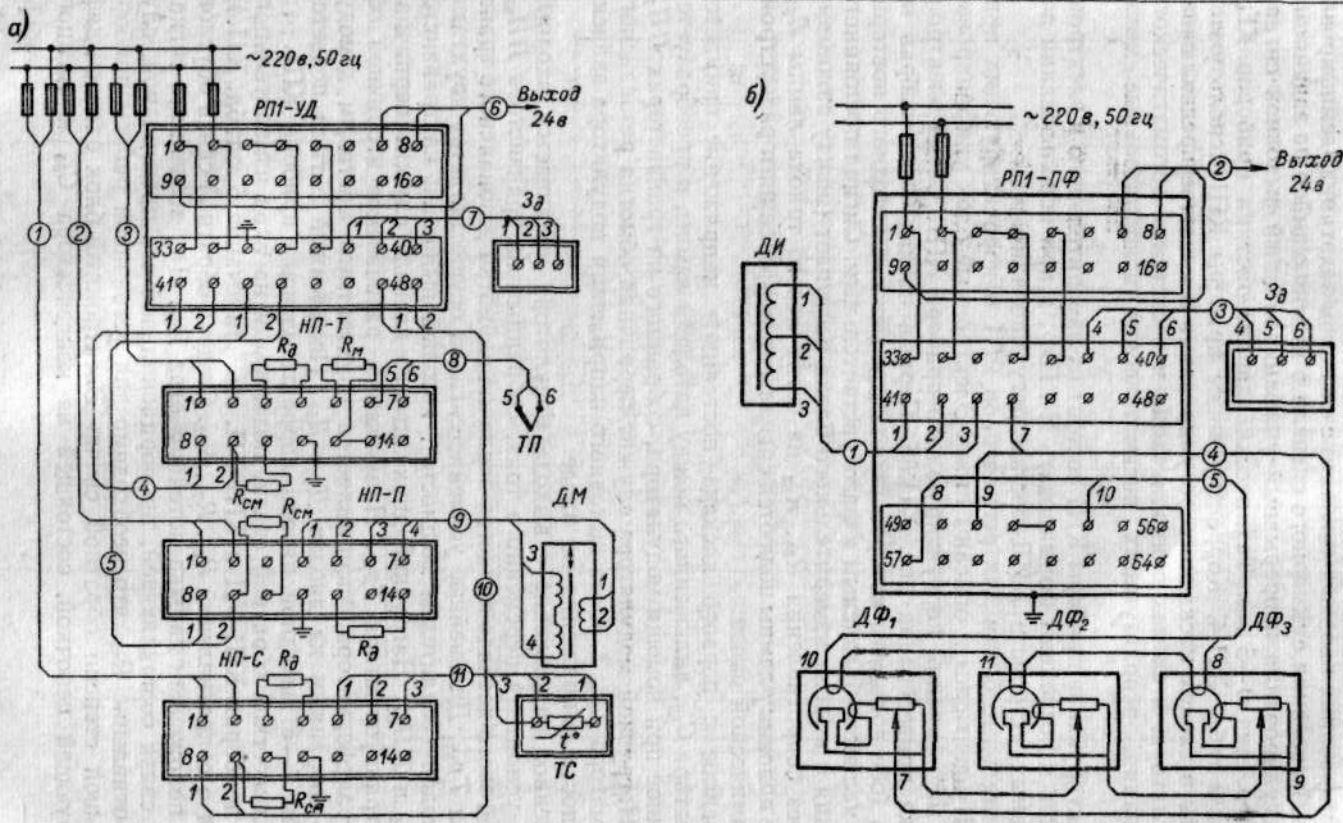


Рис. XII.34. Схемы внешних соединений регулятора РП1 с датчиками и нормирующими преобразователями: *а* — регулятора РП1-УД с нормирующими преобразователями (НП-Т, НП-П, НП-С); *б* — регулятора РП1-ПФ с индукционным и ферродинамическим датчиками (с делителем напряжения)

Зд — задатчик ЗД-50 (1000); *ДМ* — дифференциально-трансформаторный датчик; *ДИ* — индукционный датчик; $ДФ_1$—$ДФ_3$ — ферродинамические датчики

напряжения с выхода измерительного блока поступает (между зажимами *4—5*) через сопротивления R_{51}, R_{52} на сетку левого триода лампы $Л_{51}$. На эту же половину лампы подаются сигналы от дифференциатора и устройства динамической связи.

Полученное с первого каскада постоянное напряжение снимается с конденсатора C_{52}, включенного между катодами лампы, и преобразуется в переменное при помощи модулятора, собранного на транзисторах $ПП_{51}$ и $ПП_{52}$. Нагрузкой модулятора служит первичная обмотка резонансного трансформатора $Тр_{51}$ *. Фаза выходного напряжения модулятора зависит от полярности напряжения на входе.

Переменное напряжение с выхода модулятора усиливается входным каскадом усилителя переменного тока, собранным на транзисторе $ПП_{53}$. Нагрузкой этого каскада является первичная обмотка резонансного трансформатора $Тр_{52}$. Дальнейшее усиление сигнала осуществляется двухтактным каскадом (усилителем мощности), который выполнен на транзисторах $ПП_{54}$ и $ПП_{55}$. Нагрузкой двухтактного каскада служит первичная обмотка трансформатора $Тр_{53}$. Напряжение, развиваемое вторичной обмоткой трансформатора, выпрямляется двухтактным мостовым демодулятором, собранным на диодах $Д_{59}$—$Д_{66}$. Полученный сигнал подается к зажимам *7—8* выходной панели корректирующего прибора КП1.

Сигнал жесткой обратной связи, подаваемый на вход измерительного блока (в приборах КП1-УД и КП1-УП, см. примечание 5 к табл. XII.4), снимается с сопротивлений R_{69}, R_{71}, R_{72}. Степень обратной связи обусловливается положением движка потенциометра R_{69}. Для введения в сигнал обратной связи составляющей, пропорциональной его производной, служит сопротивление R_{70}, что необходимо для устойчивой работы прибора при большой степени обратной связи. Электронный блок охвачен дифференцирующей цепочкой, состоящей из конденсатора C_{60} и сменного

---

* Резонансный контур, образованный первичной обмоткой трансформатора $Тр_{51}$ и конденсатором C_{57}, увеличивает коэффициент передачи каскада и уменьшает сдвиг фазы сигнала.

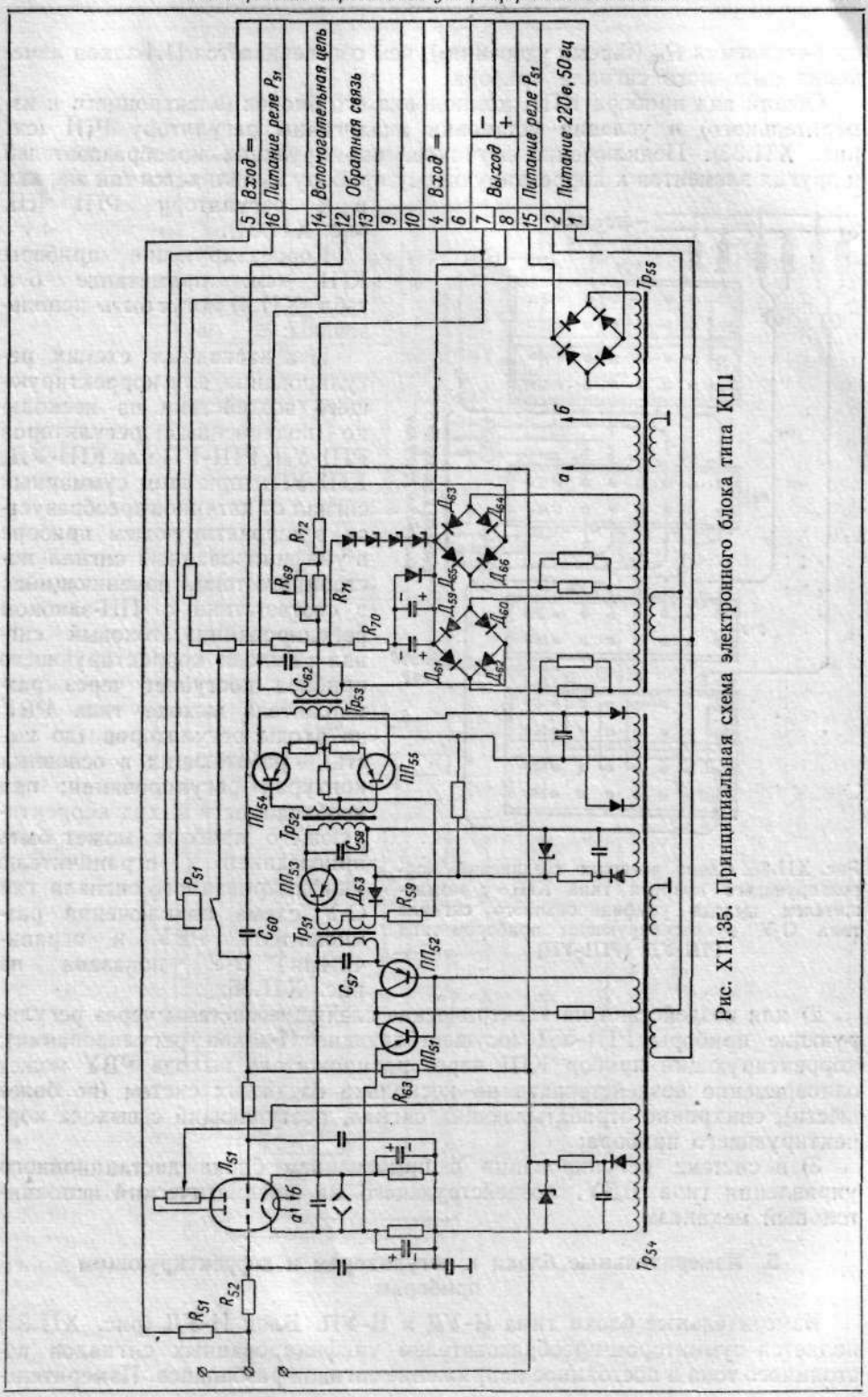


Рис. XII.35. Принципиальная схема электронного блока типа КПП

сопротивления R_{63} («время удвоения»), чем обеспечивается ПИ-закон изменения выходного сигнала прибора.

Общий вид прибора КП1, компоновка его блоков (электронного и измерительного) и условия установки аналогичны регулятору РП1 (см. рис. XII.33). Подключение датчиков, нормирующих преобразователей и других элементов к корректирующему прибору выполняется так же, как и к регулятору РП1 (см. рис. XII.34).

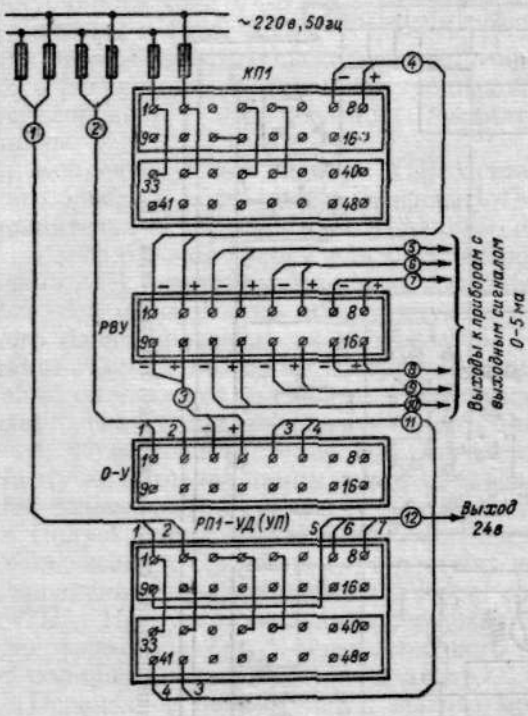


Рис. XII.36. Схема внешних соединений корректирующего прибора типа КП1 с размножителем выхода унифицированного сигнала типа О-У и регулирующим прибором типа РП1-УД (РП1-УП)

Корректирующие приборы КП1 (см. примечание 6 к табл. XII.4) могут быть использованы:

1) в каскадных схемах регулирования для корректирующего воздействия на несколько подчиненных регуляторов РП1-УД, РП1-УП или КП1-УД, КП1-УП; при этом суммарный сигнал от датчиков преобразуется в корректирующем приборе в унифицированный сигнал постоянного тока, изменяющийся в соответствии с ПИ-законом регулирования; токовый сигнал с выхода корректирующего прибора поступает через размножитель выхода типа РВУ на входы регуляторов (до шести), работающих в основных контурах регулирования; при необходимости выход корректирующего прибора может быть присоединен к ограничителю унифицированного сигнала тип О-У; схема подключения размножителя РВУ и ограничителя О-У показана на рис. XII.36;

2) для воздействия на электрические следящие системы через регулирующие приборы РП1-УД (осуществляющие П-закон регулирования); корректирующий прибор КП1 через размножитель выхода РВУ может одновременно воздействовать на несколько следящих систем (не более шести), синхронно отрабатывающих сигнал, поступающий с выхода корректирующего прибора;

3) в системе регулирования с применением блока дистанционного управления типа БДУ, воздействующего на пневматический исполнительный механизм.

5. Измерительные блоки к регуляторам и корректирующим приборам

Измерительные блоки типа И-УД и И-УП. Блок И-УД (рис. XII.37) является сумматором-преобразователем унифицированных сигналов постоянного тока в постоянное напряжение сигнала разбаланса. Измерительный

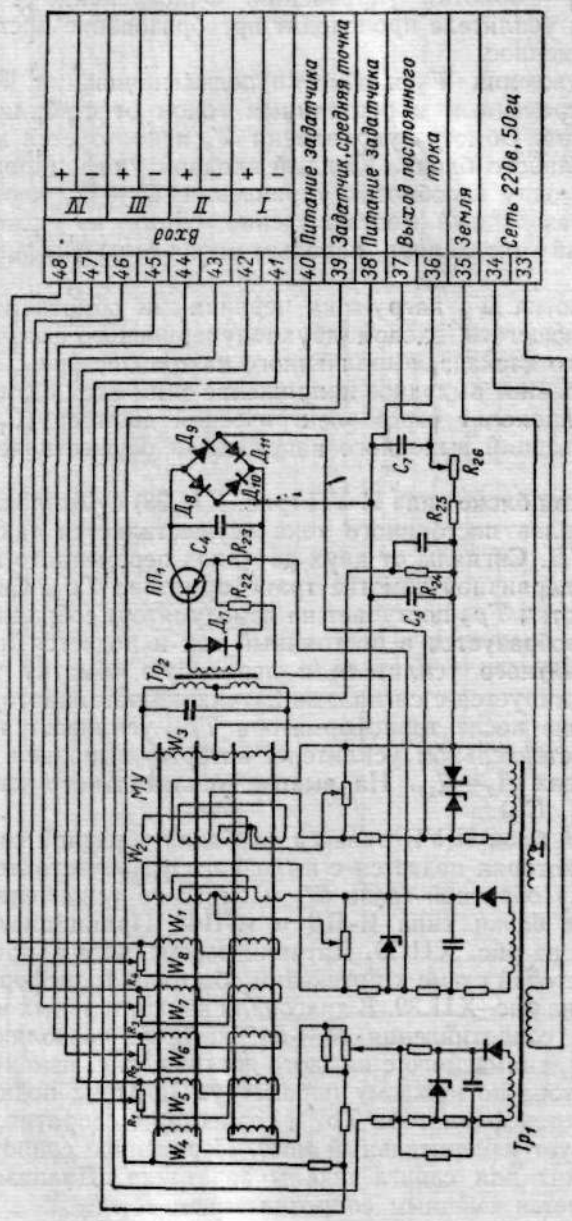


Рис. XII.37. Принципиальная схема измерительного блока типа И-УД

ный блок выполнен на магнитном усилителе *МУ* с трансформаторной связью, собранном из кольцевых магнитопроводов, на которые намотаны четыре группы обмоток: W_2 — первичные обмотки (обмотки возбуждения); W_1 — обмотки смещения (обмотки подмагничивания); W_3 — выходная обмотка; W_4—W_8 — обмотки управления. Одновременно с суммированием в магнитном усилителе происходит преобразование постоянного напряжения в переменное.

Обмотки возбуждения W_2 и обмотки подмагничивания W_1 питаются соответственно переменным и постоянным током от стабилизированных источников питания. Обмотка управления W_4 используется как цепь задатчика измерительного блока. Каждый входной унифицированный сигнал поступает на одну из обмоток управления W_5—W_8 через делитель напряжения, образованный соответственно одним из потенциометров R_1 — R_4, который определяет используемую долю унифицированного сигнала.

Выходная обмотка W_3 нагружена первичными обмотками трансформатора $Тр_2$, являющегося входом двухполупериодного фазочувствительного усилительного каскада, выполненного на транзисторе $ПП_1$ и диодах $Д_8$—$Д_{11}$. Выпрямленное выходное напряжение снимается с сопротивления нагрузки R_{24} и проходит через электрический демпфер (C_7, R_{25}, R_{26}). Сглаживание пульсаций выходного напряжения осуществляется конденсатором C_5.

В измерительном блоке типа И-УП (рис. XII.38) суммирование унифицированных сигналов постоянного тока осуществляется так же, как и в блоке типа И-УД. Сигналы от двух датчиков переменного напряжения суммируются на первичной обмотке трансформатора $Тр_2$. Сигнал суммы со вторичной обмотки $Тр_2$ поступает на демодулятор, собранный на транзисторе $ПП_2$, преобразуется в постоянный ток и подается на выходную обмотку W_3 магнитного усилителя и первичную обмотку трансформатора $Тр_1$, где суммируется с сигналами датчиков постоянного тока. Переменное напряжение после трансформатора $Тр_1$ усиливается и выпрямляется в фазочувствительном усилителе, который выполнен на транзисторе $ПП_1$ и диодах $Д_7$—$Д_{10}$. На выходе усилительного каскада стоит демпфер (R_{25}, R_{26}, C_{13}).

Измерительный блок И-УП охвачен глубокой обратной связью по постоянному току, которая подается с выходного фазочувствительного усилителя на обмотку обратной связи W_7 магнитного усилителя.

Измерительные блоки типа И-ПД и И-ПФ. Принципиальная схема блока И-ПД дана на рис. XII.39. Датчики переменного напряжения подключаются по мостовой схеме к питающим обмоткам трансформатора $Тр_1$, как это показано на рис. XII.39. В диагонали измерительных мостов включены переменные сопротивления R_6—R_9, которые позволяют изменять долю напряжения, снимаемого с каждого датчика, т. е. изменять чувствительность регулятора по каждому параметру. Задатчик подключен к отдельной обмотке трансформатора $Тр_1$ и совместно с сопротивлениями R_1, R_2, R_3, R_5 образует измерительный мост. Переменное сопротивление R_5 (корректор) служит для сдвига шкалы задатчика. Диапазон действия задатчика изменяется сменным сопротивлением R_1.

Алгебраическая сумма напряжений от датчиков и задатчика поступает на первичную обмотку трансформатора $Тр_2$, являющуюся входом однополупериодного фазочувствительного усилительного каскада, выполненного на транзисторе $ПП_1$ и диодах $Д_1$—$Д_4$. Выходное напряжение снимается с сопротивления нагрузки R_{11} и поступает на электрический

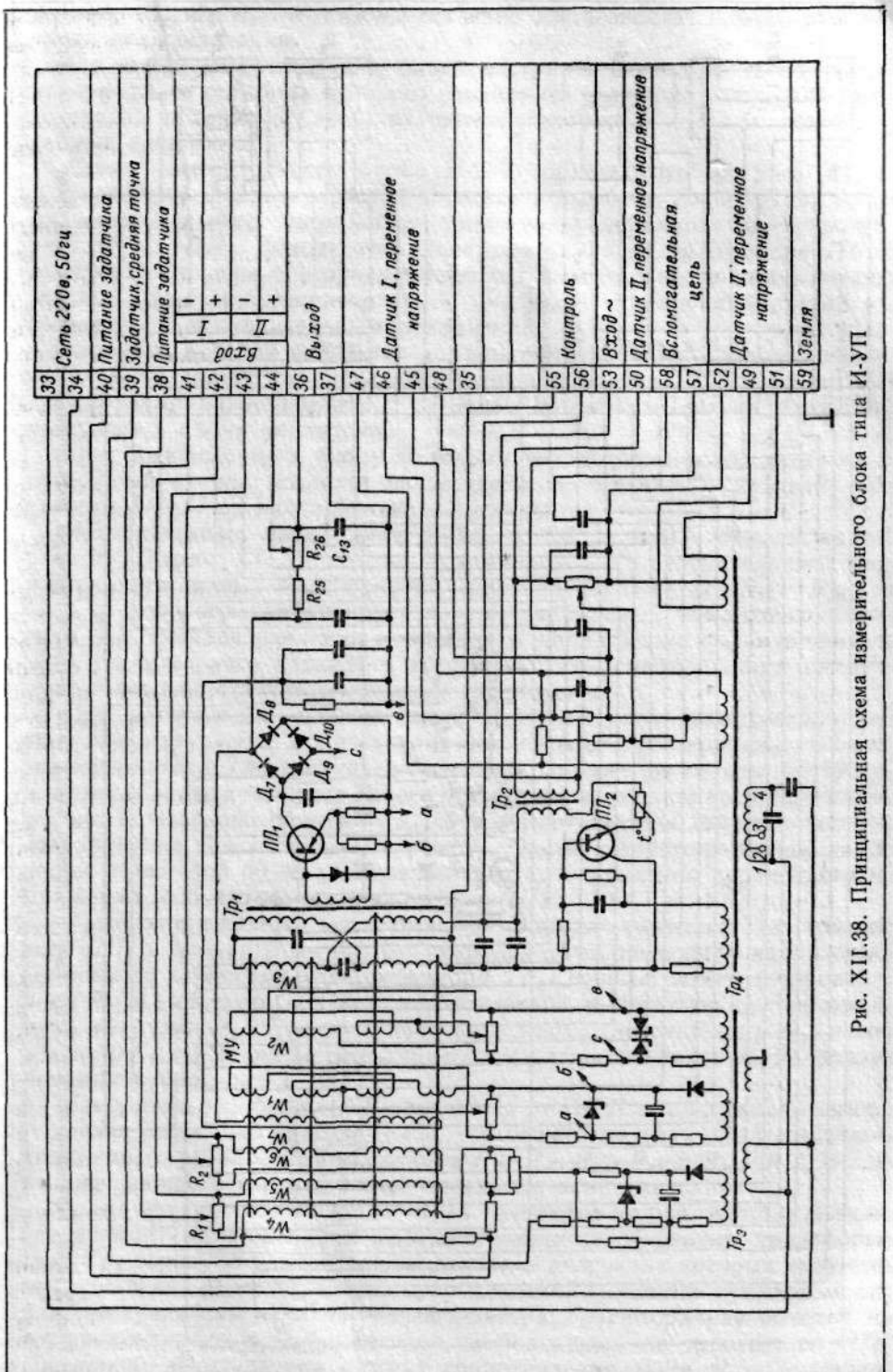


Рис. XII.38. Принципиальная схема измерительного блока типа И-УП

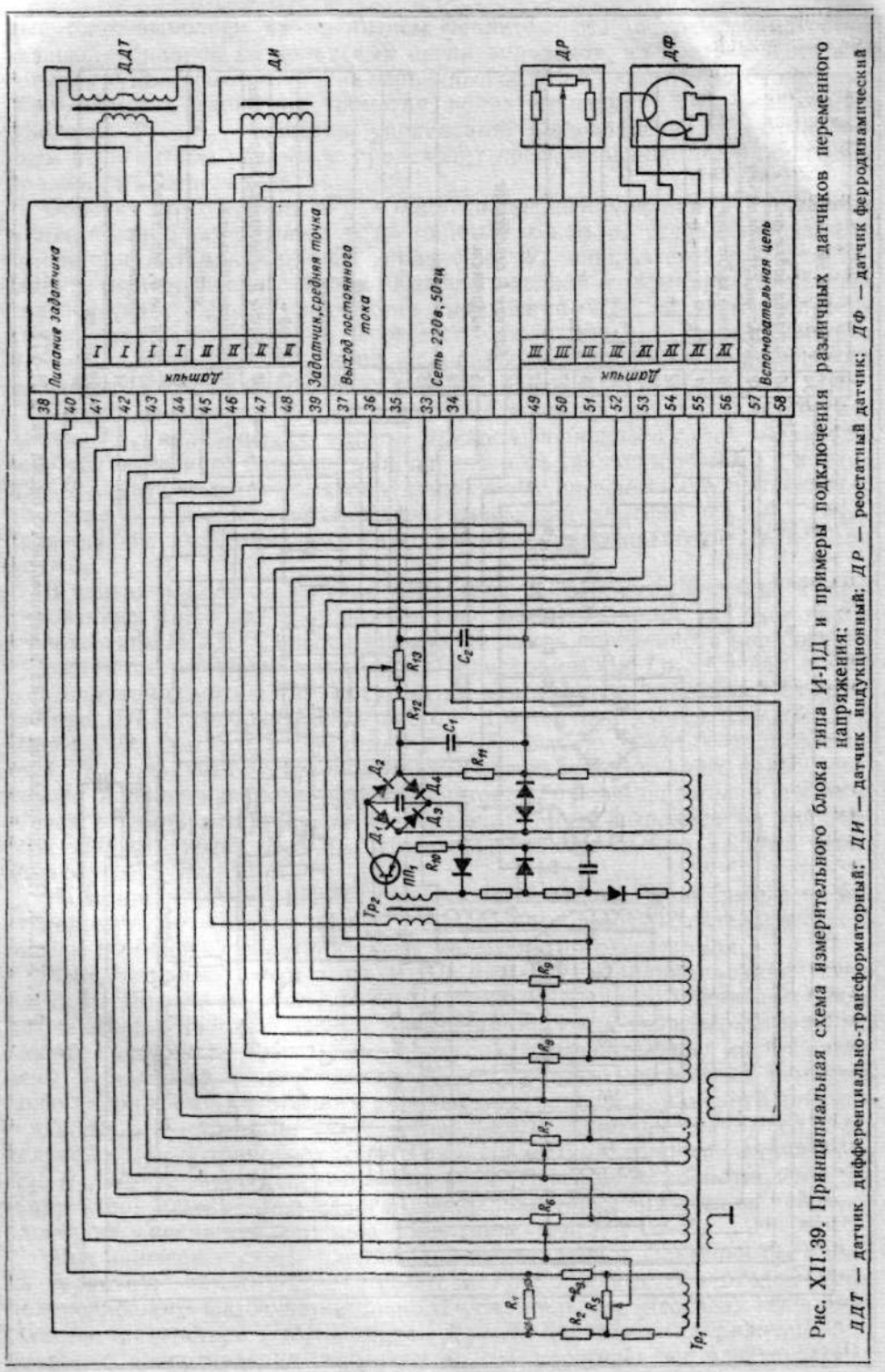


Рис. XII.39. Принципиальная схема измерительного блока типа И-ПД и примеры подключения различных датчиков переменного напряжения:

ДАТ — датчик дифференциально-трансформаторный; *ДИ* — датчик индукционный; *ДР* — реостатный датчик; *ДФ* — датчик ферродинамический

демпфер (C_1, C_2, R_{12}, R_{13}). Сопротивление R_{13} позволяет плавно изменять время демпфирования.

На выход измерительного блока поступает сигнал рассогласования, полярность и величина которого зависят от величины и фазы сигналов датчиков, положения движков потенциометров R_6—R_9 и положения движка задатчика.

Схема измерительного блока И-ПФ, приведенная на рис. XII.40, сравнительно проста и особого пояснения не требует. Блок И-ПФ состоит из измерительного устройства, усилителя, собранного на транзисторах $ПП_1$ и $ПП_2$, фазочувствительного каскада на транзисторе $ПП_3$ и демпфера. Сигналы с ферродинамических датчиков поступают в измерительный блок на потенциометры R_7, R_8, R_9. Индукционный датчик (работающий с исполнительным механизмом) включен в мостовую схему, в диагонали которой находится потенциометр R_6. На этом потенциометре выделяется напряжение сигнала индукционного датчика. Входные сигналы суммируются, сравниваются с сигналом датчика, и сигнал разбаланса поступает в схему усилителя.

При подключении к блоку до восьми ферродинамических датчиков их суммарный сигнал подается непосредственно на вход усилителя через зажимы *51—53* на входной панели прибора.

Измерительные блоки типа И-ТД, И-СД и И-ПТ. Измерительный блок И-ТД (рис. XII.41) состоит из неравновесного измерительного моста постоянного тока, образованного сопротивлениями R_5—R_{11}, $R_{эд}$, $R_м$ (э. д. с. которого компенсирует э. д. с. термопары), магнитного усилителя *МУ* каскада усиления переменного напряжения, фазочувствительного усилительного каскада и электрического демпфера. Мост питается выпрямленным стабилизированным напряжением.

При поступлении сигнала разбаланса на вход магнитного усилителя *МУ* нарушается его состояние равновесия, и на первичную обмотку трансформатора $Тр_1$ поступает выходное напряжение с частотой 100 *гц*, амплитуда и фаза которого зависят от величины и знака входного напряжения. С выходной обмотки $Тр_1$ сигнал поступает на делитель частоты, собранный на транзисторах $ПП_1$ и $ПП_2$, после которого выходное напряжение с частотой 50 *гц* усиливается каскадом усиления переменного напряжения, собранного на транзисторе $ПП_3$.

Фазочувствительный усилительный каскад выполнен на транзисторе $ПП_4$ и диодах $Д_{10}$—$Д_{13}$. Регулировка фазы питающего напряжения, снимаемого с обмотки трансформатора $Тр_2$, осуществляется сопротивлением R_{27} и емкостью C_7. Напряжение каскада, выделяемое на сопротивлениях нагрузки R_{28}, R_{29}, поступает на демпфер (потенциометр R_{32} и конденсатор C_9). Потенциометр R_{32} позволяет плавно изменять время демпфирования в пределах 1—20 *сек*.

Измерительный блок И-СД отличается от И-ТД только схемой измерительного устройства (рис. XII.42), состоящего из двух последовательно включенных уравновешенных мостов R_1, R_2, R_5—R_{10} и R_{11}—R_{17}. В одно из плеч каждого моста включен термометр сопротивления.

Схема измерительного блока И-ПТ приведена на рис. XII.43. Датчики переменного напряжения с соответствующими обмотками трансформатора $Тр_3$ образуют измерительные мосты, в диагонали которых включены сопротивления R_1 и R_3. С этих сопротивлений снимается суммарный сигнал, поступающий на вход трансформатора $Тр_1$, вторичная обмотка которого соединена с демодулятором, выполненным на транзисторе $ПП_1$. Нагрузкой демодулятора служат сопротивления R_6 и R_7. Постоянное

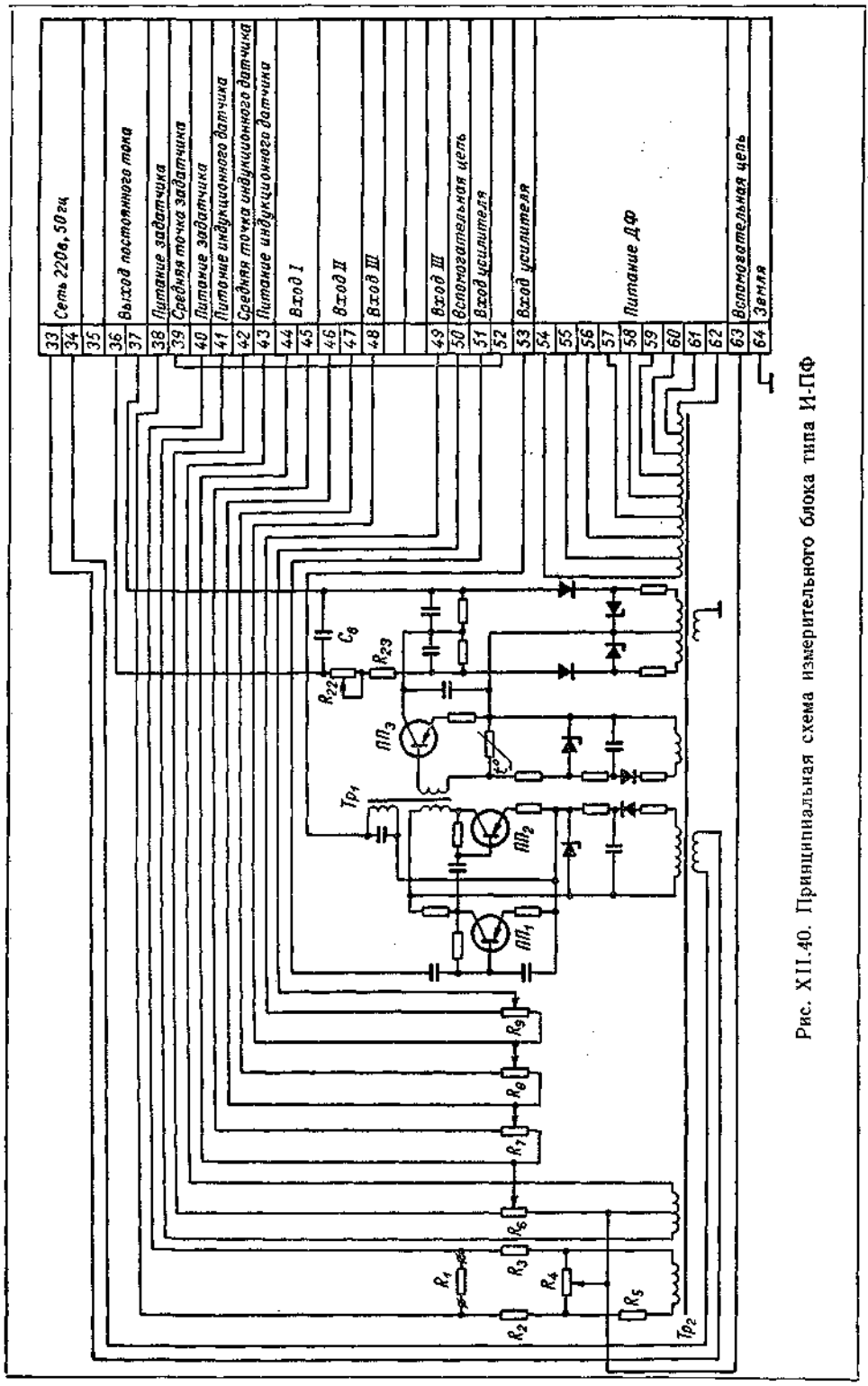


Рис. XII.40. Принципиальная схема измерительного блока типа И-ПФ

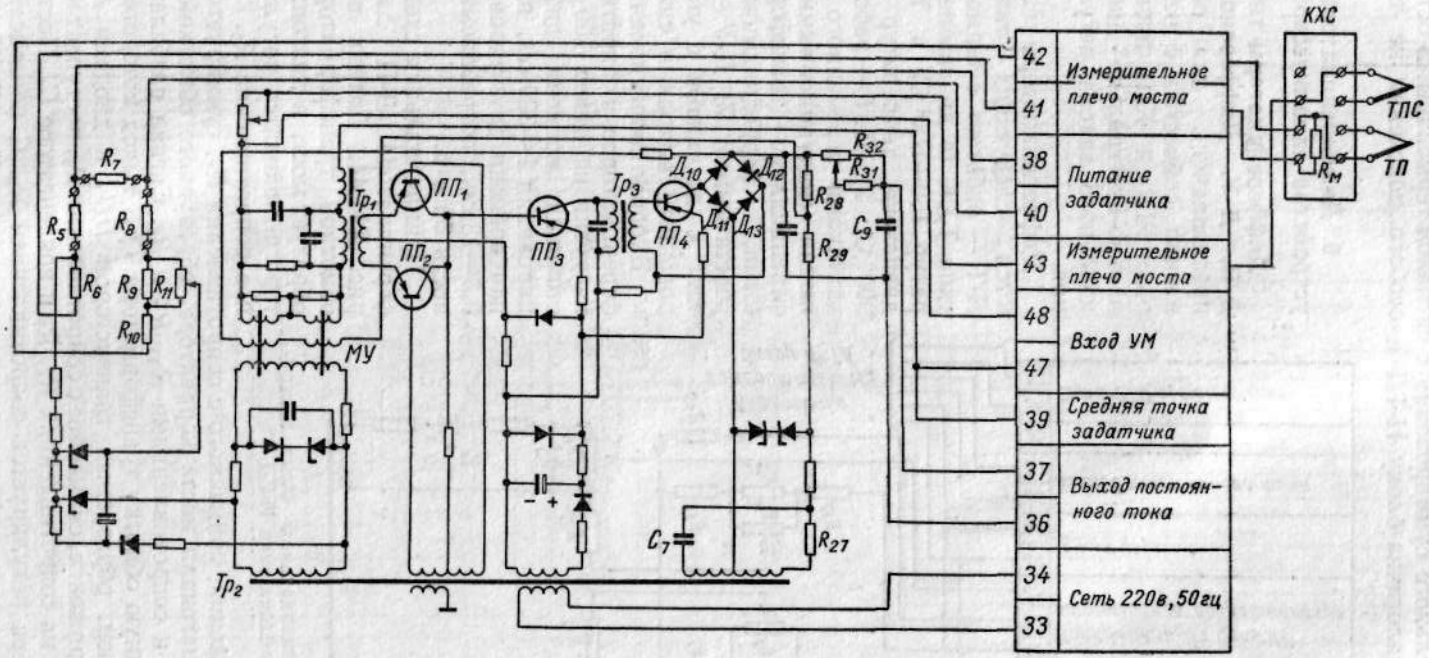


Рис. XII.41. Принципиальная схема измерительного блока типа И-ТД и вариант присоединения термопар:
ТП — термопара; *ТПС* — термопара скоростная; *КХС* — коробка холодных спаев

напряжение, выделенное на R_7, подается на вход магнитного усилителя для последовательного суммирования с сигналом термопары. В остальном схема блока аналогична блоку И-ТД и особого пояснения не требует.

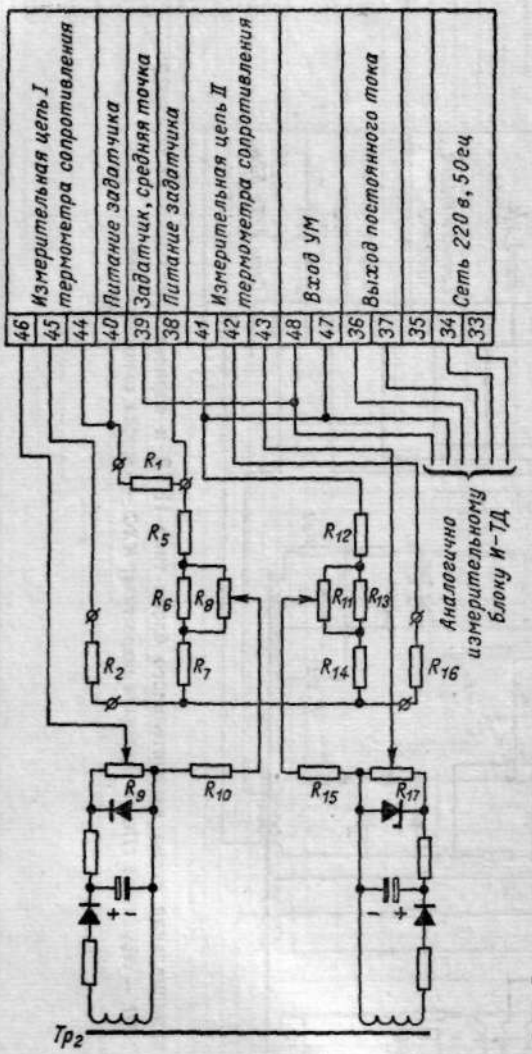


Рис. XII.42. Принципиальная схема измерительного блока типа И-СД

6. Дифференциаторы и устройства динамической связи

Дифференциаторы типа Д-Т, Д-П, Д-У. Дифференциаторы предназначены для осуществления совместно с регуляторами РП1 и КП1 пропорционально-интегрально - дифференциального закона регулирования.

Дифференциаторы выпускаются следующих типов: 1) Д-Т — работает с термопарами типа ТХК (в диапазоне температур 150—600° С) и ТХА (в диапазоне температур 300—900° С); 2) Д-П — работает с датчиками переменного напряжения (индукционными, дифференциально - трансформаторными, ферродинамическими, реостатными); 3) Д-У — работает с датчиками с унифицированным выходным сигналом.

Входное сопротивление дифференциаторов и сопротивление нагрузки не менее 100 *ом*, постоянная времени дифференцирования 1—300 *сек*, постоянная времени демпфирования от 0,3—13 *сек*, потребляемая мощность 50 *в·а*.

Принципиальная схема дифференциатора Д-П дана на рис. XII.44. Датчик вместе с обмоткой трансформатора $Тр_2$ образует мост, в диагонали которого находится регулировочное сопротивление R_7.

Доля напряжения, снимаемого с сопротивления R_7, суммируется с напряжением в диагонали моста корректора, образуемого обмоткой трансформатора $Тр_2$ и сопротивлениями R_1, R_2 и R_6. Сигнал разбаланса поступает на входную обмотку трансформатора $Тр_1$, выход которого соединен с усилителем, образуемым транзистором $ПП_1$ и диодами $Д_1$—$Д_4$. Постоянное напряжение, снимаемое с сопротивления R_9, поступает на демпфер, собранный на сопротивлениях R_4, R_5 и конденсаторе C_3. Постоянная времени демпфера регулируется сопротивлением R_5. С конденсатора C_3 напряжение подается на дифференцирующую цепочку R_{10}—C_1. Постоянная

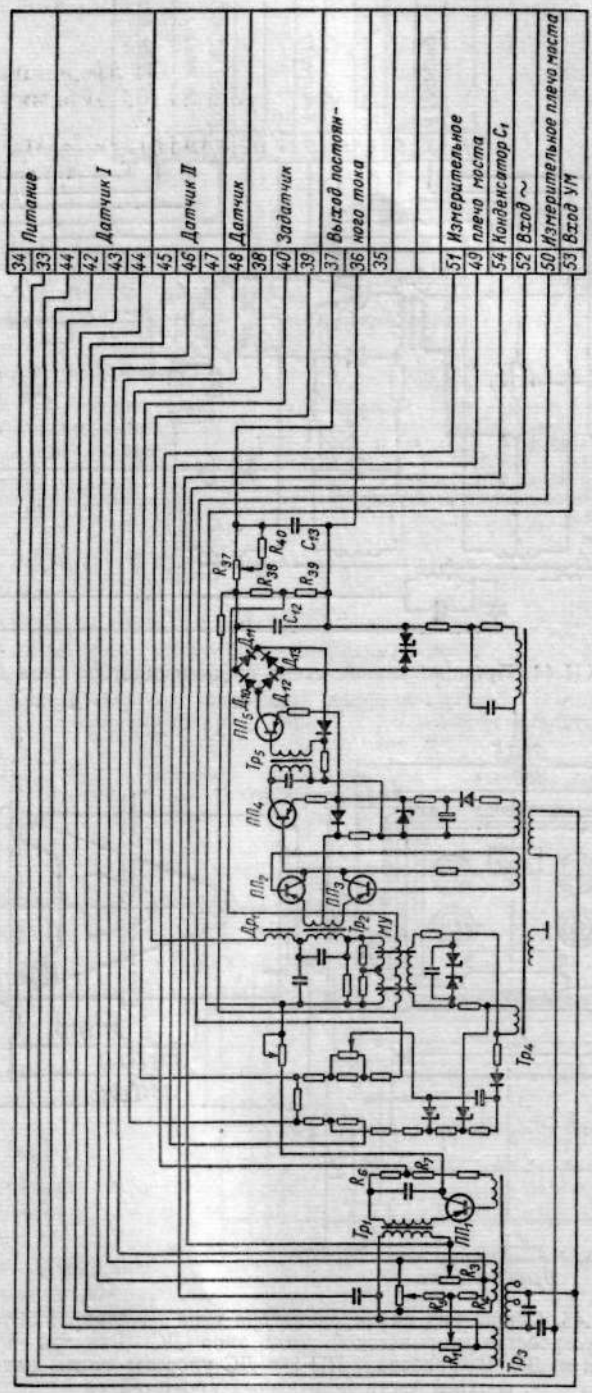


Рис. XII.43. Принципиальная схема измерительного блока типа И-ПТ

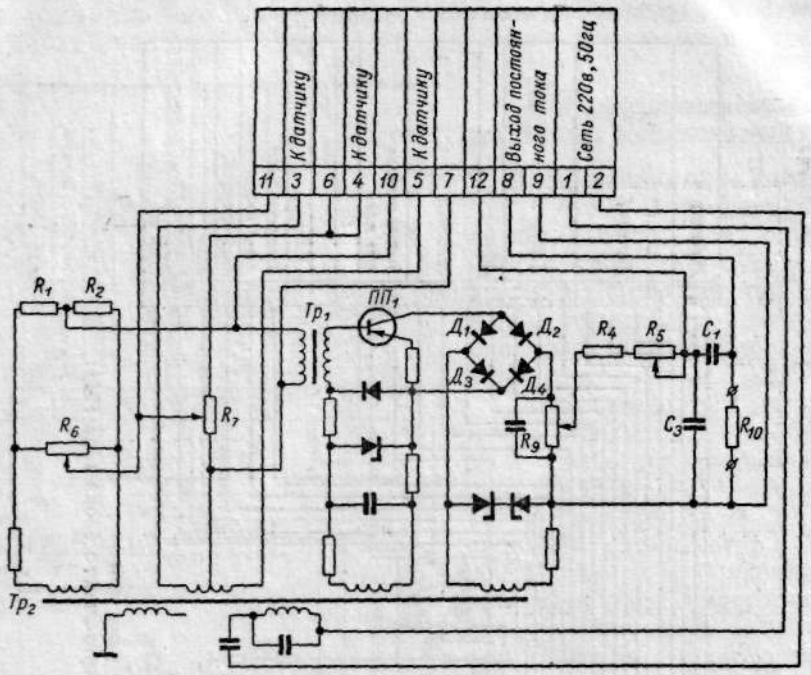


Рис. XII.44. Принципиальная схема дифференциатора типа Д-П

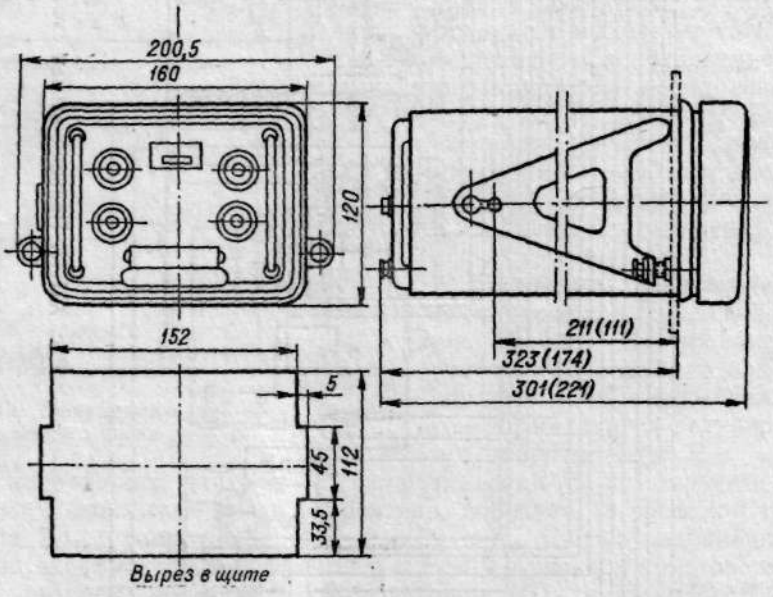


Рис. XII.45. Общий вид дифференциатора типа Д, синхронизатора типа ПП-1 и устройства динамической связи типа ДС. Размеры в скобках относятся к ДС. В приборах ПП-1 и ДС упорные винты находятся в верхней части прижимных кронштейнов

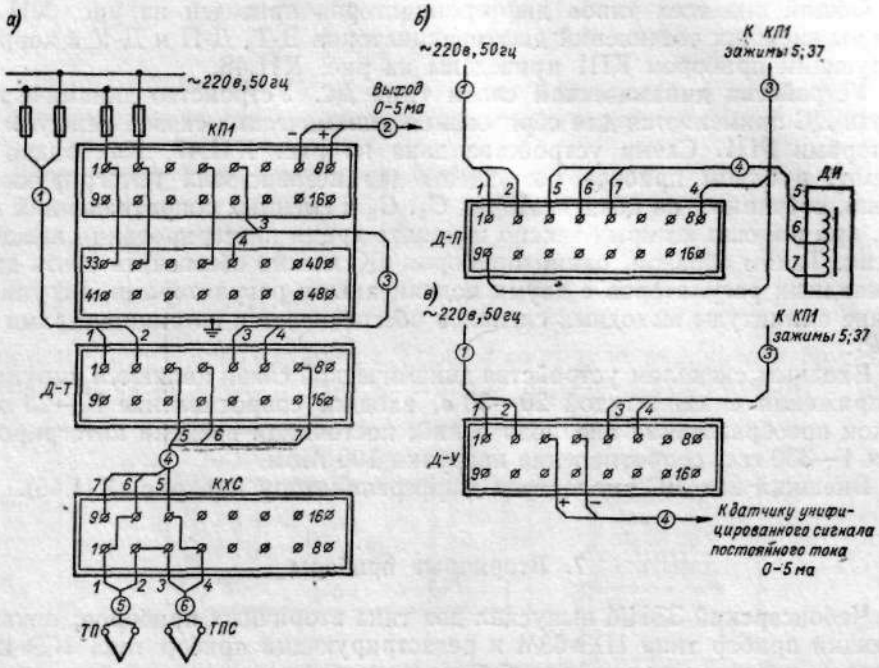


Рис. XII.46. Схемы внешних соединений дифференциаторов с корректирующим прибором КП1: *а* — дифференциатор типа Д-Т; *б* — дифференциатор типа Д-П; *в* — дифференциатор типа Д-У:

ТП — термопара; *ТПС* — термопара скоростная; *КХС* — коробка холодных спаев; *ДИ* — индукционный датчик

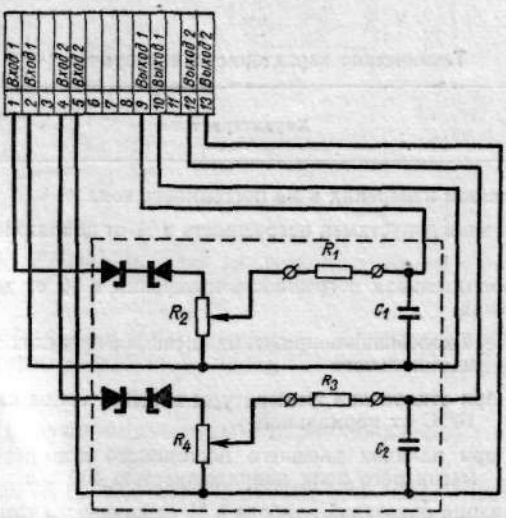


Рис. XII.47. Принципиальная схема устройства динамической связи типа ДС

времени дифференцирования, т. е. время предварения, определяется сменным сопротивлением R_{10}.

Общий вид всех типов дифференциаторов приведен на рис. XII.45. Схемы внешних соединений дифференциаторов Д-Т, Д-П и Д-У с корректирующим прибором КП1 приведены на рис. XII.46.

Устройства динамической связи типа ДС. Устройство динамической связи ДС применяется для образования динамических связей между регуляторами РП1. Схема устройства дана на рис. XII.47. Как видно из схемы, в одном приборе размещены два независимых интегрирующих звена, собранных на конденсаторах C_1, C_2 и сменных сопротивлениях R_1, R_3, при помощи которых можно изменять время интегрирования каждого звена. Таким образом, одним прибором ДС можно обеспечить связь двух командных регуляторов с двумя подчиненными регуляторами. Регулирование амплитуды выходных сигналов обеспечивается потенциометрами R_2 и R_4.

Входным сигналом устройства динамической связи являются импульсы напряжения с амплитудой 20—30 *в*, входное сопротивление 10—25 *ком*, закон преобразования апериодический, постоянная времени интегрирования 1—330 *сек*, сопротивление нагрузки 100 *Ом*.

Внешний вид ДС аналогичен дифференциатору (см. рис. XII.45).

7. Вторичные приборы

Чебоксарский ЗЭИМ выпускал два типа вторичных приборов: показывающий прибор типа 1ПЭ-63М и регистрирующий прибор типа 1СЭ-42А, которые предназначались для работы в комплекте с первичной аппаратурой системы ЭАУС-У. В настоящее время эти приборы модернизируются.

Технические характеристики приборов приведены в табл. XII.5. Показывающий прибор выполнен на базе стандартного магнитоэлектрического прибора. Вторичный малогабаритный регистрирующий прибор (рис. XII.48) предназначен для непрерывной записи одного регулируемого

Таблица XII.5

Технические характеристики вторичных приборов системы ЭАУС-У

Характеристика	1ПЭ-63М	1СЭ-42А
Диапазон измерения в *ма* постоянного тока	0—5	0—5
Основная допустимая погрешность в % от диапазона измерения	±1,0	±1,0
Дополнительная погрешность измерения в % от диапазона измерения:		
при колебании напряжения питания в пределах ±10% от номинального	±0,5	±0,5
при отклонении температуры внешней среды на каждые 10° С от нормальной	±0,5	±0,5
при наличии внешнего постоянного или переменного магнитного поля напряженностью 400 *а/м*	±1,0	±0,5
Вариация показаний прибора в % от диапазона измерения	±1,0	±1,0
Порог чувствительности в % от диапазона измерения	0,1	0,1

Продолжение табл. XII.5

Характеристика	1ПЭ-63М	1ПЭ-42А
Входное сопротивление в *ом*	—	90±0,5
Время перемещения пера при скачкообразном изменении входного сигнала 0—5 *ма* в *сек*	—	0,25
Время успокоения подвижной части прибора в *сек*	—	2
Длина диаграммной ленты в *м*	—	15
Скорость движения ленточной диаграммы в *мм/ч*	—	20; 40; 60; 120
Потребляемая мощность в *в·а*	—	20

или контролируемого параметра. Прибор состоит из механоэлектрического преобразователя Э-2ДМ, узла механизма пера и лентопротяжного механизма. Шкалы приборов профильные, безразмерные. Длина шкалы регистрирующего прибора и ширина рабочей части ленточной диаграммы 100 *мм*.

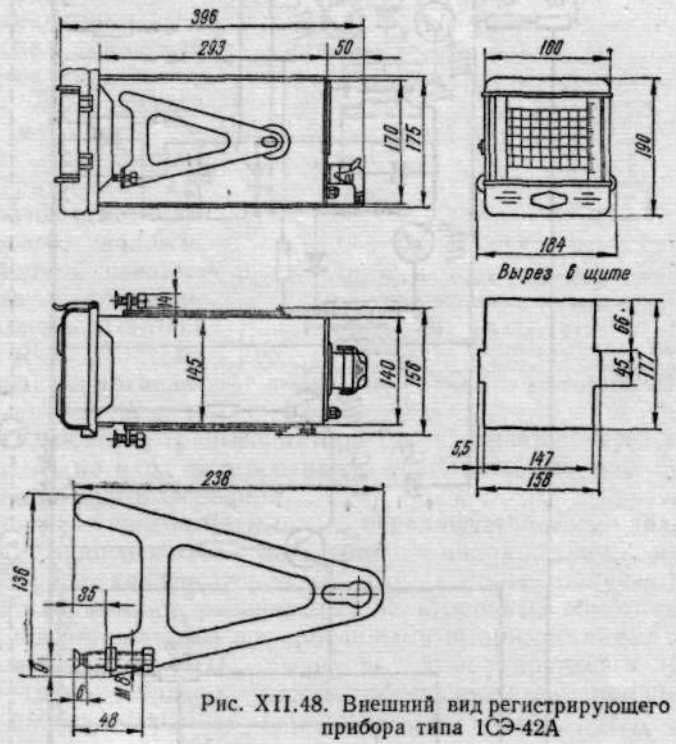


Рис. XII.48. Внешний вид регистрирующего прибора типа 1СЭ-42А

8. Синхронизатор (полупроводниковый переключатель) типа ПП-1

Синхронизатор ПП-1 (рис. XII.49) предназначен для бесконтактного переключения исполнительных цепей регулятора РП1 по разности сигналов, поступающих от двух датчиков положения $ДИ_1$ и $ДИ_2$ исполнительных механизмов, для обеспечения идентичности их хода. Синхронизатор

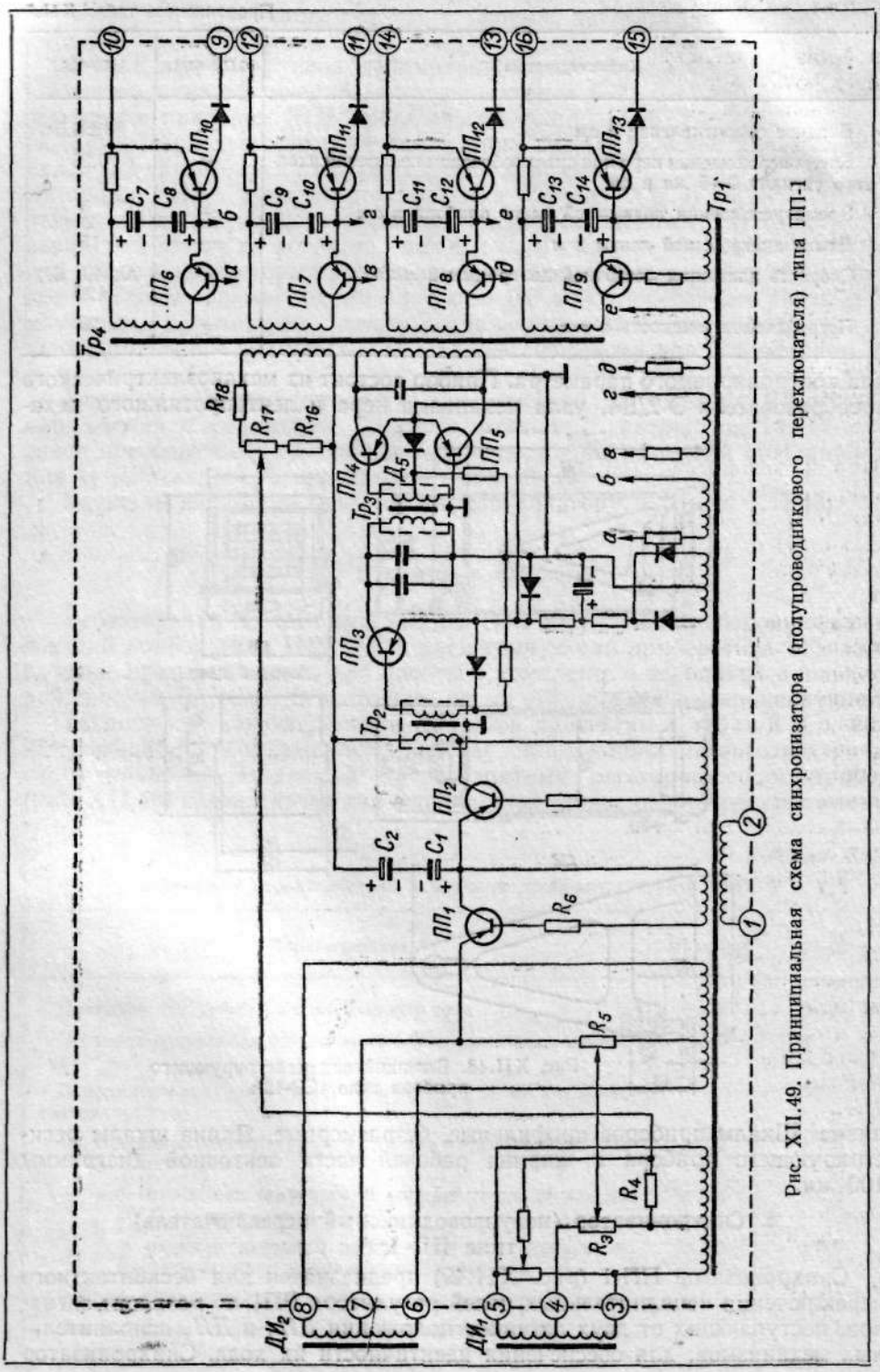


Рис. XII.49. Принципиальная схема синхронизатора (полупроводникового переключателя) типа ПП-1

состоит из измерительного устройства, фазированного выпрямителя — модулятора, усилителя, устройства положительной обратной связи, устройства управления бесконтактными переключателями, бесконтактных переключателей.

Каждый датчик совместно с соответствующей обмоткой трансформатора $Тр_1$ образует мост переменного тока, в диагональ которого включены потенциометры R_3 или R_5. Напряжение рассогласования, снимаемое с этих потенциометров и пропорциональное углу рассогласования исполнительных механизмов, предварительно выпрямляется транзистором $ПП_1$ и модулируется транзистором $ПП_2$, нагрузкой которого является первичная обмотка входного трансформатора $Тр_2$.

Со вторичной обмотки трансформатора $Тр_2$ напряжение подается на первый каскад усилительного устройства, собранного на транзисторе $ПП_3$. Второй каскад усилителя выполнен на транзисторах $ПП_4$ и $ПП_5$. Между каскадами находится согласующий трансформатор $Тр_3$. Триггерный характер работы усилителя обеспечивается положительной обратной связью. Напряжение обратной связи снимается с потенциометра R_{17} делителя (образуемого сопротивлениями R_{16}, R_{17}, R_{18} и включенного в обмотку трансформатора $Тр_4$) и подается через сопротивления R_3, R_4, R_5 на вход фазированного усилителя, где оно суммируется с напряжением рассогласования.

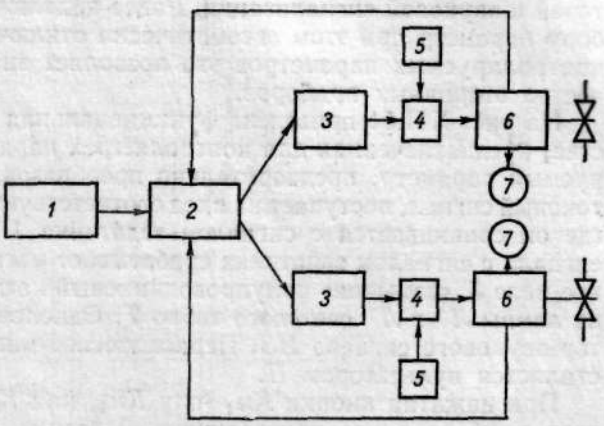


Рис. XII.50. Блок-схема следящей системы двух исполнительных механизмов:

1 — регистрирующий прибор РП1; *2* — синхронизатор ПП-1; *3* — магнитный усилитель; *4* — ключ управления; *5* — переключатель управления; *6* — электрический исполнительный механизм; *7* — указатель положения ДУП

Управление бесконтактными переключателями — транзисторами $ПП_{10}$—$ПП_{13}$ производится постоянным напряжением, развиваемым на каждой паре конденсаторов C_7—C_{14}, которое получается за счет переменных напряжений, развиваемых на вторичных обмотках трансформатора $Тр_4$ и выпрямляемых фазированными выпрямителями, собранными на транзисторах $ПП_6$—$ПП_9$. Фазировка коммутирующего напряжения подобрана таким образом, чтобы обеспечивалась попарно-противоположная работа выходных переключателей $ПП_{10}$, $ПП_{13}$ или $ПП_{11}$, $ПП_{12}$.

Блок-схема следящей системы двух исполнительных механизмов дана на рис. XII.50.

Синхронизатор ПП-1 имеет коммутируемое напряжение (постоянное, однополярное) 30 *в*; коммутируемый ток не более 150 *ма*.

Неуправляемый ток через переключатель в разомкнутом состоянии не более 1 *ма*, напряжение питания датчика $12 \pm 0{,}5$ *в*, потребляемая мощность 10 *в·а*.

Общий вид синхронизатора показан на рис. XII.45.

9. Сигнализирующее устройство типа С-У

Сигнализирующее устройство С-У предназначено для световой и звуковой сигнализации по достижении каждым из контролируемых параметров заданного максимального или минимального значений. Возможна также сигнализация об отклонении контролируемого параметра от заданного значения в ту или другую сторону. Сигнализирующее устройство позволяет осуществить контроль параметров «по вызову». При этом один вторичный прибор используется для нескольких параметров, каждый из которых подключается ко вторичному прибору только при появлении световой и звуковой сигнализации. Ранее подключенный ко вторичному прибору параметр при этом автоматически отключается. При большом числе контролируемых параметров это позволяет значительно сократить количество вторичных приборов.

На рис. XII.51 приведена функциональная схема сигнального устройства, предназначенная для контроля трех параметров. Каждый контролируемый параметр, предварительно преобразованный в унифицированный токовый сигнал, поступает на вход соответствующего сигнализатора типа С, где он сравнивается с сигналом задатчика *1*. При совпадении входного сигнала с сигналом задатчика срабатывает магнитный триггер *2* и магнитное реле *3*, «замыкая» полупроводниковый ключ *4*, подающий напряжение на лампы *Л″* и *Л‴* светового табло *Т*. Одновременно срабатывает индикатор звукового сигнала *ИЗ*. Периодическое мигание (разрыв цепи) осуществляется пульсатором *П*.

При нажатии кнопки $Кн_1$ (или $Кн_2$, или $Кн_3$) отключается от вторичного прибора ранее присоединенный датчик, а при отпускании кнопки к прибору подключается датчик соответствующего параметра. Кроме того, при отпускании кнопки *Кн* загорается лампа *Л′*, а лампы *Л″* и *Л‴* переходят на ровное свечение. Когда контролируемый параметр приходит в норму, лампы выключаются, но параметр остается подключенным ко вторичному прибору. Действие остальных элементов схемы видно из рис. XII.51.

Принципиальная схема сигнализатора типа С и один из возможных вариантов его соединения с другими элементами сигнального устройства приведены на рис. XII.52. Внешний вид сигнализатора аналогичен показанным на рис. XII.45.

Приведенная на рис. XII.52, *б* схема применяется в случае, если на один вторичный прибор может подключаться до 20 параметров. При большем числе параметров увеличивается количество пульсаторов и звуковых индикаторов, так как последние рассчитаны только на 20 контролируемых точек.

Если требуется контроль максимального и минимального значений параметра, применяются 2 сигнализатора.

Технические характеристики сигнализирующего устройства: входное сопротивление сигнализатора не более 200 *ом*; диапазон срабатывания уставок 0,1—5 *ма*; диапазон изменения зоны возврата не более 0,025 *ма* и не менее 0,1 *ма*; основная погрешность сигнализатора не более 1,5% (сверх погрешности прибора и датчика); уход уставки при допустимых колебаниях температуры и напряжении питания, при воздействии внешнего магнитного поля и вибрации мест крепления — не более 0,05 *ма* (для каждого фактора в отдельности). Мощность, потребляемая сигнализатором, 30 *в·а*, пульсатором — 7,5 *в·а*, звуковым индикатором — 7,5 *в·а*.

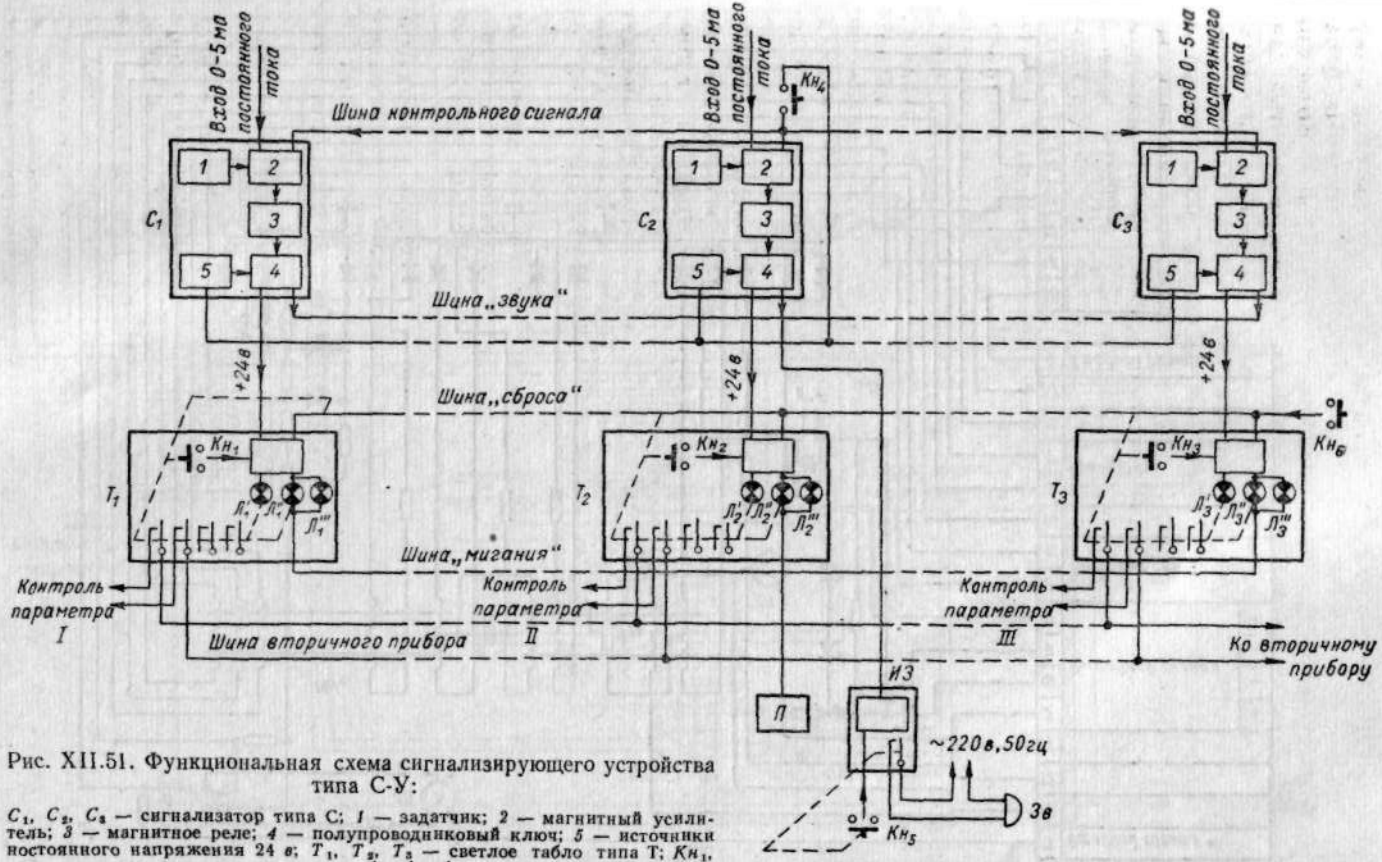
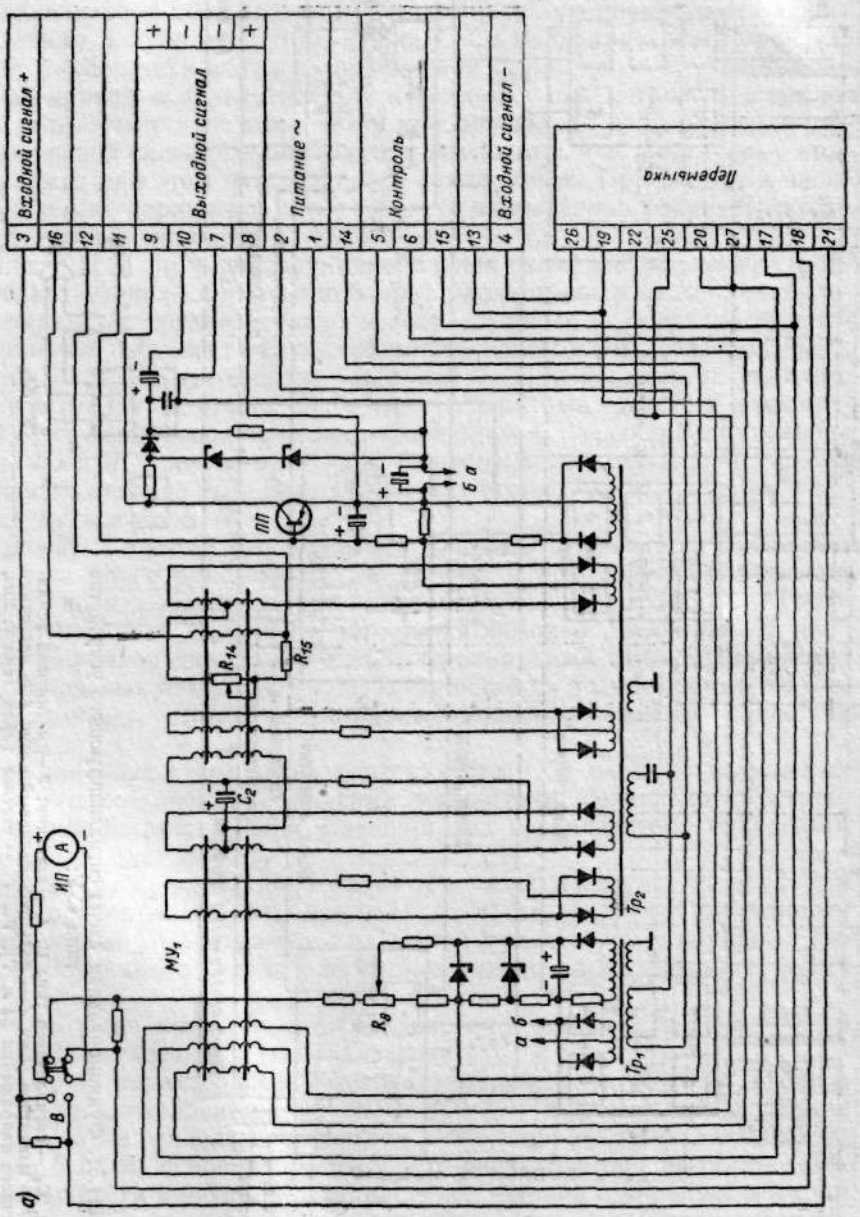


Рис. XII.51. Функциональная схема сигнализирующего устройства типа С-У:

C_1, C_2, C_3 — сигнализатор типа С; *1* — задатчик; *2* — магнитный усилитель; *3* — магнитное реле; *4* — полупроводниковый ключ; *5* — источники постоянного напряжения 24 *в*; T_1, T_2, T_3 — светлое табло типа Т; $Кн_1$, $Кн_2$, $Кн_3$ — кнопки световых табло; $Л_1$, $Л_2$, $Л_3$ — лампы световых табло, сигнализирующие о подключении контролирующих параметров ко вторичному прибору; $Л_1''$, $Л_2''$, $Л_3''$ — $Л_1'''$, $Л_2'''$, $Л_3'''$ — лампы, освещающие транспаранты соответствующих табло; *П* — пульсатор; *ИЗ* — звуковой индикатор; $Кн_4$ — кнопки проверки системы сигнализации; $Кн_5$ — кнопка «снятия» звука; $Кн_6$ — кнопка для отключения параметров от вторичного прибора


Входной сигнал +
Выходной сигнал
Питание ~
Контроль
Входной сигнал −
Перемычка
3
16
12
11
9
10
7
8
2
1
14
5
6
15
13
4
26
19
22
25
20
27
17
18
21
ПП
б а
R14
R15
C2
МУ1
ИП
А
В
R8
а б
Тр1
Тр2
а)

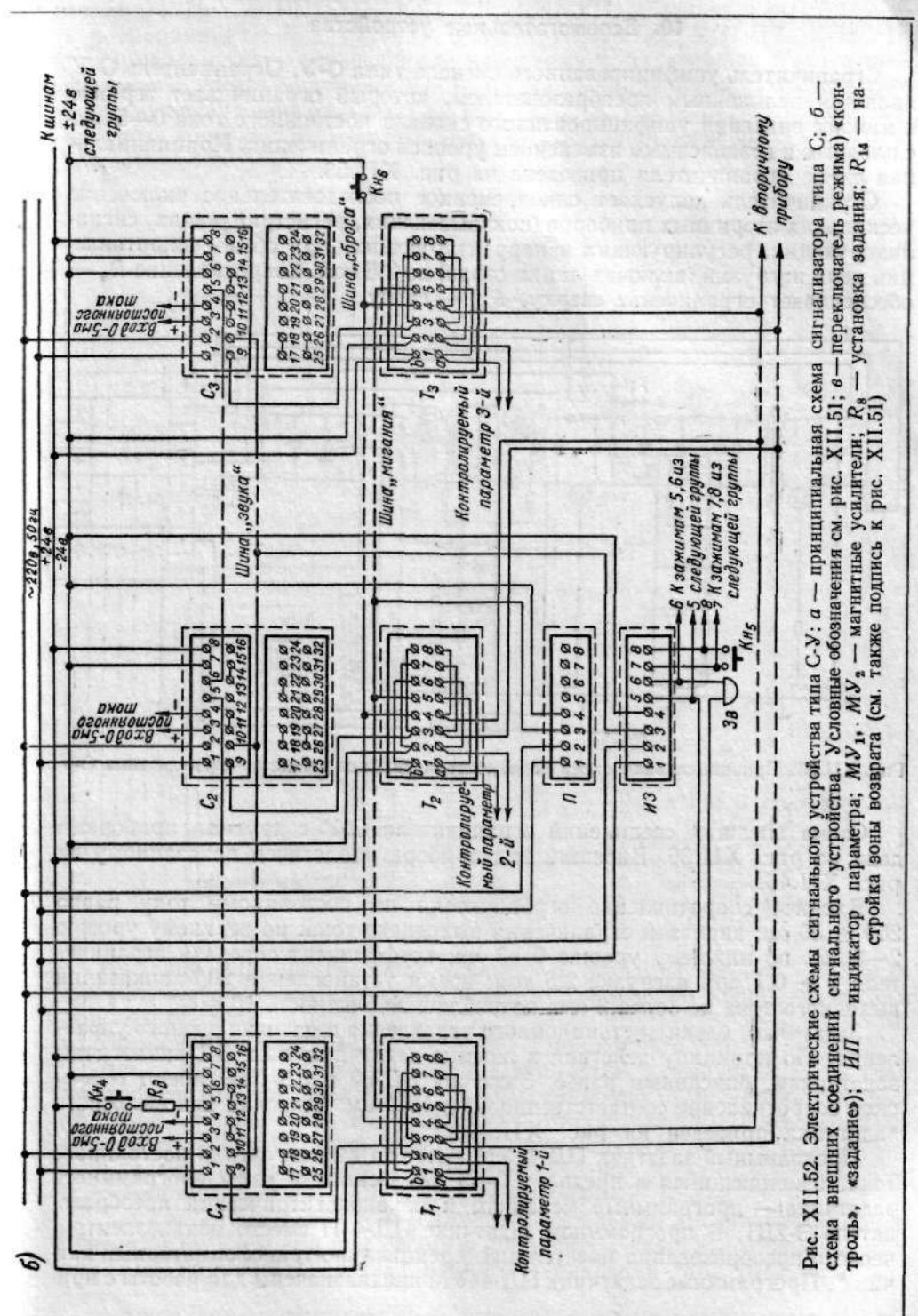


Рис. XII.52. Электрические схемы сигнального устройства типа С-У: *а* — принципиальная схема сигнализатора типа С; *б* — схема внешних соединений сигнального устройства. Условные обозначения см. рис. XII.51; *в* — переключатель режима) «контроль», «задание»); *ИП* — индикатор параметра; $МУ_1$, $МУ_2$ — магнитные усилители; R_8 — установка задания; R_{14} — настройка зоны возврата (см. также подпись к рис. XII.51)

10. Вспомогательные устройства

Ограничитель унифицированного сигнала типа О-У. Ограничитель О-У является нелинейным преобразователем, который ограничивает верхнее и нижнее значения унифицированного сигнала постоянного тока 0—5 *ма*, с плавным и независимым изменением уровней ограничения. Принципиальная схема ограничителя приведена на рис. XII.53.

Ограничитель допускает одновременное последовательное включение нескольких вторичных приборов (показывающих, регистрирующих, сигнализирующих, регулирующих и корректирующих) при общем сопротивлении цепи нагрузки (включая линии связи) до 2,5 *ком*. Сопротивление R_5 — обеспечивает ограничение сверху, R_{13} — снизу.

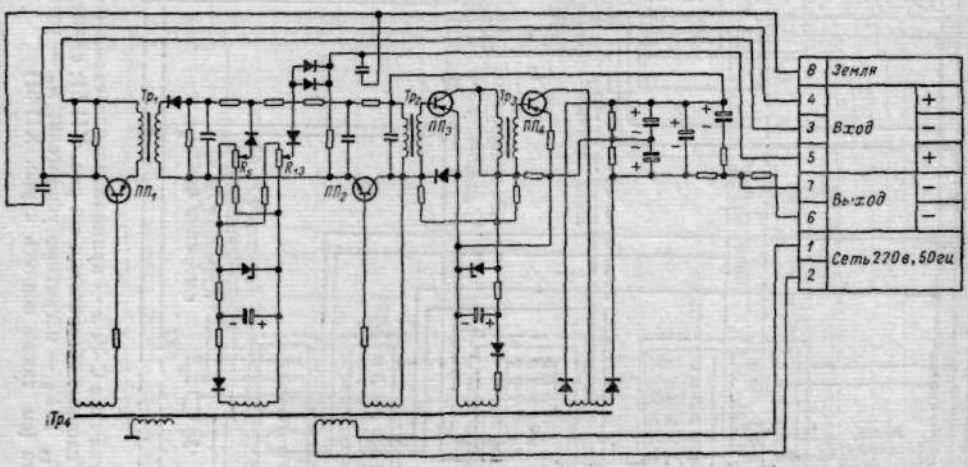


Рис. XII.53. Принципиальная схема ограничителя унифицированного сигнала типа О-У

Схема внешних соединений ограничителя О-У с другими приборами дана на рис. XII.36. Внешний вид прибора аналогичен показанному на рис. XII.45.

Входное сопротивление ограничителя по постоянному току равно 250 ± 50 *ом*; диапазон ограничения выходного тока: по верхнему уровню 2—6 *ма*, по нижнему уровню 0—3 *ма*; коэффициент передачи ограничителя 1 ± 0,1 при нагрузке 2,5 *ком*; время установления 90% показаний выходного тока не более 2 *сек*; потребляемая мощность 10 *в·а*.

Задатчики, блоки дистанционного управления и датчики ручного управления. По принципу действия выносные задатчики типа ЗД аналогичны задатчикам, описанным ранее. Задатчик ЗД-50 и ЗД-1000 имеют омическое сопротивление соответственно 50 и 1000 *ом*. Внешний вид выносного задатчика приведен на рис. XII.54,*а*.

Программный задатчик ПД-44УМ имеет на выходе сигнал постоянного тока, изменяющийся в пределах 0—5 *ма*. Основные узлы программного задатчика — программный механизм и механоэлектрический преобразователь Э-2Д1. В программном задатчике ПД-44П вместо механоэлектрического преобразования имеется дифференциально-трансформаторный датчик *. Программные задатчики ПД-44УМ предназначены для работы с при-

* Программный задатчик типа ПД-44П находится в стадии освоения.

борами РП1-УД, РП1-УП, КП1-УД, КП1-УП, а задатчики ПД-44П — с приборами РП1-ПД, РП1-ПТ, РП1-УП, КП1-ПД, КП1-ПТ, КП1-УП.

Приводим технические данные программных задатчиков. Радиус программного диска: максимальный — 65 *мм*, минимальный — 15 *мм*; скорость вращения программного диска — 1; 2; 3; 100 об/сутки; максимальный угол подъема программного диска 67°; основная погрешность преобразования ±1%.

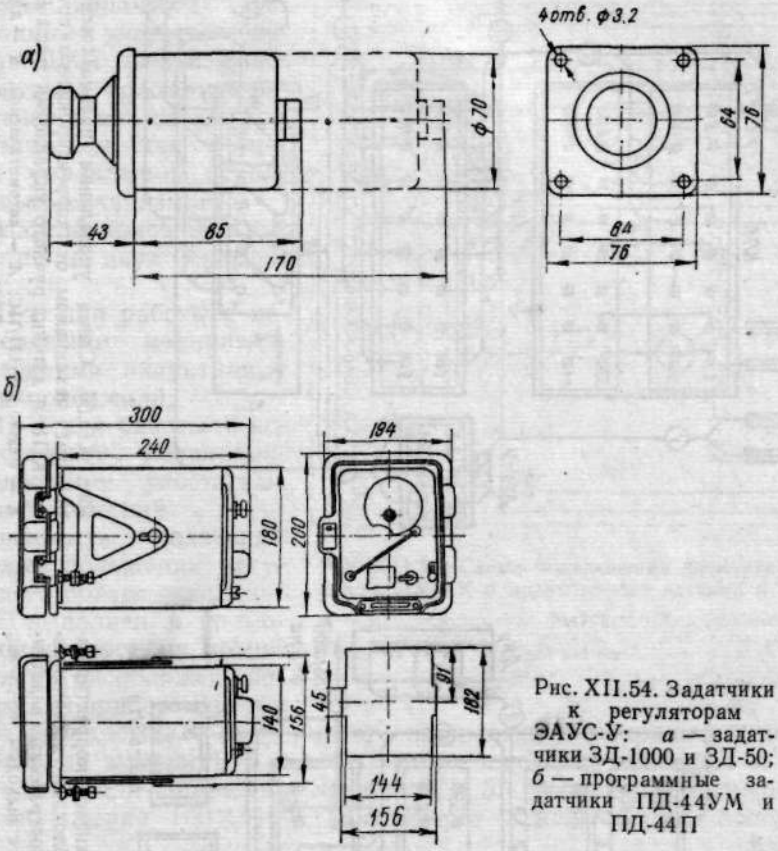


Рис. XII.54. Задатчики к регуляторам ЭАУС-У: *а* — задатчики ЗД-1000 и ЗД-50; *б* — программные задатчики ПД-44УМ и ПД-44П

Внешний вид программных задатчиков приведен на рис. XII.54,*б*. На рис. XII.55 приведена схема внешних соединений корректирующего прибора КП1-УП с программным задатчиком ПД-44УМ, двумя показывающими приборами 1ПЭ-63М и блоком дистанционного управления БДУ-3.

Блоки дистанционного управления типа БДУ * (выпускаются в трех модификациях) предназначены для дистанционного управления исполнительным механизмом, переключения с дистанционного управления на автоматическое и обратно, ручной уставки задания, переключения ручного задания на программное и обратно. Входной сигнал блока БДУ 0—5 *ма* постоянного тока. Потребляемая мощность — 15 *в·а*.

Для дистанционного управления исполнительным механизмом или подчиненным регулятором при работе в комплекте с корректирующим прибором КП1 применяется датчик ручного управления типа ДРУ-У.

* Блоки дистанционного управления типа БДУ находятся в стадии освоения.

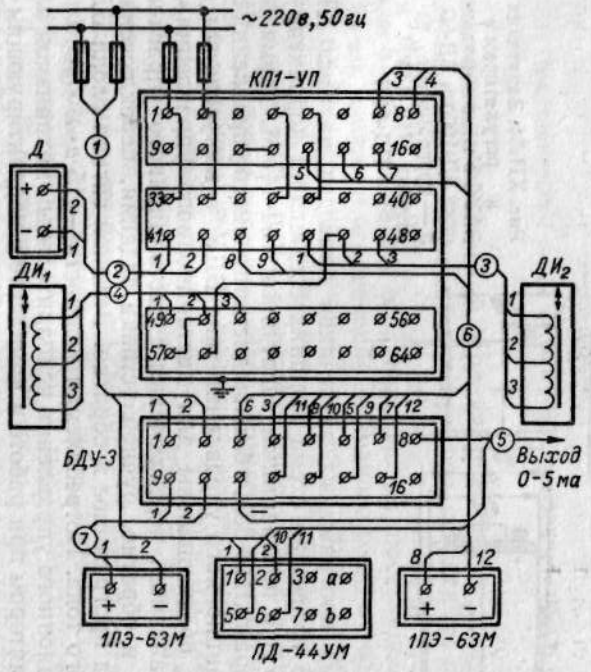


Рис. XII.55. Схема внешних соединений корректирующего прибора типа КП1-УП с блоками дистанционного управления типа БДУ-3 и программным задатчиком типа ПД-44УМ: *Д* — датчик с выходом 0—5 *ма*; $ДИ_1$, $ДИ_2$ — индукционные датчики

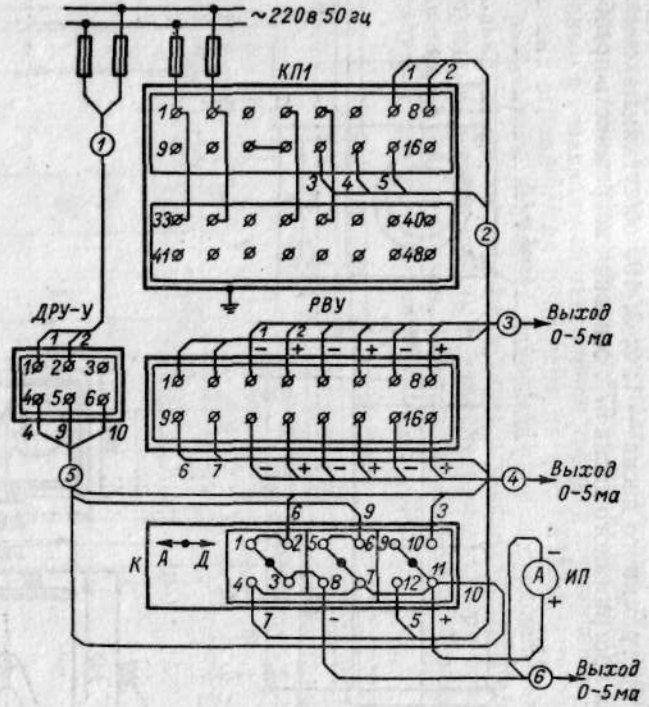


Рис. XII.56. Схема управления пневматическим исполнительным механизмом от корректирующего прибора типа КП1 и датчика ручного управления типа ДРУ-У:
К — ключ КФ-111/ПС; *А* — автоматическое; *Д* — дистанционное; *РВУ* — размножитель выхода

Датчик ДРУ-У обеспечивает ручную установку унифицированного сигнала постоянного тока 0—5 *ма*. Потребляемая мощность — 10 *в·а*. Схема внешних соединений корректирующего прибора КП1 и датчика ручного управления ДРУ-У для управления пневматическим исполнительным механизмом показана на рис. XII.56.

Дистанционные указатели положения типа ДУП. Дистанционный указатель положения ДУП предназначен для контроля положения регулирующего органа как при автоматическом, так и при ручном управлении исполнительным механизмом.

Указатели положения выпускаются в двух модификациях:

ДУП-Б для работы с исполнительными механизмами, имеющими индуктивные датчики положений;

ДУП-К для работы с исполнительными механизмами, имеющими реостатные датчики положений.

Зависимость показаний прибора от положения регулирующего органа линейная.

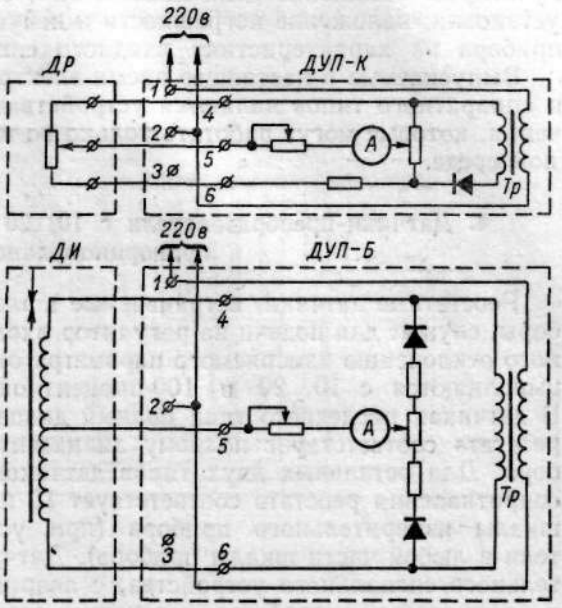


Рис. XII.57. Схема подключения реостатного датчика к ДУП-К и индуктивного датчика к ДУП-Б:

А — микроамперметр М4208.5; *Тр* — трансформатор; *ДР* — реостатный датчик; *ДИ* — индукционный датчик

ДУП выполнен в прямоугольном корпусе, на крышке которого расположен показывающий прибор. Внутри корпуса расположен трансформатор, понижающий напряжение до 24 *в*. Потребляемая мощность 5 *в·а*. Схемы подключения датчиков к указателям положения приведены на рис. XII.57. Габаритные размеры указателя положения 100×116×118 *м*. Вырез в панели щита под прибор 80×92 *мм*.

§ 3. ЭЛЕКТРОННЫЕ РЕГУЛЯТОРЫ ПРИБОРНЫЕ И АППАРАТНЫЕ

Электронные регуляторы приборного типа получают входные сигналы по значению регулируемых параметров от специальных вторичных датчиков-преобразователей, встроенных в соответствующие измерительные приборы. Основной особенностью регуляторов аппаратного типа является получение этих сигналов непосредственно от первичных датчиков. При этом не исключается возможность сочетания этих регуляторов с вторичными датчиками *.

* Заводы-изготовители называют вторичные датчики реостатами-задатчиками, так как один из ползунков реостата служит для установки заданного значения регулируемого параметра.

Преимущество регуляторов приборного типа заключается в том, что для них не требуется установка отдельных датчиков и прокладка специальных соединительных линий, а используются датчики и соединительные линии соответствующих измерительных приборов. Недостатки этих регуляторов: удлинение цепи воздействия, снижающее надежность работы установки; наложение погрешности и нечувствительности измерительного прибора на характеристику входного сигнала.

Выпускаемые в настоящее время электронные регуляторы приборного и аппаратного типов являются устройствами общепромышленного назначения, которые могут работать только во взрывобезопасной и неагрессивной среде.

1. Датчики-преобразователи с 10, 20 и 100-процентной зоной пропорциональности

Реостатные датчики, встраиваемые в электронные измерительные приборы, служат для подачи на регулятор входного сигнала, пропорционального отклонению измеряемого параметра от заданного значения. Датчики выполняются с 10, 20 и 100-процентной зоной пропорциональности. В датчиках последнего типа полный диапазон изменения сопротивления реостата соответствует полному диапазону шкалы измерительного прибора. Для остальных двух типов датчиков полный диапазон изменения сопротивления реостата соответствует 10 или 20-процентному диапазону шкалы измерительного прибора (при установке датчика-преобразователя в любой части шкалы прибора). Датчики выпускаются без дополнительного сигнального устройства, с аварийным сигнальным устройством и с сигнальным устройством, имеющим регулируемую зону сигнализации.

Датчики со 100-процентной зоной пропорциональности. Датчик-преобразователь является реостатом, который имеет одну рабочую шину с намотанной спиралью, две токосъемные шины и два ползунка. Полное сопротивление реостата-датчика может быть 120—500 *ом*. Схема датчика приведена на рис. XII.58. Один ползунок реостата связан с рукояткой и стрелкой задатчика, которые вынесены на лицевую сторону измерительного прибора. Второй ползунок реостата связан с ползунком реохорда (или с осью кулачков у приборов дифференциально-трансформаторной системы) и показывающей стрелкой прибора. Если регулируемый параметр равен заданному значению, ползунки реостата-датчика находятся друг против друга. При этом сопротивление рабочей спирали датчика между двумя ползунками не должно превышать $\pm 1\%$ от полного сопротивления реостата, при совпадении стрелок с точностью $\pm 0{,}5\%$ от предела измерения прибора. При изменении величины регулируемого параметра перемещается ползунок реохорда прибора и связанный с ним второй ползунок реостата-датчика. Вследствие этого на вход регулирующего устройства поступает сигнал разбаланса, пропорциональный отклонению регулируемого параметра от заданного значения.

Все узлы датчика крепятся на откидном кронштейне электронного измерительного прибора. Ползунки реостата-датчика имеют разную конструкцию, что обусловлено спецификой их работы. Ползунок, связанный с движком реохорда, все время перемещается и вследствие этого имеет катящийся контактный ролик. Второй ползунок, перемещающийся редко (только при установке задания), имеет скользящий контакт. Порог чувствительности датчика вместе с прибором не должен превышать 0,2% от предела измерения прибора.

Датчики с 10 и 20-процентной зоной пропорциональности. Реостат датчика состоит из рабочей и токосъемных шин с контактом. Полное сопротивление реостата 120 ± 10 *ом*, схема его приведена на рис. XII.58. Основание реостата механически связано со стрелкой и рукояткой задатчика и поворачивается при их перемещении. Ползунок реостата жестко связан с ползунком реохорда измерительного прибора *. При равенстве

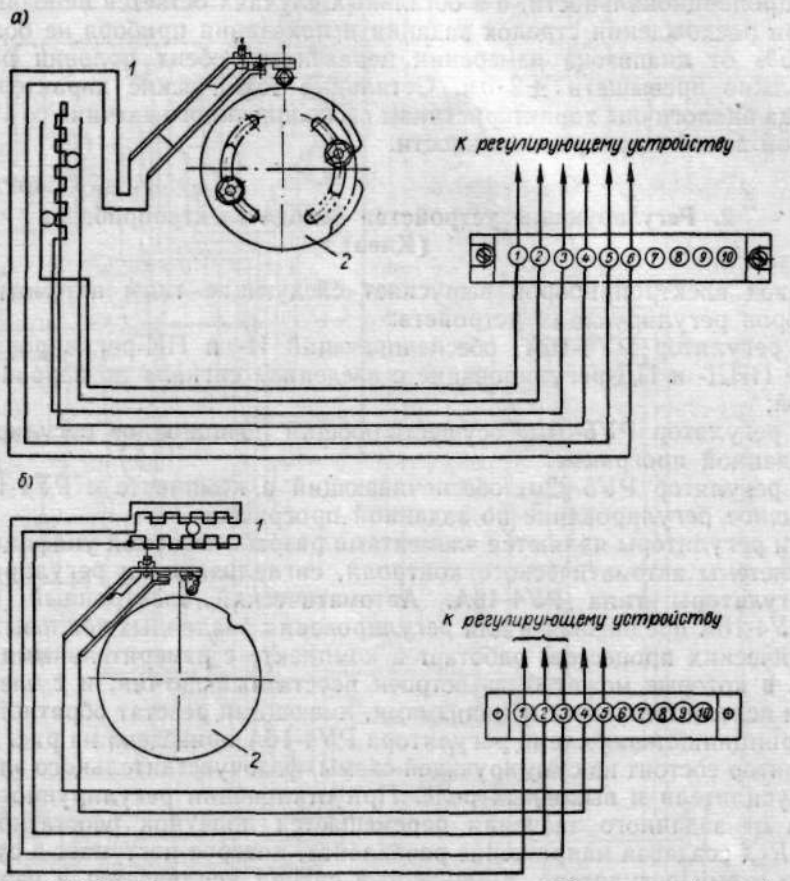


Рис. XII.58. Схема реостатного датчика: *а* — со 100-процентной зоной пропорциональности и сигнализации, имеющим регулируемую зону сигнализации; *б* — с 10, 20-процентной зоной пропорциональности и аварийным сигнальным устройством:
1 — датчик; *2* — сигнальное устройство

регулируемого параметра заданному значению ползунок реостата-датчика занимает на нем среднее положение. При изменении регулируемого параметра перемещается ползунок реохорда измерительного прибора и связанный с ним ползунок реостата-датчика. Это вызывает нарушение равновесия электрической схемы регулятора и сигнал разбаланса поступает на управляющее устройство.

Величина перемещения ползунка реостата-датчика пропорциональна величине отклонения регулируемого параметра от заданного значения.

* У приборов дифференциально-трансформаторной системы ползунок реохорда жестко связан с осью кулачков.

По величине зоны пропорциональности, т. е. по величине изменения регулируемого параметра, вызывающей полное перемещение ползунка реостата-датчика, различаются 10 и 20-процентные задатчики (для чего измерительные приборы поставляются с двумя профилированными дисками с 10 и 20-процентной зоной пропорциональности). Ползунок реостата-датчика перемещается только при изменении регулируемого параметра в пределах зоны пропорциональности, а в остальных случаях остается неподвижным.

При расхождении стрелок задания и показания прибора не более чем на 0,5% от диапазона измерения неравенство обеих половин реостата не должно превышать ± 2 *ом*. Остальные технические характеристики датчика аналогичны характеристикам вышеописанного датчика со 100-процентной зоной пропорциональности.

2. Регулирующие устройства Завода электроприборов (Киев)

Завод электроприборов выпускает следующие типы автоматических приборов регулирующих устройств:

1) регулятор РУ4-16А, обеспечивающий И- и ПИ-регулирование, а также ПИД- и ПД-регулирование с введением сигнала по первой производной;

2) регулятор РУ5-01м, осуществляющий позиционное регулирование по заданной программе;

3) регулятор РУ5-02м, обеспечивающий в комплекте с РУ4-16А непрерывное регулирование по заданной программе.

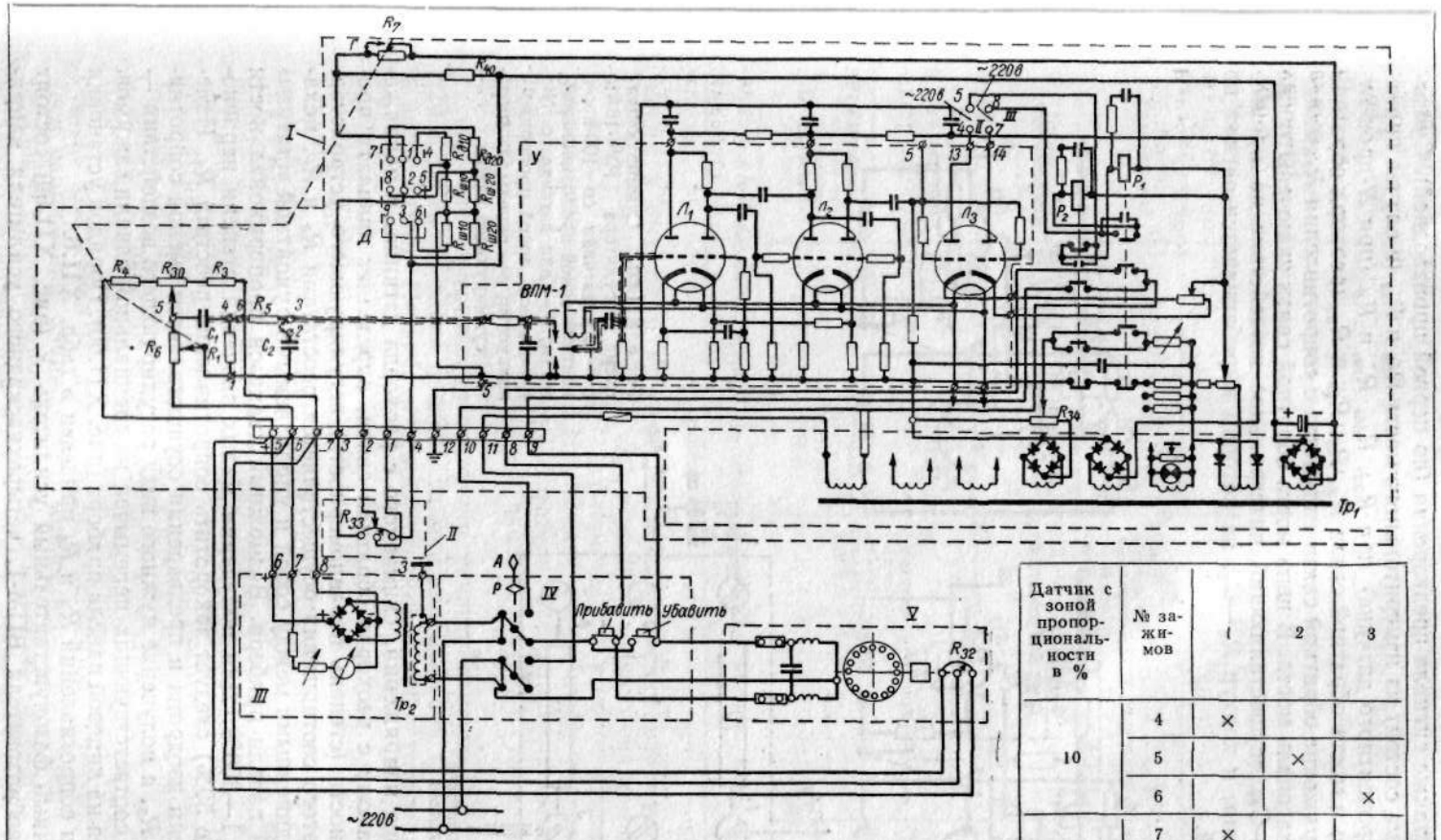
Эти регуляторы являются элементами разрабатываемой унифицированной системы автоматического контроля, сигнализации и регулирования.

Регуляторы типа РУ4-16А. Автоматический электронный регулятор РУ4-16А предназначен для регулирования различных тепловых и технологических процессов, работает в комплекте с измерительными приборами, в которые может быть встроен реостатный датчик, и с электрическими исполнительными механизмами, имеющими реостат обратной связи.

Принципиальная схема регулятора РУ4-16А приведена на рис. XII.59. Регулятор состоит из суммирующей схемы, фазочувствительного электронного усилителя и выходных реле. При отклонении регулируемого параметра от заданного значения перемещается ползунок реостатного датчика $R_{зз}$, создавая напряжение разбаланса, которое поступает в суммирующую схему регулятора. Полученный сигнал усиливается и через одно из выходных реле приводит в действие исполнительный механизм.

Схема предусматривает возможность сочетания регулятора с реостатными датчиками, имеющими различную величину омического сопротивления. Завод выпускает регуляторы, настроенные на сочетание с датчиками омического сопротивления 300 *ом*, имеющими 100-процентную зону пропорциональности. Кроме того, при включении в измерительную схему шунтирующих сопротивлений $R_ш$ и добавочного сопротивления $R_д$ регулятор может работать с датчиками омического сопротивления 120 *ом*, имеющими 10 и 20-процентную зону пропорциональности. Для включения этих сопротивлений в приборе предусмотрена специальная контактная панель *Д*, которую следует скоммутировать в соответствии с указаниями, приведенными в табл. к рис. XII.59.

При отклонении регулируемого параметра от заданного значения сигнал разбаланса поступает в суммирующую схему, которая осуществляет выработку и суммирование пропорционального и интегрального



Датчик с зоной пропорциональности в %	№ зажимов	1	2	3
10	4	×		
	5		×	
	6			×
20	7	×		
	8		×	
	9			×
100	1		×	

Рис. XII.59. Принципиальная схема автоматического электронного регулятора РУ4-16А (для 100-процентного датчика):

I — регулятор; *II* — измерительный прибор; *III* — указатель положения; *IV* — пульт управления; *V* — исполнительный механизм; *А* — автоматическое, *Р* — ручное управление

сигналов, а также сигнала предварения (по первой производной). Суммирующая схема состоит из измерительного моста R_{33} и R_{40} (в случае применения 100-процентного датчика) при R_{33}, R_{40}, $R_ш$ и $R_д$ (при N-процентном датчике) и моста обратной связи R_3, R_4, R_{30} и R_{32} (реохорд обратной связи). Напряжение обратной связи снимается с сопротивления R_6, включенного в диагональ моста. В цепь моста обратной связи включены также контур R_1—C_1, осуществляющий интегральное воздействие на процесс регулирования, и контур R_5—C_2, на котором вырабатывается сигнал по производной.

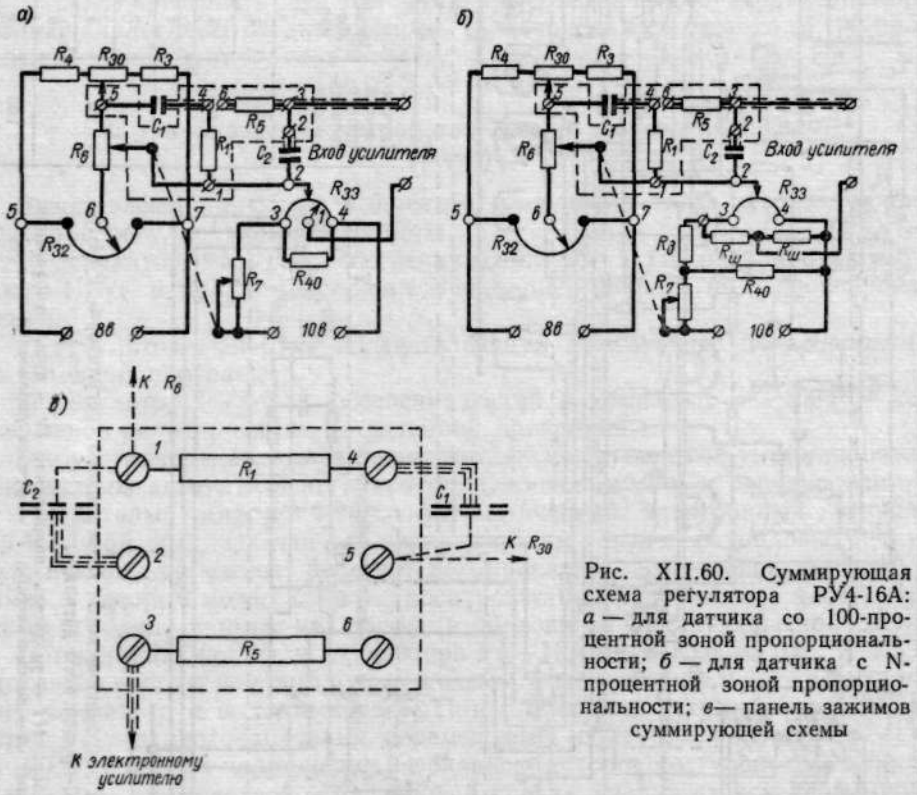


Рис. XII.60. Суммирующая схема регулятора РУ4-16А: *а* — для датчика со 100-процентной зоной пропорциональности; *б* — для датчика с N-процентной зоной пропорциональности; *в*— панель зажимов суммирующей схемы

Отношение напряжения, снимаемого с реохорда датчика, к напряжению, снимаемому с реохорда обратной связи, определяет диапазон пропорциональности (степень неравномерности) регулирующего устройства. Изменение этого соотношения осуществляется реостатами R_6 и R_7, механически соединенными между собой и управляемыми рукояткой «статизм» на передней панели прибора. Возможный диапазон пропорциональности регулятора 1—300%. Для получения малых значений степени неравномерности (до 50%) следует закоротить сопротивление реостата R_7. Изменение времени изодрома и предварения осуществляется сменой сопротивлений R_1 и R_5, а получение нужного вида регулирующего воздействия — установкой соответствующих перемычек на специальной панели зажимов, находящейся на лицевой панели прибора (рис. XII.60). Порядок установки перемычек и сопротивлений R_1 и R_5 приведен в табл. XII.6.

Электронный фазочувствительный усилитель *У* (рис. XII.59) состоит из вибропреобразователя ВПМ-1, четырехкаскадного усилителя напря-

Таблица XII.6

Порядок установки перемычек и сопротивлений на панели зажимов регулятора РУ4-16А

Регулирование	№ зажимов				
	1—3	*1—4*	*2—3*	*3—6*	*4—5*
Интегральное	Устанавливается перемычка	—	Перемычка снимается (отключается емкость C_2)	—	—
Пропорциональное	—	Снимается сопротивление R_1		Снимается сопротивление R_3 и устанавливается перемычка	Устанавливается перемычка (закорачивается емкость C_1)
Пропорционально-интегральное	—	Устанавливается сопротивление R_1 *		Вместо перемычки устанавливается сопротивление R_3	Снимается перемычка (включается емкость C_1)
Пропорционально-дифференциальное	—	Снимается сопротивление R_1	Устанавливается перемычка (включается емкость C_2)		Устанавливается перемычка (закорачивается емкость C_1)
Пропорционально-интегрально-дифференциальное	—	Устанавливается сопротивление R_1			Снимается перемычка (включается емкость C_1)

* Регулирование времени изодрома производится подбором сопротивления.

жения и выходного каскада. Каскады усиления напряжения собраны на двух лампах 6Н2П ($Л_1$ и $Л_2$), выходной каскад — на лампе 6Н6П ($Л_3$). Усилитель смонтирован на стальном шасси, которое одновременно является магнитным экраном. На верхней панели шасси расположены электронные лампы и вибропреобразователь. Все остальные элементы смонтированы внутри шасси. Соединение входа усилителя с суммирующей схемой выполнено кабелем марки РК-19.

Питание измерительной схемы и усилителя осуществляется от сети 220 *в*, 50 *гц*. В блоке питания установлены силовой трансформатор $Тр_1$ и выпрямители. Первичная обмотка трансформатора отделена от остальных обмоток экраном. Каскады усиления напряжения питаются через выпрямитель, а выходной каскад питается переменным током от вторичных обмоток трансформатора.

В анодные цепи выходного каскада включены реле $Р_1$ и $Р_2$ типа РЭН-17 или РКНВ, имеющие две пары замыкающих и две пары размыкающих контактов. Для устранения несимметричности в работе реле, вызванной различием токов их срабатывания, а также неидентичностью характеристик триодов лампы 6Н6П и обмоток силового трансформатора, в цепи катодов лампы $Л_3$ установлено сопротивление (регулирование нуля). С целью устранения автоколебаний исполнительного механизма выходной каскад усилителя охвачен стабилизирующей гибкой обратной связью. Настройка обратной связи в регуляторе производится изменением напряжения, заряжающего конденсатор при помощи переменного зарядного сопротивления, а также изменением величины постоянного зарядного сопротивления и напряжения, снимаемого с R_{34}.

Исполнительный механизм регулятора управляется автоматически с помощью реле P_1 или P_2, а в случае ручного управления — кнопочной станцией, установленной на пульте управления. С валом исполнительного механизма связан реостат обратной связи с сопротивлением 120 *ом*. Исполнительный механизм снабжен концевыми выключателями KB_1 и KB_2, отключающими двигатель в крайних положениях.

Указатель положения типа УП-01А выполнен в виде отдельного блока, в котором смонтированы миллиамперметр со 100-процентной шкалой (на

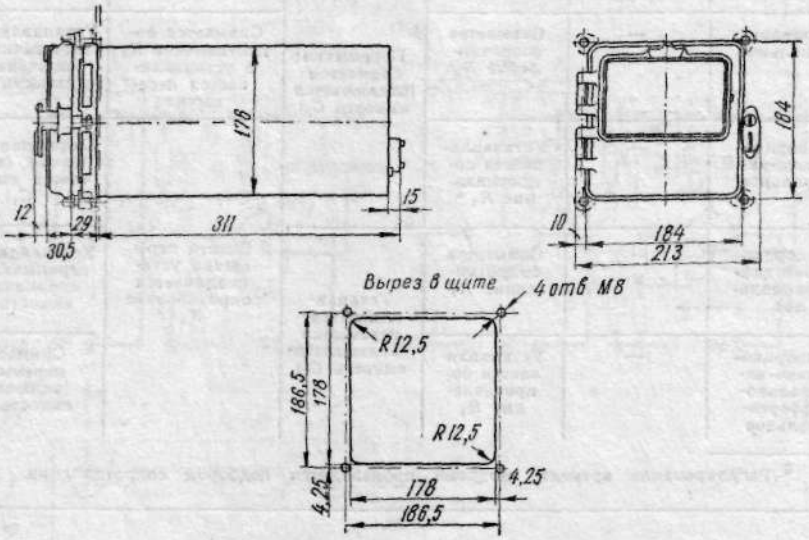


Рис. XII.61. Общий вид регулятора РУ4-16А

предел измерения 0—1 *ма*), понижающий трансформатор Tp_2 с выпрямителем B_1 и комплектом добавочных сопротивлений.

Общий вид регулятора РУ4-16А показан на рис. XII.61.

Программные регулирующие и задающие устройства типа РУ5-01м и РУ5-02м. Автоматические электронные программные регуляторы РУ5-01м предназначены для трехпозиционного регулирования технологических параметров (температуры, давления, расхода и др.) по заданной во времени программе. Автоматические электронные программные задающие устройства РУ5-02м предназначены для регулирования технологических параметров по заданной во времени программе при совместной работе с регуляторами РУ4-16А.

Программные устройства РУ5-01м и РУ5-02м комплектуются с электронными измерительными приборами, имеющими дополнительный реостатный датчик со 100-процентной зоной пропорциональности. Принцип действия программных устройств заключается в постоянном автоматическом слежении чувствительного элемента за движущейся программой, нанесенной в виде кривой на диаграммную ленту. При этом заданное программой значение параметра преобразуется в пропорциональный ему электрический сигнал, который сравнивается с сигналом, пропорциональным действительному значению регулируемого параметра. При отклонении регулируемого параметра от заданного значения появляется сигнал разбаланса и регулятор отрабатывает управляющее воздействие, поступающее на исполнительный механизм.

Блок-схема программного устройства приведена на рис. XII.62. Считывание программы осуществляется фотоголовкой *ФГ*, укрепленной на каретке, передвигающейся вдоль шкалы и непрерывно следящей за краем полосы программы. Фотоголовка состоит из фотосопротивления *ФС* и лампочки-осветителя *Л*. На пути светового потока от осветителя к фотосопротивлению расположена диаграммная лента. Фотосопротивление включено в одно из плеч мостовой схемы следящей системы *МС*.

Мост сбалансирован при освещенности фотосопротивления, соответствующей положению фотоголовки против правого (рабочего) края программы. Диаграммная лента с нанесенной программой перемещается с помощью лентопротяжного механизма *ЛП*, который приводится в движение синхронным

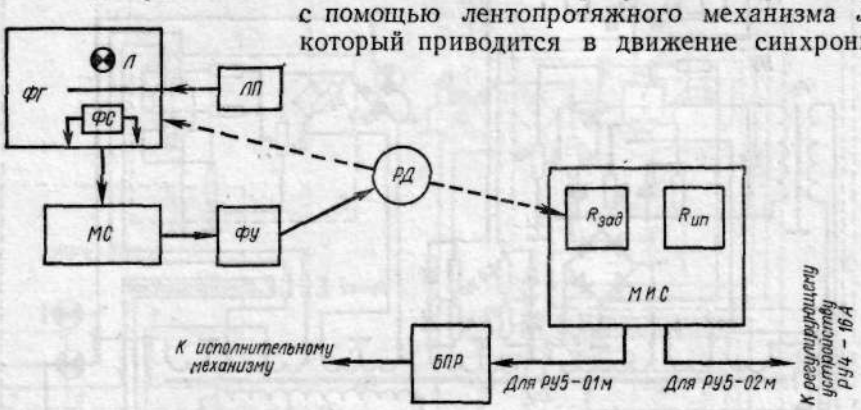


Рис. XII.62. Блок-схема программного регулирующего и задающего устройства РУ5-01м/02м

электродвигателем. При смещении полосы программы относительно фотоголовки меняется освещенность фотосопротивления и, следовательно, величина его сопротивления. Равновесие схемы нарушается и в диагонали моста появляется напряжение разбаланса. Это напряжение, усиленное фазочувствительным каскадом *ФУ*, управляет работой реверсивного двигателя *РД*, который возвращает каретку с фотоголовкой к краю программы. При этом мост сбалансируется, напряжение в диагонали становится равным нулю и реверсивный двигатель останавливается. Кинематическая связь реверсивного двигателя с кареткой и ползунком реохорда $R_{зад}$ обеспечивает соответствие положения ползунка положению каретки, т. е. пропорциональность потенциала подвижного контакта реохорда заданному значению параметра.

Потенциал ползунка реостатного датчика $R_{ип}$ измерительного прибора, контролирующего регулируемый параметр, пропорционален действительному значению параметра в объекте. Оба реохорда образуют мостовую измерительную схему *МИС*. Отклонение величины регулируемого параметра от заданной приводит к появлению в диагонали моста сигнала разбаланса. Если в системе регулирования применяется программный регулятор РУ5-01м, то сигнал разбаланса поступает в фазочувствительный блок позиционного регулирования *БПР*, который вырабатывает сигнал, управляющий работой исполнительного механизма. Если в системе регулирования применяется программное задающее устройство РУ5-02м, то сигнал разбаланса поступает на вход регулятора РУ4-16А, который выполняет весь процесс регулирования, а РУ5-02м осуществляет сравнение программного значения параметра с действительным.

В соответствии с приведенной блок-схемой регулятор РУ5-01м состоит из следящей системы, измерительной мостовой схемы и позиционного регулирующего устройства. Принципиальная схема регулятора РУ5-01м приведена на рис. XII.63.

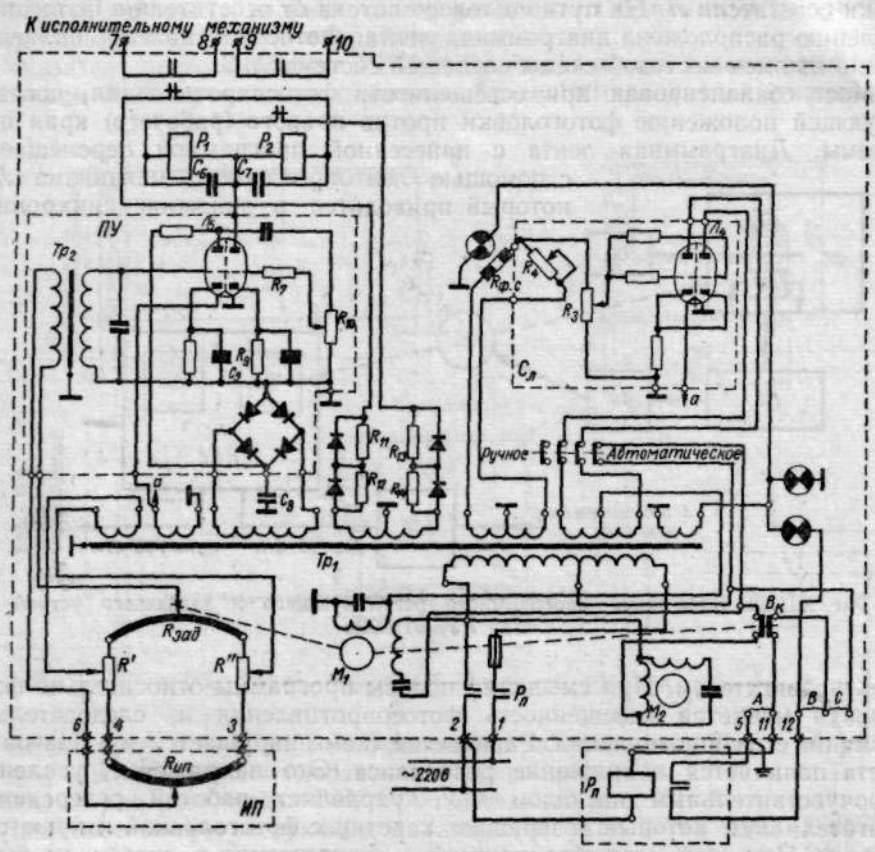


Рис. XII.63. Принципиальная схема программного регулятора РУ5-01м

Мостовая схема следящей системы $C_д$ образуется фотосопротивлением $R_{фс}$, сопротивлением R_4 и двумя половинами вторичной обмотки силового трансформатора Tp_1. Начальная балансировка моста осуществляется сопротивлением R_4. Чувствительность схемы изменяется потенциометром R_3. При возникновении разбаланса в мостовой схеме следящего устройства сигнал разбаланса поступает в фазочувствительный каскад, собранный на двойном триоде 6Н6П ($Л_4$). В зависимости от фазы входного сигнала срабатывает одна из половин лампы $Л_4$, и вал реверсивного двигателя M_1, поворачиваясь в направлении, зависящем от фазы сигнала, перемещает каретку с указателем и фотоголовкой в сторону уменьшения разбаланса мостовой схемы. Разбаланс будет равен нулю, когда край программы на движущейся ленте прикроет такую часть светочувствительного слоя фотосопротивления, при которой $R_{фс} = R_4$.

Реверсивный двигатель M_1 связан с ползунком реохорда $R_{зад}$ измерительной мостовой схемы, в которую также входят реохорд $R_{ип}$ измерительного прибора *ИП* и подгоночные потенциометры R' и R''. Разность

напряжений, снимаемая с ползунков реохордов, является выходным сигналом для позиционного регулирующего устройства *ПУ*. Фаза результирующего сигнала зависит от направления рассогласования. Со вторичной обмотки входного трансформатора $Тр_2$ результирующий сигнал подается на сетку усилителя напряжения, собранного на левой половине

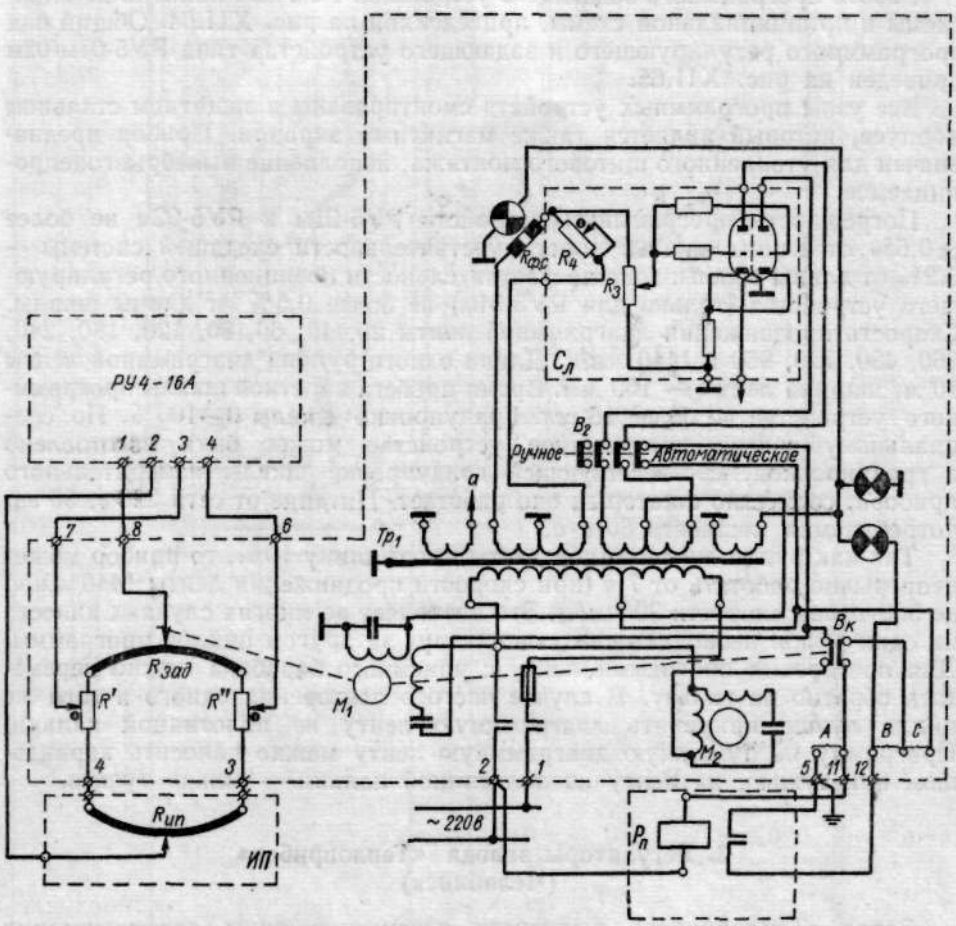


Рис. XII.64. Принципиальная схема программного задающего устройства типа РУ5-02м

лампы $Л_5$ (двойном триоде 6Н1П). На правой половине лампы $Л_5$ собран выходной каскад. Схема питания выходного каскада выполнена таким образом, что в первый полупериод каскад питается от первого выпрямителя, а другой — от второго выпрямителя. В цепь каждого выпрямителя включено реле РЭН-17 (P_1, P_2).

В зависимости от фазы сигнала, поступающего на вход усилителя, при определенном уровне сигнала, превышающем зону нечувствительности позиционного устройства, возрастает ток, протекающий через одно реле (например, P_1), которое срабатывает. Одновременно значительно уменьшается ток, проходящий через другое реле (P_2). В случае изменения фазы входного сигнала срабатывает реле P_2 и уменьшается ток в обмотке реле P_1.

Для обеспечения четкого срабатывания реле их обмотки шунтированы емкостями C_6 и C_7 и обмотка каждого из этих реле включена в анодную цепь через нормально закрытые контакты другого реле. Промежуточное реле $P_п$ отключает прибор от сети при воздействии путевого выключателя *Вк*; последний также отключает привод H_2 диаграммы.

Работа программного задающего устройства РУ5-02м понятна из блок-схемы и принципиальной схемы, приведенной на рис. XII.64. Общий вид программного регулирующего и задающего устройства типа РУ5-01м/02м приведен на рис. XII.65.

Все узлы программных устройств смонтированы в защитном стальном корпусе, который является также магнитным экраном. Прибор предназначен для утопленного щитового монтажа; исполнение пылебрызгонепроницаемое.

Погрешность программных устройств РУ5-01м и РУ5-02м не более $\pm 0{,}5\%$ от длины шкалы; порог чувствительности следящей системы — 0,2% от длины шкалы; зона нечувствительности позиционного регулирующего устройства (только для РУ5-01м) не более 0,5% от длины шкалы. Скорость продвижения диаграммной ленты 20, 40, 60, 80, 120, 180, 240, 360, 480, 720, 960 и 1440 *мм/ч*. Длина одного рулона диаграммной ленты 10 *м*, ширина ленты — 160 *мм*. Время пробега кареткой шкалы программного устройства не более 15 *сек*. Градуировка шкалы 0—100%. По специальному заказу программное устройство может быть изготовлено с градуировкой, соответствующей градуировке шкалы измерительного прибора, совместно с которым оно работает. Питание от сети 220 *в*, 50 *гц*, потребляемая мощность 60 *в·а*.

Так как рулон диаграммной ленты имеет длину 10 *м*, то прибор может непрерывно работать от 7 *ч* (при скорости продвижения ленты 1440 *мм/ч*) до 500 *ч* (при скорости 20 *мм/ч*). Это позволяет во многих случаях нанести на один рулон несколько следующих друг за другом циклов программы. Для повторения программы ленту с приемного барабана можно перемотать обратно на гильзу. В случае частого повторения одного и того же цикла лучше применять диаграммную ленту из полотняной кальки. Программу на бумажную диаграммную ленту можно наносить карандашом или тушью, на ленту из полотняной кальки — только тушью.

3. Регуляторы завода «Теплоприбор» (Челябинск)

Завод «Теплоприбор» выпускает следующие типы автоматических электронных регуляторов общепромышленного значения:

1) бесконтактные регулирующие устройства типа БРУ-11 и БРУ-21;
2) регулятор типа ИРМ-240;
3) регуляторы типа ЭР-250 и ЭР-251 для регулирования постоянства одного параметра;
4) регуляторы типа ЭР-252 и ЭР-253 для регулирования соотношения двух параметров.

Перечисленные регуляторы, кроме ЭР-251 и ЭР-253, являются приборными и могут работать в комплекте с любыми измерительными устройствами, имеющими встроенные реостатные датчики. Регуляторы ЭР-251 и ЭР-253 аппаратного типа работают в комплекте только с индукционными датчиками.

Регулирующие устройства приборного типа обычно устанавливаются вблизи измерительных приборов, совместно с которыми они работают.

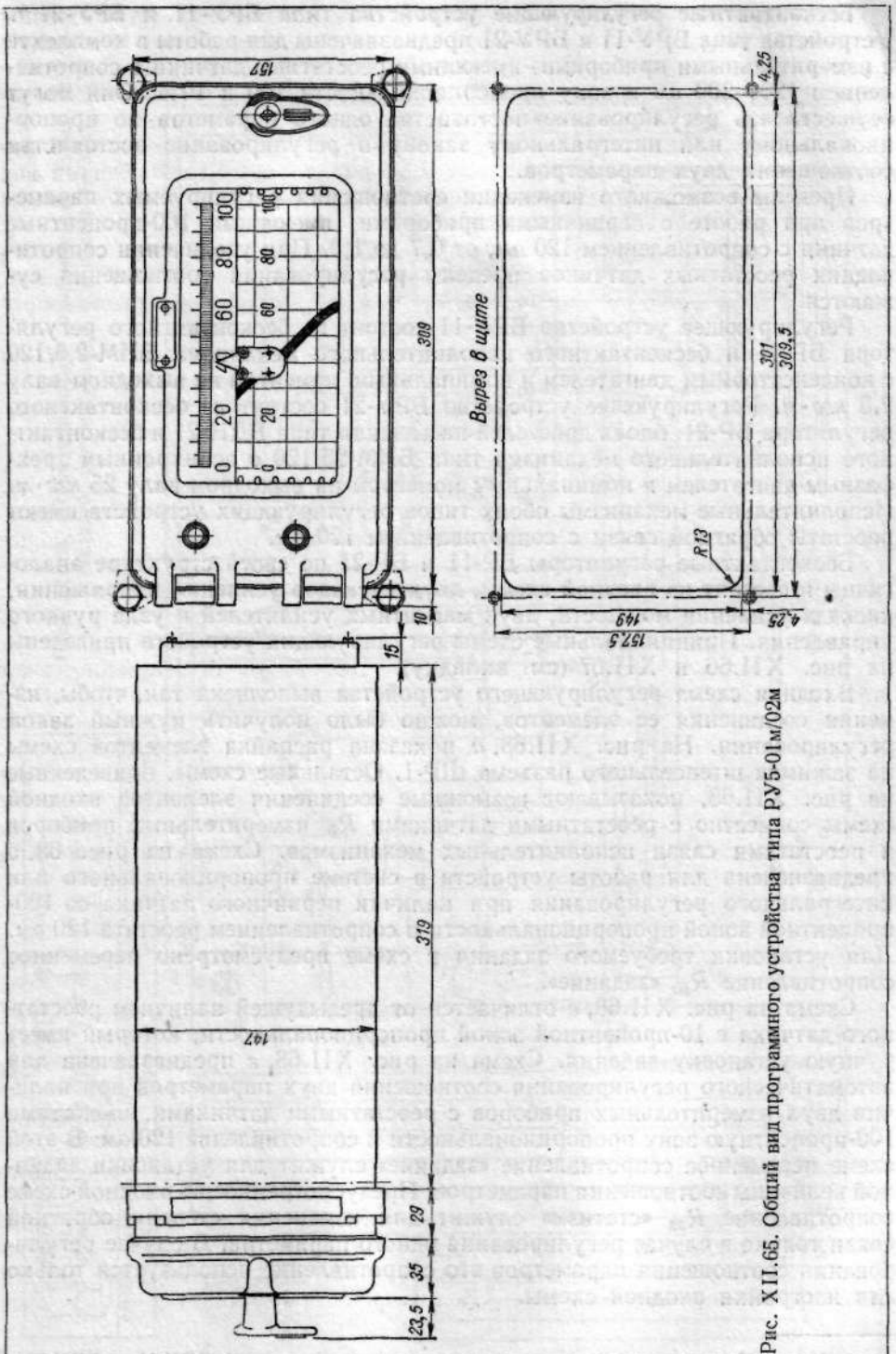


Рис. XII.65. Общий вид программного устройства типа РУ5-01м/02м

Бесконтактные регулирующие устройства типа БРУ-11 и БРУ-21 *. Устройства типа БРУ-11 и БРУ-21 предназначены для работы в комплекте с измерительными приборами, имеющими реостатные датчики с сопротивлением 120—300 *ом* и зону пропорциональности 100 и 10%. Они могут осуществлять регулирование постоянства одного параметра по пропорциональному или интегральному закону и регулирование постоянства соотношения двух параметров.

Пределы возможного изменения соотношения регулируемых параметров при работе с первичными приборами, имеющими 100-процентные датчики с сопротивлением 120 *ом*, от 0,7 до 1,3. При увеличении сопротивления реостатных датчиков пределы регулирования соотношения сужаются.

Регулирующее устройство БРУ-11 состоит из бесконтактного регулятора БР-11 и бесконтактного исполнительного механизма БИМ-2,5/120 с конденсаторным двигателем и номинальным моментом на выходном валу 2,5 *кгс·м*. Регулирующее устройство БРУ-21 состоит из бесконтактного регулятора БР-21, блока дросселей насыщения типа БДН-21 и бесконтактного исполнительного механизма типа БИМ-25/120 с асинхронным трехфазным двигателем и номинальным моментом на выходном валу 25 *кгс·м*. Исполнительные механизмы обоих типов регулирующих устройств имеют реостаты обратной связи с сопротивлением 120 *ом*.

Бесконтактные регуляторы БР-11 и БР-21 по своей структуре аналогичны и состоят из входной схемы, двух каскадов усиления напряжения, каскада усиления мощности, двух магнитных усилителей и узла ручного управления. Принципиальные схемы регулирующих устройств приведены на рис. XII.66 и XII.67 (см. вкладку).

Входная схема регулирующего устройства выполнена так, чтобы, изменяя соединения ее элементов, можно было получить нужный закон регулирования. На рис. XII.68, *а* показана распайка элементов схемы на зажимах штепсельного разъема ШР-1. Остальные схемы, приведенные на рис. XII.68, показывают возможные соединения элементов входной схемы совместно с реостатными датчиками $R_д$ измерительных приборов и реостатами связи исполнительных механизмов. Схема на рис. 68, *б* предназначена для работы устройств в системе пропорционального или интегрального регулирования при наличии первичного датчика со 100-процентной зоной пропорциональности и сопротивлением реостата 120 *ом*. Для установки требуемого задания в схеме предусмотрено переменное сопротивление $R_{зд}$ «задание».

Схема на рис. XII.68, *в* отличается от предыдущей наличием реостатного датчика с 10-процентной зоной пропорциональности, который имеет ручную установку задания. Схема на рис. XII.68, *г* предназначена для автоматического регулирования соотношения двух параметров при наличии двух измерительных приборов с реостатными датчиками, имеющими 100-процентную зону пропорциональности и сопротивление 120 *ом*. В этой схеме переменное сопротивление «задание» служит для установки заданной величины соотношения параметров. Предусмотренное во входной схеме сопротивление $R_{зз}$ «статизм» служит для изменения степени обратной связи только в случае регулирования одного параметра. В случае регулирования соотношения параметров это сопротивление используется только для настройки входной схемы.

---

* В дальнейшем эти регуляторы подлежат замене модификациями БРУ-11м и БРУ-21м, которые по габаритным размерам аналогичны ИРМ-240.

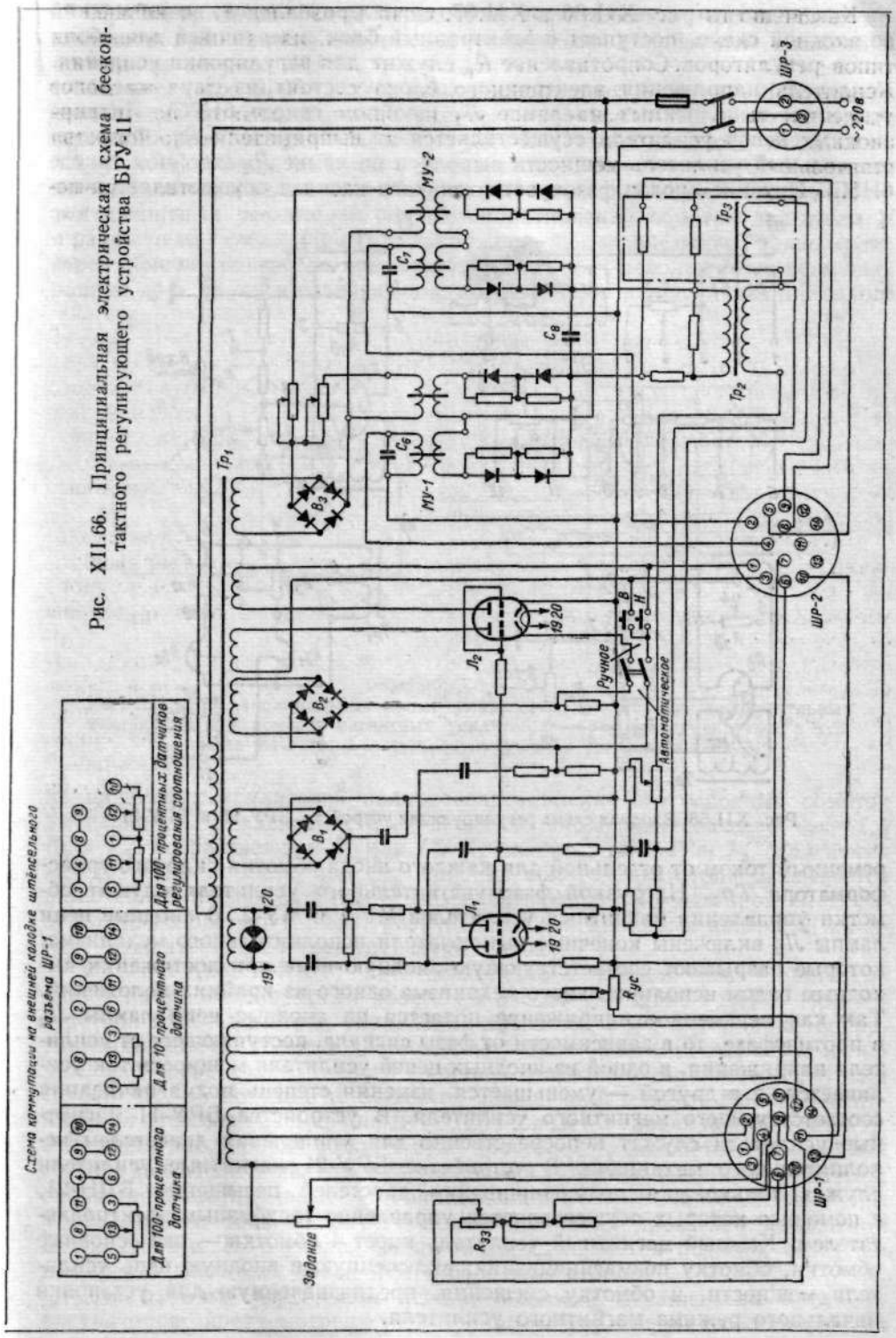


Рис. XII.66. Принципиальная электрическая схема бесконтактного регулирующего устройства БРУ-11

Как видно из рис. XII.66 и XII.67, сигнал разбаланса, возникающий во входной схеме, поступает в электронный блок, идентичный для обоих типов регуляторов. Сопротивление $R_{ус}$ служит для регулировки усиления. Усилитель напряжения электронного блока состоит из двух каскадов усиления, выполненных на лампе $Л_1$ (двойном триоде 6Н9С). Питание анодных цепей усилителя осуществляется от выпрямителя $В_1$. Фазочувствительный усилитель мощности выполнен на лампе $Л_2$ (двойном триоде 6Н8С). Питание анодов фазочувствительного каскада осуществляется пе-

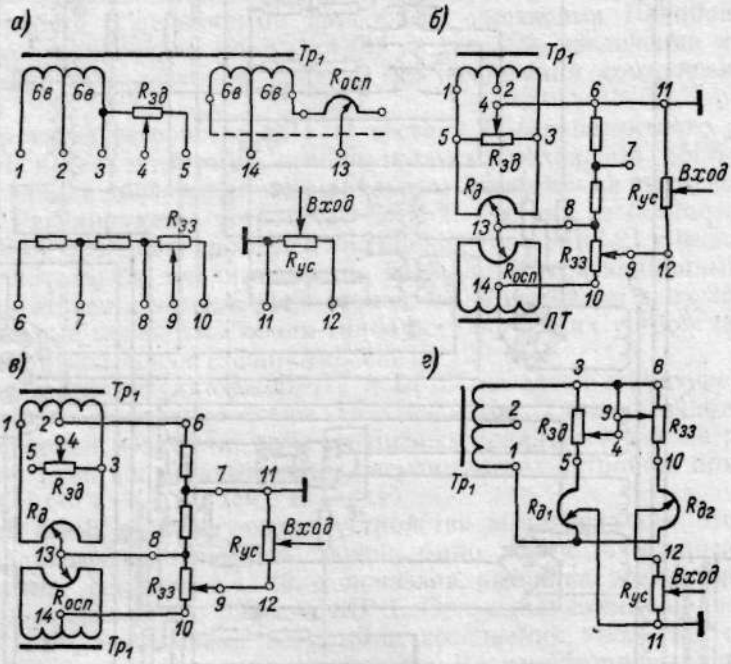


Рис. XII.68. Входная схема регулирующих устройств БРУ-11 и БРУ-21

ременным током от отдельной для каждого анода обмотки силового трансформатора $Тр_1$. Нагрузкой фазочувствительного усилителя служат обмотки управления магнитных усилителей МУ-1 и МУ-2. В анодные цепи лампы $Л_2$ включены конечные выключатели исполнительного механизма, которые разрывают соответствующую анодную цепь при достижении выходным валом исполнительного механизма одного из крайних положений. Так как переменное напряжение подается на анодные цепи лампы $Л_2$ в противофазе, то в зависимости от фазы сигнала, поступающего от усилителя напряжения, в одной из анодных цепей усилителя мощности ток усиливается, а в другой — уменьшается, изменяя степень подмагничивания соответствующего магнитного усилителя. В устройстве БРУ-11 магнитные усилители служат непосредственно для управления двигателем исполнительного механизма. В устройстве БРУ-21 магнитные усилители служат только для подмагничивания дросселей насыщения БДН-21, с помощью которых осуществляется управление трехфазным электродвигателем. Каждый магнитный усилитель имеет 4 обмотки — две основные обмотки, обмотку подмагничивания, включенную в анодную цепь усилителя мощности, и обмотку смещения, предназначенную для установки начального режима магнитного усилителя.

Принципиальные схемы управления двигателями исполнительных механизмов при помощи магнитных усилителей и дросселей насыщения приведены на рис. XII.69.

В регуляторе БРУ-11 обмотки конденсаторного двигателя *Д* и обмотки переменного тока магнитных усилителей МУ-1 и МУ-2 образуют плечи мостовой схемы. К одной диагонали моста подведено напряжение питания, в другую диагональ включен фазосдвигающий конденсатор *С*. Когда оба магнитных усилителя не подмагничены, то полные сопротивления обмоток магнитных усилителей больше сопротивлений обмоток двигателя *Д* и равны между собой. При этом напряжение на конденсаторе *С* равно нулю, через обмотки двигателя протекают токи I_1 и I_2 небольшие по величине, равные друг другу и совпадающие по фазе. При подмагничивании одного

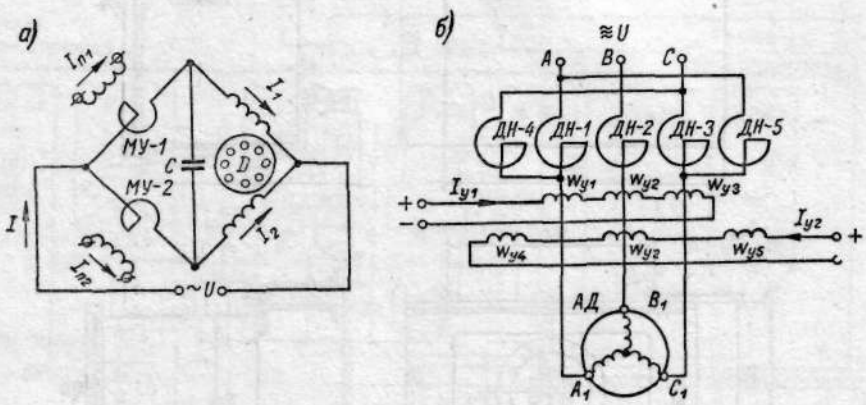


Рис. XII.69. Принципиальные схемы управления двигателями исполнительных механизмов при помощи магнитных усилителей: *а* — для регулирующего устройства БРУ-11; *б* — для регулирующего устройства БРУ-21

из магнитных усилителей полное сопротивление его основных обмоток уменьшается. В зависимости от величины подмагничивающего тока $I_{п1}$ (или $I_{п2}$) возрастает ток I_1 или I_2. Кроме того, токи I_1 и I_2 сдвигаются между собой по фазе, так как одна из обмоток двигателя оказывается включенной последовательно с фазосдвигающим конденсатором *С*. В результате возрастает момент, развиваемый двигателем, и двигатель начинает вращаться в соответствующую сторону.

В регуляторе БРУ-21 последовательно с каждой фазой двигателя включены рабочие обмотки дросселей насыщения ДН-1÷ДН-5. При отсутствии тока в обмотках управления дросселей $W_{у1}$—$W_{у5}$ полные сопротивления рабочих обмоток дросселей насыщения равны между собой и значительно превосходят по своей величине сопротивления обмоток фаз двигателя АД, на котором не создается вращающий момент. При подмагничивании дросселей насыщения ДН-1, ДН-2 и ДН-3 управляющим током $I_{у1}$ сопротивление рабочих обмоток этих дросселей уменьшается, на зажимах статора двигателя появляется напряжение и двигатель начинает вращаться; скорость вращения двигателя в определенной степени зависит от величины управляющего тока. В случае подмагничивания дросселей насыщения ДН-2, ДН-4 и ДН-5 управляющим током $I_{у2}$ меняется порядок чередования фаз и двигатель вращается в обратную сторону.

Для ручного управления исполнительными механизмами в схемах регуляторов предусмотрен узел ручного управления, состоящий из

переключателя и двух кнопок. Для того чтобы при малых сигналах, передаваемых на вход регулятора, скорость вращения двигателя увеличивалась пропорционально увеличению сигнала, в регуляторе введена стабилизирующая обратная связь, напряжение которой зависит от скорости вращения двигателя. Для получения этого напряжения используется сигнал по току двигателя, поступающий от трансформатора тока $Тр_3$. Этот сигнал складывается с сигналом по напряжению от трансформатора $Тр_2$ (см. рис. XII.67). Скоростная обратная связь подается на вход второго кас-

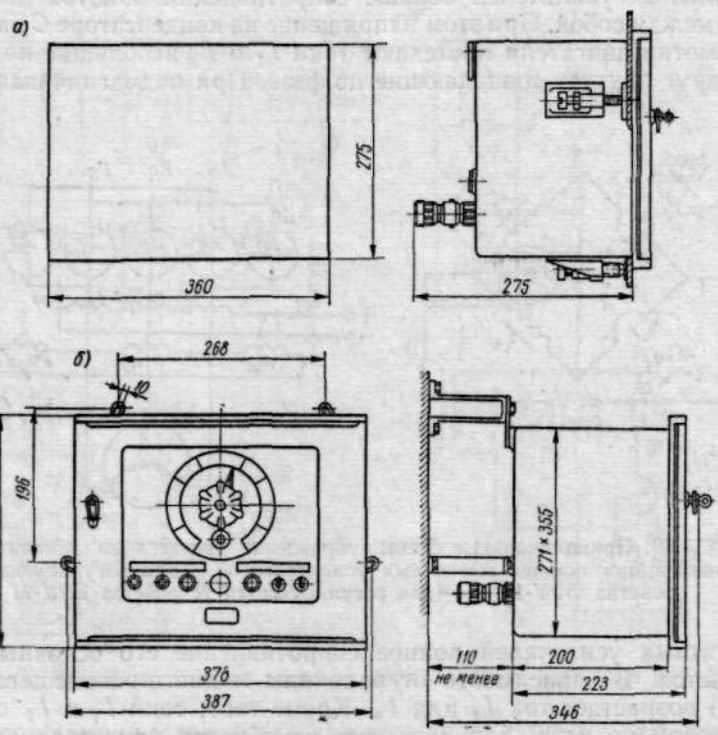


Рис. XII.70. Общий вид регулирующего устройства БРУ-11 и БРУ-21:
а — вырез в щите; *б* — настенный монтаж

када усиления напряжения в противофазе с управляющим сигналом, поступающим на вход регулятора. Обратная связь по положению исполнительного механизма применяется только в схемах пропорционального регулирования и выполнена в виде реохорда обратной связи $R_{осп}$ с сопротивлением 120 *ом* при полном угле поворота 120°.

Общий вид регулирующего устройства БРУ приведен на рис. XII.70. Блок дросселей насыщения регулятора типа БРУ-21 размещен в глухом корпусе, приспособленном для настенного монтажа. Размеры корпуса такие же, как и у регулирующего устройства. Чувствительность регулирующих устройств типа БРУ равна ±0,1% от полного угла поворота реостатного датчика. Возможный диапазон изменения степени неравномерности регулятора 0—100%.

Регуляторы типа ИРМ-240. Измерительные приборы, работающие в комплексе с пропорционально-интегральным регулятором ИРМ-240, должны иметь реостатные датчики с сопротивлением 120 *ом* и зоной про-

порциональности 10 или 20%. Эти регуляторы сочетаются с электрическими исполнительными механизмами, имеющими постоянную скорость вращения и реостат обратной связи с сопротивлением 120 *ом*.

Принципиальная схема регулятора ИРМ-240 приведена на рис. XII.71. Реостатный датчик измерительного прибора $R_п$ присоединен по дифференциальной схеме к обмотке *VI* трансформатора $Тр_1$. Реостат обратной

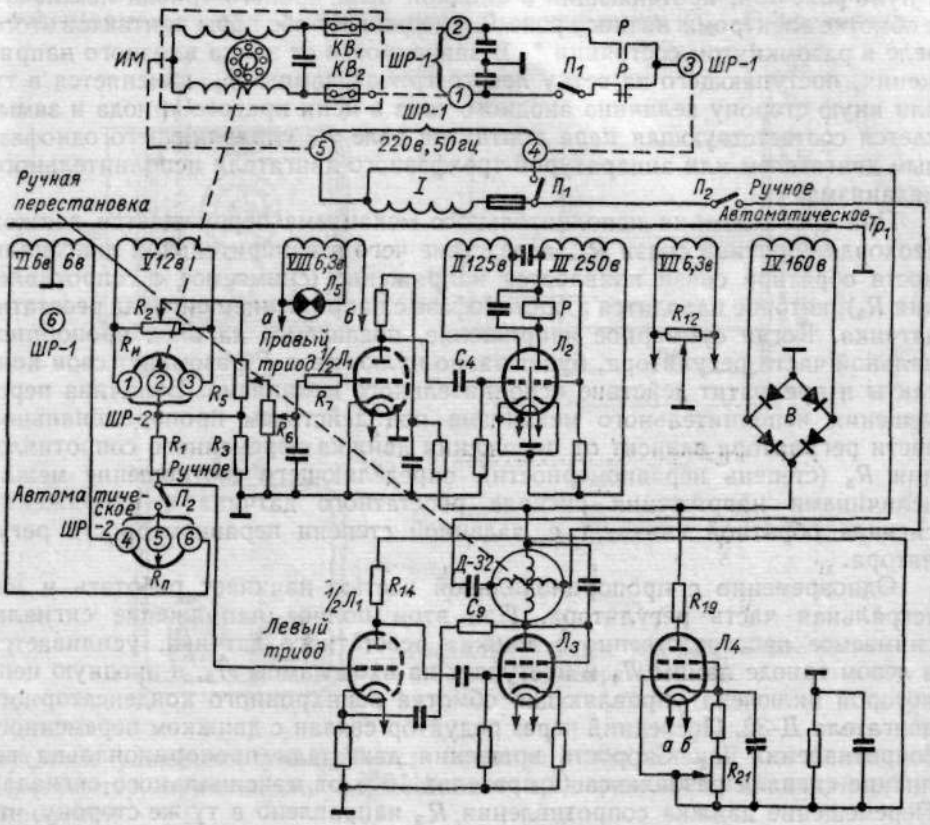


Рис. XII.71. Принципиальная электрическая схема изодромного регулятора ИРМ-240:
ШР-1, ШР-2 — штепсельные разъемы; цифры в кружках — номера зажимов *ШР-1* и *ШР-2*

связи $R_и$ исполнительного механизма *ИМ* вместе с переменным сопротивлением R_2 образуют мост обратной связи, питающийся от обмотки *V* трансформатора $Тр_1$. Схема регулирующего устройства состоит из двух частей — пропорциональной и интегральной. Пропорциональная часть включает в себя каскад предварительного усиления, собранный на правой половине лампы $Л_1$ (двойного триода 6Н2П), и электронного нульреле, выполненного на лампе $Л_2$ (двойном триоде 6Н1П). Интегральная часть состоит из каскада усиления напряжения, выполненного на левой половине лампы $Л_1$, и каскада усиления мощности, выполненного на лампе $Л_3$ (тетроде 6П14П). Когда величина регулируемого параметра соответствует заданному значению, движок реостатного датчика $R_п$ находится в среднем положении, мост обратной связи уравновешен и на вход пропорциональной и интегральной части регулятора сигнал не поступает. При

отклонении параметра от заданного значения движок датчика $R_п$ смещается и напряжение сигнала поступает в регулирующее устройство.

В пропорциональной части регулятора напряжение сигнала, снимаемое с делителя R_1 и R_3, поступает через сопротивление R_7 на сетку правого триода лампы $Л_1$. Усиленный по напряжению сигнал разбаланса поступает в электронное нуль-реле $Л_2$. При отсутствии сигнала на входе в нуль-реле ток, протекающий в анодной цепи правого триода лампы $Л_2$ и обмотке электромагнитного реле P, удерживает обе пары контактов этого реле в разомкнутом состоянии *. В зависимости от знака входного напряжения, поступающего на сетку левого триода лампы $Л_2$, изменяется в ту или иную сторону величина анодного тока в цепи правого триода и замыкается соответствующая пара контактов реле P, управляющего однофазным двигателем или аппаратурой трехфазного двигателя исполнительного механизма.

При срабатывании исполнительного механизма перемещается движок реохорда обратной связи $R_и$, вследствие чего в измерительной диагонали моста обратной связи появляется напряжение (снимаемое с сопротивления R_5), которое находится в противофазе с напряжением сигнала реостата-датчика. Когда суммарное напряжение, подаваемое на вход пропорциональной части регулятора, будет равно нулю, реле P разомкнет свои контакты и прекратит действие исполнительного механизма. Величина перемещения исполнительного механизма под действием пропорциональной части регулятора зависит от положения движка переменного сопротивления R_5 (степень неравномерности), определяющего соотношение между величинами напряжения сигнала реостатного датчика и напряжения сигнала обратной связи, т. е. заданной степени неравномерности регулятора.

Одновременно с пропорциональной частью начинает работать и интегральная часть регулятора. При этом полное напряжение сигнала, снимаемое непосредственно с движка реостатного датчика, усиливается в левом триоде лампы $Л_1$ и поступает на вход лампы $Л_3$, в анодную цепь которой включена управляющая обмотка асинхронного конденсаторного двигателя Д-32. Последний через редуктор связан с движком переменного сопротивления R_2. Скорость вращения двигателя пропорциональна величине сигнала разбаланса (в пределах 10% от максимального сигнала). Перемещение движка сопротивления R_2 направлено в ту же сторону, что и движка реохорда обратной связи $R_и$, что приводит к уменьшению напряжения на выходе моста обратной связи.

Как уже указывалось выше, при работе пропорциональной части регулятора последний может придти в состояние равновесия только в случае ведения процесса с определенной неравномерностью, зависящей от положения исполнительного механизма. Интегральная часть регулятора позволяет снять влияние этой неравномерности, что, однако, должно происходить с некоторым запаздыванием во времени. Достигается это импульсной подачей питания в анодную цепь каскада усиления напряжения при помощи генератора импульсов, выполненного на тиратроне ТГ3-0,1/1,3 (лампа $Л_4$). Частота следования импульсов может изменяться в пределах от 45 в минуту до 40 в час путем изменения положения движка переменного сопротивления R_{21}, от которого зависит время разряда RC-цепи. Это дает возможность изменять среднюю скорость вращения дви-

* Величина этого тока регулируется перемещением движка переменного сопротивления R_{13}.

гателя Д-32, управляющего перемещением движка сопротивления R_2 моста обратной связи регулятора.

Влияние интегральной части на работу регулятора характеризуется «временем удвоения» регулятора, в течение которого угол поворота выходного вала исполнительного механизма, вызванный действием пропорциональной части, удваивается под влиянием интегральной части. Величина «времени удвоения» может изменяться в пределах 30—3000 *сек*, в зависимости от положения движка сопротивления R_{21}. С увеличением

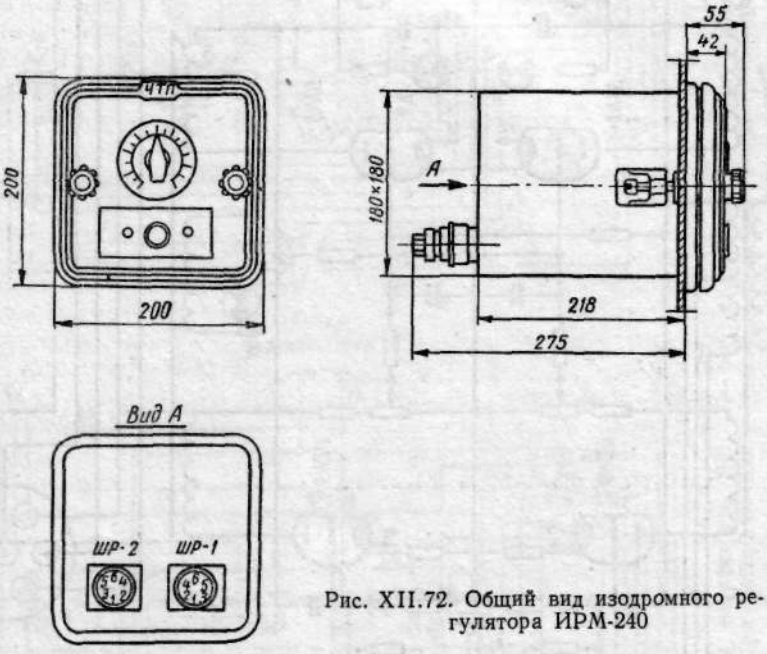


Рис. XII.72. Общий вид изодромного регулятора ИРМ-240

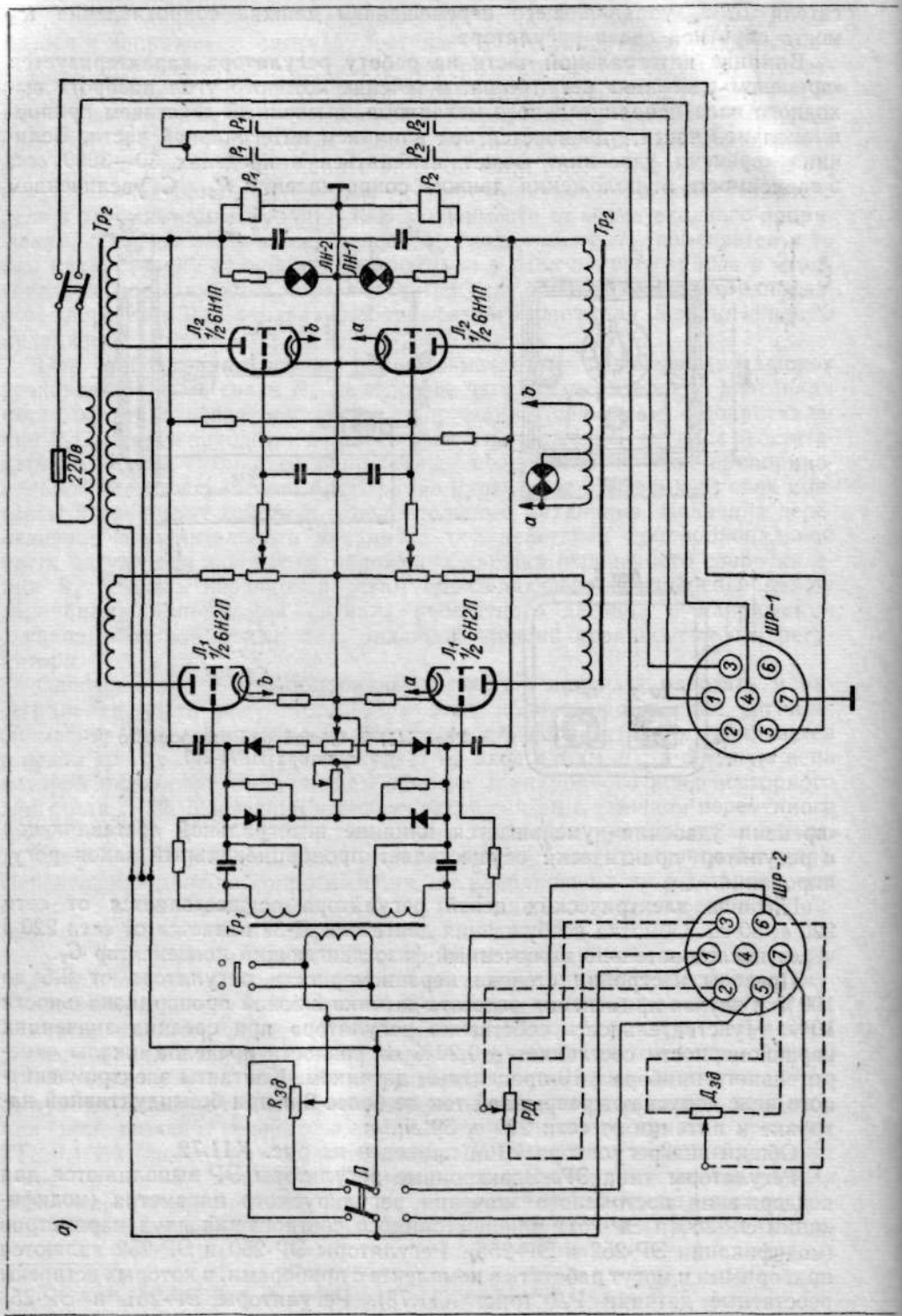
«времени удвоения» уменьшается влияние интегральной составляющей и регулятор практически осуществляет пропорциональный закон регулирования.

Питание электрических цепей регулятора осуществляется от сети 220 *в*, 50 *гц*. Обмотка возбуждения двигателя Д-32 питается от сети 220 *в* через последовательно включенный фазосдвигающий конденсатор C_9.

Пределы настройки степени неравномерности регулятора от 2,5 до 100% в случае применения реостата-датчика с зоной пропорциональности 10%. Чувствительность собственно регулятора при средних значениях неравномерности составляет ±0,20% от разности пределов шкалы измерительного прибора с 10-процентным датчиком. Контакты электромагнитного реле допускают разрывной ток не более 2 *а* при безындуктивной нагрузке и питании от сети 220 *в*, 50 *гц*.

Общий вид регулятора ИРМ приведен на рис. XII.72.

Регуляторы типа ЭР. Электронные регуляторы ЭР выполняются для поддержания постоянного значения регулируемого параметра (модификации ЭР-250 и ЭР-251) или постоянного соотношения двух параметров (модификации ЭР-252 и ЭР-253). Регуляторы ЭР-250 и ЭР-252 являются приборными и могут работать в комплекте с приборами, в которых встроены реостатные датчики РД (рис. XII.73). Регуляторы ЭР-251 и ЭР-253


Тр2
Р1
Р2
ЛН-2
ЛН-1
Л2 ½6Н1П
Л1 ½6Н2П
220в
ШР-1
ШР-2
Тр1
Rзд
Дзд
РД
П
а
б

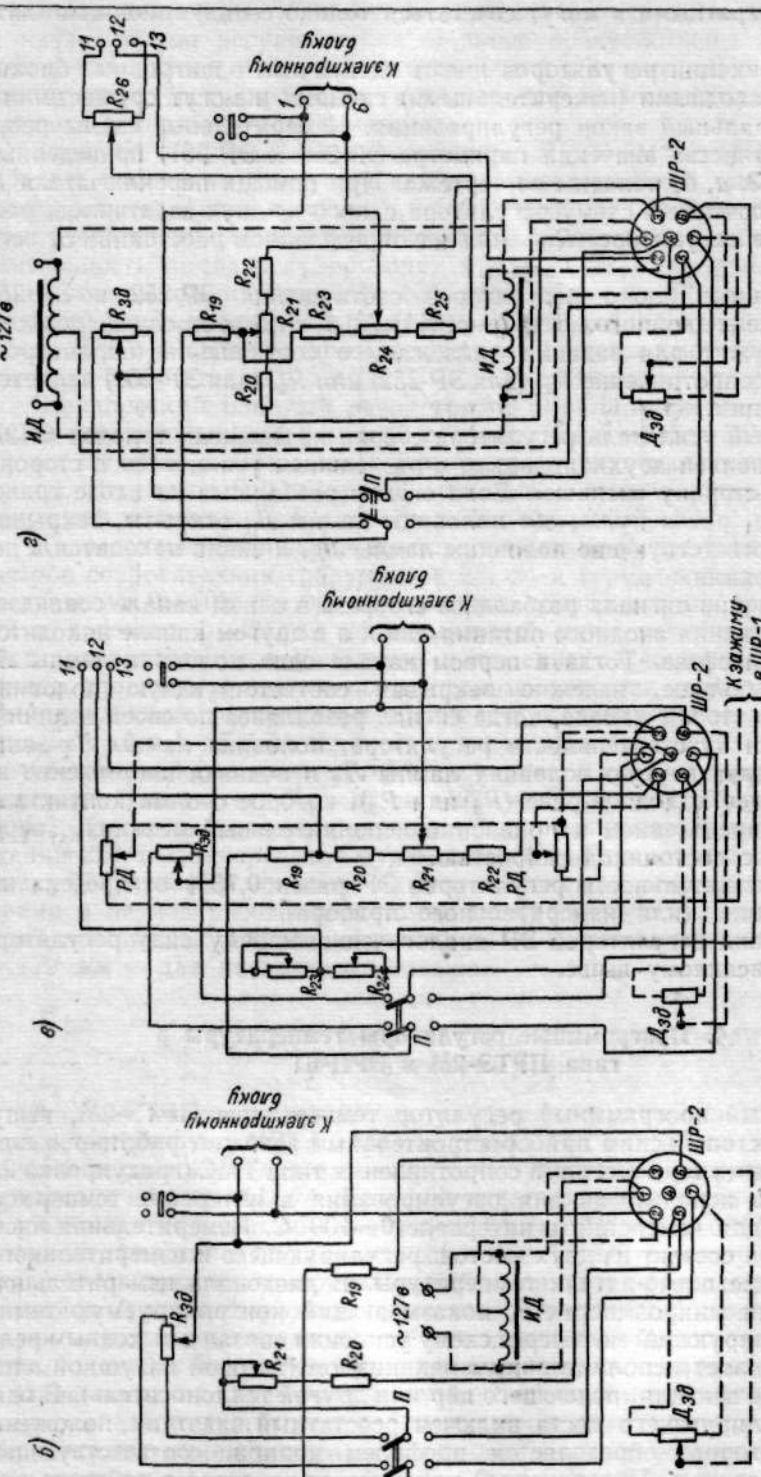


Рис. XII.73. Принципиальные электрические схемы регуляторов ЭР: *а* — регулятор ЭР-250; *б* — измерительная схема регулятора ЭР-251; *в* — то же регулятора ЭР-252; *г* — то же регулятора ЭР-253

являются аппаратными и могут сочетаться только с индукционными датчиками.

Все модификации регуляторов имеют идентичные электронные блоки, различаются входными (измерительными) схемами и могут осуществлять только интегральный закон регулирования. Измерительные схемы регуляторов постоянства значения параметра ЭР-250 и ЭР-251, приведенные на рис. XII.73, *а*, *б*, понятны из чертежа. При помощи переключателя $П$ возможно включение в схему регулятора одного из двух задатчиков, расположенных в регуляторе ($R_{зд}$) или на определенном расстоянии от него ($Д_{зд}$).

Измерительные блоки регуляторов соотношения ЭР-252 и ЭР-253 собраны по схеме двойного моста (рис. XII.73, *в*, *г*). В этом случае реохорд задатчика служит для задания надлежащего соотношения параметров, а переменное сопротивление R_{21} (для ЭР-252) или R_{24} (для ЭР-252) является корректирующим.

Электронный усилитель регулятора собран на двойных триодах 6Н2П и 6Н1П и выполнен двухканальным, с раздельным усилителем в сторону «больше» и в сторону «меньше». Если сигнал разбаланса на входе трансформатора $Тр_1$ равен нулю, обе половины лампы $Л_1$ открыты, закрывая полностью соответствующие половины лампы $Л_2$, и схема находится в нерабочем состоянии.

При появлении сигнала разбаланса его фаза в одном канале совпадает с фазой напряжения анодного питания ламп, а в другом канале находится с ним в противофазе. Тогда в первом канале одна половина лампы $Л_1$ открывается больше, надежно закрывая соответствующую половину лампы $Л_2$. Во втором канале, когда сигнал разбаланса по своей величине больше порога чувствительности регулятора, половина лампы $Л_1$ запирается, открывая другую половину лампы $Л_2$ и подавая напряжение на соответствующее выходное реле (P_1 или P_2), которое своими контактами включает в определенном направлении исполнительный механизм, перемещающийся с постоянной скоростью.

Порог чувствительности регуляторов ЭР равен 0,75% от предела измерения датчика (или измерительного прибора).

Внешний вид регуляторов ЭР аналогичен внешнему виду регулятора ИРМ-240, описанному выше.

4. Программные регуляторы температуры типа ПРТЭ-2М и ЭРП-61

Электронный программный регулятор температуры ПРТЭ-2М, выпускаемый Севастопольским приборостроительным заводом, работает в комплекте с медными термометрами сопротивления типа ТМС (градуировка 23) и может быть использован для регулирования в интервале температур 20—100° С и для измерения в интервале 0—100° С. Измерительная часть схемы прибора состоит из двух мостов: регулирующего и измерительного, имеющих общее плечо-датчик температуры. В диагональ измерительного моста включен микроамперметр, показывающий контролируемую температуру. Регулирующий мост через схему усиления связан с выходным реле, которое управляет исполнительным механизмом (тяговой катушкой электромагнитного вентиля, подающего пар или другой теплоноситель). В одно из плеч регулирующего моста включен реостатный задатчик, положение ползунка которого определяется профилем копира, соответствующего заданной программе. Программный механизм приводится в действие син-

хронным двигателем и имеет шкалу, указывающую время, прошедшее с начала цикла регулирования. В схеме предусмотрены переключатели для сигнализации и отключения регулятора от питающей сети по окончании цикла регулирования, а также для включения вспомогательной системы (например, вентиляции).

Зона нечувствительности регулятора ПРТЭ-2М — 0,5% от верхнего предела измерения (без учета влияния инерционности датчика); погрешность регулирования прибора ±2,5% от верхнего предела регулирования (без учета инерционности регулируемого объекта); максимальная продолжительность цикла регулирования процесса 24 *ч*. Разрывная мощность контактов выходной цепи не более 200 *в·а*; длительный ток через контакты не более 2 *а*, питание прибора от сети 220/127 *в*, 50 *гц*, потребляемая мощность 35 *в·а*. Регулятор предназначен для щитового монтажа; габаритные размеры регулятора ПРТЭ-2М 370×217×233 *мм*.

Свердловский опытный завод треста «Уралмонтажавтоматика» выпускает электронный программный регулирующий прибор ЭРП-61, который может работать в комплекте с термометром сопротивления или термодатчиком. Регулятор ЭРП-61 можно сочетать с любым исполнительным механизмом с постоянной скоростью перемещения.

Диапазон регулирования прибора по заданной программе: для термометров сопротивления градуировок 23, 24 и термодатчиков типа ТДР-61 в пределах 0—100° С; для термометров сопротивления градуировок 21, 22 в пределах 0—200° С. Максимальный цикл регулирования — 24 *ч*. Возврат программы в начальное положение после окончания рабочего цикла производится вручную, программа задается сменным профилированным лекало. Максимальная скорость подъема температуры по программе на 1 *ч* — 35% от верхнего предела диапазона регулирования. Зона нечувствительности прибора 0,5% от верхнего предела диапазона регулирования. Питание прибора от сети 220 *в*, 50 *гц*, потребляемая мощность 50 *вт*. Контакты выходных реле допускают разрывной ток 5 *а* при напряжении 220 *в*. Прибор имеет путевые выключатели, обеспечивающие остановку регулятора в конце цикла регулирования и подачу сигнала в любое время в период работы регулятора по программе. Габаритные размеры прибора: 378×292×254 *мм* — для утопленного монтажа; 415×357×179 *мм* — для настенного монтажа.

§ 4. СИСТЕМА МНОГОКАНАЛЬНОГО ИМПУЛЬСНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ МИР-63

Система многоканального импульсного регулирования МИР-63, выпускаемая заводом МЗТА, предназначена для регулирования до 25 различных технологических параметров. Структурная схема системы МИР-63 приведена на рис. XII.74. Принцип действия системы регулирования заключается в том, что обегающее устройство *IV* (типа ОУ-25П) периодически по каждому из 25 каналов подключает к электронному усилителю *III* (типа Э-М) один из измерительных блоков *II* с присоединенным к нему датчиком *I*, корректирующее звено и исполнительный механизм *V*. Время связи этих цепей определяется длительностью цикла регулирования. Время воздействия усилителя на исполнительный механизм настраивается в зависимости от динамических свойств объекта и автоматически корректируется специальным звеном по величине отклонения регулирующего параметра от номинального значения, задаваемого установкой на измерительном блоке.

Помимо перечисленных устройств в системе МИР-63 предусмотрены пульты дистанционного управления *VI* типа ПДУ-М для управления исполнительными механизмами *V* и указатель положения *VII* исполнительного механизма любого канала регулирования (работает по вызову с пульта управления).

В комплект системы МИР-63 входят исполнительные механизмы и пусковые устройства завода МЗТА, а также табло световой сигнализации работы обегающего устройства и блока реле сигнализации предельных отклонений, которые срабатывают и становятся на самоблокировку в том

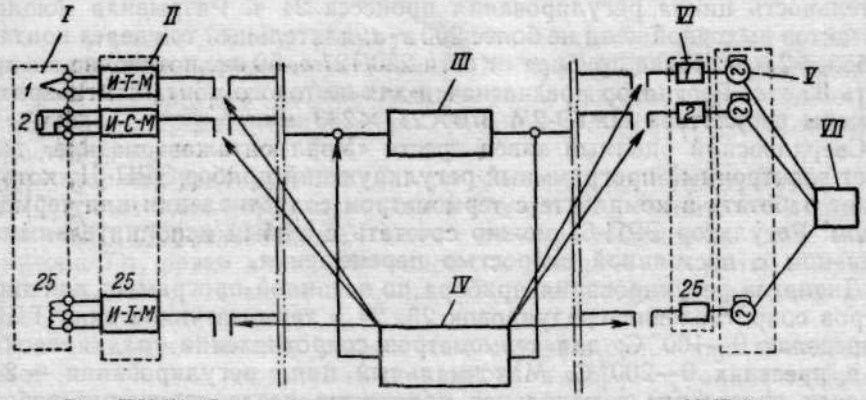


Рис. XII.74. Структурная схема системы регулирования МИР-63:

I — датчик (1—25); *II* — измерительные блоки (1—25); *III* — электронный усилитель; *IV* — обегающее устройство; *V* — исполнительные механизмы (1—25); *VI* — пульты дистанционного управления (1—25); *VII* — указатель положения регулирующего органа

случае, когда отклонение параметра от нормы в определенном канале регулирования превышает допустимую величину. Принципиальная схема системы многоканального регулирования МИР-63 дана на рис. XII.75 (см. вкладку).

Система МИР-63 предназначена для работы в закрытых взрывобезопасных помещениях при отсутствии в них агрессивных сред. Система не допускает резких колебаний тока в цепи питания и температуры воздуха.

Приборы системы МИР-63 предназначены для утопленного монтажа на вертикальной панели щита или на наклонном пульте. Минимально допустимое расстояние от приборов до элементов с сильными магнитными полями должно быть не менее 1 *м*. В местах установки приборов не должно быть больших вибраций (амплитуда не более 0,2 *мм* и частота не свыше 30 *гц*).

1. Измерительные блоки

Все измерительные блоки системы МИР-63 аналогичны измерительным блокам электронных регуляторов МЗТА и выполнены на компенсационном принципе. Величина выходного сигнала измерительного моста пропорциональна его разбалансу, а знак (или фаза) зависит от направления отклонения. В настоящее время выпускаются измерительные блоки системы МИР-63 следующих типов:

1) И-Т-М — для работы с термопарой градуировки ХА, ХК или ПП; в случае надобности последовательно к измерительному мосту могут быть подключены две термопары, например, обыкновенная и скоростная; к такому мосту может быть также подключен через делитель напряжения датчик системы ЭАУС;

2) И-С-М — для работы с одним стандартным термометром сопротивления;

3) И-1-М — для работы с одним индуктивным датчиком (подключаемым по трехпроводной системе); к измерительному мосту И-1-М может быть присоединен реостатный датчик или другой тип датчика переменного напряжения по двух- или трехпроводной схеме.

Кроме того, для регулирования соотношения нескольких параметров к одному каналу регулирования может быть последовательно подключено несколько измерительных мостов И-1-М с датчиками, аналогично

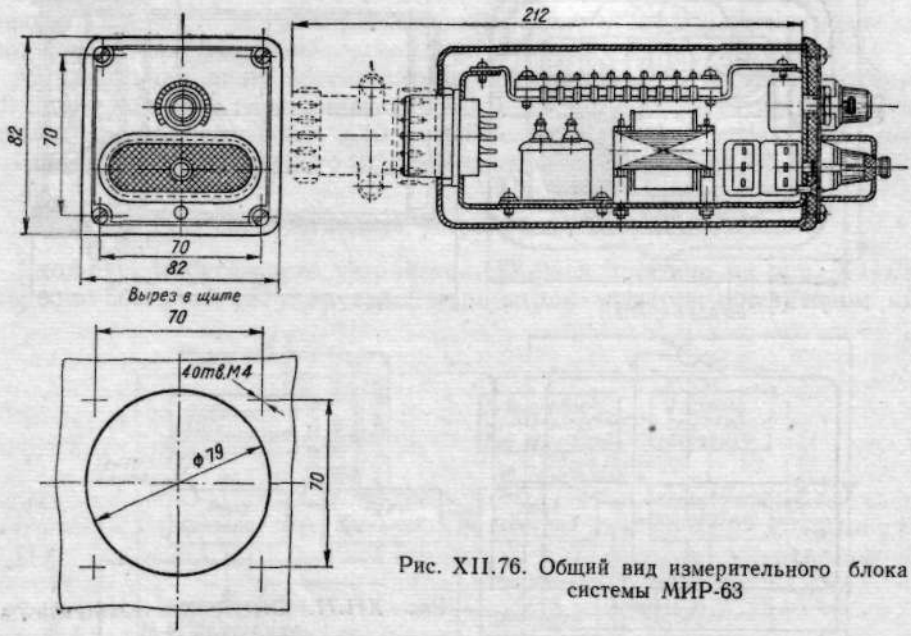


Рис. XII.76. Общий вид измерительного блока системы МИР-63

схеме измерительного блока электронного регулятора РПИК-III или РПИК-IV (МЗТА). Так как электронный усилитель системы имеет два параллельных входа постоянного и переменного напряжения, при необходимости в один канал регулирования через контакты дополнительного реле могут быть одновременно введены сигналы от различных датчиков, например по температуре и расходу. При необходимости один измерительный блок может быть включен на несколько каналов регулирования.

В дальнейшем МЗТА предполагает увеличить номенклатуру измерительных приборов.

Принципиальные схемы выпускаемых в настоящее время измерительных блоков показаны на рис. XII.75. Общий вид и габаритные размеры измерительного блока приведены на рис. XII.76. Выходной сигнал от измерительного блока (зажимы 4—9) поступает на вход электронного усилителя Э-М через контакт *РИ4* реле *РИ*.

2. Электронный усилитель Э-М

Электронный усилитель Э-М (см. рис. XII.75) выполнен комбинированным для возможности получения входных сигналов от измерительных мостов как постоянного, так и переменного напряжения. Электронный усилитель состоит из входного трансформатора $Тр_3$, магнитного

усилителя *МУ*, двухкаскадного усилителя, собранного на лампах $Л_1$, $Л_2$ и выходных реле *1РЭ*, *2РЭ*.

С измерительных блоков И-1-М переменное напряжение через соответствующий контакт *РИ4* реле *РИ* обегающего устройства подается на первичную обмотку трансформатора $Тр_3$ (к зажимам *12—13*).

Сигналы постоянного тока от измерительных блоков *И-Т-М* и *И-С-М* подаются через контакты реле *РИ* обегающего устройства на сигнальную

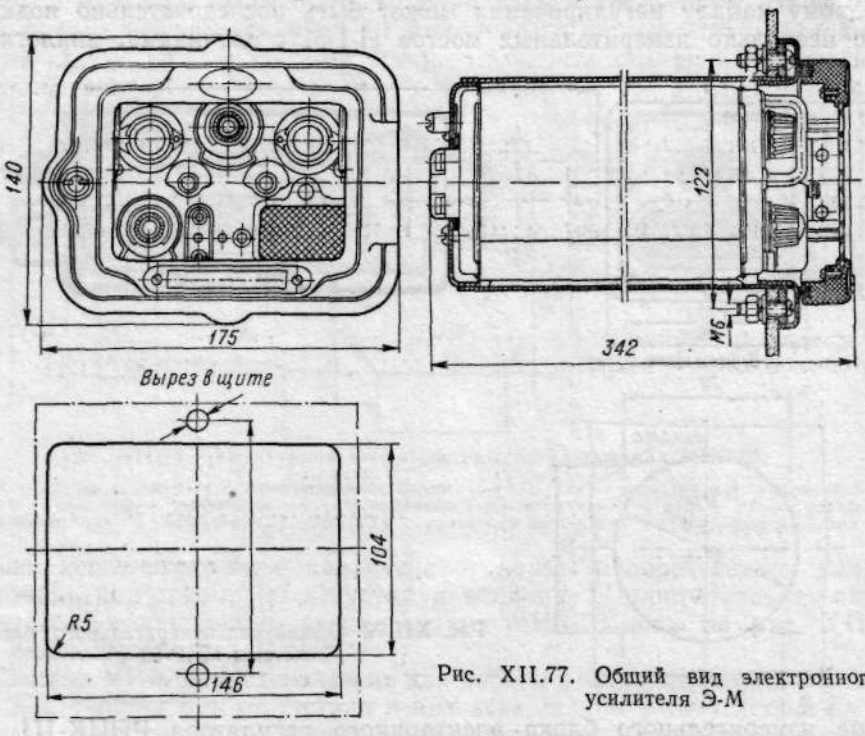


Рис. XII.77. Общий вид электронного усилителя Э-М

обмотку магнитного усилителя (зажимы *14—15*). Магнитный усилитель собран на четырех кольцевых магнитопроводах (из молибденового пермаллоя) и имеет 4 группы обмоток: первичную, подмагничивающую, сигнальную (управляющую) и вторичную. При поступлении сигнала на управляющую обмотку на вторичной обмотке возникает переменное напряжение, величина которого пропорциональна величине входного сигнала, а фаза зависит от знака поданного сигнала.

Поочередное подключение измерительных блоков к электронному усилителю связано с закорачиванием входа переменного тока при подаче сигнала постоянного тока или закорачиванием входа постоянного тока при подаче сигнала переменного тока, что обеспечивается панелью набора программы, встроенной в обегающее устройство ОУ-25П. При помощи панели осуществляется регулирование при числе параметров меньше 25, а также при необходимости многократного повторения цикла регулирования одного параметра по какому-либо каналу регулирования.

Переменное выходное напряжение от магнитного усилителя или от вторичной обмотки входного трансформатора $Тр_3$ подается на сетку левого триода лампы $Л_1$ электронного усилителя, который идентичен электронному блоку ЭР-62 регулятора РПИК (см. рис. XII.7). На эту же сетку

(через зажимы *10—9*) подается сигнал постоянного напряжения от корректирующего звена обегающего устройства ОУ-25П. Контакты выходных реле *1РЭ* и *2РЭ* электронного усилителя коммутируют постоянное напряжение (через зажимы *7—8* и *9—8*), управляющее катушками реверсивного магнитного контактора через обегающее устройство.

Питание электронного усилителя осуществляется стабилизированным напряжением 127 *в* от стабилизатора С-0,09 (*Ст* через зажимы *1—2*). Питание выходных цепей усилителя постоянным током 27 *в* производится от силового выпрямителя B_6 трансформатора $Тр_2$ обегающего устройства.

Мощность, потребляемая от стабилизатора, 15 *в·а*. Выходная управляющая мощность $\leqslant 6$ *в·а*. Выходное управляющее напряжение постоянного тока 27 *в*.

Минимальная зона нечувствительности: по входу постоянного тока $\leqslant 0{,}12$ *мв*; по входу переменного тока $\leqslant 7$ *мв*. Входное сопротивление усилителя: постоянному току $\geqslant 40$ *ом*; переменному току $\geqslant 1000$ *ом*.

Общий вид электронного усилителя показан на рис. XII.77.

3. Обегающее устройство ОУ-25П

Блок-схема обегающего устройства ОУ-25П показана на рис. XII.78. Скорость обегания регулируемых параметров задается генератором им-

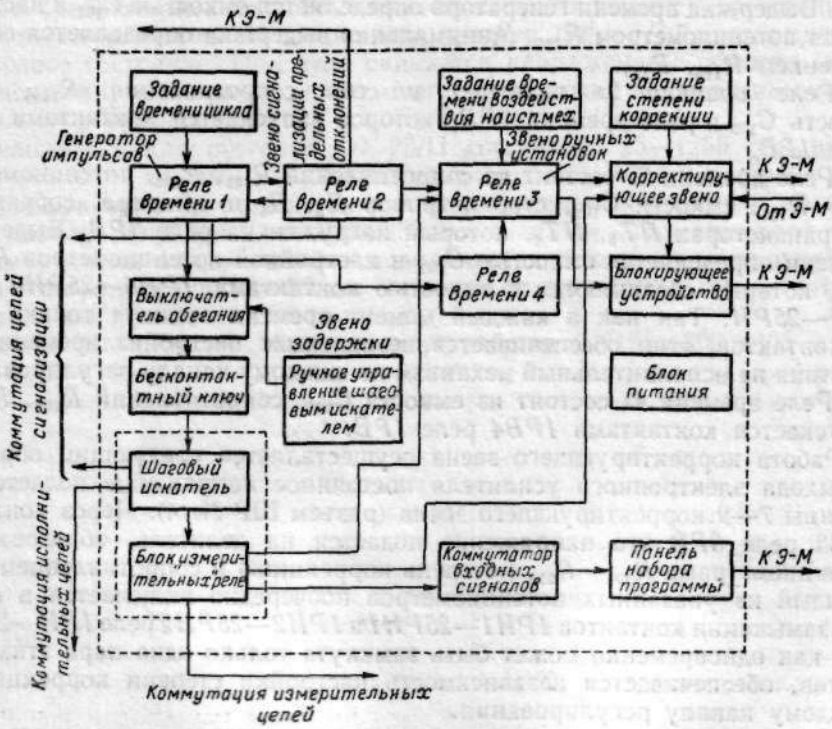


Рис. XII.78. Блок-схема обегающего устройства ОУ-25П

пульсов — «реле времени 1». Через выключатель обегания и бесконтактный ключ «реле времени 1» переключает шаговый искатель на очередной канал. При этом исполнительные цепи и цепи сигнализации непосредственно коммутируются шаговым искателем, а измерительные цепи

посредством блока измерительных реле. Одновременно «реле времени 1» запускает звено сигнализации предельных отклонений — «реле времени 2», которое при срабатывании на определенное время (порядка 0,5 *сек*) уменьшает чувствительность электронного усилителя Э-М, делая его равным предельно допустимому отклонению регулируемого параметра (во избежание включения в действие электронного усилителя).

После отпускания «реле времени 2» начинается процесс регулирования и запускается звено ручных уставок — «реле времени 3», выдержка которого определяет постоянную, не зависящую от величины отклонения параметра часть времени воздействия на исполнительный механизм. После срабатывания «реле времени 3» запускается корректирующее звено, определяющее часть времени воздействия, пропорциональную величине отклонения параметра от задания. Во избежание ложных сигналов в цепях сигнализации из-за переходных процессов в усилителе Э-М, генератором импульсов запускается также звено задержки — «реле времени 4», которое служит для создания определенной задержки между моментом переключения на определенный канал и началом сигнализации.

Принципиальная схема обегающего устройства дана на рис. XII.75. Генератор импульсов («реле времени 1») состоит из сопротивлений R_{126}, R_{127}, R_{129}, конденсатора C_{101}, стабилизаторов $Д_1$, $Д_2$ и полупроводникового триггера на транзисторах $ПТ_1$, $ПТ_2$, который нагружен на реле времени *1РВ*. Выдержка времени генератора определяется емкостью C_{101} и настраивается потенциометром R_{129}. Минимальная выдержка определяется сопротивлением R_{126}, R_{127}.

«Реле времени 2» включает в себя сопротивления R_{149}, R_{150}, емкость C_{103} и реле времени *2РВ*, которое запускается контактами *1РВ2* реле *1РВ*.

«Реле времени 3» состоит из сопротивлений R_{135}, R_{136}, потенциометров R_{101}—R_{125}, емкости C_{102}, стабилотронов $Д_3$, $Д_4$ и триггера, собранного на транзисторах $ПТ_3$, $ПТ_4$, который нагружен на реле *3РВ*. Выдержка времени определяется емкостью C_{102} и настройкой потенциометров R_{101}—R_{125}, которые соединяются с емкостью контактами *1РИ6—25РИ6* реле *1РИ—25РИ*. Так как в каждый момент времени замкнут только один из контактов, этим обеспечивается независимая настройка времени воздействия на исполнительный механизм по каждому каналу регулирования.

«Реле времени 4» состоит из емкости C_{107}, сопротивлений R_{152}, R_{153} и запускается контактами *1РВ4* реле *1РВ*.

Работа корректирующего звена осуществляется следующим образом. С выхода электронного усилителя постоянное напряжение подается на зажимы *7—9* корректирующего звена (разъем ШР № 4). Через контакты *3РВ3* реле *3РВ* это напряжение подается на делитель, образованный потенциометрами R_{201}—R_{225} («степень коррекции») и сопротивлением R_{151}. Каждый из указанных потенциометров поочередно включается в схему при замыкании контактов *1РИ1—25РИ1* и *1РИ2—25РИ2* реле *1РИ—25РИ*. Так как одновременно может быть замкнута только одна пара этих контактов, обеспечивается независимость настройки степени коррекции по каждому каналу регулирования.

Часть напряжения, снимаемого с делителя, подается на интегрирующую цепочку R_{142}—C_{106} (контакт *3РВ2* при этом разомкнут). С выхода интегрирующей цепочки (зажимы *10—9*) напряжение подается на сетку лампы $Л_1$ электронного усилителя, причем знак этого сигнала всегда таков, что он компенсирует сигнал разбаланса, приходящий от соответствующего измерительного блока.

Бесконтактный ключ, собранный на транзисторе $ПТ_6$, управляет обмоткой шагового искателя *ОШИ*. В исходном состоянии контакт *1РВ3* реле *1РВ* разомкнут, ток в базовой цепи триода $ПТ_6$ отсутствует и обмотка *ОШИ* обесточена. При замыкании контакта *1РВ3* срабатывает триод $ПТ_6$, и шаговый искатель *ШИ* притягивает свой якорь. При последующем размыкании контакта *1РВ3* транзистор $ПТ_6$ вновь закроется, *ОШИ* обесточится, шаговый искатель отпустит якорь, и его ротор сделает один «шаг», переключив все цепи на очередной канал регулирования.

Кнопка $К_2$ («кнопка пропуска»), шунтирующая контакт *1РВ3*, позволяет разорвать цепь обмотки *ОШИ*, прекращая обегание. При этом происходит многократное повторное регулирование по одному каналу.

Работа обегающего устройства в целом происходит следующим образом. В исходном состоянии реле *1РВ*, *3РВ* и одно реле блока *1РИ—25РИ* (соответствующее определенному каналу регулирования) находятся под током. Реле *2РВ* и все остальные реле блока *1РИ—25РИ* обесточены. Когда напряжение на емкости $С_{101}$ генератора импульсов («реле времени 1») достигнет напряжения срабатывания, триггер $ПТ_1$—$ПТ_2$ опрокидывается, и реле *1РВ* обесточивается. При этом, во-первых, контакт *1РВ3* замыкается, открывает триод $ПТ_6$ и шаговый искатель притягивает свой якорь; во-вторых, замыкается контакт *1РВ2*, срабатывает реле *2РВ* и заряжается одновременно емкость $С_{103}$.

При срабатывании реле *2РВ* емкость $С_{101}$ отключается от источника и разряжается на сопротивление R_{127}, триггер $ПТ_1$ —$ПТ_2$ возвращается в исходное состояние. При этом снимается напряжение с обмотки шагового искателя, и его ротор делает «шаг», переключая все цепи на очередной канал регулирования.

Диапазон цикла обегания ОУ-25/П составляет 25—1250 *сек*; время связи системы с каждым каналом регулирования 1—50 *сек*; диапазон ручных уставок времени воздействия на исполнительный механизм по каждому каналу регулирования 0,5—25 *сек*; диапазон автоматической коррекции времени воздействия на исполнительный механизм по каждому каналу регулирования 0—50 *сек*; питание от сети 220 *в*, 50 *гц*; потребляемая мощность 30 *в·а*.

Габаритные размеры обегающего устройства — 175×300×405 *мм*.

ГЛАВА XIII

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ МЕХАНИЗМЫ

Электрические исполнительные механизмы* представляют собой электроприводы, предназначенные для перемещения регулирующих органов в системах дистанционного и автоматического регулирования и управления. К основным элементам электрических исполнительных механизмов относятся:

1) электродвигатель;
2) редуктор, понижающий число оборотов;
3) выходное устройство для механического сочленения с регулирующим органом;
4) дополнительные устройства, обеспечивающие: останов механизма в крайних положениях; самоторможение при отключении электродвигателя; возможность ручного привода на случай выхода из строя системы

Таблица XIII.1

Технические характеристики электромеханических приводов и механизмов МЭО

Наименование сервопривода	Тип сервопривода	Механизм МЭО	Максимальный крутящий момент на выходном валу в *кгс·м*	Мощность электродвигателя в *квт*	Время поворота выходного вала на 90° в *сек*
Редуктор: малый малый быстроходный	РМ РМБ	МЭО-25/120 МЭО-25/60	25	0,27	30 15
Редуктор большой, правосторонний выход вала	РБ	МЭО-100/120	100	0,40	30
То же; левосторонний выход вала	РБ-Л	То же, исполнение левое			
Редуктор большой	РБ-200 РБ-400	МЭО-200/240 МЭО-400/240	200 400	0,40 1,0	60

* Подробные сведения о многооборотных приводах типов А, Б, В, Г для управления вентилями и задвижками см. в справочнике «Промышленная трубопроводная арматура», ч. III, М., ГосИНТИ, 1963.

Таблица XIII.2

Технические характеристики однооборотных исполнительных механизмов

Тип	Номинальный момент на выходном валу в *кгс·м*	Пусковой момент (не менее) в *кгс·м*	Время одного оборота выходного вала в *сек*	Максимальный рабочий угол поворота выходного вала в *град*	Напряжение питания в *в* при частоте 50 *гц*	Потребляемая мощность в *в·а*	Габаритные размеры в *мм*	Вид управления
ДР-М	1 *	—	10; 30; 60; 90; 120	180 **	220	50	240×122×285	Контактное
ДР-1М							240×122×180	
ПР-М				Любой в пределах 180 **			230×122×285	
ПР-1М							230×122×180	
ИМ-2/120	2	3	120	120		30	246×230×210	
ИМТМ-4/2,5	4	6	2,5	350	220/380	270	455×210×220	
МЭК-10К/120	10	15	120	90; 270	127; 220	180	326×313×435	
МЭК-10К/360			360					
МЭК-25К/120М	25	37	120	90; 240		120	490×450×392	
МЭК-25К/40М		42	40		220/380	115	490×523×392	
МЭК-63/40М	63	107				395		
МЭК-63/100М			100			290		
МЭК-100/120М	100	170	120					

Продолжение табл. XIII.2

Тип	Номинальный момент на выходном валу в *кгс·м*	Пусковой момент (не менее) в *кгс·м*	Время одного оборота выходного вала в *сек*	Максимальный рабочий угол поворота выходного вала в *град*	Напряжение питания в *в* при частоте 50 *гц*	Потребляемая мощность в *в·а*	Габаритные размеры в *мм*	Вид управления
МЭО-160/100К	160	272	100	90; 240	220/380	400	645×670×605	Контактное
МЭО-160/40КМ			40			750	535×604×446	
МЭО-400/100К	400	680	100				645×565×655	
МЭО-400/250К			250			400		
МЭО-1000/250К	1000	1700				750	980×670×650	
БИМ-2,5/120	2,5	3,5	120	120	127	30	246×230×210	Бесконтактное
БИМ-25/100	25	31	100	90; 270	220	150	313×374×480	
МЭО-1,6/40	1,6	2,4	40	90; 240	220	40	234×234×213	Бесконтактное или контактное
МЭО-4/100	4	6	100					
МЭО-4/40		6,8	40			65	260×330×300	
МЭО-10/40	10	17				102	366×356×325	
МЭО-10/100			100			64	260×330×300	
МЭК-10Б/120		15	120		110	160	326×313×435	

Продолжение табл. XIII.2

Тип	Номинальный момент на выходном валу в *кгс·м*	Пусковой момент (не менее) в *кгс·м*	Время одного оборота выходного вала в *сек*	Максимальный рабочий угол поворота выходного вала в *град*	Напряжение питания в *в* при частоте 50 *гц*	Потребляемая мощность в *в·а*	Габаритные размеры в *мм*	Вид управления
МЭК-10Б/360	10	15	360	90; 240	110	160	326×313×435	Бесконтактное или контактное
МЭО-25/40	25	42	40		200	300	425×455×455	
МЭО-25/100			100			105	366×356×320	
МЭК-25Б/120М		37	120		110	115	490×450×392	
МЭО-25/250		42	250		220	64	366×396×325	
МЭО-63/40	63	107	40			585	422×455×550	
МЭО-63/100			100			250	422×455×455	
МЭО-63/250			250			585	425×455×550	
МЭО-160/100	160	272	100			550	508×620×500	
МЭО-160/250			250			250	508×520×500	
МЭО-400/250	400	680				450	640×840×615	
ИМ-2Б/15М	15	22	80		110	60	490×450×392	
ИМ-2Б/30М	30	45	160					
ИМ-2Б/45М	45	67	280					

* Момент, соответствующий повороту вала на 180° за 30 *сек*.
** Поступательное движение штока ДР-М составляет 19 *мм*, а ПР-М — 20 *мм*.

автоматики или для наладки; обратную связь в системах автоматического регулирования; дистанционное указание и сигнализацию положения механизма.

Выходные устройства электрических исполнительных механизмов выполняются так, чтобы осуществить вращательное или прямолинейное движение. Механизмы с вращающимися выходными устройствами подразделяются на однооборотные, у которых угол поворота выходного вала менее или равен 360°, и многооборотные, у которых выходной вал совершает более одного оборота. Однооборотные механизмы иногда называют кривошипными в связи с тем, что на выходном валу подобных механизмов обычно укреплен кривошип, сочленяющийся при помощи тяг и рычагов с регулирующим органом. Технические характеристики однооборотных исполнительных механизмов приведены в табл. XIII.1, XIII.2.

Исполнительные механизмы рассчитаны для работы при температуре окружающей среды от —40÷—20° С до 50÷60° С и относительной влажности 80% при 20° С.

§ 1. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ МЕХАНИЗМЫ ОДНООБОРОТНЫЕ

Механизмы (колонки) дистанционного управления типа КДУ и типа МЭО. Механизмы дистанционного управления КДУ применяются в схемах регулирования системы Московского завода тепловой автоматики (см. гл. XII, § 1). На рис. XIII.1, *а* представлен общий вид механизма, состоящего из сервопривода и кинематически связанной с ним колонки *2*.

Различаются следующие типы механизмов: КДУ-1, КДУ-1/П, КДУ-1/ПС, КДУ-II/П и КДУ-II/ПС. Индекс I указывает на наличие концевых выключателей, реостатного датчика для дистанционного указателя положения и трансформатора с выпрямителем для питания узла указателя положения. Механизмы с индексом II отличаются от механизмов с индексом I наличием дополнительного индукционного датчика плунжерного типа *3* для обратной связи по положению выходного вала. П обозначает наличие в механизмах путевых выключателей хода, электрически связанных с концевыми выключателями, ПС — отсутствие этой электрической связи.

Каждый исполнительный механизм сочетается с любым типом сервопривода, приведенным в табл. XIII.1.

Сервопривод комплектуется трехфазным асинхронным электродвигателем *6*, работающим при напряжении 220/380 *в* и частоте 50 *гц*, редуктором *5* с маховиком ручного управления *4* и выходным рычагом *1*.

Питание цепей управления пускателем при автоматическом регулировании осуществляется постоянным током 24 *в*, а при дистанционном управлении — переменным током 220 *в*, 50 *гц*. Колонка питается переменным током 220 *в*, 50 *гц*. Для уменьшения угла выбега выходного вала сервоприводов малой модели применяются тормоза ТЭК-30/60, для большой модели — ТЭК-60/150. Схема электрических соединений исполнительного механизма представлена на рис. XIII.1, *б*.

Однооборотные механизмы типа МЭО (см. табл. XIII.1) предназначены для контактного управления по схеме аналогично приведенной на рис. XIII.1, *б*. Механизм МЭО отличается от колонок с сервоприводами унифицированной конструкцией и наличием в каждой модификации концевых и путевых выключателей с индивидуальным выходом на рейку зажимов. Максимальный рабочий угол 90°. Механизм комплектуется одним

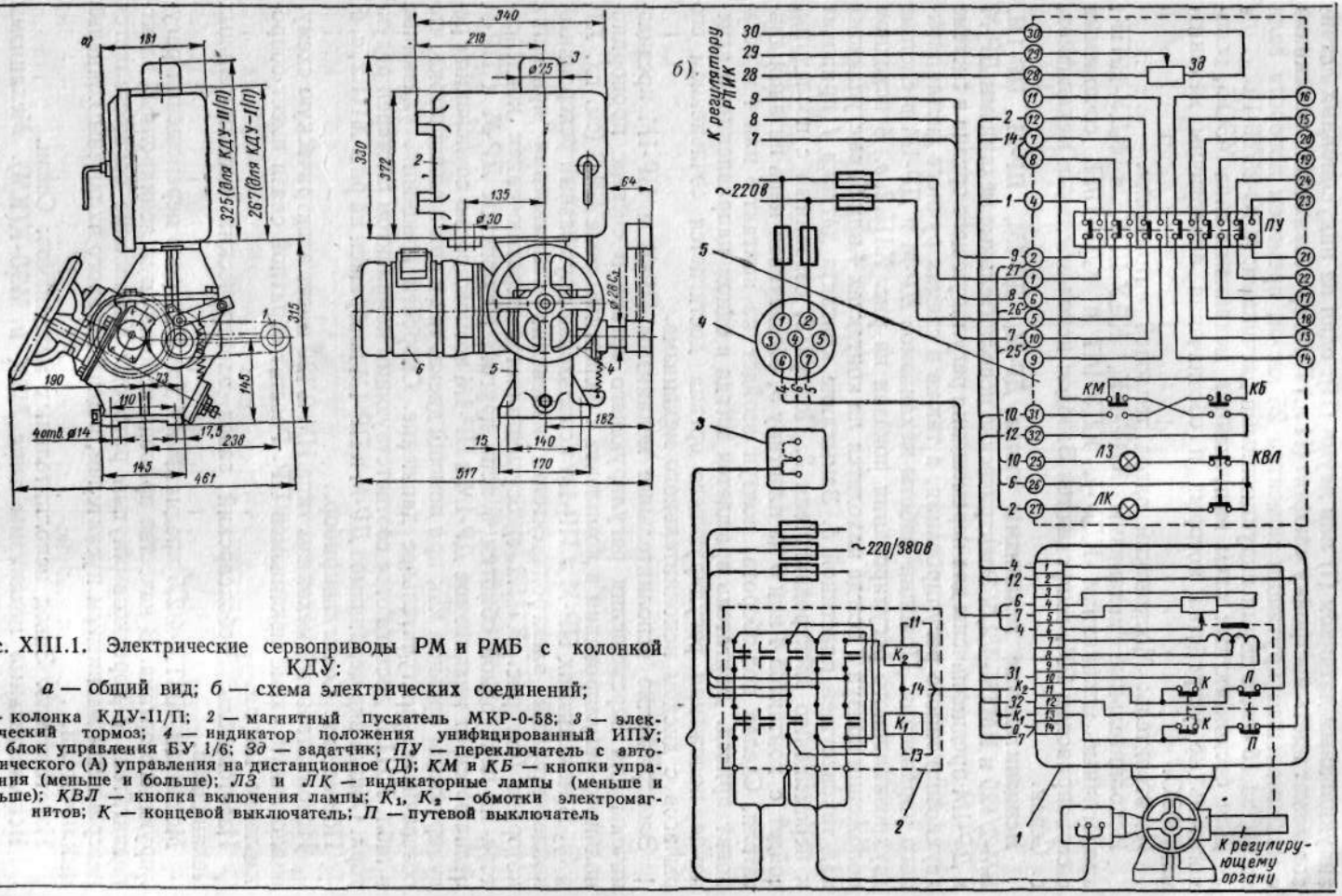


Рис. XIII.1. Электрические сервоприводы РМ и РМБ с колонкой КДУ:

а — общий вид; *б* — схема электрических соединений;

1 — колонка КДУ-II/П; *2* — магнитный пускатель МКР-0-58; *3* — электрический тормоз; *4* — индикатор положения унифицированный ИПУ; *5* — блок управления БУ 1/6; *Зд* — задатчик; *ПУ* — переключатель с автоматического (А) управления на дистанционное (Д); *КМ* и *КБ* — кнопки управления (меньше и больше); *ЛЗ* и *ЛК* — индикаторные лампы (меньше и больше); *КВЛ* — кнопка включения лампы; K_1, K_2 — обмотки электромагнитов; *К* — концевой выключатель; *П* — путевой выключатель

индукционным датчиком (I) или двумя (II); один из индукционных датчиков может иметь настройку «люфта» (II л.) Пример обозначения механизма с максимальным крутящим моментом 25 *кгс·м*, временем поворота вала на 90° за 15 *сек*, с двумя индукционными датчиками: МЭО-25/60-II.

Для бесконтактных схем выпускаются механизмы типа МЭОБ, вспомогательные устройства которых и обозначения аналогичны механизмам МЭО.

Изготовитель: Московский завод тепловой автоматики.

Исполнительные механизмы КДУ-I/К, КДУ-I/ПК и КДУ-II/ПК, аналогичные механизмам КДУ-I, КДУ-I/П и КДУ-II/П, сочетаемые с сервоприводом РМ, выпускаются Заводом исполнительных механизмов, г. Севан.

Исполнительные механизмы типов ДР-М, ДР-1М, ПР-М, ПР-1М, ИМ-2/120 и ИМТМ-4/2,5. Электрические исполнительные механизмы ДР-М и ДР-1М предназначены для перемещения регулирующего органа в системе двухпозиционного регулирования, а также в схемах ручного дистанционного управления. Принцип работы механизмов ДР-М и ДР-1М в системе двухпозиционного регулирования показан на рис. XIII.2, *в*. В исходном положении ползун *3* всегда находится на контактах *4* или *6*, выступающих над токонесущей пластиной *5*. Замыкание контакта датчика *1* приводит к перемещению электродвигателя *2*. Ползун *3*, связанный с последним, сойдет с контактов *4* или *6* на пластину *5*, обеспечивая цепь питания двигателя. Сделав пол-оборота, ползун взойдет на контакт *6* или *4* и остановит привод. Двигатель вращается всегда в одном направлении, а изменение положения регулирующего органа достигается сочленением его рычагов с диском исполнительного механизма.

Электрические исполнительные механизмы ПР-М и ПР-1М предназначены для перемещения регулирующего органа в системе пропорционального регулирования в комплекте с балансным реле БР-3 (см. гл. XI, § 3). В механизмах ПР-М и ПР-1М использован двухфазный реверсивный конденсаторный электродвигатель, изменение направления вращения которого (см. рис. XIII.2, *г*) осуществляется переключением конденсатора из цепи одной обмотки в цепь другой. Механизмы ДР-М и ПР-М отличаются от механизмов ДР-1М и ПР-1М возможностью сочленения с регулирующим органом как при помощи диска, так и при помощи штока, что обеспечивает поступательное движение. Скорости вращения, указанные в табл. XIII.2, достигаются соответствующим комплектом шестерен редуктора. Общий вид механизмов ДР-М и ПР-1М изображен на рис. XIII.2, *а*, *б*.

Поставщик: Союзглавприбор.

Исполнительный механизм типа ИМ-2/120 имеет электрическую схему, аналогичную схеме механизмов ПР. Реостат обратной связи имеет сопротивление 120 *ом*.

Изготовитель: Чебоксарский завод электрических исполнительных механизмов.

Механизм ИМТМ-4/2,5 предназначен для быстрого перемещения регулирующего органа. В качестве привода используется асинхронный электродвигатель с короткозамкнутым ротором. Управление осуществляется реверсивным магнитным пускателем, в цепи которого включены концевые выключатели.

Изготовитель: Завод исполнительных механизмов, Севан.

Исполнительные механизмы типа МЭК и МЭО-К(КМ). Механизмы предназначены для использования в системах регулирования с контактным управлением посредством реверсивного пускателя МКР-0-58.

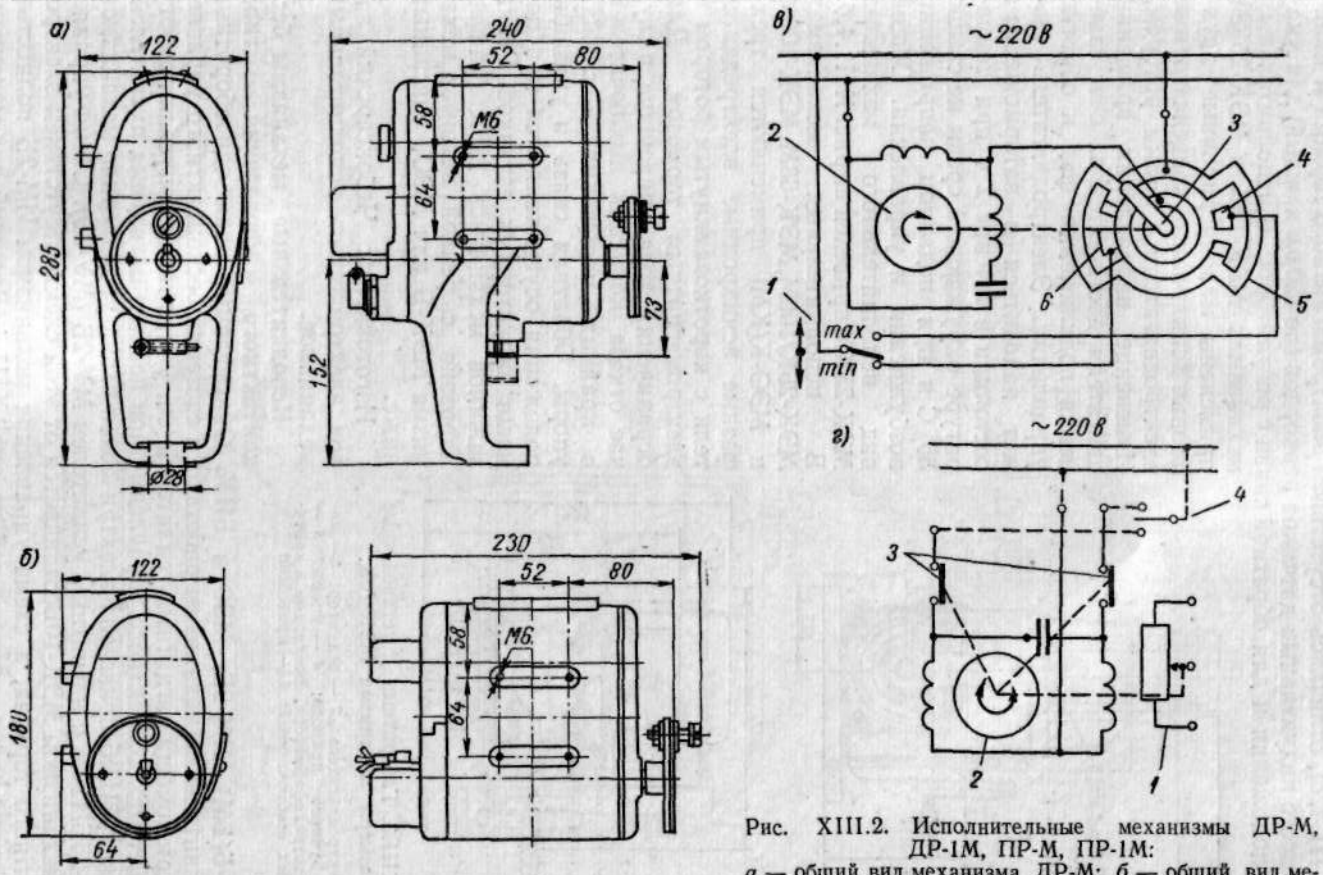


Рис. XIII.2. Исполнительные механизмы ДР-М, ДР-1М, ПР-М, ПР-1М:
а — общий вид механизма ДР-М; *б* — общий вид механизма ПР-1М; *в* — схема включения механизмов ДР-М и ДР-1М; *г* — схема включения механизмов ПР-М и ПР-1М
(*1* — реостат обратной связи, 180 *ом*; *2* — двигатель; *3* — концевые выключатели останова в крайних положениях; *4* — балансное реле)

Внешний вид исполнительного механизма МЭК-10К представлен на рис. XIII.3. Принципиальная электрическая схема механизма МЭК-10К подобна принципиальной электрической схеме механизма МЭК-25КМ (см. рис. XIII.4, *а*), отличаясь отсутствием электромагнитного тормоза и наличием вместо индуктивных датчиков реохордов (по 120 *ом* каждый) для указания положения и для обратной связи с регулятором. В исполнительных механизмах МЭК-10К и МЭК-25КМ применены малоинерционные двухфазные асинхронные конденсаторные электродвигатели с полым ротором. Изменение направления вращения двигателя достигается за счет изменения подключения фаз к обмотке управления. Электродвигатель может находиться в заторможенном состоянии в течение 2 *ч* при температуре окружающей среды не свыше 35° С и при поданном напряжении возбуждения и управления. Общий вид исполнительного механизма МЭК-25КМ приведен на рис. XIII.4,*б*. В исполнительных механизмах МЭК-25К/100М, МЭК-63М, МЭК-100М и МЭО-К(КМ) применяются трехфазные асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором и электромагнитным тормозом. Для ограничения хода кривошипа в случае отказа концевых выключателей в крайних положениях служат упоры. Обратная связь и указание положения осуществляются при помощи индуктивных датчиков. Рейка зажимов механизмов МЭК унифицирована с рейкой зажимов механизма МЭК-Б или МЭО, описанных ниже.

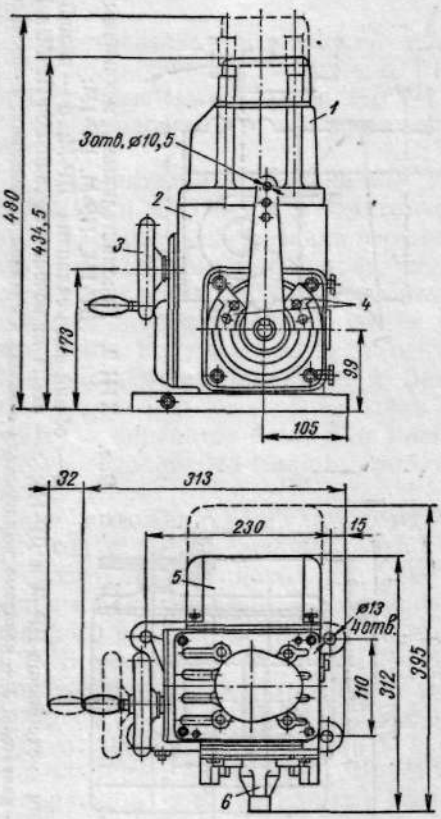


Рис. XIII.3. Габаритные и установочные размеры механизма МЭК-10К:

1 — электродвигатель; *2* — редуктор; *3* — маховик ручного привода; *4* — упоры; *5* — узел автотрансформатора, реохордов и конечных выключателей; *6* — кривошип

Изготовитель: Чебоксарский завод электрических исполнительных механизмов.

Исполнительные механизмы бесконтактного управления типа МЭК-Б(БМ), ИМ-2Б, МЭО и БИМ. Описываемые ниже однооборотные исполнительные механизмы работают в системах бесконтактного управления при помощи магнитных усилителей (см. § 3), а также допускают работу и в системах контактного управления при помощи магнитных пускателей. На рис. XIII.5 приведена электрическая схема управления механизмом МЭК-25Б/120М с магнитным усилителем МУ-2Б (МУ-2Э). Схема управления механизмом МЭК-10Б отличается от этой схемы отсутствием электромагнитного тормоза, а схема управления механизмом ИМ-2Б полностью аналогична схеме, приведенной на рис. XIII.5. Внешний вид механизма МЭК-10Б аналогичен внешнему виду механизма МЭК-10К (см. рис. XIII.3), а внешний вид механизмов МЭК-25Б и ИМ-2Б — механизму на рис. XIII.4.

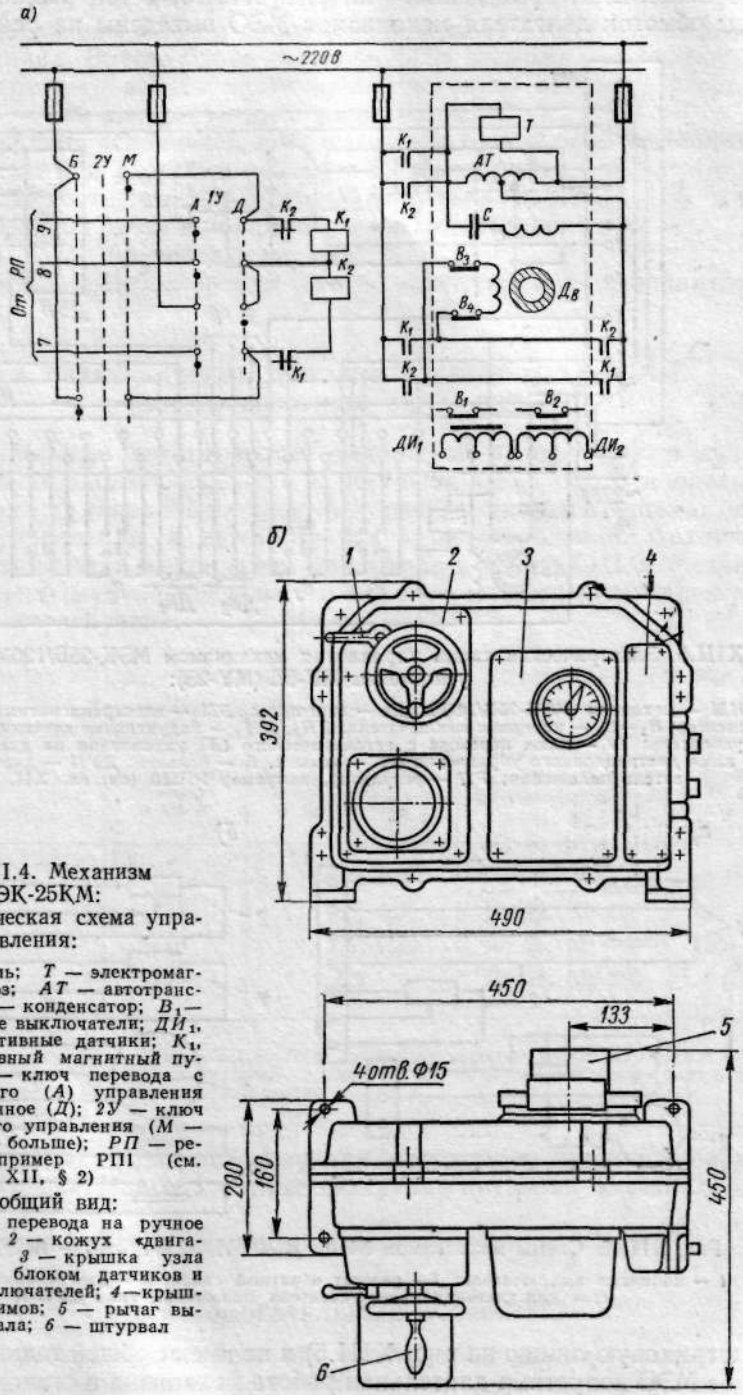


Рис. XIII.4. Механизм МЭК-25КМ:

а — электрическая схема управления:

Дв — двигатель; *Т* — электромагнитный тормоз; *АТ* — автотрансформатор; *С* — конденсатор; B_1—B_4 — концевые выключатели; $ДИ_1$, $ДИ_2$ — индуктивные датчики; K_1, K_2 — реверсивный магнитный пускатель; *1У* — ключ перевода с автоматического (*А*) управления на дистанционное (*Д*); *2У* — ключ дистанционного управления (*М* — меньше, *Б* — больше); *РП* — регулятор, например РП1 (см. гл. XII, § 2)

б — общий вид:

1 — рукоятка перевода на ручное управление; *2* — кожух «двигатель-тормоз»; *3* — крышка узла управления с блоком датчиков и конечных выключателей; *4* — крышка рейки зажимов; *5* — рычаг выходного вала; *6* — штурвал

Принципиальная электрическая схема механизмов МЭО аналогична схеме механизма, приведенного на рис. XIII.5, с той разницей, что все концы обмоток двигателя механизмов МЭО выведены на рейку зажимов

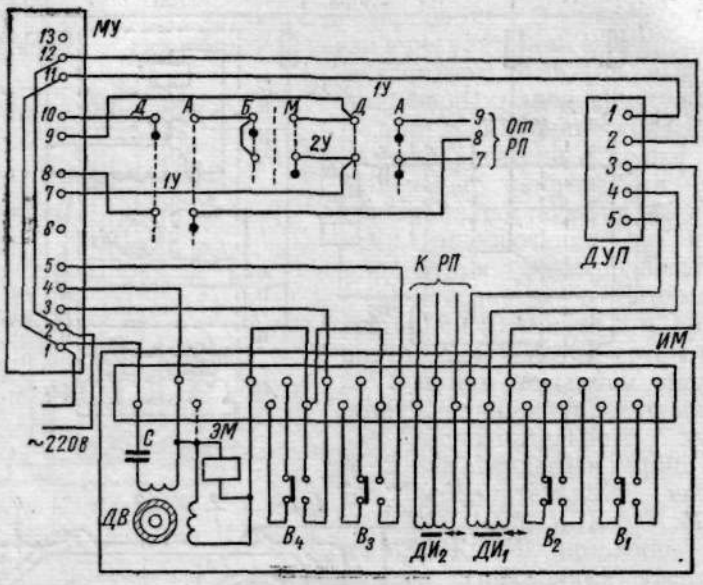


Рис. XIII.5. Электрическая схема управления механизмом МЭК-25Б/120М с магнитным усилителем МУ-2Б (МУ-2Э):

ИМ — механизм МЭК-25Б/120М; *Дв* — двигатель; *ЭМ* — электромагнитный тормоз; *С* — конденсатор; $В_1$—$В_4$ — концевые выключатели; $ДИ_1$, $ДИ_2$ — индуктивные датчики; *МУ* — магнитный усилитель; *1У* — ключ перевода с автоматического (*А*) управления на дистанционное (*Д*); *2У* — ключ дистанционного управления (*М* — меньше, *Б* — больше); *ДУП* — дистанционный указатель положения; *РП* — регулятор, например РПИБ (см. гл. XII, § 1)

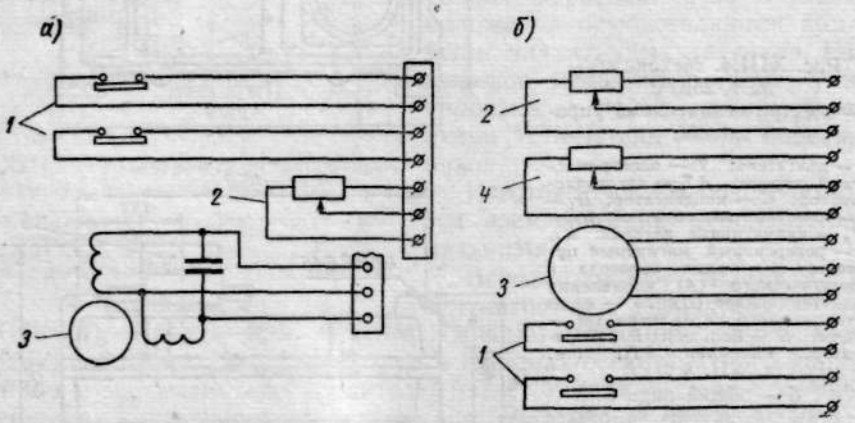


Рис. XIII.6. Схемы механизмов БИМ: *а* — БИМ-2,5/120; *б* — БИМ-25/100;

1 — концевые выключатели; *2*— реостат обратной связи; *3* — двигатель; *4*— реостат для дистанционного указателя положения типа ДУП-К

(см. штриховую линию на рис. XIII.5) и не имеют общей точки. Для механизмов МЭО допустима длительная работа механизма в стопорном режиме при полном напряжении питания. Угол поворота выходного вала ограничивается с помощью механических упоров. Концевые выключатели и индук-

тивные датчики образуют блок датчиков БДИ-1 или БДИ-2. БДИ-2 отличается от БДИ-1 тем, что датчик ДИ-1 для подключения обратной связи имеет настраиваемый люфт в диапазоне от 0 до 50% от полного рабочего хода сердечника. Вместо блока датчиков БДИ возможна установка блока БДР-1, у которого вместо индуктивных датчиков встроены реостатные датчики ($R = 120$ *ом*, допустимое напряжение 12 *в*).

Бесконтактные исполнительные механизмы БИМ-2,5/120 и БИМ-25/100 предназначены для работы в комплекте с бесконтактными регуляторами БР-11 и БР-21 соответственно, которые описаны в гл. XII, § 3. В качестве датчиков обратной связи и положения вала используются реостаты. Схемы механизмов БИМ приведены на рис. XIII.6.

Изготовитель: Чебоксарский завод электрических исполнительных механизмов.

§ 2. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ МЕХАНИЗМЫ МНОГООБОРОТНЫЕ ТИПА МЭМ

Исполнительные электрические механизмы вращательного действия МЭМ являются многооборотными с постоянной скоростью и предназначены для привода запорной или регулирующей арматуры в системах дистанционного управления и автоматического регулирования. Технические характеристики этих механизмов приведены в табл. XIII.3. Механизмы МЭМ оснащены муфтой предельного момента, отключающей электродвигатель при перегрузках.

Таблица XIII.3

Технические характеристики механизмов МЭМ

Тип	Нормальный момент в *кгс·м*	Время одного оборота выходного вала в *сек*	Количество оборотов выходного вала	Потребляемая мощность в *в·а*
МЭМ-1,6	1,6	1; 2,5; 6,3	10; 25	120
МЭМ-4	4	1; 2,5; 6,3	10; 25; 63; 160	120—400
МЭМ-10	10	1; 2,5; 6,3	10; 25; 63; 160	120—600
МЭМ-25	25	6,3	10; 25; 63; 160	600

Примечание. Полное обозначение механизма изображается в виде дроби: в числителе — тип механизма, в знаменателе — время в *сек* одного оборота выходного вала и через тире — количество оборотов выходного вала.

В механизмах МЭМ используются реостатные датчики положения и обратной связи. Многооборотные механизмы питаются от сети 220/380 *в*, 50 *гц*.

Изготовитель: Завод исполнительных механизмов, Севан.

§ 3. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА

Магнитные усилители типов МУ и УМД. Магнитные усилители предназначены для бесконтактного управления электрическими исполнительными механизмами в комплекте с регулирующими приборами. Технические характеристики магнитных усилителей приведены в табл. XIII.4.

Таблица XIII.4

Технические характеристики магнитных усилителей, работающих с исполнительными механизмами

Тип магнитного усилителя	Тип исполнительного механизма	Входное сопротивление в *ом*	Потребляемая мощность в *в·а*	Габаритные размеры в *мм*
МУ-2Б МУ-2Э	ИМ-2БМ; МЭК-10Б; МЭК-25БМ	5000±200 160±10	200	171×390×203
УМД-10	МЭО-4/40; МЭО-10/100; МЭО-25/250	80±5	250	—
УМД-25	МЭО-25/100; МЭО-63/250; МЭО-10/40	80±5	250	330×280×250
УМД-63	МЭО-25/40; МЭО-63/100; МЭО-160/250	80±5	350	320×359×270
УМД-160	МЭО-63/40; МЭО-160/100; МЭО-400/250	80±5	1500	414×385×290

Примечание. Усилители УМД-10А, УМД-25А, УМД-63А и УМД-160А имеют входное сопротивление 160±10 *ом*; остальные характеристики аналогичны приведенным характеристикам усилителей без индекса А.

Магнитные усилители собраны по дифференциальной двухтактной схеме с внутренней обратной связью. Питание магнитных усилителей осуществляется от сети 220 *в*, 50 *гц*.

Изготовитель: Чебоксарский завод электрических исполнительных механизмов.

Дистанционные указатели положения типа ДУП и ИПУ. Для дистанционного указания положения исполнительных механизмов, оснащенных реостатными датчиками, выпускается указатель ДУП-К. Указатель положения ДУП-Б работает в комплекте с индукционным датчиком исполнительного механизма. Дистанционные указатели положения питаются от сети 220 *в*, 50 *гц*; потребляемая мощность 5 *в·а*. Габаритные размеры приборов обоих типов 112×116×118 *мм*.

Изготовитель: Чебоксарский завод электрических исполнительных механизмов.

Указатель ДУП-I работает в комплекте с реостатным датчиком. Предельный ток 1 *ма*. Габаритные размеры 63×63×70 *мм*.

Изготовитель: Завод исполнительных механизмов, Севан.

Для работы с индукционными и дифференциально-трансформаторными датчиками выпускаются индикаторы положения унифицированные ИПУ, которые могут также работать с реостатными датчиками колонки КДУ (см. рис. XIII.1). Напряжение для питания датчика 12 *в* (2×6 *в*). Напряжение питания ИПУ 200 *в*, частота 50 *гц*; потребляемая мощность 6 *в·а*. Габаритные размеры ИПУ 60×60×200 *мм*.

Изготовитель: Московский завод тепловой автоматики.

ГЛАВА XIV

ЧАСТОТНО-ФЕРРОДИНАМИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ПРИБОРОВ

Специальным конструкторским бюро систем автоматического управления (СКБ САУ, Харьков) разработана частотно-ферродинамическая система приборов контроля и управления. Унифицированными сигналами системы являются э. д. с. переменного тока (50 *гц*) —1÷0÷+1 *в* и 0—2 *в*, а также частота в диапазоне 4—8 *кгц*. Особенностью системы является бесконтактность измерительных схем (в результате чего приборы отличаются повышенной надежностью); электрические контакты используются только в схемах сигнализации, блокировки и ручного управления регуляторами. Частотно-ферродинамическая система приборов обеспечивает работу со стандартными датчиками температуры (термопарами и термометрами сопротивления); для замера расхода и давления, а также других параметров разработаны первичные приборы. Наличие в системе разнообразных преобразователей, функциональных блоков и регуляторов обеспечивает решение различных задач автоматизации при помощи электрических, гидравлических и пневматических исполнительных механизмов. Частотные датчики, встраиваемые в первичные или вторичные приборы, обеспечивают связь с машинами централизованного контроля системы типа МЦК-ИРц и МЦК-СРц (см. гл. XV, § 3), сумматорами и другими частотными приборами. В основу системы положен блочно-модульный принцип построения. Все изделия брызгозащищенные и предназначены для установки в помещениях с нормальной средой. Вторичные приборы имеют унифицированный корпус щитового монтажа (см. § 3).

Преобразователи, функциональные блоки и регуляторы также имеют унифицированные корпуса настенного монтажа с габаритами, указанными в § 2.

Приборы системы должны питаться от разделительных трансформаторов напряжением 127 *в* и частотой 50 *гц*. Заземление вторичной обмотки не допускается. Для питания ряда приборов применяются напряжения и других величин, о чем имеются соответствующие указания в описаниях этих приборов. Данные по мощности, потребляемой каждым прибором, сведены в табл. XIV.1. Длина линии связи для ферродинамических приборов, а также для дифманометров ДМИ (см. гл. III, § 10) составляет не менее 1 *км* при использовании контрольных кабелей, у которых емкость между любой парой проводов не превышает 0,125 *мкф* и сопротивление каждого провода линии связи не более 20 *ом*. Не разрешается прокладывать в одном кабеле силовые цепи приборов совместно с измерительными цепями и цепями обмоток возбуждения. Длина линии связи от преобразователей с частотным выходом до устройств преобразования информации

составляет 1 *км* для телефонных кабелей ТГ, ТБ, ТРВКШ с диаметром жилы 0,5 *мм* и до 3 *км* для кабелей ТГ и ТБ с диаметром жилы 0,7 *мм*. Возможно применение контрольного кабеля.

Модификации первичных приборов, преобразователей и вторичных приборов отличаются в каждой группе друг от друга количеством и номерами модификаций выходных преобразователей ПФ, наличием выходного преобразователя ПС (см. § 1), а также наличием сигнального устройства (его характеристика приведена в гл. XI, § 1). Количество выходных сигналов, исключая сигнальное устройство, может изменяться для разных типов приборов от одного до трех.

Таблица XIV.1

Мощности, потребляемые приборами частотно-ферродинамической системы

Тип	Мощность в *в·а*	Тип	Мощность в *в·а*
ПФ	4	ПНЧ, ЗПНЧ, БРФ,	50
ПС	0,5	РФ-ПИ, ВФПМ, ВФСМ, ВЧПМ, ВЧСМ	
СЧ	2	ПЭФ, ПЭФК	40
СЧСМ, СЧПМ	20	БУР, ПФТ,	70
ППФ, ПМФ, ПФФ, ПФФК, БУС	25	ПЭГ	

Возможны различные варианты установки выходных преобразователей: 1) только типа ПФ; 2) только типа ПС; 3) типа ПФ совместно с типом ПС. Следует учесть, что преобразователь ПС устанавливается только один. Выходные преобразователи ПФ обозначаются цифрами 1—6 соответственно модификациям ПФ1 — ПФ6. Выходной преобразователь ПС обозначается буквой С. Сигнальное устройство имеет индекс Р. В обозначении шифра модификации на первом месте находится буквенное обозначение прибора. Затем следуют номера преобразователей ПФ, обозначение струнного преобразователя и в конце шифра буква Р (в случае необходимости сигнального устройства).

Приведем примеры.

1. Сумматор частотный для дистанционной передачи, самопишущий с сигнальным устройством: СЧСМ-Р.

2. То же, но с ферродинамическим преобразователем ПФ3 и струнным преобразователем ПС: СЧСМ-3СР.

Первичные приборы системы, кроме описанных ниже, рассмотрены также в гл. II, § 3 и гл. III, § 10, 11, электропневматический преобразователь типа ПЭПФ — в гл. X, § 3, вторичные приборы системы для измерения температуры — в гл. I, § 7, 9.

Преобразователи перемещений (датчики) системы изготовляются Заводом маркшейдерских инструментов, Харьков. Приборы частотно-ферродинамической системы, а также машины централизованного контроля, управления и регулирования изготовляются заводом КИП, Харьков.

§ 1. ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ ТИПА ПФ И ПС

Для преобразования угловых перемещений в пропорциональный унифицированный электрический сигнал переменного тока используются преобразователи ПФ, которые встраиваются в первичные и вторичные приборы, в регуляторы и функциональные преобразователи. Преобразователь ПФ представляет собой ферродинамическую систему (см. рис. XIV.1, *а*), магнитный поток Ф которой создается переменным током, протекающим по обмотке возбуждения W_1. Сердечник *4* механически связан с измерительными или компенсирующими устройствами первичных

и вторичных приборов. Поворот сердечника на угол α приводит к наведению э. д. с. E_p в рамке W_p, жестко укрепленной на сердечнике. Э. д. с. рамки пропорциональна углу поворота α, рабочий диапазон которого составляет 40° (±20°), при постоянных магнитной проводимости и токе

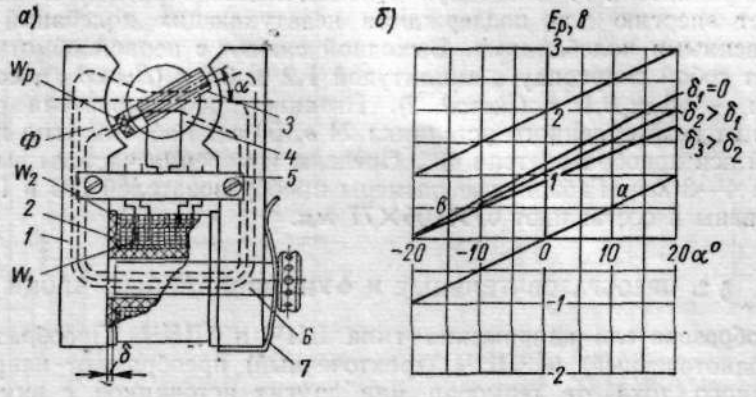


Рис. XIV.1. Конструкция (*а*) и характеристики (*б*) ферродинамического преобразователя ПФ:

1 и *4* — детали магнитопровода; *2* — катушка; *3* — рамка; *5* — соединительная колодка; *6* — плунжер; *7* — пружина

в обмотке возбуждения. Характеристика *а* (см. рис. XIV.1, *б*), соответствующая вышеприведенному описанию, относится к ферродинамическим преобразователям модификаций ПФ1 и ПФ2. В схемах умножения, деления и суммирования используются преобразователи ПФ3 и ПФ4, характеристика которых *b* достигается последовательным включением с обмоткой рамки обмотки смещения W_2. В схемах соотношения применяются преобразователи ПФ5 и ПФ6, у которых характеристика *с* обеспечивается по сравнению с характеристикой *b* увеличением числа витков обмотки W_2. Напряжение питания обмотки возбуждения преобразователей ПФ1, ПФ3 и ПФ5 равно 60 *в*, ПФ2, ПФ3 и ПФ4 — 12 *в*. Согласование характеристик обеспечивается изменением величины зазора δ. Момент, необходимый для поворота рамки датчика на максимальный рабочий угол, не превышает 10 *гс·см*.

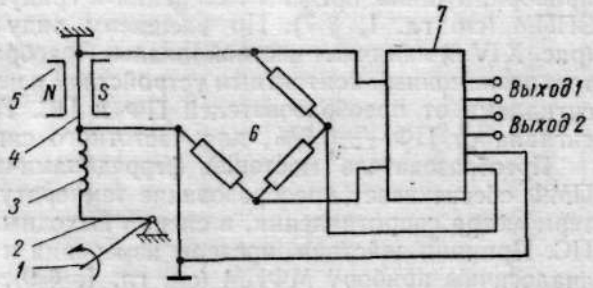


Рис. XIV.2. Схема включения струнного преобразователя ПС

Преобразователь струнный ПС предназначен для преобразования угловых перемещений измерительных систем первичных и вторичных приборов в модулированное по частоте напряжение переменного тока. Принцип работы датчика показан на рис. XIV.2. Металлическая немагнитная струна *4* при протекании по ней переменного тока колеблется в щели кольцевого постоянного магнита *5*. Работа преобразователя основана на явлении изменения частоты собственных поперечных колебаний струны

при воздействии растягивающей силы. Изменение технологического параметра приводит к угловому перемещению входной оси *1*, которая через передачу *2* воздействует на пружину *3*, растягивающую струну *4*. Э. д. с., наводимая в струне при колебаниях в магнитном поле, через мост *6* подается на вход усилителя *7*. Благодаря положительной обратной связи струна получает энергию для поддержания незатухающих колебаний в такт с собственными колебаниями. Выходной сигнал с первой обмотки представляет собой синусоиду с амплитудой 1,2 ± 0,2 *в* (*Выход 1*), со второй обмотки — 0,6 ± 0,1 *в* (*Выход 2*). Питание преобразователя осуществляется от незаземленного источника 24 *в*, 50 *гц*. Рабочий угол поворота входной оси преобразователя 40°. Пределы измерения частоты выходного сигнала 4—8 *кгц*. Габаритные размеры преобразователей ПС и ПФ унифицированы и составляют 67×105×77 *мм*.

§ 2. ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ БЛОКИ

Преобразователи напряжения типа ПНЧ и ЗПНЧ. Преобразователи ПНЧ (одноточечный) и ЗПНЧ (трехточечный) преобразуют напряжение постоянного тока от термопар или других источников с внутренним сопротивением, включая линию связи, не более 100 *ом* в частотный сигнал 4—8 *кгц*. Преобразователь ПНЧ построен по статической автокомпенсационной схеме. Пределы входных напряжений (в том числе для любой точки ЗПНЧ): 0—20, 0—50 и 0—100 *мв*. Погрешность преобразования ПНЧ — ±0,5% и ЗПНЧ — ±1,5%. Общий вид преобразователя ПНЧ изображен на рис. XIV.3.

Преобразователь потенциометрический типа ППФ. Основное назначение прибора ППФ состоит в преобразовании значений температуры, измеряемой термопарой или радиационным пирометром, в унифицированные сигналы частотно-ферродинамической системы. Принцип действия прибора, а также пределы измерения и градуировки аналогичны прибору ЭППМ (см. гл. I, § 7). По внешнему виду ППФ отличается от ПНЧ (рис. XIV.3) наличием местной шкалы. Преобразователь может оснащаться трехпозиционным контактным устройством и не более чем двумя выходными сигналами от преобразователей ПФ и ПС. Погрешность для выходного сигнала от ПФ—±0,5%, для частотного сигнала — ±1%.

Преобразователь мостовой ферродинамический типа ПМФ. Прибор ПМФ обеспечивает преобразование температуры, измеряемой с помощью термометра сопротивления, в сигнал выходных преобразователей ПФ или ПС. Принцип действия, пределы измерения и градуировка этого прибора аналогичны прибору МФПМ (см. гл. I, § 9). Остальные характеристики соответствуют преобразователю ППФ.

Преобразователи функциональные ферродинамические типа ПФФ и ПФФК. Преобразователи ПФФ и ПФФК обеспечивают функциональное преобразование и размножение сигналов ферродинамических преобразователей ПФ в сигналы выходных ПФ или ПС. На рис. XIV.4, *а* представлена схема прибора ПФФК. Работа прибора основана на принципе автокомпенсации. Сигнал E_1 от датчика *1* сравнивается с сигналом E_2 от компенсирующего преобразователя *3* прибора. Разбаланс через усилитель *7*, двигатель *5*, лекало *4* воздействует на поворот рамки преобразователя *3* до наступления равновесия. Функциональная зависимость определяется профилем кулачка, который может быть, например, квадратичным в случае измерения расхода или линейным при необходимости размножения сигнала. Преобразователь ПФФК отличается от преобразователя ПФФ

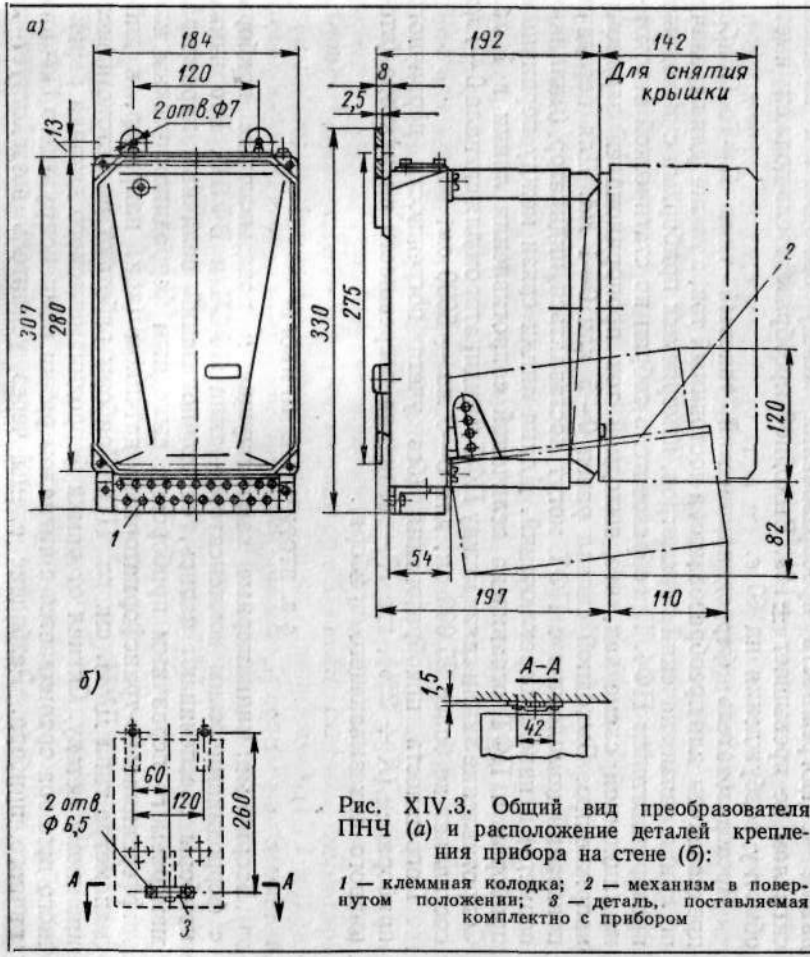


Рис. XIV.3. Общий вид преобразователя ПНЧ (*а*) и расположение деталей крепления прибора на стене (*б*):

1 — клеммная колодка; *2* — механизм в повернутом положении; *3* — деталь, поставляемая комплектно с прибором

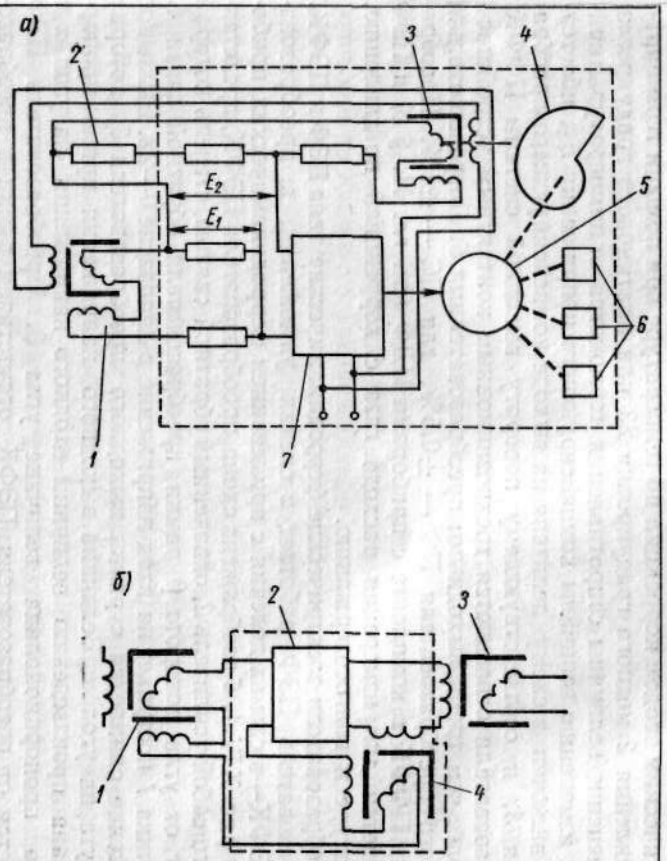


Рис. XIV.4. Структурные схемы преобразователей типа ПФФК (*а*) и типа ПЭФК (*б*)

автоматическим вводом коррекции по температуре при помощи термометра сопротивления *2* медного градуировки 23 или платинового градуировки 21. Изменение величины сопротивления термометра от температуры приводит к изменению величины компенсирующего напряжения E_2, ибо термометр включен в схему делителя на выходе компенсирующего преобразователя *3*, и соответствующему повороту выходной системы ПФФК. Преобразователи оснащаются трехпозиционным контактным устройством и не более чем тремя выходными преобразователями *6*. Погрешность для выходного преобразователя ПФ — ±0,5%, для ПС — ±1%. Преобразователь ПФФК в комплекте с приборами ИДФ (см. гл. II, § 3) и ПЭФ применяется для измерения расхода газа с коррекцией по давлению, температуре и влагосодержанию.

Преобразователи электрические ферродинамические типа ПЭФ и ПЭФК. Преобразователь ПЭФ работает в схемах умножения, а преобразователь ПЭФК—в схемах деления с применением ферродинамических приборов. На рис. XIV.4, *б* изображена схема преобразователя ПЭФК, представляющего собой усилитель *2*, охваченный обратной связью, степень которой зависит от угла поворота β рамки преобразователя обратной связи *4*. От датчика *1* поступает на вход напряжение в диапазоне 0—2 *в*. Выходное напряжение снимается с рамки выходного преобразователя *3*, которая повернута на угол α. Величина выходного напряжения прямо пропорциональна произведению величины входного напряжения на угол α и обратно пропорциональна величине угла β. Преобразователь ПЭФ отличается от преобразователя ПЭФК отсутствием рамки в преобразователе *4*. Погрешность преобразования между выходным и входным сигналом не превышает ±1%. Выходной преобразователь должен иметь обмотку возбуждения на 60 *в*.

Преобразователь ферродинамический токовый типа ПФТ. Прибор предназначен для преобразования в постоянный ток, а также для передачи по линии связи значений параметров, измеряемых приборами с выходным преобразователем ПФ4. Преобразователь собран по статической автокомпенсационной схеме так, что выходной ток пропорционален входному напряжению. Выходной сигнал равен 0—5 или 0—1 *ма*. Для передачи показаний комплектно с ПФТ могут поставляться индикатор (миллиамперметр) и панель переключений. Длина линии связи между первичным прибором и ПФТ ограничена величиной сопротивления линии в 1 *ом*. Сопротивление линии связи между ПФТ и индикатором для сигнала 0—1 *ма* составляет не более 25 000 *ом*, для 0—5 *ма* — 5000 *ом*.

Погрешность преобразования (без учета погрешности первичного прибора) ± (*К* + 2%), где *К* — величина погрешности индикатора (вторичного показывающего прибора).

§ 3. ВТОРИЧНЫЕ ПРИБОРЫ

Вторичные миниатюрные самопишущие и показывающие приборы с ферродинамическим компенсатором типа ВФСМ и ВФПМ. Вторичные приборы обеспечивают запись, отсчет показаний величины параметра, измеряемого первичным прибором с выходным ферродинамическим или дифференциально-трансформаторным датчиком (как, например, в дифманометре типа ДМИ, см. гл. III). Приборы работают по автокомпенсационному методу. Сигнал от рамки ферродинамического датчика первичного прибора сравнивается с сигналом рамки компенсирующего ПФ вторичного прибора. Разбаланс схемы через усилитель воздействует на

реверсивный двигатель. Последний с помощью лекала перемещает рамку компенсирующего ПФ до состояния равновесия. Реверсивный двигатель перемещает указатель с пером или стрелку, а также воздействует на контактную сигнальную систему и на один выходной преобразователь типа ПФ или ПС. Выходной ПФ первичного прибора и компенсирующий ПФ вторичного прибора должны быть одной модификации. Обмотки возбуждения обоих преобразователей включаются последовательно. Рекомендуется в схемах дистанционной связи применять ферродинамические преобразователи четной модификации (напряжение питания 12 *в*). При работе с дифманометром ДМИ во вторичном приборе устанавливается компенсирующий преобразователь ПФ1. Размерность и верхние пределы шкал приборов выполняются в зависимости от типа первичного прибора. Погрешность показаний (записи) вторичного прибора составляет $\pm(K + 0{,}5\%)$, где K — погрешность первичного прибора. При подключении вторичного прибора к выходному преобразователю ПФ первого вторичного прибора погрешность второго вторичного прибора будет определяться $\pm(K + 1\%)$. Время прохождения стрелкой шкалы 16 *сек*. Ширина диаграммной ленты 100 *мм*; скорость движения диаграммной ленты 20, 40, 60 и 120 *мм/ч*. Габаритные размеры 200×200×455 *мм*.

Вторичные миниатюрные самопишущие и показывающие приборы со струнным компенсатором типа ВЧСМ и ВЧПМ. Приборы предназначены для отсчета показаний и записи величины параметра, измеряемого первичным прибором со струнным преобразователем ПС. Схема измерения автокомпенсационная. Технические данные и характеристики ВЧСМ (ВЧПМ) соответствуют ВФСМ (ВФПМ), кроме времени прохождения стрелкой шкалы: 2,5; 8; 16 или 32 *сек*. Габаритные размеры 200×200×455 *мм*.

Сумматоры типа СЧ и СЧСМ. Сумматор частотный СЧ осуществляет непрерывное вычисление суммарного количества вещества по заданному мгновенному расходу. Работает СЧ в комплекте с любым первичным или вторичным прибором, имеющим на выходе струнный преобразователь ПС, т. е. выдающим частотный сигнал в диапазоне 4—8 *кгц*. Интегрирование в частотном сумматоре СЧ производится путем линейного преобразования частоты входного сигнала и последующего отсчета импульсов преобразованной частоты электромеханическим счетчиком. Схема сумматора построена таким образом, что нулевому значению параметра соответствует 0 *имп/ч*, а максимальному — 1000 *имп/ч*. Преобразование частоты осуществляется на феррит-транзисторных элементах. В основу работы схемы положен принцип сравнения поступающей частоты с опорной. В качестве последней используется частота питающей сети — 50 *гц*. Сумматор СЧ имеет 6 разрядов; считывание осуществляется умножением разности показаний на постоянную 0,1%. При каждом срабатывании счетчика сумматора для дублирования показаний выдается импульс напряжением 12 *в*, длительностью 50 *мсек* и величиной тока импульса не более 10 *ма*. Основная погрешность суммирования в процентах от расчетной разности показаний, соответствующей максимальной входной частоте, составляет $\pm 0{,}1\%$. Погрешность в комплекте с датчиком завода КИП составляет $\pm 0{,}5\%$. Питание от сети 12 *в*, 50 *гц*. Сумматор СЧ монтируется на щите; его габаритные размеры 120×80×272 *мм*.

Сумматор частотный миниатюрный самопишущий и показывающий СЧСМ предназначен для вычисления, отсчета и регистрации суммарного значения параметра, представленного частотным сигналом в диапазоне 4—8 *кгц*. В комплекте с блоком БРФ (см. § 5) сумматор СЧСМ работает

в схемах дозирования. Принцип работы сумматора СЧСМ аналогичен принципу работы сумматора СЧ, отличаясь тем, что пересчитанные импульсы поступают на вход реверсивного асинхронного двигателя, работающего в шаговом режиме. Шаговый режим осуществляется за счет введения импульсной обратной связи по положению вала двигателя. Двигатель перемещает указатель с пером и воздействует в зависимости от модификации прибора на контактную группу, или на один или два выходных преобразователя ПФ, или на один ПФ и один преобразователь ПС. Погрешность отсчета и погрешность выходных преобразователей не превышает

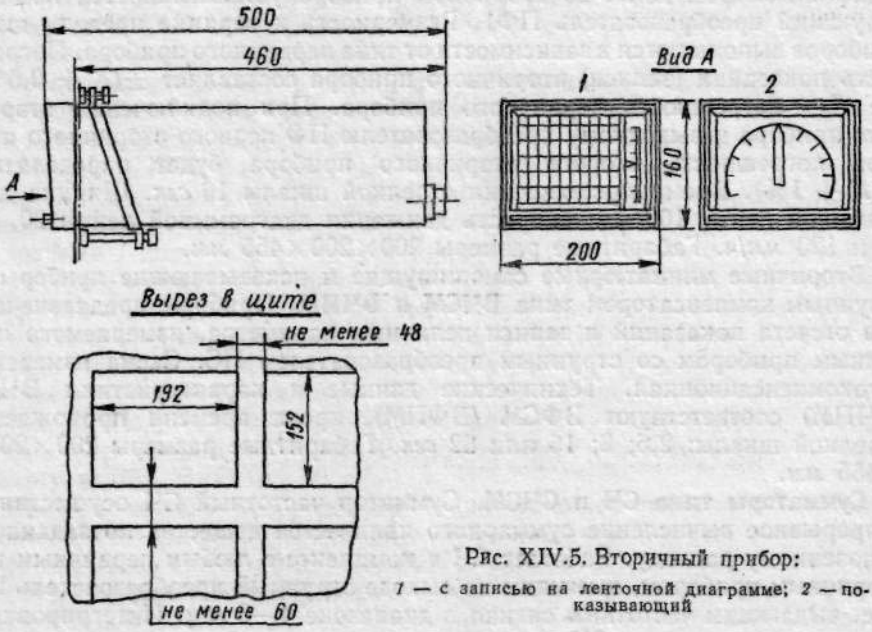


Рис. XIV.5. Вторичный прибор:
1 — с записью на ленточной диаграмме; *2* — показывающий

±0,5%. Время интегрирования, т. е. время прохождения стрелкой всей шкалы, выбирается в пределах от 15 *мин* до 25 *ч*. Ширина и скорость движения диаграммной ленты и габаритные размеры такие же, как у прибора ВФСМ.

Новые вторичные приборы. В СКБ САУ разработаны и заводом КИП начинают выпускаться вторичные приборы в унифицированном корпусе (рис. XIV.5). Вместо приборов ВФСМ и ВФПМ будут выпускаться приборы ВФС и ВФП, взамен ВЧСМ (ВЧПМ) соответственно ВЧС (ВЧП), прибор ИЧС заменит прибор СЧСМ. Приборы ВФС (ВФП) и ВЧС (ВЧП) имеют основную погрешность показаний ±0,6%, записи — ±1%. Время прохождения стрелкой шкалы 6 или 16 *сек*. У самопишущих приборов ширина диаграммной ленты 100 *мм*. Скорость перемещения ленты 10, 20, 40, 60 и 120 *мм/ч*. Питание от сети 220 *в*, 50 *гц*. Потребляемая мощность у ВФС (ВФП) не более 35 *в·а*, у ВЧС (ВЧП) — 20 *в·а*.

§ 4. РЕГУЛЯТОРЫ

Регулятор ферродинамический типа РФ-ПИ. Регулятор РФ-ПИ является бесконтактным устройством, работающим в комплекте с приборами ферродинамической системы и электрическим исполнительным

механизмом типа МЭК (см. гл. XIII, § 1). Регулятор обеспечивает П-, И- или ПИ-закон регулирования. ПИД-закон получается при помощи двух регуляторов РФ-ПИ, один из которых включается как дифференцирующее устройство. Связь регулятора с исполнительным механизмом осуществляется через силовой блок БУС. Исполнительные механизмы должны быть оснащены датчиком положения вала с ферродинамическим преобразователем ПФ2 или индикатором угла поворота ИУФ. Задающие устройства и датчики должны быть оснащены преобразователями ПФ4, обмотки возбуждения которых питаются от автотрансформатора регулятора. Упомянутые вспомогательные устройства описаны в § 5. В схемах соотношения применяются ферродинамические преобразователи ПФ3

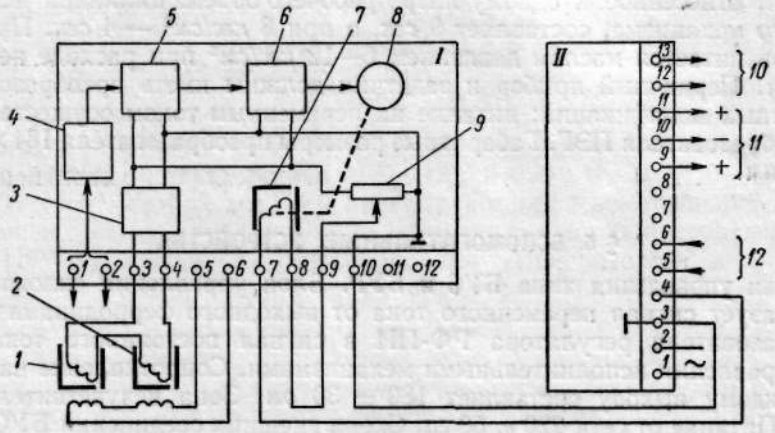


Рис. XIV.6. Схема внешних соединений регулятора РФ-ПИ и усилительного блока БУС:

I — РФ-ПИ; *II* — БУС; *1* — преобразователь первичного прибора; *2* — преобразователь задатчика; *3* — усилитель; *4* — блок задания времени интегрирования; *5* — схема пропорционирования; *6* — фазочувствительное устройство; *7* — выходной преобразователь; *8* — конденсаторный шаговый двигатель; *9* — делитель напряжения; *10* — выход 127 *в*; *11* — выход постоянного тока 24 *в*, 2 *вт*; *12* — ввод сигнала от датчика положения вала исполнительного механизма

или ПФ5, обмотка возбуждения которых питается от преобразователя ПЭФ.

Структурная схема регулятора приведена на схеме внешних соединений регулятора (рис. XIV.6). Сигнал разбаланса усиливается усилителем *3* и подается на следующие устройства: 1) делитель напряжения *9*, с которого снимается сигнал для П-закона регулирования; 2) фазочувствительное устройство *6*, управляющее двигателем *8*, который связан с рамкой преобразователя *7*, осуществляющей интегральное воздействие; 3) схему пропорционирования *5*, которая преобразует входной сигнал в прямоугольные импульсы, длительность которых пропорциональна сигналу ошибки. Моменты включения схемы задаются блоком *4*. Таким образом, интегральное воздействие осуществляется путем повторно-кратковременных включений двигателя *8*. Погрешность регулятора $\pm 1\%$. Пределы настройки коэффициента усиления 0,4—40. Пределы настройки времени интегрирования 20—20 000 *сек*. Питание от сети 220 *в*, 50 *гц*.

Преобразователь (регулятор) электрогидравлический типа ПЭГ. Преобразователь предназначен для работы ферродинамических приборов с гидравлическим исполнительным механизмом (см. гл. VII, § 2). ПЭГ обеспечивает И-закон регулирования, имея при этом зону, в которой скорость исполнительного механизма зависит от величины входного сигнала.

Работа прибора основана на компенсационном методе. При наличии разности между выходными напряжениями ферродинамических преобразователей первичного прибора и задатчика приводится в движение двигатель компенсационной системы ПЭГ. Двигатель воздействует через лекало на золотник преобразователя, который переключает подачу масла в ту или иную полость гидравлического исполнительного механизма. Последний перемещает регулирующий орган до момента равновесия всей системы. Зона нечувствительности ПЭГ не превышает 1,5% от максимального сигнала рассогласования. Время полного хода золотника 7 *сек*. Время полного хода поршня ненагруженного исполнительного механизма при давлении питающего масла 6 *кгс/см²* и наличии полного сигнала рассогласования, отнесенное к одному литру рабочего объема цилиндра исполнительного механизма, составляет 9 *сек*, а при 8 *кгс/см²* — 4 *сек*. Преобразователь питается маслом давлением 6—12 *кгс/см²* при расходе не менее 9 *л/мин*. Первичный прибор и задатчик должны иметь преобразователь ПФ четных модификаций; питание их переменным током осуществляется от преобразователя ПЭГ. Габаритные размеры преобразователя 184×465××197 *мм*.

§ 5. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА

Блоки управления типа БУС и БУР. Блок управления силовой БУС преобразует сигнал переменного тока от выходного ферродинамического преобразователя регулятора РФ-ПИ в сигнал постоянного тока 24 *в* для управления исполнительными механизмами. Сопротивление нагрузки по каждому выходу составляет 180 ± 30 *ом*. Зона нечувствительности 0,5%. Питание от сети 220 *в*, 50 *гц*. Схема внешних соединений БУС с РФ-ПИ приведена на рис. XIV.6.

Габаритные размеры прибора соответствуют размерам, приведенным на рис. XIV.3, отличаясь глубиной прибора, равной 97 *мм*.

Блок управления БУР обеспечивает дистанционную установку задания регулятору при помощи встроенного ферродинамического преобразователя, дистанционное ручное управление исполнительным механизмом, указание положения вала и сигнализацию крайних положений исполнительного механизма. В зависимости от типа встроенного ферродинамического преобразователя ПФ1÷ПФ6 выпускаются модификации БУР1 — БУР6. Питание от сети 220 *в*, 50 *гц*. Допустимый ток контактов кнопок дистанционного управления при омической нагрузке не более 3 *а* при 220 *в*. Габаритные размеры блока 200×200×300 *мм*.

Дистанционные задатчики типа ДЗФП и ДЗФМ. Задатчики дистанционные пультовые ферродинамические ДЗФП и малогабаритные ферродинамические ДЗФМ предназначены для установки задания регуляторам. Сигнал, снимаемый с рамки встроенного ферродинамического преобразователя, пропорционален углу поворота указателя. Задатчики выпускаются шести модификаций в зависимости от типов встроенных ферродинамических преобразователей. Питание задатчиков осуществляется от комплектных приборов напряжением 12 или 60 *в*. Питание задатчиков ДЗФП-5 и ДЗФМ-5 осуществляется от преобразователя типа ПЭФ. Задатчик ДЗФП имеет габаритные размеры 80×90×230 *мм*; габаритные размеры ДЗФМ ∅ 155×104 *мм*. Схема включения прибора в контур регулирования приведена на рис. XIV.6.

Блок релейный типа БРФ. Прибор обеспечивает коммутацию электрических цепей в схемах автоматики в комплекте с приборами ферродинами-

ческой системы, например в схеме дозирования с использованием сумматора СЧСМ. На вход блока БРФ подается разность выходных напряжений ферродинамических преобразователей комплектного прибора и задатчика. Прибор БРФ срабатывает при повышении выходного напряжения прибора над напряжением задатчика на величину порога нечувствительности, не превышающую 2 *мв*. Блок оснащен пятью переключающими контактами, допускающими ток 3 *а* при напряжении 220 *в*, частоте 50 *гц* и омической нагрузке. Один из контактов может включаться в схему самоблокировки; пуск релейного блока в этом случае осуществляется размыканием цепи самоблокировки внешней дополнительной кнопкой.

Делитель напряжения выносной типа ДНВ. Делитель предназначен для снятия части напряжения с выходного ферродинамического преобразователя ПФ. Общее сопротивление делителя 30 *ком*. Габаритные размеры делителя 145×92×63 *мм*. Монтаж настенный.

Индикатор угла поворота ферродинамический типа ИУФ. Индикатор преобразует угол поворота приводного валика в унифицированный сигнал переменного тока частотой 50 *гц*. Пределы изменения угла поворота приводного валика индикатора ИУФ: 0—12°; 0—90°; 0—360°; 0—720°; 0—1800°; 0—3600°. Устройство ИУФ имеет правое или левое вращение. В индикатор может быть встроен любой из ферродинамических преобразователей ПФ1—ПФ4. Погрешность преобразования угла поворота в выходной сигнал 1,5%. Габаритные размеры индикатора 193×135×186 *мм*.

ГЛАВА XV

МАШИНЫ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО КОНТРОЛЯ, ЦИФРОВОЙ РЕГИСТРАЦИИ, СИГНАЛИЗАЦИИ И РЕГУЛИРОВАНИЯ

§ 1. НАЗНАЧЕНИЕ И СТРУКТУРА МЦКР

Комплексная автоматизация промышленных предприятий и связанная с этим централизация контроля и управления производственными процессами требуют ускоренного сбора и обработки значительного объема информации. Решение этих задач обычными средствами автоматики приводит к сосредоточению в диспетчерских пунктах большого количества аппаратуры и приборов, что практически исключает возможность достаточно быстрого анализа поступающей информации.

В связи с этим на промышленных предприятиях получают распространение новые средства автоматики — машины централизованного контроля, цифровой регистрации, сигнализации и регулирования (МЦКР), которые дают возможность получать как оперативную информацию о ходе технологического процесса (периодически или по вызову), так и отчетную информацию о результатах измерений за длительный промежуток времени.

Некоторые типы МЦКР дополняются также вычислительными устройствами для первичной переработки информации или сочетаются непосредственно с электронными вычислительными машинами не только для обработки информации, но и для использования результатов вычислений при автоматическом управлении. Структурная схема машины зависит от того, как производится программирование работы ее функциональных блоков: от общего устройства управления или по независимым программам.

На рис. XV.1 приведена примерная структурная схема МЦКР с общим программным устройством управления, которая обеспечивает взаимосвязанную программу работы всех функциональных блоков. Информация от технологических датчиков поступает обычно в виде аналоговых сигналов, которые предварительно нормализуются, приводятся к общему масштабу и линеаризируются. Затем через входной коммутатор *1** информация попадает на цифровой преобразователь *4***, в котором аналоговые сигналы преобразуются в дискретные и посылаются на основные устройства машины: блок цифровой регистрации *8*; блок сравнения параметра с заданной уставкой и обнаружения отклонения *9*; блок измерения по вызову *6*; вычислительное устройство *7*.

---

* Входной коммутатор общий для всех или большей части блоков машины.

** Иногда нормализующая схема совмещается с цифровым преобразователем.

После цифрового преобразователя *4* полученная информация поступает в блок *8* непосредственно или предварительно проходит первичную переработку в вычислительном устройстве *7*. На блок *9* информация может поступать либо непосредственно от преобразователя *4*, либо через устройство *7*. При появлении сигнала отклонения параметра он поступает как на блок *8*, так и через выходной переключатель *12* на устройство обегающей сигнализации *13* и к исполнительным узлам блокировки, управления, регулирования и аварийной защиты.

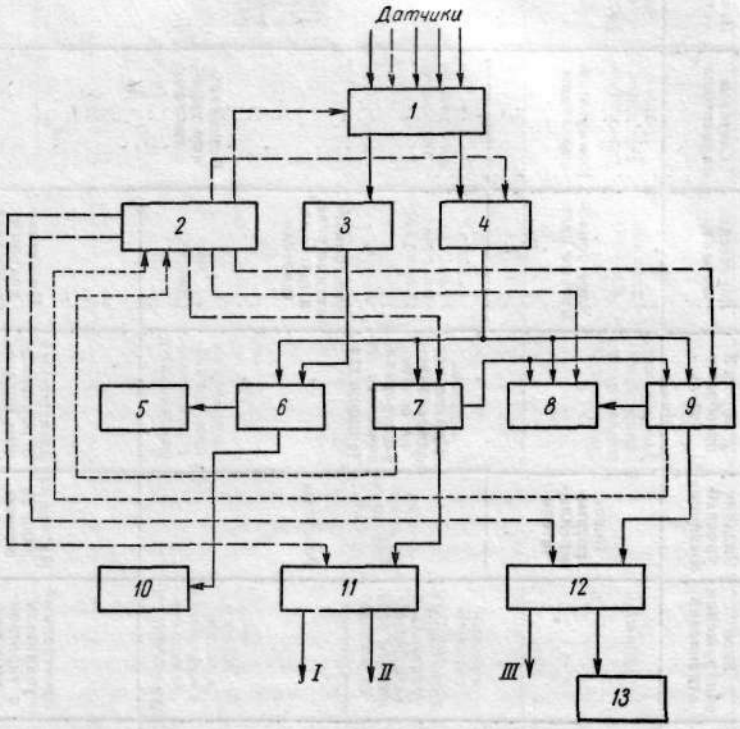


Рис. XV.1. Примерная структурная схема машины централизованного контроля, цифровой регистрации, сигнализации и регулирования с общей программой работы функциональных узлов:

I — к электронным вычислительным и управляющим машинам; *II* — к локальным системам автоматического регулирования; *III* — к исполнительным узлам блокировки, управления, регулирования и аварийной защиты; ——— — переработка и передача информации; — — — — сигнал управления блоком машины; – – – – – обратная связь

При использовании в схеме МЦКР вычислительного устройства *7* последнее может посылать переработанную информацию через переключатель *11* на электронную вычислительную или управляющую машину либо подавать команды непосредственно локальным системам автоматического регулирования.

Программа работы всех блоков и переключающих устройств задается узлом программного управления *2*, в функцию которого входит не только управление выбором операций, но и задание определенной последовательности элементарных действий в процессе выполнения каждой операции. Кроме того, узел *2* осуществляет автоматическую проверку исправности основных блоков и каналов передачи информации в самой машине.

Таблица XV.1

Технические характеристики некоторых типов машин централизованного контроля

Тип	Количество контролируемых параметров	Входные сигналы	Входной коммутатор; скорость обегания	Блок обнаружения отклонений	Задание уровней сравнения	Цифровой преобразователь	Логические элементы	Световые индикаторы	Печатающее устройство	Прибор измерения по вызову
МАРС-200Р	200	Выход термопар ХА, ХК, ПП	На электромагнитных реле; три точки в секунду	Электронный усилитель с электромагнитным реле на выходе	Поворотные переключатели	Прямое кодирование на основе электромеханического потенциометра	Электромагнитные реле	Коммутаторные лампы	Пишущая машинка с электрическим управлением	Электромеханический потенциометр
ЭЛРУ-2М	56	Выход термопар, термометров сопротивления, дифференциально-трансформаторных, индукционных и ферродинамических датчиков, постоянный ток до 5 *ма*	Контактный вращающийся; 0,22 точки в секунду		Реостаты		Электромагнитные реле и шаговые искатели	Безнакальные тиратроны		—
«Зенит-2»	80	Напряжение 0—50 *мв*, выход термометров сопротивления	Контактный вращающийся и на электромагнитных реле; 14 точек в секунду	Электронный усилитель с тиратронным выходом	Наборные поля со штепселями	Электронный с поразрядным уравновешиванием	На безнакальных тиратронах			Электромеханический потенциометр с автоматической сменой шкалы; цифровой указатель

Тип	Количество контролируемых параметров	Входные сигналы	Входной коммутатор; скорость обегания	Блок обнаружения отклонений	Задание уровней сравнения	Цифровой преобразователь	Логические элементы	Световые индикаторы	Печатающее устройство	Прибор измерения по вызову
«Зенит-3»	Кратно 40 по сигнализации и позиционному регулированию, 80 — по цифровой регистрации и регулированию по сложным законам	Напряжение 0—50 *мв*, выход термометров сопротивления	На капсульных реле и на электромагнитных реле; 20 точек в секунду	Электронный усилитель с тиратронным выходом	Наборные поля со штепселями	Электронный с поразрядным уравновешиванием	Транзисторные	Безнакальные тиратроны	Пишущая машинка с электрическим управлением	10 электромеханических потенциометров
«Цикл-2»	200	0—5; 0,5—5 или 1—5 *ма* постоянного тока	Транзисторный и на электромагнитных реле; 500 точек в секунду	Транзисторный усилитель с феррит-транзисторным выходом		Развертывающий на транзисторах	Транзисторные и феррит-транзисторные	Коммутаторные лампы		Цифровой указатель
МППИ-1	128 аналоговых, 63 двухпозиционных, 9 импульсных сигналов	0,5—5 или 1—5 *ма* постоянного тока	Транзисторный; 100 точек в секунду	Цифровой		Полупроводниковый с поразрядным уравновешиванием	Феррит-диодные	Безнакальные тиратроны	Типа АПМ-1 с типовым колесом	

Примечание. МПП-1 имеет 16-разрядное вычислительное устройство ОЗУ—512 слов.

Последовательность действия функциональных блоков и переключающих устройств обеспечивается узлом программного управления *2* при помощи системы обратных связей, подающих сигналы исполнения операций от соответствующих блоков и устройств, после чего становится возможной подача команды на выполнение последующей операции.

Как видно из рис. XV.1, в схеме МЦКР предусмотрен блок измерения по вызову *6* для переключения по усмотрению оператора необходимого сигнала измерения на цифровой показывающий прибор *5*. Кроме того, в машине предусматривается возможность записи значений некоторых параметров (постоянно или по вызову оператора) на специальном аналоговом регистрирующем приборе *3* или вызова параметра на аналоговый показывающий прибор *10*.

В зависимости от выполняемых функций все МЦКР могут быть подразделены на три группы*: 1) для цифровой регистрации и регулирования различных технологических параметров; 2) для контроля и регулирования идентичных параметров; 3) для контроля и первичной переработки информации.

К первой группе МЦКР относятся серийно выпускаемые машины типа ЭЛРУ, «Зенит», «Цикл-2», МЦК-ИРц, МЦК-СРц, «Пуск-3». Ко второй группе относятся машины типа АМУР, АСТ, МАРС-200Р. К третьей группе МЦКР, имеющих вычислительные устройства для первичной переработки информации, относятся машины типа МППИ-1 и ИВ-500.

Технические характеристики некоторых типов машин централизованного контроля приведены в табл. XV.1.

§ 2. ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ И УЗЛЫ МЦКР

Нормализующие схемы. Нормализующие схемы предназначены для согласования аналоговых сигналов, получаемых от датчиков, со входными характеристиками преобразующего устройства. Нормализующие схемы могут быть групповые, если осуществляется измерение технологических параметров идентичными и взаимозаменяемыми датчиками. Индивидуальные нормализующие схемы применяются в таких машинах, которые предназначены для контроля различных параметров.

Примером нормализующих схем являются различные мостовые схемы, приведенные на рис. XV.2, осуществляющие унификацию и линеаризацию входных сигналов**.

Так как относительная точность цифрового преобразователя и обнаружения отклонения обычно возрастает с увеличением размаха шкалы входного сигнала, после нормализующих схем в машинах централизованного контроля обычно предусматривается общий измерительный усилитель. В качестве такого устройства могут быть использованы различные электромеханические преобразователи или электронные усилители.

Для цифрового представления измеряемых параметров существенное значение имеет соответствие цифрового кода числу единиц измерения,

---

* Помимо МЦКР, перечисленных в указанных группах, выпускаются следующие типы специализированных машин: МАРС-1500 для контроля и регистрации температуры зерна (на 1500 точек); ЭМАУС-50 для автоматического управления циклами прессования (формования) деталей из пластмассы в 50 точках (работает в комплекте с МАРС-200Р); ЭРА-800 для контроля и управления процессом электролиза в 800 точках на алюминиевом предприятии; «Никель» для автоматического контроля напряжения в 300 точках на ваннах электролизного производства никеля.

** В некоторых машинах линеаризация входных сигналов может осуществляться в групповом линеаризирующем устройстве после блока усиления.

содержащихся в текущем значении контролируемого параметра. Поэтому входные сигналы от датчиков до поступления на цифровой преобразователь большей частью должны быть предварительно линеаризированы. Устройства, осуществляющие определенные линеаризирующие функции, выполняются в виде набора сопротивлений, нелинейного делителя и т. п. Линеаризирующие элементы могут находиться в линиях от каждого датчика и располагаться до входного коммутатора либо выполняться на группу параметров и размещаться в машине перед цифровым преобразователем.

Заключительным этапом подготовки входных сигналов для цифрового преобразования является фильтрация аналогового сигнала для отделения различных помех. Такие фильтры могут быть установлены как в общей, так и в индивидуальных нормализующих схемах.

Входные коммутаторы. Входные коммутаторы (обегающие переключатели) предназначены для поочередного присоединения датчиков к общим узлам обработки информации, поступающей в виде аналоговых сигналов (напряжения или тока). По принципу действия входные коммутаторы подразделяются на две группы. Переключатели первой группы допускают только строго заданный порядок присоединения контролируемых параметров, что обусловливается самой конструкцией коммутирующего устройства. Избирательное подключение каждой измерительной цепи невозможно, и сигнал управления может лишь задать длительность открытия каждого ключа. Коммутаторы второй группы состоят из набора ключей, каждый из которых открывается и закрывается независимым электрическим сигналом, что делает возможным открытие ключей по произвольно заданной программе посредством специальной распределительной схемы. Примером входного коммутатора первой группы может служить вращающийся контактный переключатель машины ЭЛРУ-2М, кинематическая схема которого показана на рис. XV.3.

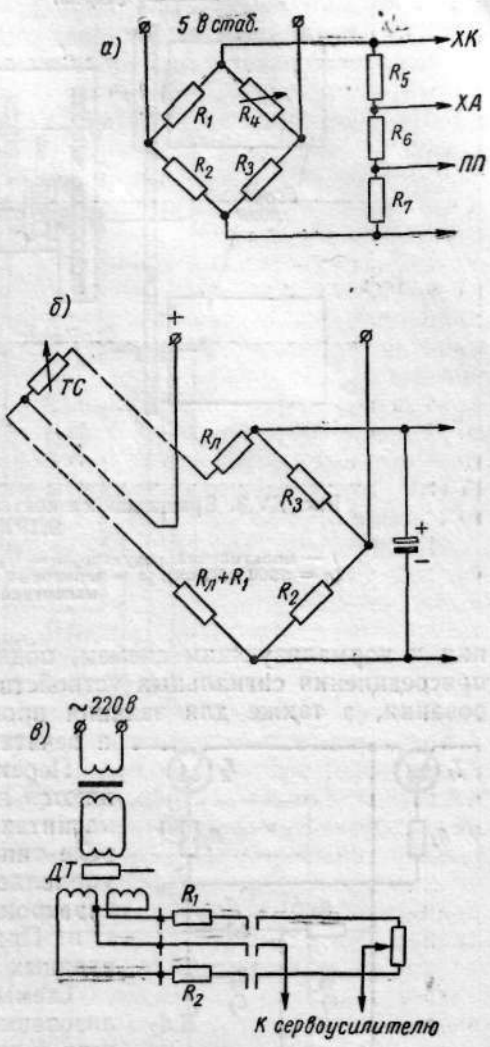


Рис. XV.2. Мостовые нормализующие схемы: *а* — для термопар — компенсация температуры холодного спая (машина «Зенит»); *б* — для термометров сопротивления (машина «Зенит»); *в* — для дифференциально-трансформаторных датчиков (машина ЭЛРУ-2М)

Наборы ключей обегающего переключателя, так называемые поля, используются для подключения измерительных цепей, подведения пита-

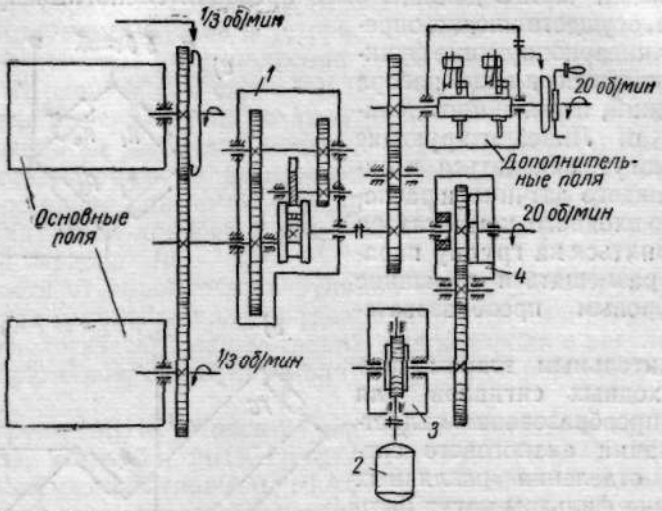


Рис. XV.3. Вращающийся контактный переключатель машины ЭЛРУ-2М:

1 — мальтийский редуктор ($i = 1/60$); *2* — электродвигатель СД-09 ($n = 2900$ *об/мин*); *3* — червячный редуктор ($i = 1/60$); *4* — электромагнитная муфта

ния к нормализующим схемам, подключения линеаризирующей схемы, присоединения сигнальных устройств и устройств позиционного регулирования, а также для задания программы цифрового преобразования и печатания результатов.

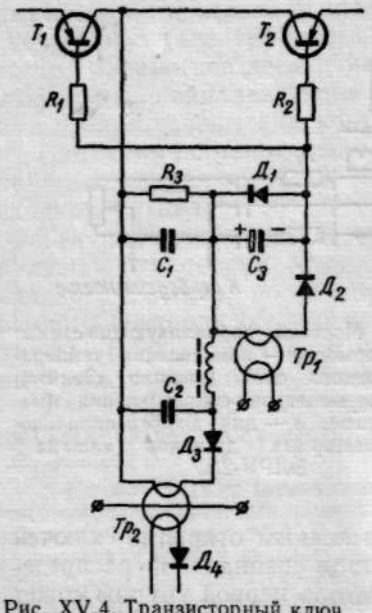


Рис. XV.4. Транзисторный ключ входного переключателя машины МППИ-1

Переключатели второй группы выполняются на различных серийных электромагнитах (например, герметизированных реле типа РМУГ, капсульных реле и др.), управляемых бесконтактными схемами на тиратронах, полупроводниковых триодах и т. п. Примеры схем транзисторных ключей входных переключателей даны на рис. XV.4.

Схемы сравнения. В машинах централизованного контроля схемы сравнения применяются в двух случаях: 1) для обнаружения отклонения параметра от заданного значения при сигнализации одностороннего отклонения и при двухпозиционном регулировании; 2) при цифровом преобразовании аналогового сигнала. Сравнение входного сигнала с заданным дискретным уровнем можно рассматривать как своеобразное цифровое преобразование аналогового сигнала в одноразрядный двоичный код. Для полного цифрового преобразования входного аналогового сигнала в дискретную величину либо производится многократное при-

менение одной схемы сравнения, либо применяется несколько схем сравнения.

В блоках сравнения параметра с заданной уставкой обнаружения отклонения обычно используется схема сравнения, называемая нуль-органом или нуль-индикатором. В ряде МЦКР (например, в машинах ЭЛРУ-2М, МАРС-200Р) используются контактные нуль-органы. Однако более удобны

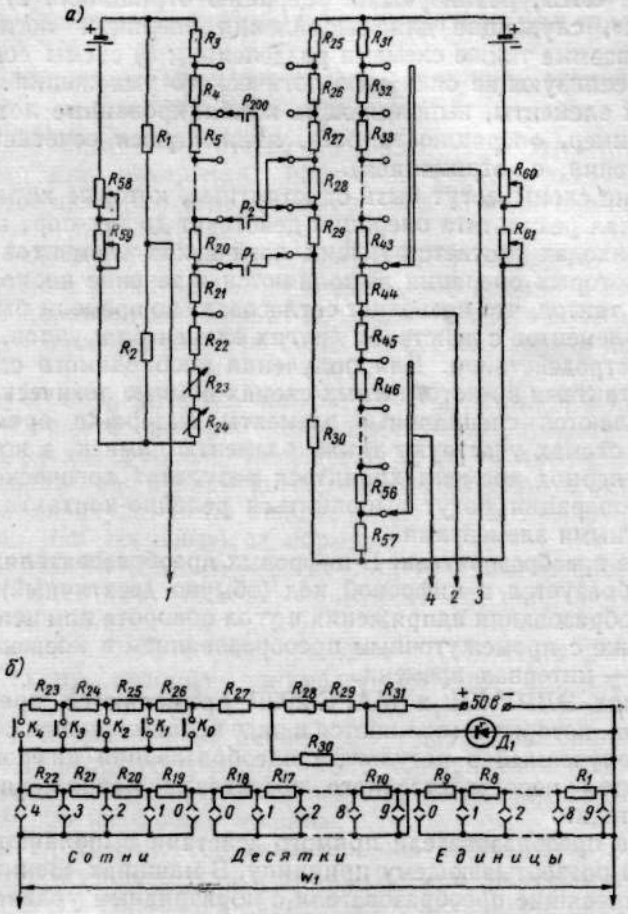


Рис. XV.5. Схемы узлов задания уровней сравнения:
а — в машине МАРС-200Р; *б* —в машине «Зенит»

по быстродействию и надежности бесконтактные нуль-индикаторы, выполненные на тиратронах с положительной обратной связью (например, в машине «Зенит»), на триггерах (в машине «Цикл-2»), блокинг-генераторах и т. п. Для этих целей часто применяется триггер Шмитта (используемый, например, в машине «Цикл-2»). Для уменьшения погрешности схемы сравнения подводимый к ней аналоговый сигнал предварительно усиливается.

Схемы задания уровней дискретных сигналов в блоках сравнения и обнаружения отклонений выполняются при помощи различных типов делителей напряжения, как это показано на рис. XV.5.

Логические элементы. В схемах машин централизованного контроля существенную роль выполняют логические элементы, из которых компонуются различные узлы, выполняющие логические и арифметические операции. Логические элементы имеют широкое применене в различных схемах автоматического управления блоками машины.

По выполняемым функциям логические элементы подразделяются на 1) инверторы «НЕ», реализующие операцию отрицания; 2) схемы собирания «ИЛИ», служащие для выполнения операции логического сложения (называемые также схемами разделения); 3) схемы совпадения «И» (клапаны), реализующие операцию логического умножения. Кроме того, применяются элементы, выполняющие комбинированные логические операции (например, операцию запрета, являющуюся сочетанием логического умножения с отрицанием).

Логические схемы могут быть однотактные, которые характеризуются тем, что сигнал результата операции действует до тех пор, пока имеются сигналы на входах соответствующих логических элементов, или многотактные, в которых операции выполняются в течение нескольких последовательных тактов, что позволяет согласовать во времени быстродействие логических элементов с действием других элементов и узлов, обладающих меньшим быстродействием. Для получения необходимого сдвига во времени между тактами в многотактных схемах помимо логических элементов предусматриваются специальные элементы выдержки времени. Кроме того, в этих схемах участвуют также элементы памяти, в которых может длительный период времени храниться результат логической операции. Логические операции могут выполняться релейно-контактными схемами и бесконтактными элементами.

Цифровые преобразователи. В цифровых преобразователях аналоговый сигнал преобразуется в цифровой код (обычно десятичный) посредством прямого преобразования напряжения в угол поворота или непосредственно в код, а также с промежуточным преобразованием в косвенный аналоговый сигнал — интервал времени.

В машинах ЭЛРУ-2М и МАРС-200Р применяются преобразователи угла поворота, которые выполняются в виде кодовых дисков с контактными щетками. Полученный в результате преобразования цифровой код считывается путем непосредственного подведения напряжения к щеткам преобразователя.

Цифровые преобразователи прямого действия выполняются по следящему или по развертывающему принципу. В машинах «Зенит» и МППИ-1 применены следящие преобразователи с поразрядным уравновешиванием, принцип действия которых заключается в сравнении преобразуемого сигнала с опорными сигналами.

В машине «Цикл-2» применен цифровой преобразователь с промежуточным преобразованием в интервал времени, принцип действия которого заключается в том, что первое преобразование выполняется методом линейного развертывания, а интервал времени преобразуется в цифровой код путем счета импульсов, равномерно заполняющих этот интервал.

Для того чтобы цифровой сигнал отображал контролируемую величину, т. е. показывал, сколько технических единиц измерения в ней содержится, необходимо предусмотреть в МЦКР масштабирование измеряемых параметров, которое заключается в том, что пределы шкалы контролируемой величины на входе в устройство цифровой обработки или в общую нормализующую схему должны приводиться в соответствие с пределами какой-либо из шкал, дискретный ряд которых предусмотрен в данной МЦКР.

Преобразование масштабирования производится обычно совместно с цифровым преобразованием (например, в машинах «Зенит», «Цикл-2») или выполняется в цифровой форме после цифрового преобразователя (в машине ЭЛРУ-2М).

§ 3. МАШИНЫ ЦИФРОВОЙ РЕГИСТРАЦИИ, СИГНАЛИЗАЦИИ И РЕГУЛИРОВАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

1. Электронные логические регистрирующие устройства типа ЭЛРУ-2М и ЭЛРУ-3

Электронное логическое регистрирующее устройство типа ЭЛРУ-2М предназначено для измерения, цифровой регистрации, сигнализации и двух- или трехпозиционного регулирования 56 медленно изменяющихся технологических параметров.

Машина ЭЛРУ-2М выполняет следующие операции:

1) измерение и регистрацию на специальном бланке в виде трехзначных чисел 52 параметров путем их последовательного «обегания», с одновременной фиксацией времени (в часах и минутах) начала каждого цикла измерения;

2) точечную непрерывную запись на диаграммной бумаге прибора ЭПП-09 любых шести предварительно выбранных параметров;

3) периодическое сравнение каждого из 56 контролируемых параметров с заданными предельно допустимыми значениями по двум уставкам, с сигнализацией индивидуально по каждой точке двумя лампочками отклонения («больше» или «меньше») от нормы;

4) автоматическое обегающее двух- или трехпозиционное регулирование по всем 56 точкам (выходными элементами блоков регулирования являются электромагнитные реле);

5) совместная работа с перфоратором ЛП-5 через дополнительную переходную схему, которая учитывает рабочий код вычислительной машины.

Значения контролируемых параметров и других необходимых величин фиксируются на перфоленте и могут быть в дальнейшем введены в ЭЦВМ. Запись данных на перфоленте возможна одновременно с печатанием значений параметров на бланке машины.

Возможны следующие основные режимы работы электронного логического регистрирующего устройства ЭЛРУ-2М; 1) режим сигнализации, т. е. периодическое сравнение параметров с заданными значениями уставок (по верхнему и нижнему пределам) и выдачей команд на сигнализацию и регулирование; 2) режим измерения, т. е. периодическое измерение и регистрация контролируемых параметров; этот режим включает также и режим сигнализации, так как для каждой точки независимо от заданного режима вначале производится операция измерения параметра и его «запоминание» на реохорде с последующим сравнением по уставкам.

Предусмотрен ручной одноразовый запуск машины для выполнения одного из вышеуказанных режимов по усмотрению оператора. При необходимости оператор нажатием кнопки может привести машину в такое состояние, когда она начинает операцию «измерение» или «сигнализация» с первой контролируемой точки.

Периодичность автоматического контроля и регистрации значения параметров может быть установлена каждые 5, 10, 30, 60 и 120 *мин*. Независимо от периода регистрации сравнение значений параметров

с уставками выполняется автоматически через каждые 5, 10, 30, 60 и 120 *мин* или совсем отключается по усмотрению оператора.

Блок-схема машины ЭЛРУ-2М приведена на рис. XV.6.

Входные измерительные мосты предназначены для преобразования входных сигналов от различных датчиков в напряжение, поступающее на измерительный блок, и для образования требуемой шкалы. Блок задания уставок, т. е. верхний и нижний допустимые пределы изменения параметров относительно установленной нормы (отдельно по каждому параметру) устанавливаются с помощью блока задания уставок.

Основной коммутатор осуществляет поочередное подключение измерительной схемы ко входным мостам и схемы сравнения к блоку задания уставок, схемам сигнализации и регулирующим реле. Дополнительный коммутатор, работающий синхронно с основным коммутатором, служит для получения (в пределах работы машины по одному каналу) электрических импульсов в требуемой временной последовательности, обеспечивающих должную очередность срабатывания ряда узлов машины.

Измерительный блок, состоящий из измерительной схемы, цифрового преобразователя и схемы сравнения, выполняет измерение параметра компенсационным способом, преобразование полученной величины в десятичный код и сравнение измеренного параметра с заданными уставками. Блок масштабирования служит для приведения результатов измерения к требуемому масштабу. С помощью этого блока осуществляется также запись измеренных величин по шкалам с утопленным нулем (путем вычитания постоянных составляющих). При помощи блока масштабирования обеспечивается умножение показаний измерительного блока на коэффициенты 0,5 и 2. Цифровое печатающее устройство обеспечивает запись на специальном бланке время измерения и значения измеренных параметров в виде трехзначных десятичных цифр. При появлении сигнала отклонения параметра от нормы его значение печатается на бланке красным цветом до момента возвращения параметра к норме. Последовательность «обегания» контролируемых параметров устанавливается заблаговременно. Датчик времени работает от специального датчика импульсов, входящего в состав машины, или от импульсов службы времени. В состав машины входят также устройства управления и источники питания.

Входное устройство машины состоит из 56 измерительных мостов (по количеству точек контроля), которые служат для унификации входных сигналов и образования требуемой шкалы (в том числе и с утопленным нулем).

Принципиальная схема измерения, сравнения и сигнализации машины ЭЛРУ-2М показана на рис. XV.7. Измерительная схема машины идентична обычным компенсационным схемам электронных измерительных приборов и выполнена конструктивно на базе прибора ЭПП-09. Входные мосты машины *М* представляют собой стандартные съемные элементы. Общими для всех измерительных схем являются реохорд отработки *R* и электронный усилитель *У* с реверсивным двигателем *РД*. Все эти элементы подключаются коммутатором *К* к входным мостам. Для тех измерительных схем, где питание не может быть подключено постоянно (например, в схемах с термопарами или газоанализаторами), оно подключается к соответствующим входным мостам через коммутатор. При подключении измерительных схем, работающих на переменном токе, коммутатор отключает в схеме электронного усилителя вибропреобразователь. Схемы измерения обеспечивают спрямление нелинейных характеристик датчиков, что упрощает преобразование результатов измерений в дискретный десятичный код.

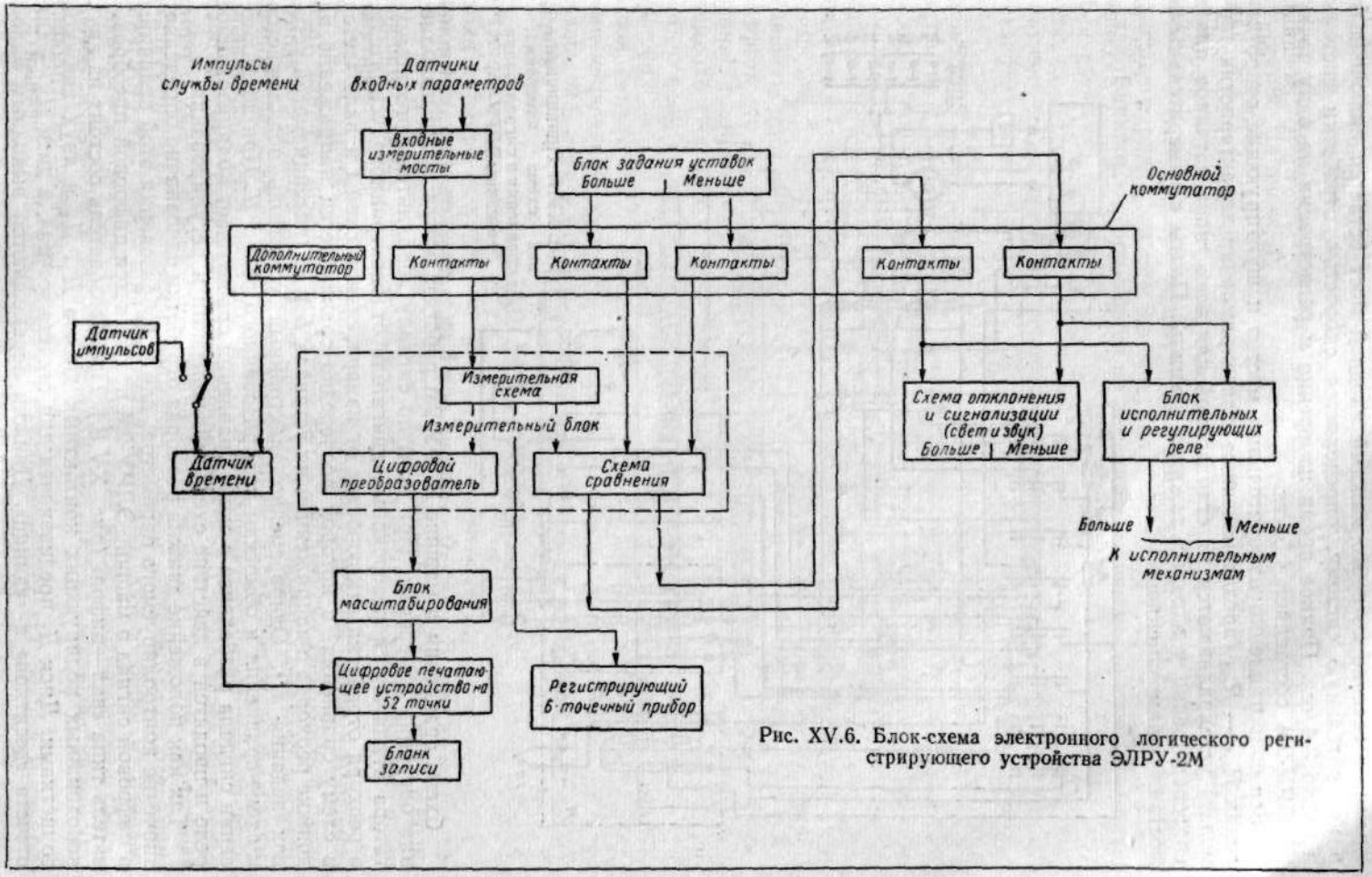


Рис. XV.6. Блок-схема электронного логического регистрирующего устройства ЭЛРУ-2М

Время, в течение которого каждый входной мост остается включенным в измерительную систему, определяется скоростью отработки системы и равно 3,4 *сек*. Полное время измерения и регистрации на одну точку в ЭЛРУ-2М составляет 4,5 *сек*.

Все сопротивления измерительных мостов и шунтирующие сопротивления $R_{ш1}$ — $R_{ш4}$ (предназначенные для спрямления характеристик термопар) устанавливаются на стандартной для всех типов датчиков плате непосредственно у входных зажимов машины. Платы с измерительными мостами взаимозаменяемы.

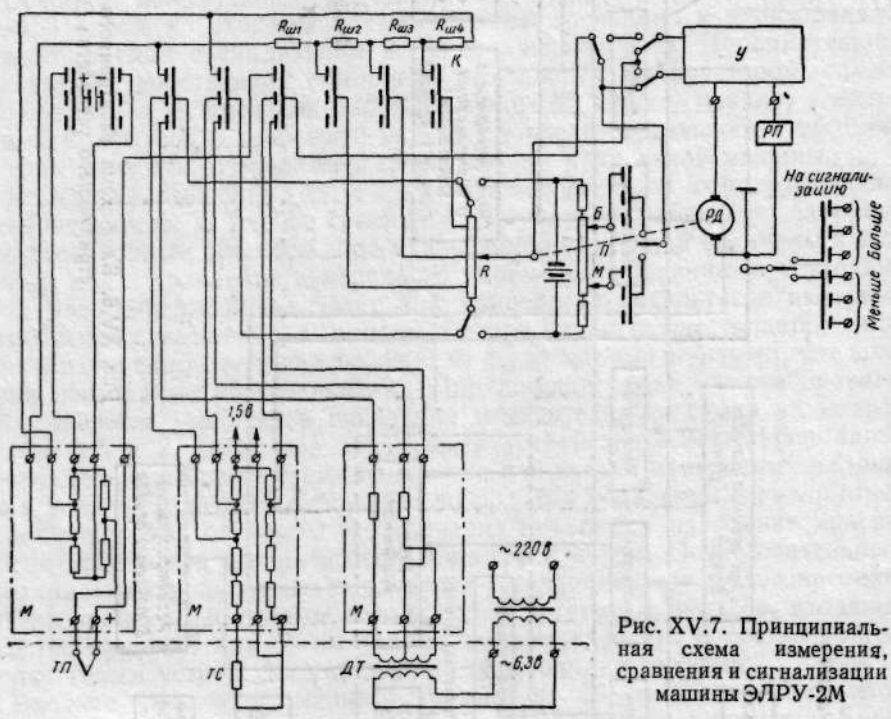


Рис. XV.7. Принципиальная схема измерения, сравнения и сигнализации машины ЭЛРУ-2М

Схема сравнения в машине ЭЛРУ-2М работает всегда после выполнения операции измерения. При этом по сигналу дополнительного коммутатора отключается реверсивный двигатель от электронного усилителя, а реохорд отработки отключается от измерительной схемы и включается в схему сравнения, в которой поочередно сравнивается напряжение на движке реохорда с напряжением на уставках *Б* и *М* (потенциометра уставок задания *П*). Одновременно электронный усилитель подключается к схеме сравнения и обмоткам поляризованного реле *РП*. При возникновении сигнала разбаланса в схеме сравнения срабатывает поляризованное реле и вводятся в действие схемы сигнализации и регулирования.

Так как положение движка реохорда отработки однозначно определяет значение контролируемого параметра, для преобразования этой величины в цифровой сигнал в машине ЭЛРУ-2М применяется цифровой преобразователь типа «вал—цифра» (рис. XV.8.). Преобразователь состоит из двух неподвижных кодирующих контактных дисков $Д_1$, $Д_2$ и двух движков со щетками. Диск $Д_1$ предназначен для отсчета «сотен», а диск $Д_2$ — для отсчета «десятков» и «единиц». Движки перемещаются выходным валом

реверсивного двигателя, управляющего реохордом потенциометра ЭПП-09. Движок диска $Д_1$ может перемещаться на угол от 0 до 330° так же, как и движок потенциометра. При этом движок диска $Д_2$ совершает 10 полных оборотов. На диске $Д_1$ имеется 10 ламелей. Каждая ламель соответствует углу поворота движка на 33°, т. е. 0,1 диапазона измерения. Диск $Д_2$ имеет два ряда ламелей. Внутренний ряд состоит из 10 ламелей, каждая из которых охватывает угол 36°. Внешний ряд также состоит из 10 ламелей, но каждая из них охватывает в два раза меньший угол, т. е. 18°. Ламели внешнего ряда смещены по ходу вала к концам ламелей внутреннего ряда. Единицы отсчитываются по ламелям внешнего ряда диска $Д_2$ (отсчет

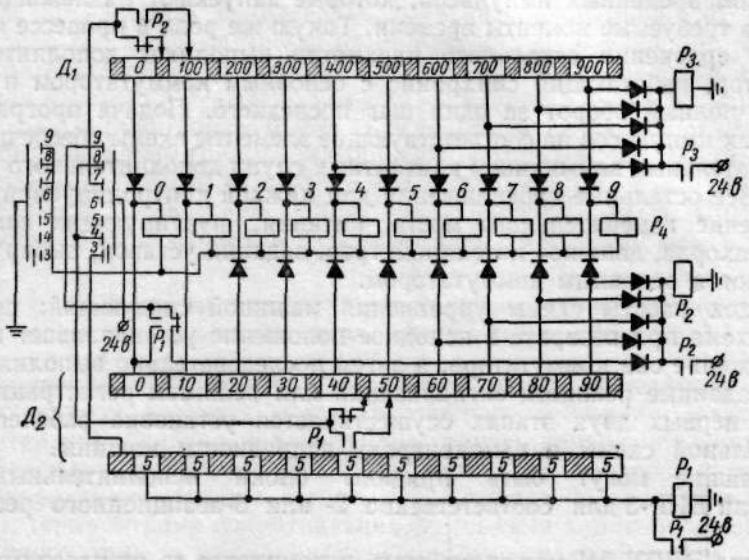


Рис. XV.8. Схема размещения ламелей и щеток в цифровом преобразователе машины ЭЛРУ-2М

Условно показано в развернутом виде

производится с точностью до 5 при шкале — 0—995). В момент компенсации измерительной схемы двигатель *РД* отключается от усилителя и к кодирующим дискам прижимаются щетки, положение их соответствует положению реохорда.

Щетка может быть шире, чем зазор; поэтому во избежание ошибок считывания в цифровом преобразователе применена специальная схема считывания, содержащая по две щетки на ламелях десятков и сотен, которые жестко связаны механически, но электрически изолированы. Спаренные щетки смещены на угол, который несколько меньше 16,5° для дорожки сотен и 18° для дорожки десятков. Считывающая цепь замыкается схемой управления считыванием через ту из двух спаренных щеток, которая находится ближе к середине ламели. В работе схемы участвует также дополнительный коммутатор, замыкающий по очереди цепи считывания единиц, десятков и сотен числа. Кодированный сигнал с выхода цифрового преобразователя поступает на электрифицированную пишущую машинку.

В связи с тем, что цифровой преобразователь, встроенный в измерительный блок, имеет шкалу 0—995 (в зависимости от требуемого предела

измерения это приводит иногда к повышенной погрешности отсчета) предусмотрена специальная релейная схема масштабирования, которая позволяет изменять шкалу цифрового преобразователя, а также осуществлять шкалу с утопленным нулем.

Катушки реле P_4 панели масштабирования соединяются с цифровым преобразователем, к выходам их подсоединены соленоиды пишущей машинки. Управление работой схемы масштабирования осуществляется импульсами напряжения $+24$ *в*, подаваемыми дополнительным коммутатором.

Автоматичность работы машины обеспечивается датчиком времени и датчиком временных импульсов, которые запускают надлежащие устройства в требуемые моменты времени. Такую же роль в процессе измерения или сравнения отдельного параметра выполняет дополнительный коммутатор, работающий синхронно с основным коммутатором и совершающий полный оборот за один шаг последнего. Подача программных командных импульсов на соответствующие элементы схемы обеспечивается последовательным замыканием контактных групп дополнительного коммутатора. Все остальные переключения для каждой контролируемой точки: подключение измерительного моста, питания, шунтирующих сопротивлений реохорда, движков потенциометров, задания уставок, выбор шкалы выполняются основным коммутатором.

Порядок работы схемы управления машиной следующий: первоначально схема при возврате в исходное положение устанавливает в нулевое положение оба коммутатора, а затем последовательно выполняет операции, заданные режимом сигнализации или режимом регистрации; при этом на первых двух этапах осуществляется установка рабочего тока измерительной схемы и самоконтроль исправности машины.

К машине могут быть приданы блоки исполнительных реле БИР-2 или БИР-3 для соответственно 2- или 3-позиционного регулирования.

Машина ЭЛРУ-2М может работать в комплексе со стандартными датчиками — термопарами и термометрами сопротивления всех типов и градуировок, газоанализаторами типа ТКГ, дифференциально-трансформаторными и индукционными датчиками (по трехпроводной схеме). Могут быть использованы ферродинамические и реостатные датчики, а также датчики системы ЭАУС.

Основная погрешность измерения и сравнения $\pm 1\%$ от предела измерения. Для получения этой величины основной погрешности при работе с расходомерами и ротаметрами необходима их индивидуальная настройка и подгонка. В первой трети шкалы погрешность ЭЛРУ-2М для расходомеров не нормируется. Возможные шкалы: а) основные 0—100; 0—200; 0—500; 0—1000, б) дополнительные — $100 \div +0$; $-50 \div +50$; $-100 \div +100$, в) с утопленным нулем 50—100; 100—150; . . .; 950—1000, г) с утопленным нулем 100—200; 200—300; . . .; 900—1000; д) с утопленным нулем 100—300; 200—400; . . .; 1800—2000, е) с утопленным нулем 500—1000; 1000—1500; 1500—2000.

Запись параметров осуществляется тремя десятичными числами. Если печатается знак «+» или «—», то запись осуществляется двумя цифрами. Для повышения точности и сохранения максимального числа печатаемых параметров (при принятой ширине каретки пишущей машинки 430 *мм*) параметры, величина которых составляет более 1000, записываются тремя последними цифрами. По тем же соображениям для шкал с утопленным нулем, имеющих размах 100 и 50 (например, 300—400;

150—200), значение сотен не печатается, а третий знак означает десятые доли.

Машина предназначена для работы во взрывобезопасных, незапыленных и незагрязненных агрессивными газами помещениях, при отсутствии тряски, вибрации, сильных электромагнитных полей.

Питание от сети 220 *в*, 50 *гц*; потребляемая мощность 500 *вт*. Габаритные размеры машины 1388×750×650 *мм*.

Электронное логическое регистрирующее устройство типа ЭЛРУ-3 по своим техническим данным отличается от ЭЛРУ-2М возможностью измерения любого параметра по вызову оператора, с выдачей результатов на цифровое табло. Машина ЭЛРУ-3 рассчитана на автономную работу, а также на работу в комплексе с вычислительной машиной.

Количество типов датчиков, применяемых одной машиной, не более 6. Возможные шкалы — любые, но не более 6 в одном устройстве. Изменение пределов измерения 3—100%. Скорость обегания 5 *точек/сек*. Время регистрации 52 параметров — 6 *мин*. Погрешность измерения и регистрации с дифференциально-трансформаторными датчиками не более ±1%, а с остальными типами датчиков — не более ±0,5%.

Остальные технические данные аналогичны ЭЛРУ-2М. Потребляемая мощность 1 *квт*. Габаритные размеры 1340×1550×650 *мм*.

2. Машины цифровой регистрации, сигнализации и регулирования типа «Зенит-2» и «Зенит-3»

Автоматическая электронная машина централизованного контроля типа «Зенит»-2» является машиной двойного действия с разделенными измерительной и сигнальной системами, причем измерение одного, группы или всех параметров происходит без остановки процесса сигнализации и регулирования. Машина «Зенит-2» предназначена для работы с термопарами, термометрами сопротивления, датчиками э. д. с. или напряжения постоянного тока, а также дифференциально-трансформаторными датчиками давления, расхода и других параметров. В последнем случае в машине предусматривается специальный преобразователь входных сигналов. Количество контролируемых и регулируемых точек — 80. Машина одновременно может работать с 4 типами датчиков при любом количестве датчиков каждого типа.

Машиной «Зенит-2» выполняются следующие операции:

1) последовательный контроль всех параметров с автоматической световой и звуковой сигнализацией отклонений любого контролируемого параметра за установленные для него верхний и нижний пределы;

2) последовательное автоматическое двухпозиционное регулирование всех контролируемых параметров в пределах заданных уставками номинальных значений;

3) цифровая регистрация (в соответствующих для каждой точки колонках карты регистраций) красным цветом значений параметров, отклонившихся от нормы, с указанием времени выбега, и черным цветом значений параметров, возвратившихся к норме, с указанием времени возврата (регистрация производится циклически по установленной временной программе или одноразово по вызову оператора при нажатии кнопки «регистрация отклонения»);

4) цифровая регистрация всех контролируемых параметров в соответствии с установленной временной программой или по вызову оператора при нажатии кнопки «регистрация КП» с указанием времени начала цикла;

5) цифровая регистрация любой группы точек по вызову оператора при нажатии кнопки «регистрация КП по вызову»;

6) однократное измерение по вызову оператора любого параметра с выдачей результата на специальное цифровое табло;

7) непрерывное измерение по вызову оператора любого контролируемого параметра на электронном многопредельном показывающем приборе.

В машине «Зенит-2» предусмотрены для каждого контролируемого параметра уставки номинальных значений и пределов сигнализации (верхнего и нижнего), причем одна уставка используется на два контролируемых параметра.

При каждом цикле обегания автоматически проверяется исправность каналов сигнализации и регулирования с соответствующей световой и звуковой сигнализацией при обнаружении неисправности. При периодической регистрации и при регистрации контролируемого параметра по вызову каждый канал измерения проверяется с печатанием знака исправности на «карте регистрации». Кроме того, производится полуавтоматическая проверка исправности световых табло «сигнализации» и «регулирования».

Блок-схема машины «Зенит-2» приведена на рис. XV.9. Режим работы машины определяется программирующим устройством и датчиком тактовых импульсов. Датчики параметров $Д$ и уставки номинальных значений контролируемых параметров подключаются к машине по заданной программе при помощи обегающего устройства. Разность сигналов датчика и уставки поступает в электронный преобразователь, на выходе которого получается усиленный сигнал постоянного напряжения, полярность сигнала зависит от того, больше или меньше величины номинальной уставки значение контролируемого параметра.

Из электронного преобразователя усиленный сигнал поступает в импульсный усилитель $У_1$, который срабатывает только при отрицательной полярности входного сигнала. При этом триггер $Т_1$, приведенный ранее в исходное состояние программирующим устройством, опрокидывается и приходит в новое состояние. Программирующее устройство, приводя в действие триггер $Т_1$, одновременно подготавливает на табло «регулирование» соответствующую ячейку, в которую поступает сигнал от триггера $Т_1$ при его срабатывании. Тогда ячейка переводится в состояние, при котором зажигается соответствующая сигнальная лампа на световом табло и включается регулирующее реле, уменьшающее подвод рабочего агента к объекту. При значении контролируемого параметра больше номинального усилитель $У_1$ не срабатывает и схема регулирования не вводится в действие.

Уставки крайних пределов значений контролируемых параметров в схемах сигнализации и регистрации отклонений производятся на «панели уставок предела сигнализации». Если точка, подключаемая обегающим устройством, окажется в заданных пределах, то на усилитель $У_2$ поступает сигнал положительной полярности, а на усилитель $У_3$ — отрицательный. Соответствующие сигналы поступают на триггер $Т_2$ и $Т_3$ (заранее установленные при помощи программирующего устройства в исходное положение), вследствие чего опрокидывается только триггер $Т_3$, а триггер $Т_2$ остается в начальном положении. При этом подключенная программирующим устройством надлежащая ячейка на табло «сигнализация» не срабатывает. В случае отклонения контролируемого параметра за один из заданных пределов срабатывают оба усилителя $У_2$ и $У_3$ («ниже нормы») и им соответствующие триггеры или не срабатывает ни один («выше нормы»). Триггеры $Т_2$ и $Т_3$ приводят ячейку табло «сигнализация» в положение,

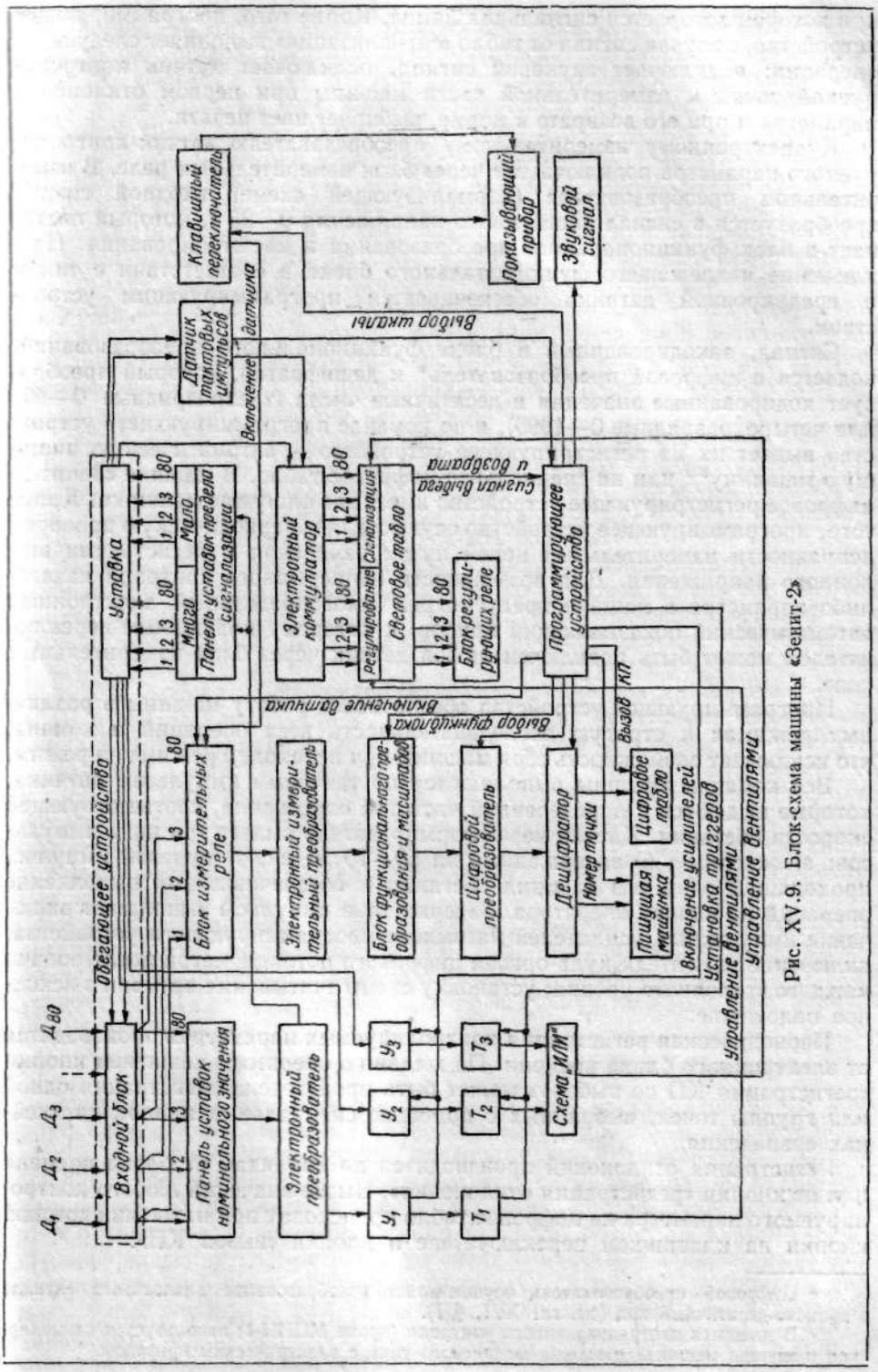


Рис. XV.9. Блок-схема машины «Зенит-2»

при котором загорается сигнальная лампа. Кроме того, программирующее устройство, получая сигнал от табло «сигнализация» выполняет следующие операции: подключает звуковой сигнал, подключает датчик контролируемой точки к измерительной части машины при первом отклонении параметра и при его возврате к норме, выбирает цвет печати.

К электронному измерительному преобразователю датчик контролируемого параметра подключается через блок измерительных реле. В измерительном преобразователе (нормализующей схеме) входной сигнал преобразуется в сигнал постоянного напряжения 0—25 *в*, который поступает в блок функционального преобразования и масштабирования. Подключение надлежащего функционального блока в соответствии с типом и градуировкой датчика обеспечивается программирующим устройством.

Сигнал, закодированный в блоке функционального преобразования, подается в цифровой преобразователь* и дешифратор, который преобразует кодированные значения в десятичные числа (трехразрядные 0—999 или четырехразрядные 0—1999), и по команде программирующего устройства выдает их на регистрирующее устройство — автоматическую пишущую машинку** или на специальное цифровое табло. В машине «Зенит-2» цифровое регистрирующее устройство имеет две пишущие машинки. Кроме того, программирующее устройство осуществляет периодическую проверку исправности измерительных цепей путем измерения и регистрации эталонного напряжения. Для возможности непрерывного контроля какого-либо параметра в машине предусмотрен многопредельный электронный автоматический показывающий прибор, к которому клавишным переключателем может быть подключен любой датчик через блок измерительных реле.

Программирующее устройство обеспечивает работу машины в различных режимах и строгую последовательность всех операций и команд, что исключает возможность сбоя машины при переходе с режима на режим.

Все команды машины выполняются по тактовым импульсам датчика, которые выдаются с определенной частотой следования, соответствующей скорости обегания. Датчик через формирователь выдает три вида импульсов: а) основные; б) задержанные на 50—70 *м·сек*; в) нулевой импульс, проходящий один раз за цикл обегания и обеспечивающий выполнение операций по вызову оператора. Задержанные импульсы выполняют включение импульсных усилителей на выходе программирующего устройства; включение усилителя нуль-органа цифрового потенциометра после подачи каждого эталонного уровня; установку схемы считывания времени в исходное положение.

Периодическая регистрация контролируемых параметров производится от электронного блока времени. По желанию оператора нажатием кнопки «регистрация КП по выбору» может быть произведена регистрация одной или группы точек, выбранных с помощью специальных кнопок на ячейках совпадения.

Регистрация отклонений производится по командам от блока времени или от кнопки «регистрация отклонения». Вызов значений любого контролируемого параметра на цифровое табло происходит при нажатии адресной кнопки на клавишном переключателе и кнопки «вызов КП».

---

* Цифровой преобразователь осуществляет преобразование аналогового сигнала в двоично-десятичный код (см. гл. XVI, § 1).

** В машинах централизованного контроля (кроме МППИ-1) используется канцелярская пишущая машинка рычажно-сегментного типа с электрическим приводом.

Машина «Зенит-2» имеет следующие технические характеристики. Количество уставок: пределов сигнализации 40; номинальных значений 40. Скорость обегания — 14 *точ/сек*. Время измерения и регистрации всех точек — не более 4,2 *мин*. Время измерения и регистрации одной точки: в режиме «регистрация отклонения» 6 *сек*; в режиме «регистрация параметров» 3 *сек*. Основная погрешность измерения для датчиков, имеющих линейную характеристику, ±0,2%, для нелинейных датчиков ±0,5% от предела измерения. Основная погрешность измерения параметра показывающим прибором ±1% от диапазона измерения, а сигнализации ±0,5%. Зона нечувствительности регулятора ±0,2% от диапазона измерения.

Уставки номинального значения — индивидуальные для каждой точки по всему диапазону. Уставки пределов сигнализации — индивидуальные для каждой точки в диапазоне ±48 единиц измеряемой величины относительно устанавливаемого номинального значения (через две единицы измеряемой величины). Сигнализация возможна только по одному (любому) из установленных пределов сигнализации.

Регистрация производится трех- или четырехразрядными числами в пределах 000—999 или 0000—1999. Периодическая регистрация непрерывная или с цикличностью 10, 20, 30, 60 *мин*; регистрации отклонений — непрерывная или с цикличностью 5, 10, 20, 30 *мин*. Питание от сети 220 *в*, 50 *гц*; потребляемая мощность 650 *в·а*.

Машина «Зенит-2» предназначена: 1) для обегающего контроля и двухпозиционного регулирования 120 точек, со звуковой и световой сигнализацией отклонения параметров от нормы; 2) циклической цифровой регистрации 80 параметров (с указанием времени начала регистрации), а также регистрации отклонения этих параметров от заданной нормы; 3) вызова любого из 80 контролируемых параметров на цифровое табло; 4) П- и ПИ-регулирования 20 контролируемых параметров (при пропорционально-интегральном регулировании время изодрома 10—2000 *сек*).

Машина «Зенит-3» работает в комплексе с теми же датчиками, что и «Зенит-2» (одновременно не более 4-х типов датчиков). Количество уставок номинального значения и уставок пределов сигнализации 120. Скорость обегания 20 *точ/сек*. Время регистрации всех точек 2,5 *мин*. Остальные технические данные машин «Зенит-3» такие же, как у «Зенит-2». Потребляемая мощность 3 *квт*.

В комплект машины «Зенит-3» входит: машина «Зенит-2», устройства автоматического регулирования УАРІ-01, регулирующее и сигнализирующее многоточечное устройство РУМ-1, цифровое регистрирующее устройство ЦРУ-02 и вспомогательные блоки. Габаритные размеры 5160×1888×640 *мм*.

3. Машина централизованного контроля типа «Цикл-2»

Машина типа «Цикл-2» предназначена для централизованного контроля сложных непрерывных технологических процессов, характеризующихся большим количеством контролируемых параметров. Машина ЦИКЛ-2 обеспечивает: 1) обнаружение и сигнализацию об отклонении параметров за заданные пределы (уставки); 2) цифровую регистрацию этих отклонений; 3) периодическую и по вызову оператора цифровую регистрацию значений параметров и уставок; 4) цифровое измерение значений параметров по вызову оператора; 5) выдачу сигналов в устройстве автоматической защиты и для двух- или трехпозиционного регулирования. Кроме того, осуществляется автоматический контроль исправности основных узлов машины и полуавтоматический ее выходных цепей.

Основные особенности машины — быстродействие и бесконтактное обегание контролируемых точек, наличие нескольких групп приборов цифрового измерения и применения мигающей световой сигнализации отклонения параметров.

Машина «Цикл-2» работает с датчиками и преобразователями системы ЭАУС, вырабатывающими выходные сигналы 0—5 или 0,5—5 *ма* постоянного тока, а также с датчиками, имеющими выходное напряжение 0—10 *в*.

Блок-схема машины «Цикл-2» показана на рис. XV.10. Машина «Цикл-2» состоит из блока обнаружения и сигнализации отклонений, блока цифровой регистрации и блока измерения по вызову, которые через нормализующие схемы независимо друг от друга получают входные сигналы от датчиков, контролирующих технологические параметры.

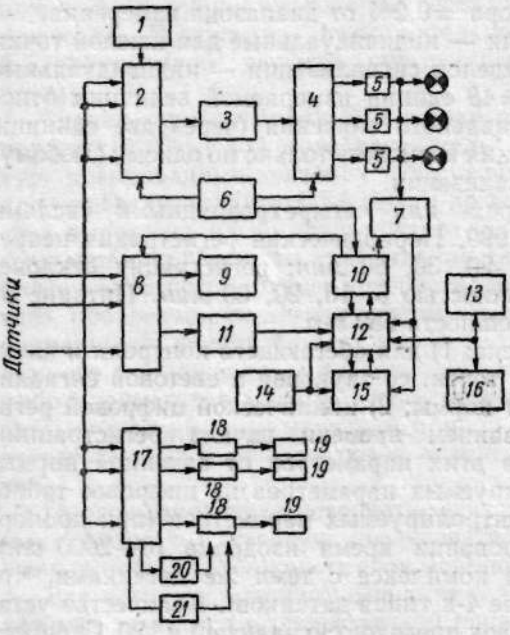


Рис. XV.10. Блок-схема машины «Цикл-2»

Блок обнаружения отклонений состоит из входного переключателя *2*, распределителя *6*, узла обнаружения отклонений *3*, панели задания уровней сравнения *1*, выходного коммутатора *4* (работающего синхронно с переключателем *2*) и узла памяти сигнализации *5*. К узлу обнаружения отклонения *3* через входной коммутатор *2* подводятся разностные сигналы: а) от датчика и уставки верхнего уровня задания; б) от датчика и уставки нижнего уровня задания. Все входные точки распределены группами по 10 точек в группе. Схема сигнализации выполнена таким образом, что при поступлении сигнала отклонения параметра включается одна из сигнальных ламп мигающим светом и звуковой сигнал. Оператор кнопкой снимает звуковой сигнал и переводит лампу на равный свет. Исправность устройства сигнализации проверяется автоматически каждым 11-м шагом обегания и по усмотрению оператора.

Блок цифровой регистрации состоит из двух печатающих устройств *13* и *16*, программного устройства *15*, программного узла управления печатью *12*, запоминающего устройства *7*, распределителя точки регистрации *10*, входного коммутатора *8*, цифрового преобразователя *11*, счетчика импульсов времени *14* и панели задания коэффициентов *9*.

Цифровой преобразователь машины обеспечивает преобразование аналоговых сигналов в трехразрядные десятичные числа, представленные в двоично-десятичном коде.

Блок измерения по вызову состоит из пяти цифровых преобразователей *18*, распределителя измерения *21*, пяти цифровых указателей *19*, панели задания коэффициентов *20* и панели вызова *17*. Контролируемый параметр представляется на газоразрядных лампах цифровой индикации трехразрядным десятичным числом.

Машина «Цикл-2» имеет следующие технические характеристики. Количество точек контроля отклонения параметра от заданных пределов 200. Количество уставок на точку 2; диапазон изменения уставок 30—100% (ступенями по 2%). Скорость обегания 500 *точ/сек*; время запаздывания сигнализации 0,5 *сек*. Длительность цикла обегания — 0,44 *сек*. Система регулирования двух- и трехпозиционная.

Устройство цифровой регистрации отклонений (переходов параметра через предельные значения) выполнено на 160 точек, время регистрации одного отклонения 1,5 *сек*, число регистрируемых отклонений в одной строке бланка 14. Устройство цифровой регистрации параметров рассчитано на 160 точек, время регистрации всех параметров 100 *сек*. Цифровая регистрация трехзначная (000—999), число регистрируемых параметров в одной строке бланка 40, коэффициенты шкал цифрового преобразования 1; 1,5; 2; 3; 4; 6; 8, периодичность регистрации 30, 60, 120 *мин*. Точность измерения, регистрации и сравнения параметра $\pm 1\%$. Измерение параметров по вызову производится на 5 цифровых приборах. Число точек измерения до 300; периодичность измерения 5 *сек*. Питание от сети 220 *в*, 50 *гц*; потребляемая мощность до 1000 $в \cdot а$.

В комплект машины входит: шкаф входного устройства (1700×800×746 *мм*), 2 шкафа основной аппаратуры (1700×800×746) *мм*), пульт оператора (1044×1956×624 *мм*), 2 автоматические пишущие машинки (880×760×640 *мм*) и мнемосхема со вспомогательными приборами.

4. Машины централизованного контроля типа МЦК-ИРц и МЦК-СРц, работающие с частотными датчиками

Машина централизованного контроля, цифровой индикации и регистрации параметров типа МЦК-ИРц (ЦСТИ) предназначена для сбора и обработки информации от датчиков и преобразователей с частотным выходом (4—8 *кгц*), непрерывной цифровой индикации значения параметров, их автоматической регистрации на цифропечатающей машинке и для подготовки информации к виду, удобному для ввода в электронную вычислительную машину. Машина МЦК-ИРц состоит из устройств преобразования информации, цифровой индикации и автоматической регистрации.

Входным коммутатором поочередно один из датчиков подключается к преобразователю частоты в код. По сигналу из блока программных импульсов полученное в счетчике абсолютное значение параметра в десятичном коде подается в запоминающее устройство, на выходе которого формируется определенная последовательность импульсов, соответствующая записанному в памяти числу. Значения контролируемых параметров в запоминающем устройстве обновляются через каждый цикл обегания. В устройстве цифровой индикации полученная последовательность импульсов преобразуется на экране электроннолучевой трубки в изображение десятичного четырехразрядного числа. Непрерывная цифровая индикация позволяет оперативно следить за технологическим процессом и исключает субъективную погрешность отсчета, а применение электроннолучевой трубки существенно уменьшает размеры щитов и мнемосхем. Одновременно с преобразованием частоты в десятичный код блоком вывода информации она преобразуется в двоичный код для передачи на ЭЦВМ. Кроме того, результаты измерения параметров в десятичном коде выдаются в устройство автоматической регистрации.

Блок-схема устройства преобразования информации машины МЦК-ИРц приведена на рис. XV.11. Входной коммутатор *1* служит для циклического

подключения датчиков к преобразователю частоты в код *8*, формирования импульсов управления запоминающим и регистрирующими устройствами по каждому каналу контроля, формирования адреса параметра, выдаваемого на ЭЦВМ. Блок масштабирования *2* осуществляет приведение каждого параметра к определенной шкале (число которых в машине равно 18). Преобразователь частоты в код *8* преобразует частотный сигнал от датчиков в десятичный код и выдает их в блок запоминания информации *7* и устройство автоматической регистрации. Программный блок *4* является диодным дешифратором (подключенным к блоку масштабирования), который вырабатывает последовательность сигналов, необходимых для управления машиной.

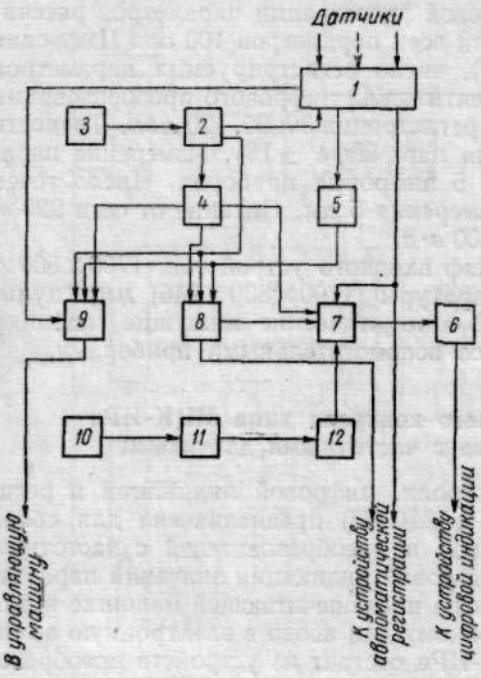


Рис. XV.11. Блок-схема устройства преобразования информации МЦК-ИРц

Блок запоминания информации *7* предназначен для одновременного хранения 64 значений параметров в виде четырехразрядных двоичных чисел в интервале времени между циклами обегания. Блок кодирования знаков *11* формирует развернутые во времени коды цифр, обеспечивающие считывание информации с запоминающего устройства. Блок считывания *12* осуществляет подекадное считывание информации с запомина щего устройства *7* и усиление кодов цифр.

Блок выходных усилителей *6* формирует импульсы определенной амплитуды (50 *в*) и длительности (20 *мксек*) из выходных сигналов блока запоминания информации и подает их на электронно-лучевые устройства цифровой индикации. Блок вывода информации в ЭЦВМ *9* преобразует частотный сигнал от датчиков в двоичный код.

Тактовый генератор *3* вырабатывает импульсы, синхронизирующие работу машины. Тактовый генератор считывания *10* участвует в процессе формирования кодов цифр в блоке кодирования знаков *11*, а также обеспечивает получение ступенчатого напряжения и синхронизацию развертки электроннолучевой. Блок умножения *5* изменяет частоту сигналов от датчиков, поступающих на вход преобразователя частоты.

Устройство цифровой индикации обеспечивает индикацию 64 значений контролируемых параметров в виде четырехразрядных десятичных чисел (до 1999 включительно) на электроннолучевой (типа 5ЛО38) с экраном 50 *мм*. В зависимости от требований на мнемосхеме могут применяться электроннолучевые, имеющие цвета свечения голубой, синий, зеленый. Устройство индикации состоит из блока разверток и блока индикаторов.

Автоматическое регистрирующее устройство состоит из электрифицированной пишущей машинки и электронного блока.

Машина может принимать частотные сигналы от 64 датчиков или преобразователей, описание которых дано в гл. XIV. Время обегания 64 точек

за один цикл 12,8 *сек*. Время опроса и обработки информации по каждому параметру 0,4 *сек*. Погрешность преобразования входных сигналов в код 0,1%. В машине предусмотрены два автоматических регистрирующих устройства (по 32 точки на одном устройстве). Максимальная скорость регистрации — 10 десятичных знаков в 1 *сек*. Период регистрации 32 параметра на каждом устройстве: 2, 10, 60, 480 *мин*. Возможна регистрация параметров по вызову.

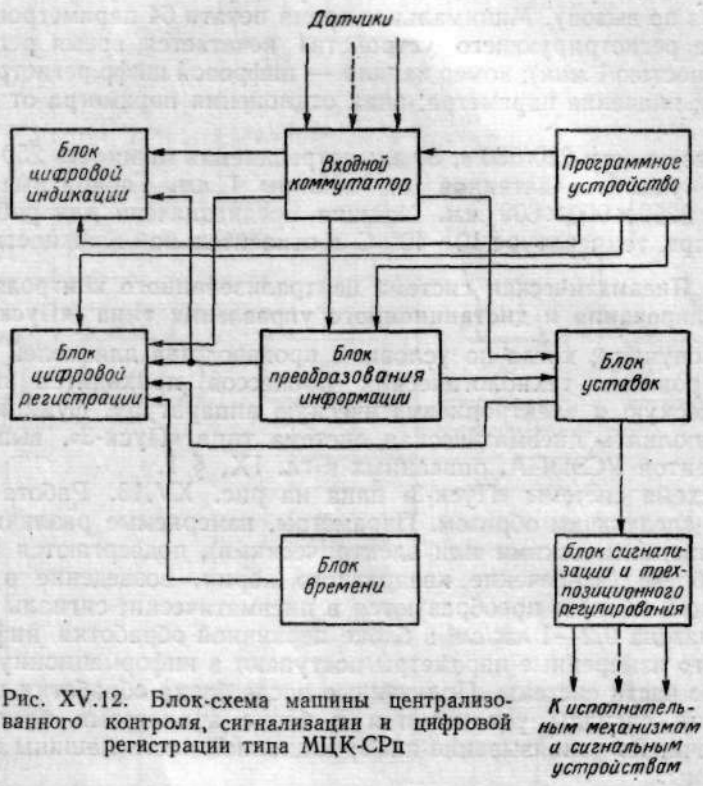


Рис. XV.12. Блок-схема машины централизованного контроля, сигнализации и цифровой регистрации типа МЦК-СРц

В вычислительную машину информация выдается по 64 точкам за 12,8 *сек*. Количество двоичных разрядов выходного регистра машины 18 (12 — значение параметра, 6 — адрес). МЦК-ИРц питается от сети 220/380 *в*, 50 *гц* через феррорезонансные стабилизаторы. Максимальное расстояние от преобразователей и датчиков до устройства преобразования информации не более 1 *км*, а от последнего до регистрирующего устройства и устройства цифровой индикации 50 *м*.

Машина централизованного контроля, сигнализации и цифровой регистрации типа МЦК-СРц (ЦСКО), блок-схема которой приведена на рис. XV.12, предназначена для сбора и обработки информации от частотных датчиков (аналогично МЦК-ИРц), сигнализации (световой и звуковой) отклонения параметров от заданных уставок, цифровой регистрации относительного значения параметра, цифровой индикации на специальном табло любого параметра по вызову оператора и трехпозиционного регулирования. Число контролируемых машиной параметров равно 64. Время опроса по каждому параметру 35,6 *мсек*. Время одного цикла опроса 1,6 *сек*.

На индикацию и регистрацию значение параметра выдается в десятичном коде в относительных величинах, т. е. в процентах от максимального значения параметра. Точность преобразования частотного сигнала в цифровой код 0,5%. Уставки задаются независимо по обоим пределам с дискретностью 0,5%. Максимальное число на выходе 99,5%.

Регистрирующее устройство может работать в четырех режимах: а) непрерывная запись всех параметров; б) регистрация параметров, вышедших за пределы уставок; в) печать параметров по времени; г) запись параметров по вызову. Минимальное время печати 64 параметров 11,2 *сек*. На бланке регистрирующего устройства печатается время регистрации (с дискретностью 1 *мин*); номер канала — цифровой шифр регистрируемого параметра; значение параметра; знак отклонения параметра от заданных уставок.

Питание от сети 220/380 *в*, 50 *гц*; потребляемая мощность 250 *вт*. Максимальное удаление датчиков от машины 1 *км*. Габаритные размеры МЦК-СРц 2250×900×600 *мм*. Машина предназначена для работы в помещении при температуре 10—40° С и относительной влажности до 95%.

5. Пневматическая система централизованного контроля, регулирования и дистанционного управления типа «Пуск-3»

В тех случаях, когда по условиям производства для целей контроля и регулирования технологических процессов приходится применять пневматическую и электропневматическую аппаратуру, функции МЦКР может выполнять пневматическая система типа «Пуск-3», выпуская на базе элементов УСЭППА, описанных в гл. IX, § 1.

Блок-схема системы «Пуск-3» дана на рис. XV.13. Работа «Пуск-3» протекает следующим образом. Параметры, измеряемые различными датчиками (пневматическими или электрическими), подвергаются необходимой обработке (извлечение квадратного корня, возведение в квадрат, усреднение и т. п.) и преобразуются в пневматические сигналы стандартного диапазона 0,2—1 *кгс/см*^{2} в блоке первичной обработки информации. После этого измеренные параметры поступают в информационную и регулирующую части системы. Полученные после блока обработки первичной информации сигналы усиливаются в блоке аналоговых повторителей, что обеспечивает развязывание информационной части машины от остальной системы.

Информационный комплекс системы осуществляет следующие операции:

1) цифровую регистрацию величин измеряемых параметров и заданных номинальных значений, которая выполняется автоматически с заданной частотой или по вызову оператора;

2) регистрацию значений параметров, отклонившихся от нормы в пределах технологического допуска (производится с увеличенной частотой); по вызову оператора очередная регистрация отклонившихся параметров заменяется регистрацией всех параметров;

3) внеочередную регистрацию всех контролируемых параметров при аварийном отклонении каких-либо параметров от их номинальных значений (при этом сначала заканчивается очередной цикл обегания);

4) регистрацию отдельных групп параметров по вызову оператора; остальные параметры при этом регистрируются в соответствии с заданной программой;

5) оперативное измерение по вызову на цифровом визуальном приборе различных величин (параметров, номиналов, положений исполнительных механизмов) по одному каналу управления;

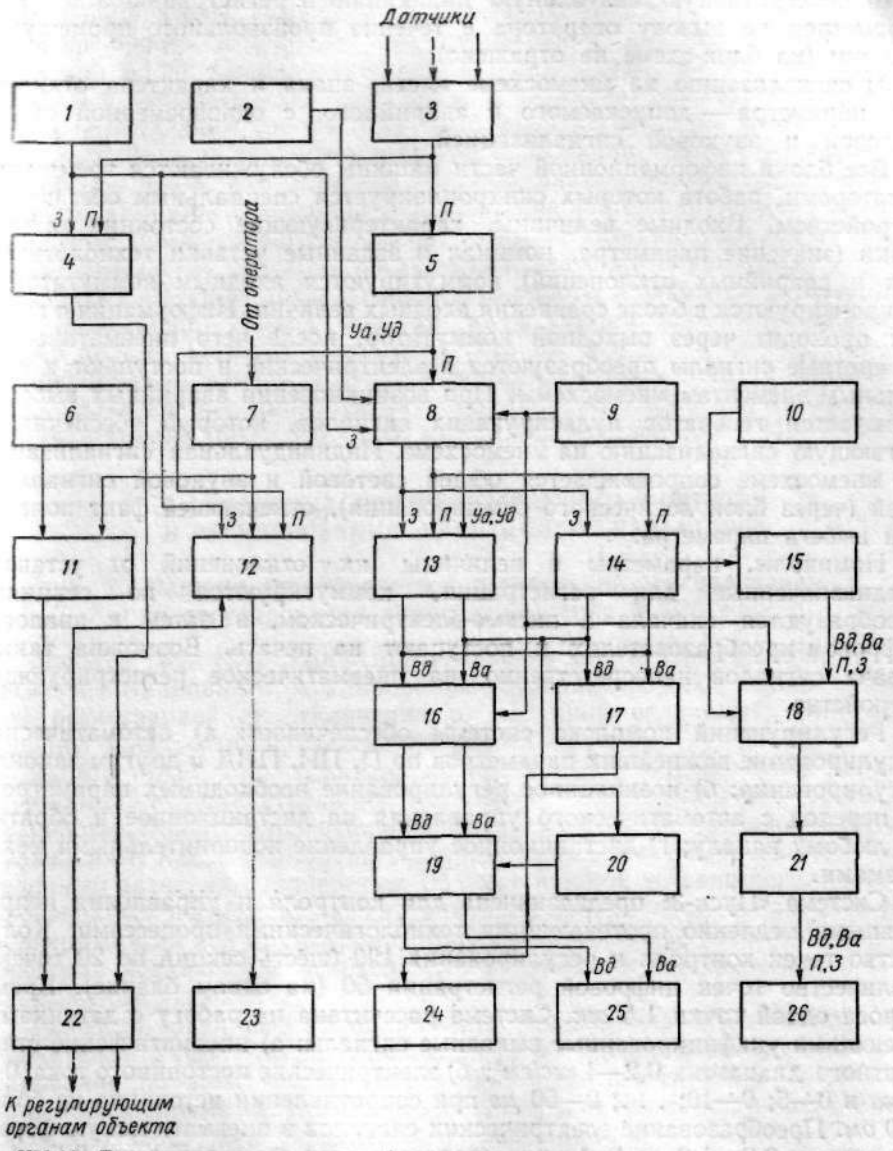


Рис. XV.13. Блок-схема пневматической системы централизованного контроля, регулирования и дистанционного управления типа «Пуск-3»:

1 — блок задатчиков номинальных значений параметров; *2* — блок уставок допустимых и аварийных отклонений параметров; *3* — блок первичной переработки информации; *4* — блок регуляторов; *5* — блок аналоговых повторителей; *6* — блок переключения с автоматики на дистанционное управление; *7* — блок дистанционного управления; *8* — коммутатор входных величин; *9* — обегающее устройство; *10* — программирующее устройство; *11* — коммутатор сигналов дистанционного управления; *12* — коммутатор оперативного вызова входных величин; *13* — блок сравнения входных величин; *14* — секционированный коммутатор регистрируемых величин; *15* — преобразователь пневматических сигналов в электрические; *16* — коммутатор выходных величин; *17* — блок логического суммирования; *18* — коммутатор синхронизации обегания с печатью; *19* — преобразователь пневматических сигналов в электрические; *20* — генератор пульсирующих сигналов; *21* — блок аналого-цифрового преобразования; *22* — исполнительные механизмы; *23* — приборы визуального контроля; *24* — сигнализация допустимых и аварийных отклонений параметров; *25* — мнемосхема; *26* — цифровое регистрирующее устройство; *П* — параметр; *З* — задание; *Уд* — уставка допустимого отклонения параметра; *Уа* — уставка аварийного отклонения параметра; *Вд* — выбег допустимый; *Ва* — выбег аварийный

6) неоперативную визуальную индикацию и регистрацию отдельных параметров по вызову оператора в течение произвольного промежутка времени (на блок-схеме не отражено);

7) сигнализацию на мнемосхеме места, знака и характера отклонения параметра — допускаемого и аварийного, с одновременной общей световой и звуковой сигнализацией.

Все блоки информационной части машины обслуживаются тремя коммутаторами, работа которых синхронизируется специальным обегающим устройством. Входные величины, характеризующие состояние каждой точки (значение параметра, номинал и заданные уставки технологических и аварийных отклонений) коммутируются входным коммутатором и анализируются в блоке сравнения входных величин. Информация о выбегах проходит через выходной коммутатор, после чего пневматические дискретные сигналы преобразуются в электрические и поступают к сигнальным элементам мнемосхемы. При возникновении аварийных выбегов включается генератор пульсирующих сигналов, который обеспечивает мигающую сигнализацию на мнемосхеме. Индивидуальная сигнализация на мнемосхеме сопровождается общей световой и звуковой сигнализацией (через блок логического суммирования), отмечающей факт появления выбега параметра.

Номиналы, параметры и величины их отклонений от уставок, предназначенные для регистрации, коммутируются по секциям, преобразуются сначала в пневмо-электрическом, а затем в аналого-цифровом преобразователях и поступают на печать. Возможна также подача сигналов непосредственно на пневматическое регистрирующее устройство.

Регулирующий комплекс системы обеспечивает: а) автоматическое регулирование важнейших параметров по П, ПИ, ПИД и другим законам регулирования; б) позиционное регулирование необходимых параметров; в) переход с автоматического управления на дистанционное и обратно по любому каналу; г) дистанционное управление исполнительными механизмами.

Система «Пуск-3» предназначена для контроля и управления непрерывными медленно протекающими технологическими процессами. Количество точек контроля и регулирования 120 (шесть секций по 20 точек). Количество точек цифровой регистрации 50 (на одном бланке). Время опроса одной точки 1,5 *сек*. Система рассчитана на работу с датчиками, имеющими унифицированные выходные сигналы: а) пневматические стандартного диапазона 0,2—1 *кгс/см*^{2}; б) электрические постоянного тока 0—5 *ма* и 0—5; 0—10; . . .; 0—50 *мв* при сопротивлении источника не более 100 *ом*. Преобразование электрических сигналов в пневматическую форму диапазона 0,2—1,0 *кгс/см*^{2} осуществляется с классом точности 0,5—1,0. Температурная компенсация холодных спаев термопар обеспечивается в диапазоне температур 15—50° С.

Измеряемый и регистрируемый параметр представляется в процентной шкале (0% соответствует давлению 0,2 *кгс/см*^{2}; 100% — давлению 1,0 *кгс/см*^{2}). Основная погрешность измерения (обнаружения отклонения) и регистрации не более $\pm 1{,}5\%$ от рабочего диапазона. Цифровая регистрация 50 параметров осуществляется на одном бланке с двумя цифровыми знаками на один параметр. Автоматическая периодическая регистрация параметров и номиналов через 1 *ч* (или другой заданный интервал времени). Периодическая регистрация параметров, отклонившихся за пределы, заданные уставками, производится с интервалом 2; 5; 10 *мин*. Параметры, отклонив-

шиеся за верхние пределы, печатаются красным цветом, а отклонившиеся за нижние пределы, — черным цветом с точкой.

Погрешность измерения при оперативном вызове на визуальные приборы $\pm 1\%$. Сигнализация отклонения параметра за допускаемые пределы производится ровным светом, а сигнализация аварийного отклонения — мигающим светом. Блок цифровой регистрации может осуществлять контроль за точностью цепи преобразования «*кгс/см*^{2} → цифра» при точности $\leqslant \pm 5\%$, что отмечается особым знаком после печати значений времени. При этом происходит переключение на резервную схему аналого-цифрового преобразователя. Выход из строя датчика (переход за шкалу 100%) отмечается индексом после печати значения параметра.

Система «Пуск-3» предназначена для работы в закрытом и незапыленном помещении. Расход воздуха на 6 секций 100 *нм*^{3}/*ч* давлением 3—3,5 *кгс/см*^{2}. Питание системы от сети 220 *в*.

Габаритные размеры устройств системы «Пуск-3»: пульта управления $900 \times 1900 \times 950$ *мм*; пишущей машинки $1800 \times 400 \times 700$ *мм*; блока цифровой регистрации $1800 \times 500 \times 1100$ *мм*; стойки модулей $2000 \times 1100 \times 600$ *мм*.

§ 4. МАШИНЫ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО КОНТРОЛЯ И РЕГУЛИРОВАНИЯ ИДЕНТИЧНЫХ ПАРАМЕТРОВ

1. Машина автоматической регистрации, сигнализации и регулирования температуры типа МАРС-200Р

Машина типа МАРС-200Р предназначена для централизованного контроля и позиционного регулирования температуры в 200 точках с цифровой регистрацией ее отклонения от заданной величины*. Блок-схема машины МАРС-200Р приведена на рис. XV.14.

Работа МАРС-200Р основана на поочередном подключении датчиков (термопар) к измерительному устройству через релейное обегающее устройство. Обнаружение отклонений и регулирование производится путем сравнения т. э. д. с. термопары с напряжениями уставок, соответствующим заданным значениям температур. Задание нужной уставки регулирования производится посредством коммутационной панели уставок с заранее установленными на ней штеккерами (отдельно для каждой точки), обусловливающими подключение необходимого контрольного напряжения в блоке напряжения уставок.

Разность сравниваемых напряжений подается на входы электронных усилителей. Усилитель регулирования *19* обеспечивает позиционное регулирование по всем точкам, осуществляя соответствующие воздействия на исполнительные механизмы (в зависимости от полярности поступающих сигналов) через узел управления и запоминающее устройство *27*. Одновременно через это запоминающее устройство сигналы поступают на панель сигнализации хода регулирования и отклонений.

При выходе температуры по какой-либо точке за допустимые пределы, ограничиваемые уставками, срабатывает один из усилителей *18* или *20*. При этом включается соответствующее реле запоминающего устройства отклонений *29*, обеспечивающее срабатывание надлежащей схемы блоки-

* В комплекте с машиной МАРС-200Р может работать машина ЭМАУС-50, предназначенная для автоматического управления 50 агрегатами по заданным циклам, учета выпускаемой продукции и анализа рабочего времени на 50 объектах, а также радиотелефонной громкоговорящей связи с 25 пунктами. При необходимости количество объектов управления может быть увеличено.

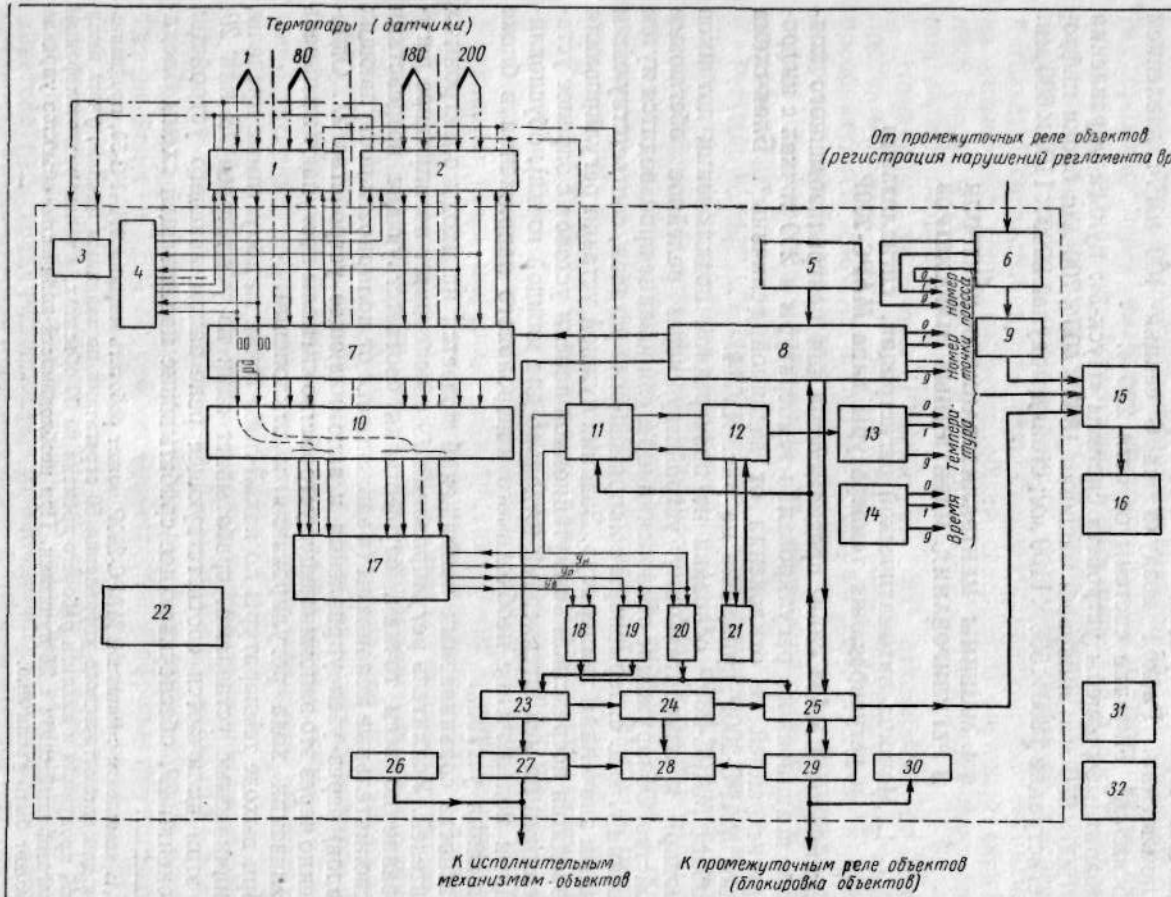


Рис. XV.14. Блок-схема машины типа МАРС-200Р:

1 — компенсационная коробка холодных спаев № 1; *2* — то же № 2; *3* — электронный потенциометр типа ПС1-02; *4* — переключатели термопар типа ПМТ-20; *5* — механический коммутатор; *6* — запоминающее устройство нарушений регламента времени; *7* — реле датчиков (обегающее устройство); *8* — релейный распределитель (обегающее устройство); *9* — узел управления регистрацией нарушений регламента времени; *10* — коммутационная панель уставок; *11* — узел переключения с обегания на регистрацию; *12* — цифровой преобразователь; *13* — дешифратор; *14* — механизм часов; *15* — печатающее устройство (регистрация отклонений); *16* — карта регистрации отклонений температуры и нарушений регламента времени; *17* — блок напряжений уставок; *18—20* — электронные усилители; *21* — узел цифрового преобразователя; *22* — узел проверки цепей измерительных и автоматики; *23* — узел управления регулированием; *24* — устройство отключения регулирования и регистрации; *25* — узел управления регистрацией отклонений; *26* — узел аварийного регулирования; *27* — запоминающее устройство регулирования; *28* — панель сигнализации хода регулирования и отклонений; *29* — запоминающее устройство отклонений; *30* — устройство отключений блокировки объектов; *31* — блок питания № 1; *32* — то же № 2; — · — · — · — измерительные цепи (компенсационные провода); ——— измерительные цепи (медные провода); ——— цепи автоматики; *Ун* — нижняя уставка; *Ур* — уставка регулирования; *Ув* — верхняя уставка

ровки и сигнализации; термопара подключается к цифровому преобразователю для измерения ее т. э. д. с. компенсационным методом и преобразования дешифратором непрерывной величины в дискретную, представляемую двоично-десятичным кодом. Схема дешифратора машины показана на рис. XV.15. Из дешифратора значение контролируемого параметра поступает на цифропечатающее устройство; одновременно с помощью запоминающего устройства *6* регистрируется номер объекта, в котором нарушается производственный режим. Правильное взаимодействие всех основных

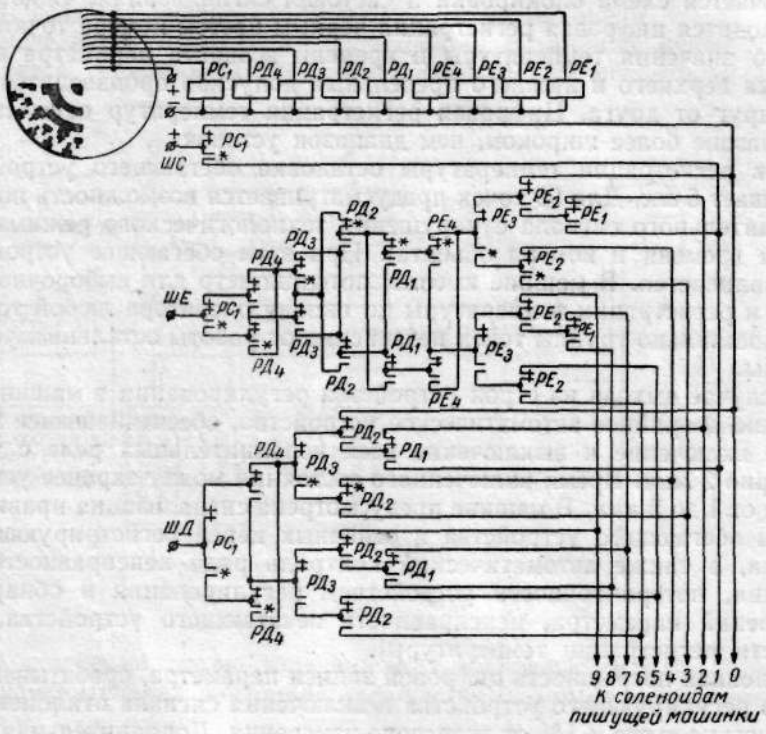


Рис. XV.15. Дешифратор цифрового преобразователя машины МАРС-200Р:

РЕ — реле единиц; *РД* — реле десятков; *РС* — реле сотен; *ШЕ* — шина единиц; *ШД* — шина десятков; *ШС* — шина сотен

узлов машины, а также осуществление контроля работы измерительных цепей и цепей автоматики обеспечивается программирующим устройством.

Машина может работать в комплекте с термопарами типа ХК, ХА и ПП. Сопротивление цепи термопары и линии связи не должно превышать 100 *ом*, что определяет наибольшую удаленность машины от мест установки датчиков.

Скорость обегания на каждую контролируемую точку 0,3 *сек*. Для каждой точки в отдельности предусматривается одна уставка регулирования (независимо от других точек), причем задание уставки может производиться ступенями (с общим числом их 50). В машине предусмотрена сигнализация включения исполнительных элементов для каждой точки (с целью наблюдения за процессом позиционного регулирования).

Для уменьшения расхода компенсационных проводов термопары объединяются группами по 20 шт. и подсоединяются к машине через

компенсационные коробки. При отклонении температуры в любой точке от заданных уставками пределов машина осуществляет световую сигнализацию по каждой точке в отдельности, цифровую регистрацию красным цветом на бланке печатающего устройства времени отклонения (в часах и минутах), номера точки и фактического значения температуры, а также при необходимости включает в действие схему блокировки. При отключении регистрации в машине сохраняется регулирование и обнаружение отклонения параметра. При возвращении отклонившейся точки в норму выключается схема блокировки и световая сигнализация. Одновременно производится цифровая регистрация черным цветом номера точки, фактического значения температуры и времени возврата параметра к норме. Уставка верхнего и нижнего предельных допусков производится независимо друг от друга. Цифровая регистрация температур осуществляется в диапазоне более широком, чем диапазон уставок.

При регистрации температуры остановка обегающего устройства не превышает 6 *сек*. Для 99 точек предусматривается возможность получения дополнительного сигнала о нарушении технологического режима (с указанием времени и номера объекта). При этом обегающее устройство не останавливается. В машине имеется потенциометр для выборочного измерения и регистрации температуры по вызову оператора любой точки или последовательно группы точек независимо от работы остальных устройств машины.

В случае выхода из строя устройства регулирования в машине предусмотрено аварийное автоматическое устройство, обеспечивающее периодическое включение и выключение всех исполнительных реле с частотой примерно 2 *мин*. Время включенного состояния может заранее устанавливаться от 1 до 2 *мин*. В машине предусмотрена сигнализация правильности работы обегающего устройства и основных цепей регистрирующего устройства, а также автоматический контроль ряда неисправностей (сбой обегания, потеря точности устройством регулирования и обнаружения отклонений параметра, неисправность печатающего устройства, потеря точности регистрации температуры).

Основная погрешность цифровой записи параметра, срабатывания контактов регулирующего устройства и включения сигнала отклонения температуры на выше $\pm 1\%$ от диапазона измерения. Дополнительная погрешность измерения при отклонении температуры окружающей среды от нормальной не более 0,3% от диапазона измерения на каждые 10° С. Питание машины от сети 220 *в*, 50 *гц*; потребляемая мощность около 1000 *в·а*. Габаритные размеры машины МАРС-200Р 2258×2105×747 *мм*.

2. Машины централизованного позиционного регулирования типа АМУР и АМУР-ТМ

Машина типа АМУР предназначена для автоматического централизованного двухпозиционного регулирования температуры и измерения ее по вызову оператора. Машина работает с термометрами сопротивления градуировки Гр-23, но допускает применение любых других датчиков, преобразующих изменение параметра в изменение омического сопротивления.

Блок-схема машины АМУР приведена на рис. XV.16. Термометры сопротивления постоянно включены в схемы индивидуальных измерительных мостов, находящихся в машине. С помощью релейного распределительного устройства измерительные мосты поочередно подключаются

одной диагональю к источнику питания схемы регулирования, а другой измерительной диагональю — ко входу нуль-прибора. В качестве нуль-органа используется фазочувствительный блок, состоящий из магнитного усилителя, двухкаскадного электронного усилителя и электромагнитных реле типа РКМ-1.

Уставка температуры задается для каждой точки индивидуально. В зависимости от того, выше или ниже температура заданной величины, на вход нуль-органа поступает сигнал на включение или сброс реле запоминания, воздействующего на исполнительный механизм.

Распределение во времени срабатывания различных цепей машины производится генератором импульсов. При вызове оператором каждой

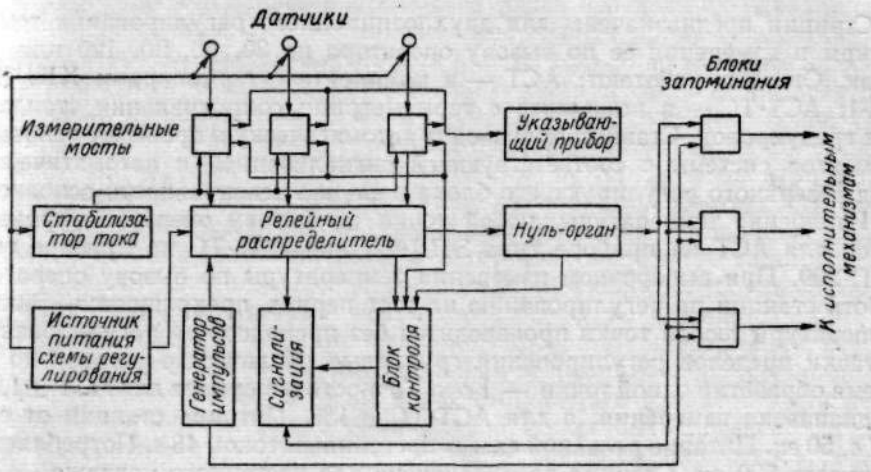


Рис. XV.16. Блок-схема машины типа АМУР

точки на измерение соответствующий мост подключается к стабилизатору тока, а измерительная диагональ включается на щитовой показывающий прибор.

Число точек автоматического регулирования и измерения температуры по вызову оператора равно 40, 50, 60, 70, 80; время опроса одной точки 12, 17, 24 *сек*. Число фиксированных уровней уставки по каждой точке регулирования 18. Система присоединения термометров сопротивления трехпроводная. Третий провод общий для всех мостов. Сопротивление каждого из двух проводов не более 7,5 *ом*. Измерение любой точки по вызову оператора производится без остановки обегания и нарушения регулирования остальных точек.

Основная погрешность измерения не более $\pm 2\%$ от разности верхнего и нижнего пределов. Погрешность срабатывания выходных контактов машины (по одному замыкающему контакту на каждую точку) не более $\pm 1{,}5\%$ от диапазона измерения. Зона нечувствительности схемы регулирования не более 0,5%. Питание от сети 220 *в*, 50 *гц*; потребляемая мощность 500 *в·а*. Габаритные размеры машины $2100 \times 1020 \times 800$ *мм*.

Машина АМУР-ТМ предназначена для двухпозиционного регулирования, измерения и сигнализации отклонения температур от заданного значения. Число точек регулирования и измерения по вызову 160. Задание уставок регулирования общее для всех точек. Время полного цикла обегания 50 *сек*. Диапазон рабочих температур 160—220° С. Сигнализация

(индивидуальная для каждой точки) осуществляется при отклонении от заданной температуры ±3 или ±6° С, пределы измерения отклонений от заданной температуры ±10° С, точность измерения отклонений ±0,7° С. Погрешность выдачи исполнительных сигналов на регулирование и сигнализацию отклонений не более ±1° С. Питание машины от сети 220 *в*, 50 *гц*; потребляемая мощность 600 *в·а*. Габаритные размеры машины 2035×1350×910 *мм*.

3. Автоматические станции многоточечного контроля, регулирования, измерения и регистрации температуры типа АСТ и АСТ-ТС

Станции предназначены для двухпозиционного регулирования температуры и измерения ее по вызову оператора на 30, 60, 90, 120 или 150 точек. Станции работают: АСТ — в комплекте с термопарами ХК, ХА, ПП-1; АСТ-ТС — в комплекте с термометрами сопротивления стандартных градуировок. Станции производят автоматическую проверку основных элементов системы с соответствующей сигнализацией и автоматический ввод резервного регулирующего блока в случае неисправности основного.

Измерение температуры любой точки по вызову оператора производится для АСТ на приборе типа ЭПД-02, для АСТ-ТС на приборе типа ЭМП-209. При выборочном измерении температуры по вызову оператора работа станции по регулированию на этот период прекращается. Запись температуры любой точки производится без прекращения регулирования. Уставки пределов регулирования групповые. Количество уставок до 10. Время обработки одной точки — 1 *сек*. Точность измерения для АСТ ±1,5% от диапазона измерения, а для АСТ-ТС ±1%. Питание станции от сети 127 *в*, 50 *гц*. Питание релейной схемы постоянным током 48 *в*. Потребляемая мощность 500 *вт*. Станция предназначена для настенного монтажа.

4. Установка передачи информации с рабочего места и контроля работы оборудования типа УПИ-1

Установка типа УПИ-1 предназначена для передачи и автоматического учета информации об использовании оборудования во времени. УПИ-1 обеспечивает:

а) автоматическую передачу на табло диспетчера сведений о длительности и причине простоя оборудования;

б) суммирование времени простоя всего контролируемого оборудования по каждой причине простоя;

в) регистрацию и графическую запись количества работающего оборудования в любой момент времени;

г) передачу с помощью симплексной громкоговорящей связи информации мастеру о ходе выполнения сменного задания с каждого рабочего места;

д) сигнализацию о простое оборудования в соответствующие цехи, службы и на пульт мастера.

Количество контролируемых и регистрируемых точек 40. Питание от сети 220 *в*, 50 *гц*, и постоянным током напряжением 60 *в* от источника питания ВСА-5; потребляемая мощность 400 *в·а*.

Устройство состоит из 40 пультов рабочих, пульта мастера, электронного регистрирующего прибора, табло диспетчера, табло простоя, релейного счетчика и вспомогательной аппаратуры.

§ 5. МАШИНЫ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО КОНТРОЛЯ И ПЕРВИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ

1. Машина первичной переработки информации типа МППИ-1

Описанные выше машины централизованного контроля решают в определенной мере задачу сбора, регистрации и накопления необходимой информации о протекании производственного процесса. Однако эти машины не приспособлены для выполнения текущих первоочередных расчетов, которые необходимы эксплуатационному персоналу для более глубокого анализа и оптимального ведения технологического режима, а также могут служить исходными данными для последующей передачи их управляющей электронной машине. Все описанные выше МЦКР, кроме пневматической системы «Пуск-3», предназначены для работы только во взрывобезопасных и неагрессивных условиях, которые могут быть созданы не на всех промышленных предприятиях. В этих случаях может оказаться более удобным применение в качестве первичных приборов пневмодатчиков с последующим преобразованием пневматических сигналов в электрические. Особенно ценным для подобной установки является возможность ввода в машину как пневматических, так и электрических сигналов от аналоговых датчиков, а также сигналов от датчиков дискретного типа.

Указанным условиям отвечает машина первичной переработки информации типа МППИ-1, которая выполняет следующие функции:

1) автоматический сбор по заданной программе информации от 128 аналоговых датчиков и 72 интегральных и позиционных датчиков (по двухимпульсным входам 63 и по число-импульсным входам 9); при необходимости количество аналоговых входов может быть доведено до 368;

2) математическую обработку текущих значений параметров, включая усреднение и интегрирование величин за большой промежуток времени, нормализацию, коррекцию, сравнение с уставками, а также некоторые расчетные операции (в том числе и экономические расчеты) по фиксированной заранее программе;

3) выдачу оператору сведений о состоянии оборудования и регистрацию значений текущих и комплексных параметров;

4) сигнализацию о нарушении технологического режима;

5) передачу информации в другие устройства системы оперативного управления;

6) контроль значений параметров по вызову оператора на цифровом индикаторе.

Машина может работать в контрольно-информационном режиме, режиме советчика и режиме исследований.

Машина МППИ-1 блочного типа (рис. XV.17). Она выполнена в виде трех основных узлов: а) входного устройства; б) цифрового вычислительного устройства дискретного действия; в) устройства ввода и вывода информации.

Входное устройство обеспечивает привязку машины к локальным устройствам автоматического контроля и регулирования, выполненным на базе агрегатно-унифицированных систем АУС, УСЭППА и ЭАУС. Входное устройство осуществляет преобразование аналоговых, интегральных и двухпозиционных сигналов в двоичный код и выдачу его в вычислительное устройство машины. Учитывая, что в номенклатуре системы ЭАУС имеется большая группа нормирующих преобразователей, машину МППИ-1 практически можно сочетать со всеми типами выпускаемых

промышленностью датчиков. Входное устройство состоит из стойки нормализации аналоговых сигналов СН-2, бесконтактного группового преобразователя БГП-2 и устройства выборочной записи параметров по вызову на аналоговый прибор ЭПП-09, которое обеспечивает непрерывную регистрацию группам любых 5 параметров из 50 наиболее важных.

Для увеличения числа аналоговых входов к 16 каналам входного переключателя могут быть подключены выносные групповые преобразователи ВГП, каждый на 16 точек. Таким образом, общая емкость машины

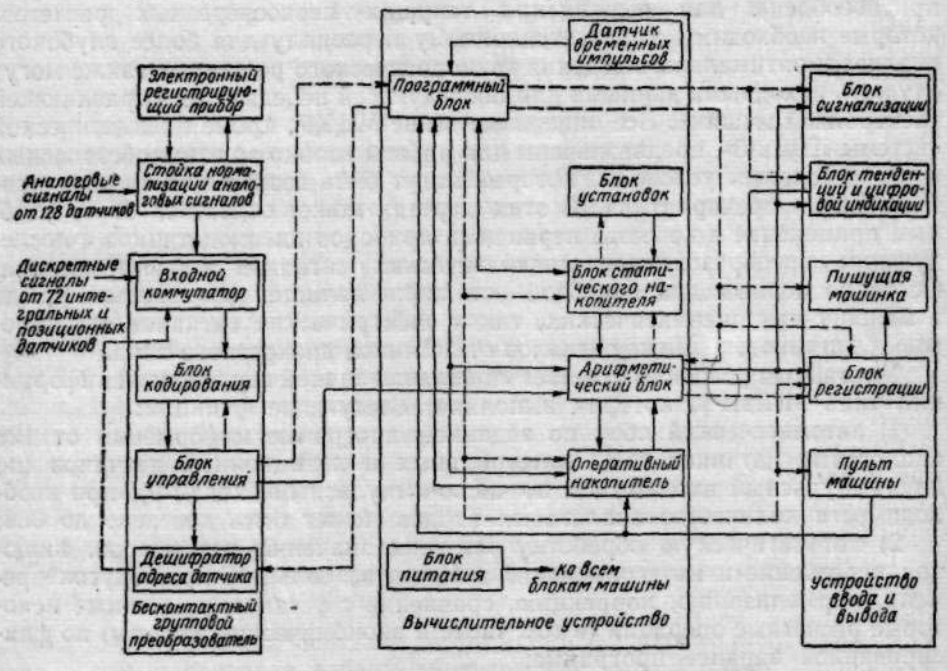


Рис. XV.17. Блок-схема машины первичной переработки информации типа МППИ-1:
— — — — линия управления; ——— — линия информации

по аналоговым входным сигналам может быть доведена до 112 сигналов, принимаемых непосредственно от индивидуальных датчиков и преобразователей, и 256 сигналов от групповых блоков ВГП.

В каждый из групповых блоков БГП-2 и ВГП встроен узел преобразования аналоговых сигналов в цифровой код, действующий по принципу поразрядного уравновешивания.

Входное устройство рассчитано на подключение: а) датчиков постоянного тока 0,5—5 (1—5) *ма* или 2—10 *в*; б) двухпозиционных датчиков постоянного тока 20 *ма* при 12 *в*; в) импульсных датчиков напряжения (не менее 0,7 *в*) с интервалом между импульсами не менее 5 *сек*. Разрядность кода преобразователей 9 двоичных разрядов, точность преобразования 0,5%, дополнительная погрешность преобразования при отклонении окружающей температуры от нормальной 0,2% на каждые 10° С (в пределах 10—40° С), чувствительность преобразования 0,2%. Скорость опроса аналоговых датчиков 100 *точ/сек*, скорость опроса двухпозиционных датчиков 1000 *опросов/сек*. Максимальная частота следования число-импульсных сигналов 0,1 *гц*. Опрос датчиков производится по программе вычислительного устройства.

По структуре входное устройство состоит из ряда независимых преобразовательных каналов. Порядок кодирования: а) по каналу аналогового сигнала — последовательный; б) по каналу двухпозиционного или интегрального сигнала — последовательно-параллельный.

Вычислительное устройство машины МППИ-1 предназначено для приема, математической и логической обработки информации по составленным программам и выдачи ее на устройство вывода. Кроме того, вычислительное устройство координирует работу всех блоков машины.

Вычислительное устройство дискретного действия состоит из стандартного набора функциональных блоков*: а) устройства управления (программного блока); б) арифметического устройства; в) оперативного накопителя (запоминающего устройства); статического накопителя (долговременного запоминающего устройства); г) блока уставок; д) датчика временных импульсов; е) источника питания. Кроме того, на стойке устройства расположены пульт машины, печатающая машинка, блок сигнализации.

Программа опроса контролируемых параметров, вычислений, связанных с их обработкой, и выдачи результатов обработки хранится в долговременном запоминающем устройстве и задается при выпуске машины с завода. В этом устройстве может храниться 2048 команд, 1024 постоянных величины, 1024 логарифма и антилогарифма (применяются для ускорения арифметических операций). При каждом шаге опроса контролируемых параметров в программном блоке (устройства управления) формируется код номера параметра, который поступает на дешифратор, подающий импульс в блок уставок. Этот импульс в шифраторе блока преобразуется в код уровня сравнения и передается в арифметическое устройство, где сравнивается с текущим значением контролируемого параметра.

По мере выполнения программы опроса и вычислений из долговременного запоминающего устройства в устройство управления поступают команды, содержащие коды операций, которые должны быть реализованы. Устройство управления ведет счет поступивших команд и управляет получением новых команд из статического накопителя, выдавая в него номер очередной команды и принимая от него эту команду. Устройство управления может изменять порядок следования команд, в котором они записаны в долговременном запоминающем устройстве, обеспечивая циклическое выполнение отдельных частей программы, или прерывать программу при поступлении какого-либо из 15 различных заказов (условий). При перерыве основной программы машина переходит к выполнению одной из заданных подпрограмм и по окончании ее вновь продолжает выполнение основной программы. Система прерывания позволяет сочетать работу быстродействующей машины со сравнительно медленно действующими выходными устройствами, дает возможность оператору вмешиваться в работу машины, а также позволяет машине реагировать на существенные изменения, которые могут возникнуть в контролируемом технологическом процессе.

Устройство управления непосредственно управляет арифметическим блоком, блоками памяти, обегающими устройствами, цифровым преобразователем входного устройства, цифропечатающим устройством и цифровым указателем. Управление всеми операциями осуществляется по

* Блоки машины компонуются из набора стандартных узлов-регистров, сумматоров, дешифраторов, клапанов и других логических схем, выполненных на феррит-диодных и феррит-транзисторных элементах.

времени в соответствии с программой на их выполнение. Блок-схема управляющего (программного) устройства приведена на рис. XV.18.

Арифметическое устройство выполняет арифметические и логические действия, причем действие над разрядами осуществляется последовательно. Для обеспечения высокого быстродействия при выполнении операций умножения, деления и извлечения квадратного корня эти операции заменяются сложением или вычитанием логарифмов чисел.

Информация в арифметическом устройстве представлена в виде 16-разрядных двоичных чисел или 15-разрядных двоичных логарифмов (характеристика — 4 разряда, мантисса — 11 разрядов). Константы, поступающие в арифметический блок из долговременного запоминающего устройства, представлены в виде 15- и 10-разрядных двоичных чисел. К концу выполнения каждой элементарной операции в специальном узле арифметического блока вырабатывается признак переполнения разрядной сетки φ и признак ω, фиксирующий отрицательный знак числа, что не должно иметь место при действии над логарифмами. Управление схемами арифметического устройства осуществляет специальный узел управления программного блока.

Оперативное запоминающее устройство (оперативный накопитель) предназначено для хранения промежуточных результатов вычислений и значений контролируемых технологических величин. Блок-схема оперативного накопителя дана на рис. XV.19. В оперативном и статическом накопителях можно обращаться к полным 25-разрядным ячейкам и к отдельным частям по 10 и 15 разрядов. Обмен информацией накопителей с другими блоками осуществляется в последовательно-параллельном виде.

Вычислительное устройство является цифровой синхронной машиной последовательного типа. Система счисления — двоичная. Емкость накопителей: оперативного — 512 26-разрядных слов, статического — 4096 26-разрядных слов, уставок — 128 шестиразрядных слов. Система команд — одноадресная. Программа работы в дополнительном модифицированном коде, с запятой, фиксированной перед старшим разрядом. Количество выполняемых операций в секунду: а) сложение, вычитание, прочие — 940; б) умножение, деление, извлечение корня, возведение в степень 2—630.

Пульт машины служит для контроля и оперативного вмешательства в работу машины. С пульта задаются автоматический или одиночный режим работы машины, номера начальной команды и команды останова, отключаются прерывающие подпрограммы, включаются команды условных переходов, сигнализируются неисправности и остановка машины.

Цифровая регистрация производится на цифропечатающем устройстве типа АПМ1. Программа печати поступает из вычислительного устройства. В ведомости регистрации в 24 строках печатаются значения 128 параметров. Кроме того, в заголовке ведомости печатаются условные шифры этих параметров, их номинальные значения и масштабные коэффициенты, на которые следует умножить печатаемые значения величин.

Печатающее устройство машины МППИ-1 отличается от печатающих машинок, применяемых в других МЦКР. Кинематическая схема цифропечатающего устройства АПМ1 показана на рис. XV.20. Печатающее колесо *9*, по окружности которого расположены рельефные знаки, приводится во вращение от электродвигателя *18* через зубчатую передачу *19*. Между бумажной ведомостью *1* и колесом *9* непрерывно протягивается красящая лента *8*, намотанная на катушки *3*, связанные с печатающим колесом *9* червячной парой *4*. Реверсирование печатающей ленты *8* осуществляется переключающей муфтой *7* при помощи электромагнита *2*.

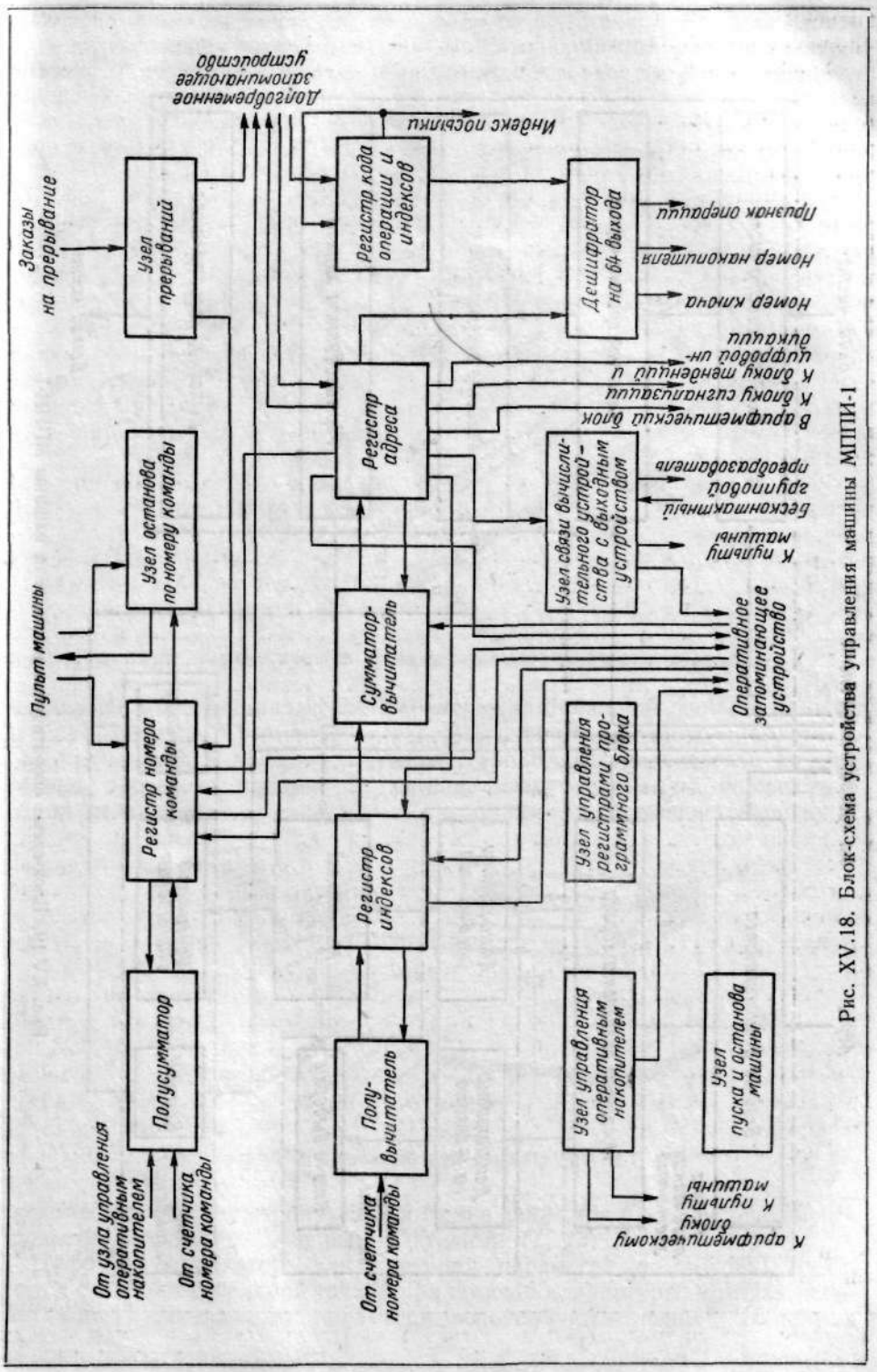


Рис. XV.18. Блок-схема устройства управления машины МППИ-1

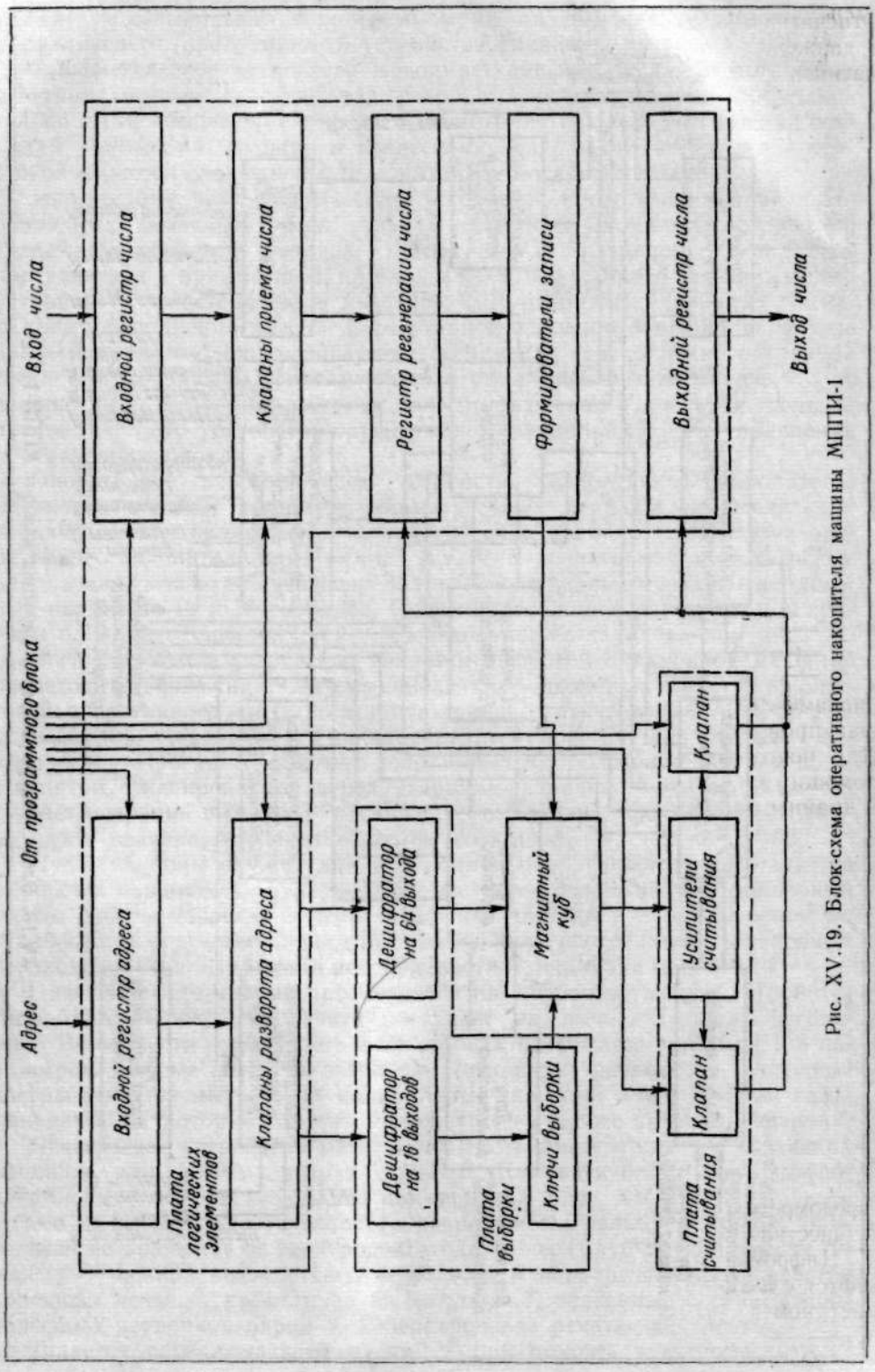


Рис. XV.19. Блок-схема оперативного накопителя машины МПИ-1

Отпечатка знака на ведомости производится молоточком *10*, приводимым в движение якорем электромагнита *14*. Синхронизация работы электромагнита *14* с угловым положением печатающего колеса *9* производится

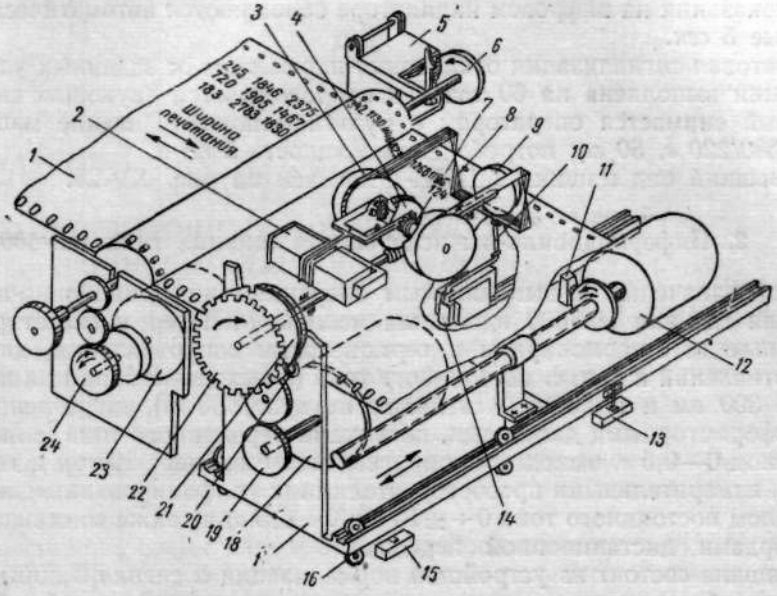


Рис. XV.20. Кинематическая схема печатающего устройства типа АПМ1

дисками *21*, *22* и датчиками *20*. Перемещение бумажной ленты *1* на один шаг производится с помощью электромагнита *5* и храпового колеса *6*. Для подготовки к печати следующей строки электродвигатель *23* при помощи зубчатой передачи *24* устанавливает бумажную ведомость *1* в крайнее положение, а двигатель *12* по роликам *16* перемещает каретку *17*

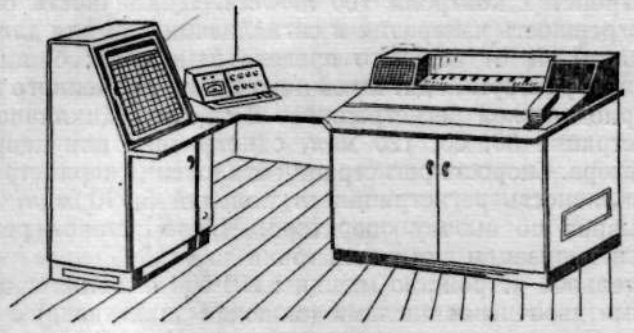


Рис. XV.21. Внешний вид машины МППИ-1

с ведомостью на одну строку. Ограничение движения бумажной ведомости осуществляется конечными выключателями *11*, *13*, *15*.

Цифровой индикатор (для контроля параметра по вызову) соединяется с любой измеряемой точкой при помощи клавиатуры, которая набирает номер вызываемого параметра восьмеричным кодом*. Цифровая

* О принципах кодирования в цифровых машинах см. гл. XVI, § 1.

индикация осуществляется газоразрядными лампами типа ИН-1. Индикатор показывает номер вызванной точки и значение контролируемой величины тремя десятичными разрядами. Значение вызываемого параметра поступает из арифметического устройства в двоично-десятичном коде. Все показания на цифровом индикаторе обновляются автоматически через каждые 5 *сек*.

Световая сигнализация отклонения параметров от заданных уставками значений выполнена на 60 точек и сопровождается звуковым сигналом, который снимается оператором с пульта машины. Питание машины от сети 380/220 *в*, 50 *гц*; потребляемая мощность 3 *кв·а*.

Внешний вид машины МППИ-1 показан на рис. XV.21.

2. Информационно-вычислительная машина типа ИВ-500

По назначению и выполняемым операциям информационно-вычислительная машина ИВ-500 идентична машине МППИ-1 и может работать в комплекте с термопарами и термометрами сопротивления, датчиками сопротивлений и э. д. с. постоянного тока (с выходным сопротивлением не более 300 *ом* и выходным сигналом не менее 50 *мв*), дифференциально-трансформаторными датчиками, датчиками переменного тока (с выходным сигналом 0—0,5 *в*, выходным сопротивлением не более 300 *ом* и током 0—5 *ма*), измерительными преобразователями (с унифицированным выходным сигналом постоянного тока $0 \div \pm 10$ *в* и $0 \div \pm 5$ *в*) а также со стандартными реохордами дистанционной передачи.

Машина состоит из устройства нормализации и сигнализации, устройства преобразования и управления, вычислительного устройства, блока регистрации, обегающего устройства, сигнальных табло, а также показывающих и самопишущих приборов. Машина ИВ-500 работает по принципу непрерывного последовательного обегания всех контролируемых параметров.

Число контролируемых параметров 480, группами по 40 точек. Число типов датчиков для каждой из коммутируемых групп не более 6. Скорость обегания устройства контроля 100 *точ/сек*. Цикличность опроса 5 *сек*. Основная погрешность измерения и сигнализации: а) для датчиков постоянного тока $\pm 0{,}5\%$ от верхнего предела измерения; б) для дифференциально-трансформаторных датчиков и датчиков переменного тока $\pm 2{,}5\%$. Скорость периодической регистрации — 2 *точ/сек*. Цикличность периодической регистрации 30, 60, 120 *мин*, однократная или непрерывная по вызову оператора. Скорость регистрации отклонения параметров — 1 точка в 2 *сек*. Цикличность регистрации отклонений 5, 10 *мин*, однократная или непрерывная по вызову оператора. Число уставок регулирования и пределов сигнализации для одной точки до 4.

Вычислительное устройство машины ИВ-500 выполняет операции над 22-разрядными двоичными числами (включая знак числа) с фиксированной запятой. Система команд одноадресная. Количество команд до 28. Быстродействие цифрового вычислительного устройства: а) сложение — 2500 *опер/сек*; б) умножение — 400 *опер/сек*; в) деление — 250 *опер/сек*. Скорость ввода информации на регистрацию 10 *знак/сек*. Емкость оперативного накопителя 256 слоев. Емкость долговременного запоминающего устройства, в котором хранится программа работы машины, 2048 слов. Питание машины от сети 220 *в*, 50 *гц*; потребляемая мощность 1,5—3,0 *кв·а*.

ГЛАВА XVI

ЭЛЕКТРОННЫЕ ЦИФРОВЫЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ

Электронные цифровые вычислительные машины (ЭЦВМ), действующие автоматически по заданным программам, служат для решения задач, которые могут быть сведены к выполнению в определенной последовательности арифметических и логических действий. ЭЦВМ подразделяются на универсальные машины с программным управлением, реализующие любые алгоритмы решения задач, специализированные машины с жестким программным управлением, реализующие один или несколько определенных алгоритмов.

В настоящее время определились два основных вида ЭЦВМ, которые получают широкое применение в автоматизированных системах управления промышленных предприятий:

1) информационно-управляющие вычислительные машины (ИУВМ), предназначенные для автоматического сбора и переработки производственной информации с последующим воздействием машины (непосредственно или через локальные автоматические системы управления) на технологические процессы, протекающие в производственных объектах;

2) информационно-вычислительные машины (ИВМ), предназначенные для сбора значительного объема информации, вводимой в машину вручную или автоматически по определенной программе, и выполнения массовых экономических и инженерных расчетов, необходимых для оперативного управления всем предприятием или его подразделениями.

Упрощенная структура ЭЦВМ приведена на рис. XVI.1. Все типы ЭЦВМ состоят из следующих основных устройств, выполняющих определенные функции. Устройства ввода осуществляют сбор, унификацию и подготовку (кодирование) полученной информации, а также ввод в машину исходных данных и рабочей программы.

Запоминающие устройства: оперативное запоминающее устройство (ОЗУ), являющееся внутренней памятью машины, долговременное запоминающее устройство (ДЗУ), внешнее запоминающее устройство или внешний накопитель (ВН)* предназначены для приема, хранения и выдачи начальных данных и табличного материала, промежуточных и конечных результатов, а также программы решения задачи, т. е. системы команд, определяющих порядок работы всех элементов машины. ОЗУ характеризуется высоким быстродействием и сравнительно небольшой емкостью

---

* В некоторых типах ЭЦВМ имеется еще дополнительное запоминающее устройство, называемое буферным накопителем или буферной памятью. ДЗУ называют также пассивным запоминающим устройством (ПЗУ).

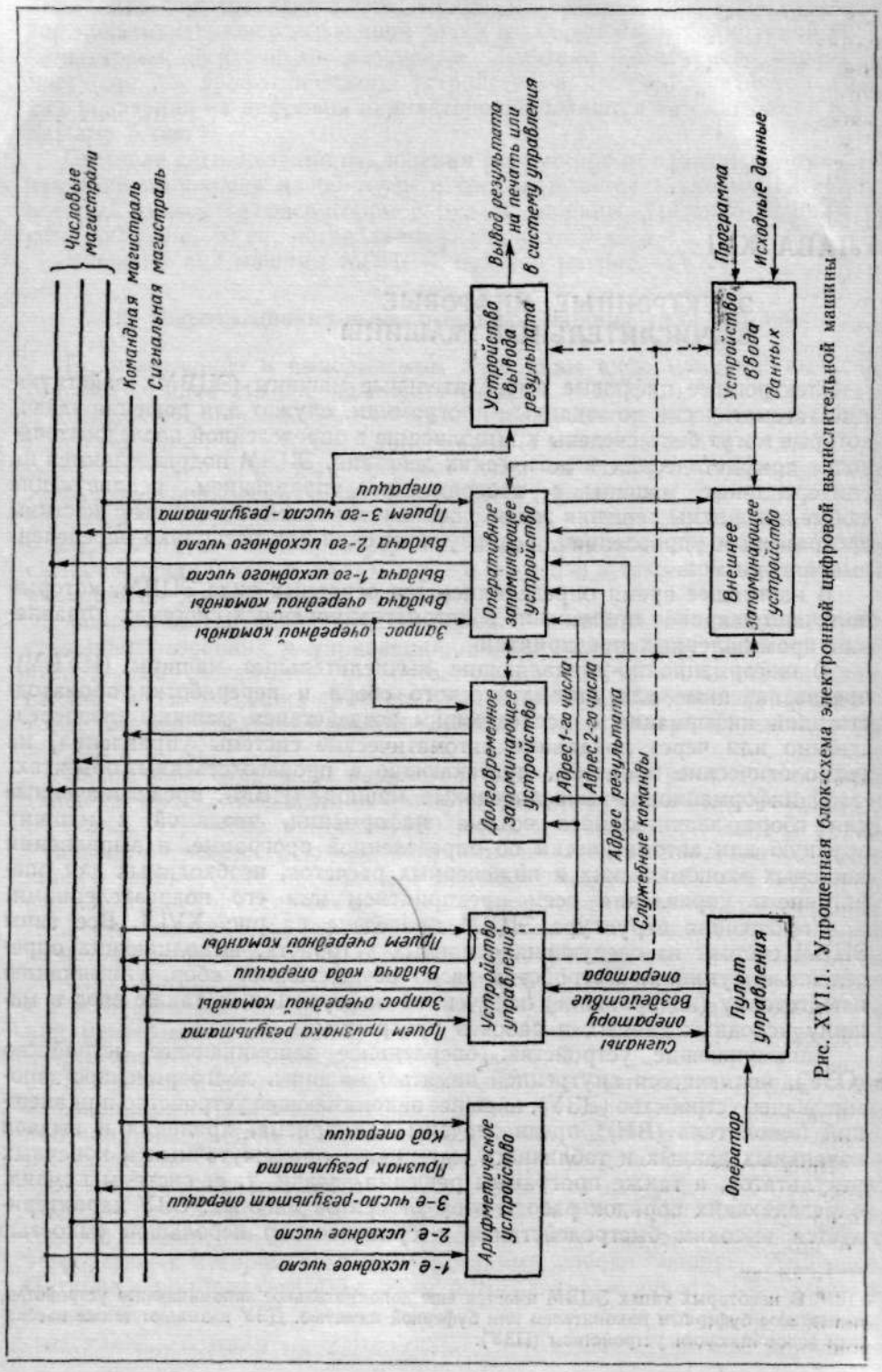


Рис. XVI.1. Упрощенная блок-схема электронной цифровой вычислительной машины

(для хранения данных, необходимых при ближайших вычислениях). По техническим данным ДЗУ аналогично ОЗУ, но служит для хранения постоянно применяемого табличного материала и стандартных подпрограмм, которые записываются в ДЗУ при его изготовлении. ВН имеет большую емкость и сравнительно малую скорость действия, является резервом для ОЗУ и не участвует непосредственно в процессе вычисления.

Арифметическое устройство (АУ) выполняет арифметические и логические действия (операции) над числами и командами в процессе решения задачи. Работа АУ в значительной мере определяет быстродействие машины т. е. количество арифметических операций, которое может быть выполнено ЭЦВМ в 1 *сек.*

Устройство управления (УУ) автоматически управляет вычислительным процессом, обеспечивая заданную программой последовательность выполнения операций. Устройство вывода результатов вычислений осуществляет вывод из машины полученных результатов, их запись и передачу по каналам связи в виде закодированных сигналов, удобных для последующего использования оперативным персоналом, автоматическими регуляторами или непосредственно исполнительными механизмами. Пульт управления служит для контроля за ходом вычислений и оперативного управления машиной (пуск, останов, проверка состояния отдельных блоков и т. п.).

§ 1. ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ И УСТРОЙСТВО ЭЛЕКТРОННЫХ ЦИФРОВЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН

1. Математические и логические основы ЭЦВМ

Теоретической основой автоматизации вычислительных процессов служит теория алгоритмов. Под термином алгоритм понимается точное предписание о порядке выполнения заданной совокупности математических и логических операций для решения определенного типа задач. Алгоритм должен исключать возможность произвола на всех этапах выполнения заданных предписаний; он может применяться для решения целого класса задач и должен быть результативным, т. е. предусматривать через определенное количество тактов получение искомых результатов. Для решения задач на ЭЦВМ применяются численные алгоритмы, так как существующие методы вычислительной математики позволяют с достаточной степенью точности сводить к арифметическим действиям большинство самых сложных задач элементарной и высшей математики.

Способ записи чисел цифровыми символами определяется системой счисления. В современных ЭЦВМ находят применение десятичная и двоичная, а в качестве промежуточных — восьмеричная и шестнадцатиричная системы счислений. Для представления чисел в десятичной системе применяется как вспомогательная двоично-десятичная форма записи числа (табл. XIV.1).

Представление чисел в вычислительных машинах. В зависимости от конструкции цифровой машины применяются две формы представления чисел: а) естественная форма — с фиксированной запятой; б) нормальная или полулогарифмическая форма — с плавающей запятой.

Если количество разрядов n_s всех чисел представленных в машине одинаково и заранее установлено количество разрядов, отведенных для целой и дробной частей числа, такие числа называются числами с фиксированной запятой. В машинах с естественной формой представления чисел

Таблица XVI.1

Примеры записи чисел в различных позиционных системах счисления

Система счисления	Обозначение	Пример записи
Десятичная	$N_{(10)}$	549, 6875
Восьмеричная	$N_{(8)}$	1045, 54
Двоичная	$N_{(2)}$	1000 100 101, 101 100
Двоично-десятичная	$N_{(2-10)}$	0101 0100 1001, 0110 1000 0111 0101

Примечания:
1. При переводе числа из восьмеричной системы счисления в двоичную достаточно каждую восьмеричную цифру заменить эквивалентным двоичным числом.
2. При двоично-десятичной форме записи каждая цифра десятичного числа записывается в виде четырехразрядного двоичного числа. Приведенный код записи часто называют кодом 8—4—2—1.

результат вычисления по абсолютной величине не должен превышать установленного предела, так как в противном случае старшие разряды числа будут потеряны (так называемое переполнение разрядной сетки), а результат вычисления искажен. Во избежание этого исходные данные при необходимости предварительно перемножаются на масштабные коэффициенты. Обычно запятая фиксируется перед старшим разрядом, что упрощает подбор масштабных коэффициентов и исключает переполнение разрядной сетки, так как все величины, участвующие в задаче, будут <1. Помимо переполнения разрядной сетки возможны случаи, когда полученный результат будет меньше определенного числа (например, меньше 0,000001). Тогда получится так называемый машинный нуль. Вследствие переполнения разрядной сетки или получения машинного нуля диапазон чисел, представленных в машине с фиксированной запятой, сравнительно ограничен.

При нормальной форме представления чисел любое число в машине представляется в виде двух групп чисел. Первая группа (набор цифр) называется мантиссой, а вторая — порядком. В общем случае всякое число N может быть представлено в виде произведения

$$N = mS^p,$$

где m — мантисса; S — основание счисления; p — порядок числа.

Порядок числа, записанного в нормальной форме, показывает положение запятой, если число изображено набором цифр мантиссы. Если в первом разряде мантиссы стоит цифра, отличная от нуля, число считается нормализованным, если же эта цифра — нуль, число считается ненормализованным (например: $+010101+101$). Числа желательно хранить в машине в нормализованном виде, так как при этом не теряются последние разряды мантиссы. Для нормализации числа в машине осуществляется операция сдвига числа влево и понижение порядка.

Недостаток нормальной формы записи — увеличение количества элементов, представляющих числа в машине. В больших универсальных ЭЦВМ обычно применяется нормальная форма записи: в специальных и малых цифровых машинах для узкого круга однотипных задач, когда заранее известен порядок и требуемая точность вычислений, большей частью применяется запись чисел с фиксированной запятой. Часто встречаются ЭЦВМ с обеими формами записи.

Для изображения знаков — в машине отводится специальный разряд (или два разряда), который располагается перед разрядами самого числа. Положительный знак изображается нулем, отрицательный — единицей. Это позволяет определить знаки произведения и частного, пользуясь логической функцией неравнозначности (сложением знаков по модулю 2): а) если оба числа положительны $0 + 0 = 0$; б) если оба числа отрицательны $1 + 1 = 0$; в) если одно из чисел отрицательно $1 + 0 = 0 + 1 = 1$. Примеры различных форм записи чисел в ячейках памяти цифровой машины приведены в табл. XVI.2.

Таблица XVI.2

Примеры различных форм записи чисел в ячейках памяти цифровой машины

Запись числа в машине	Пример числа	Схема записи числа
С фиксированной запятой	—110,000101	Знаковый разряд; Цифровые разряды; 1 1 1 0 0 0 0 1 0 1; Целая часть; Дробная часть; Место запятой
С фиксированной запятой перед первым цифровым разрядом (введен масштабный коэффициент)	—0,110000101 (масштабный коэффициент 10^{+11})	Цифровые разряды; 1 1 1 0 0 0 0 1 0 1; Место запятой; Знаковый разряд
С плавающей запятой	—0,000110000101 В нормальной форме —0,110000101·10^{-011}	Мантисса; Порядок; 1 1 1 0 0 0 0 1 0 1 1 0 1 1; Цифровые разряды; Знаковый разряд мантиссы; Знаковый разряд порядка

Двоичные цифры изображаются в ЭЦВМ двумя способами: 1) статическим, т. е. изменением уровня напряжения, сохраняющегося в течение всего времени представления данной цифры (потенциальный код); 2) динамическим, при котором наличие импульса тока или напряжения соответствует единице, а отсутствием импульса или подача импульса обратной полярности — нулю (импульсный код). В отдельных типах ЭЦВМ числа представляются в число-импульсном, парафазном и других кодах.

Передача двоичных чисел (независимо от способа их представления) может производиться последовательным кодом (передачей по одной цепи двоичных цифр последовательно разряд за разрядом) или параллельным кодом (все разряды числа передаются одновременно по независимым каналам).

Суммирование двоичных чисел* производится по правилам $0 + 0 = 0$; $0 + 1 = 1 + 0 = 1$; $1 + 1 = 0$ и перенос 1 в следующий разряд.

* В настоящее время начинает получать распространение и троичная система счисления.

Для того чтобы можно было все арифметические операции свести к операции сложения, числовой материал вводится в машину при помощи специально подобранных кодов. При выполнении операций сложения, умножения числа представляются в прямом коде, а при вычитании и делении применяются обратный и дополнительный коды (и их модификации).

Во всех кодах представление положительных чисел идентично. Разные коды отличаются только изображением отрицательных чисел. Прямой код двоичного числа по изображению совпадает с записью самого числа. При записи отрицательного числа в обратном или модифицированном обратном коде в цифровых разрядах нули заменяются единицами, а единицы нулями; при записи в дополнительном или модифицированном дополнительном коде во всех цифровых разрядах нули заменяются единицами и единицы нулями, а затем к младшему цифровому разряду прибавляется единица. Модифицированные коды применяются в некоторых типах ЭЦВМ для выявления факта переполнения разрядной сетки. Знаки «+» и «—» во всех кодах изображаются соответственно 0 и 1 или 00 и 11 (в модифицированных кодах). Если в знаковых разрядах результата выполнения определенной операции будут получены не 00 или 11, а 01 или 10, это будет свидетельствовать о переполнении разрядной сетки.

Алгебра логики. В электронных цифровых вычислительных машинах широко используются методы математической логики как для выбора рациональной структуры узлов и устройств самой машины, так и для обеспечения возможности выполнения ею ряда логических операций.

Предметом рассмотрения алгебры логики (исчисления высказываний) являются так называемые высказывания, т. е. любые утверждения, которые оцениваются только с точки зрения их истинности или ложности. Одновременно истинных и ложных высказываний не существует. Каждое высказывание следует рассматривать как переменную величину, которая может принимать только два дискретных значения — 1 (если высказывание истинно) или 0 (если оно ложно), подобно цифрам двоичной системы счисления.

Высказывания могут быть простыми (аргументами) или сложными (функциями), которые получаются в результатах объединения нескольких простых высказываний при помощи логических связей. Сложные высказывания также могут быть только истинными — (1) или только ложными (0).

В ЭЦВМ входные сигналы можно рассматривать как простые высказывания, а выходные как сложные высказывания, получающиеся в результате взаимодействия переключательных цепей электрических схем соответствующих логических элементов. Заменив каждое звено электрической схемы, реализующее определенную логическую связь, соответствующими логическими операторами, можно получить логическое уравнение, которому подчиняется работа данного устройства. Анализ операторной схемы логического уравнения позволяет упростить принципиальную схему вычислительного устройства.

Каждая функция n независимых двоичных переменных может быть представлена таблицей соответствия в виде некоторой последовательности 0 и 1. В табл. XVI.3. приведены логические функции двух независимых переменных. Символика, введенная для обозначения функций одного или двух аргументов, позволяет записывать в аналитической форме аналогичные функции n независимых переменных.

Таблица XVI.3

Таблица соответствия функций двух независимых переменных

k	0	1	2	3	Обозначение функции	Наименование функции	Характеристика логической функции — сложного высказывания
x_1	0	1	0	1			
x_2	0	0	1	1			
y_0	0	0	0	0	$y_0 = 0$	Константа-нуль	Не изменяет своих значений при изменении значений аргументов
y_1	1	0	0	0	$y_1 = x_1 \downarrow x_2$ $y_1 = x_1 \overline{\vee} x_2$	Стрелка Пирса	Обращается в 1 (т. е. истинно), когда оба аргумента равны 0 (т. е. ложны). В остальных случаях функция равна 0. Инверсия дизъюнкции $\overline{x_1 \vee x_2}$
y_2	0	1	0	0	$y_2 = x_1 \leftarrow x_2$	Запрет по x_2	Обращается в 1, когда первый аргумент равен 1, а второй аргумент равен 0. В остальных случаях сложное высказывание равно 0. Инверсия импликации $x_1 \rightarrow x_2$
y_3	1	1	0	0	$y_3 = \bar{x}_2$	Инверсия x_2	Обращается в 1 при x_2 равном 0. В остальных случаях функция равна 0
y_4	0	0	1	0	$y_4 = x_2 \leftarrow x_1$	Запрет по x_1	Обращается в 1, когда второй аргумент равен 1, а первый аргумент равен 0. В остальных случаях функция равна 0. Инверсия импликации $x_2 \rightarrow x_1$
y_5	1	0	1	0	$y_5 = \bar{x}_1$	Инверсия x_1	Обращается в 1 при x_1 равном 0. В остальных случаях функция равна 0
y_6	0	1	1	0	$y_6 = x_1 \approx x_2$	Функция разноименности Функция сложения по модулю 2	Обращается в 0, когда значения обоих аргументов одинаковы. При неодинаковых значениях аргументов функция равна 1. Инверсия равнозначности $\overline{x_1 \sim x_2}$
y_7	1	1	1	0	$y_7 = \dfrac{x_1}{x_2}$ $y_7 = x_1 \overline{\wedge} x_2$	Функция Шеффера	Обращается в 0, когда оба аргумента равны 1. В остальных случаях функция равна 1. Инверсия конъюнкции $\overline{x_1 \wedge x_2}$

Продолжение табл. XVI.3

k	0	1	2	3	Обозначение функции	Наименование функции	Характеристика логической функции — сложного высказывания
x_1	0	1	0	1			
x_2	0	0	1	1			
y_8	0	0	0	1	$y_8 = x_1 \wedge x_2$ $y_8 = x_1 x_2$	Конъюнкция	Принимает значение 1, когда оба аргумента равны 1. В остальных случаях функция равна нулю
y_9	1	0	0	1	$y_9 = x_1 \sim x_2$ $y_9 = x_1 \equiv x_2$	Эквиваленция Равнозначность	Принимает значение 1, когда оба аргумента имеют одинаковые значения, и значение 0, когда аргументы имеют разные значения
y_{10}	0	1	0	1	$y_{10} = x_1$	Переменная x_1	Повторение значений аргумента x_1
y_{11}	1	1	0	1	$y_{11} = x_2 \rightarrow x_1$	Импликация от x_2 к x_1	Принимает значение 0, когда второй аргумент равен 1, а первый аргумент равен 0. В остальных случаях функция равна 1
y_{12}	0	0	1	1	$y_{12} = x_2$	Переменная x_2	Повторение значений аргумента x_2
y_{13}	1	0	1	1	$y_{13} = x_1 \rightarrow x_2$	Импликация от x_1 к x_2	Принимает значение 0, когда первый аргумент равен 1, а второй аргумент равен 0. В остальных случаях функция равна 1
y_{14}	0	1	1	1	$y_{14} = x_1 \vee x_2$ $y_{14} = x_1 + x_2$	Дизъюнкция	Обращается в 0, когда оба аргумента равны 0. В остальных случаях функция равна 1
y_{15}	1	1	1	1	$y_{15} = 1$	Константа-единица	Не изменяет своих значений при изменении значений аргументов

Анализ логических функций показывает, что основными функциями, посредством которых можно в аналитической форме записать другие функции, являются: а) инверсия (логическая связь «НЕ») — логическое отрицание $y = \bar{x}$; б) дизъюнкция (логическая связь «ИЛИ») — логическое сложение $y = x_1 \vee x_2$; в) конъюнкция (логическая связь «И») — логическое умножение $y = x_1 \wedge x_2$; г) импликация $y = x_1 \rightarrow x_2$; д) равнозначность $y = x_1 \sim x_2$. Следует, однако, отметить, что при необходимости все логические функции могут быть представлены только тремя типами логических элементов — «НЕ», «ИЛИ», «И».

2. Работа электронной цифровой вычислительной машины

Порядок взаимодействия всех звеньев ЭЦВМ задается программой, которая вводится в запоминающее устройство машины вместе с исходными данными (рис. XVI.1). Запоминающее устройство состоит из отдельных ячеек, которым присвоены постоянные номера, называемые адресами. Адрес ячейки является одновременно адресом хранящегося в ней числа или команды.

Команда, т. е. закодированная в виде цифр группа сигналов, показывает, какую арифметическую или логическую операцию и над какими числами следует выполнить. Одна подгруппа сигналов, называемая кодом операции, определяет характер операции. Остальные подгруппы кодированных сигналов называются адресами и показывают, откуда взяты числа для выполнения операции и куда следует направить ее результат.

Из схемы на рис. XVI.1. видно, что код операции передается из УУ непосредственно в АУ, а адреса последовательно посылаются в ОЗУ*. Арифметическое устройство в соответствии с полученным сигналом подготавливается к выполнению заданной операции. Затем из АУ в ОЗУ поступают коды чисел, указанных в I и II адресе. Результат операции из АУ поступает в ячейку ОЗУ, указанную в III адресе.

В зависимости от конструкции машины в состав команды может входить различное количество адресов и в соответствии с этим ЭЦВМ бывают одно-, двух-, трех- и четырехадресными.

В одноадресных машинах для решения одной и той же задачи программа должна содержать большее число команд, чем в трехадресной машине, но схема управления одноадресной машиной значительно проще. Количество команд и время решения задачи по этим командам может быть значительно сокращено, если результат предыдущей операции задерживается в АУ и участвует в последующей. Для двухадресной машины III адрес в программе не указывается, так как результат всегда направляется в один из имеющихся двух адресов (либо только I, либо только II).

По способу выполнения команд ЭЦВМ подразделяются на два типа: 1) с естественным, 2) с принудительным порядком выполнения команд. В машинах первого типа (одно-, двух- и трехадресных) ячейки, хранящие команды, имеют адреса, возрастающие по порядку номеров. По выполнении очередной команды машина переходит к ячейке с номером на единицу большим. Такая работа ЭЦВМ продолжается до окончания программы или до момента поступления особой команды, которая может изменить порядок выполнения вычислений. В машинах второго типа (четырехадрес-

* На рис. XVI.1 показаны варианты движения информации, хранящейся как в ОЗУ, так и в ДЗУ.

ных) очередная команда содержит также адрес ячейки, хранящей команду (IV адрес).

В процессе вычислений происходит обмен информациями между запоминающими устройствами ОЗУ и ВН таким образом, что все данные, необходимые для очередных действий, группами вводятся из ВН в ОЗУ и, наоборот, использованные данные и результаты вычислений, которые не требуются в ближайшее время при выполнении расчетов, группами выводятся из ОЗУ, освобождая ячейки для новой информации.

Каждая команда в ЭЦВМ выполняется в течение одного такта серией управляющих сигналов (импульсов), в определенной очередности вводящих в действие необходимые блоки машины. Такт начинается приемом УУ очередной команды и посылкой в ОЗУ адресов чисел, а в АУ — кода операции; заканчивается такт после выдачи УУ адреса следующей команды. В зависимости от типа машины последняя выполняется с постоянной или переменной длительностью рабочего такта.

Управление машиной посредством серии управляющих импульсов может быть синхронным или асинхронным. В первом случае для выполнения каждой элементарной операции отводится время, кратное периоду синхронизирующих импульсов, вырабатываемых специальным генератором. По истечении определенного промежутка времени происходит автоматический переход к выполнению следующей операции. Контроль окончания предыдущей операции отсутствует. В асинхронных ЭЦВМ по окончании элементарной операции вырабатывается специальный сигнал, обеспечивающий переход к выполнению следующей операции.

Устройства ввода и вывода данных, называемые внешними устройствами машины, работают значительно медленнее основных звеньев ЭЦВМ. Поэтому многие типы машин имеют несколько комплектов внешних устройств, работающих параллельно. В тех случаях, когда информация поступает в ЭЦВМ в виде аналоговых величин, а результаты вычислений также должны быть представлены в виде непрерывных сигналов (например, в управляющих ЭЦВМ), внешние устройства дополняются специальными аналого-дискретными преобразователями.

В машинах предусматривается возможность работы в любом из следующих режимов: а) автоматическом — машина работает без участия оператора до окончания вычислений по заданной программе; б) циклическом — машина автоматически останавливается после выполнения каждой очередной команды; в) полуавтоматическом — машина автоматически останавливается после выполнения отдельной элементарной операции. Кроме того, в ЭЦВМ часто предусматривается поверочный режим работы, позволяющий производить ручное управление отдельными блоками машины и вести за ними наблюдения по световым табло.

3. Элементы вычислительных машин

ЭЦВМ выполняется по возможности из однотипных элементов (стандартных ячеек), которые в комплексе обеспечивают реализацию сложных функциональных и логических зависимостей вычислительного процесса. В зависимости от выполняемых функций элементы ЭЦВМ подразделяются на запоминающие, логические и вспомогательные.

Запоминающие элементы предназначены для приема, хранения и выдачи сигналов, представляющих цифровые коды. В качестве таких элементов, которые могут находиться только в двух устойчивых состояниях, используются электронные лампы, полупроводниковые приборы, ферромагнит-

ные элементы, параметроны, а также различные их сочетания (феррит-диодные и феррит-транзисторные ячейки, статические и динамические триггеры и т. п.). Кроме того, для этой цели используются электроннолучевые трубки, магнитные ленты и магнитные барабаны (точнее, их элементарные участки).

Логические элементы применяются для управления работой отдельных узлов, блоков и устройств машины, а также для построения схем, реализующих логические функции.

К вспомогательным элементам относятся: усилители сигналов (потенциальные и импульсные), катодные повторители, формирователи и др.

Потенциальные усилители применяются для восстановления или усиления уровней потенциалов, передаваемых по цепям машины. Импульсные усилители служат для усиления импульсов токов.

Катодные повторители применяются для повышения помехоустойчивости элементов, к которым они подключены, и обеспечивая их согласования с другими элементами.

Формирователи используются для формирования или изменения формы импульсных сигналов, а также для восстановления импульсов по амплитуде, форме и длительности.

4. Узлы логических устройств

В различных устройствах ЭЦВМ широко применяются идентичные узлы, комплектуемые из простых элементов, каждый из которых выполняет вполне определенную логическую функцию. Наиболее распространенными узлами в цифровых машинах являются: суммирующие схемы (сумматоры), регистры, счетчики и дешифраторы (избирательные схемы).

Сумматоры осуществляют операцию поразрядного суммирования двоичных чисел и в зависимости от выполняемых ими функций в различных блоках АУ могут иметь разное схемное решение. На рис. XVI.2, *а* приведена блок-схема сумматора параллельного действия, осуществляющего сложение двух цифр, прием единицы из младшего разряда и передачу единицы в старший разряд. Порядок работы такого сумматора иллюстрируется табл. XVI.4, а примерная схема его реализации на логических элементах дана на рис. XVI.2, *б*.

Таблица XVI.4

Порядок работы одноразрядного сумматора

Входы			Выходы	
1-я цифра	2-я цифра	Перенос из младшего разряда	Выход суммы	Перенос в старший разряд
0	0	0	0	0
1	0	0	1	0
0	1	0	1	0
0	0	1	1	0
1	1	0	0	1
1	0	1	0	1
0	1	1	0	1
1	1	1	1	1

Требуемый порядок взаимодействия отдельных элементов в сумматорах и других блоках АУ обеспечивается специальными схемами совпадения на логических элементах (называемыми клапанами или вентилями), которые срабатывают по сигналам, поступающим от УУ.

Регистры, применяемые в различных устройствах ЭЦВМ, представляют собой набор ячеек (триггеров) или логических схем с управляющими элементами. Последние предназначены для запоминания и хранения информации, записанной в двоичном коде. Кроме того, регистры выполняют

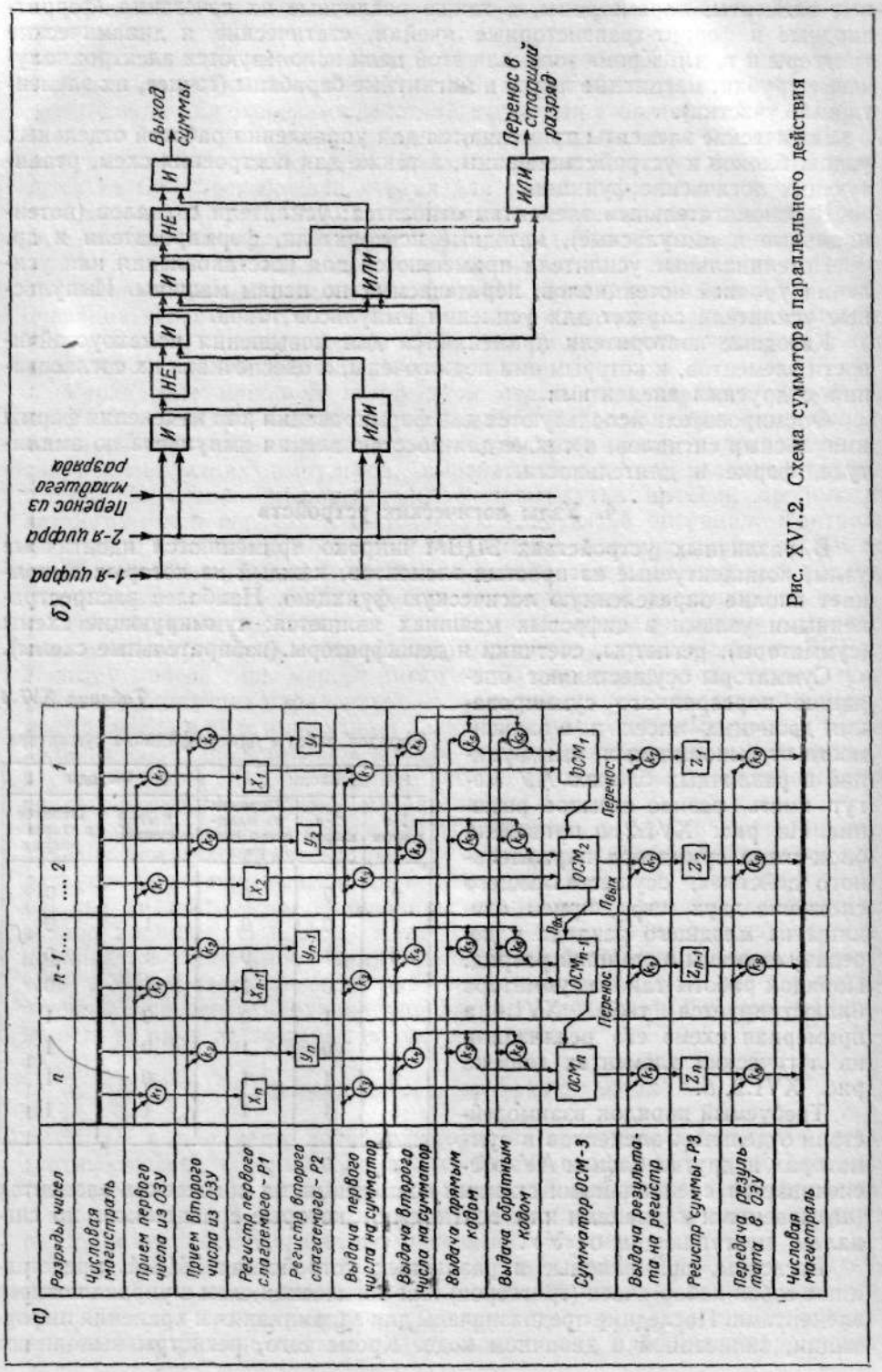


Рис. XVI.2. Схема сумматора параллельного действия

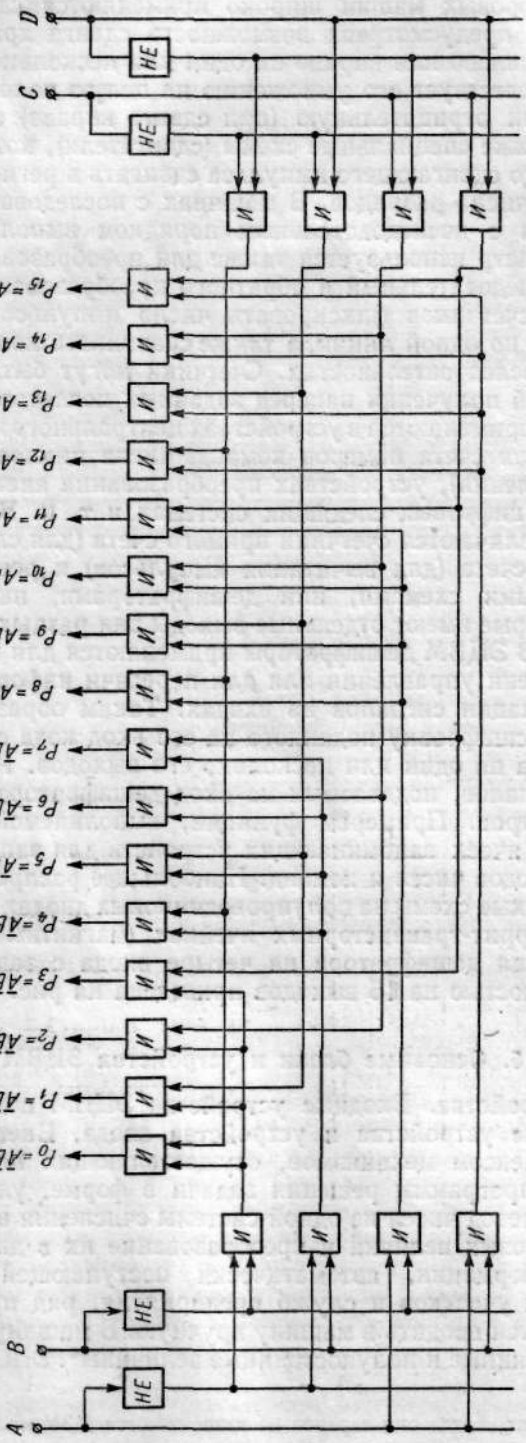


Рис. XVI.3. Функциональная схема двухступенчатого дешифратора на четыре входа (на логических элементах)

операции приема и выдачи чисел в другие узлы машины. В арифметических устройствах цифровых машин широко применяются сдвигающие регистры, в которых предусмотрена возможность сдвига хранящегося в нем двоичного числа влево или вправо на один или несколько порядков (разрядов), что соответствует его умножению на целую положительную (при сдвиге влево) или отрицательную (при сдвиге вправо) степень числа 2. Применяются также специальные схемы (сдвигатели), которые позволяют при подаче одного сдвигающего импульса сдвигать в регистре хранящееся число на любое число разрядов. В машинах с последовательной подачей информации или с последовательным порядком выполнения операций сдвигающий регистр используется также для преобразования параллельного кода в последовательный и обратного преобразования.

Назначение счетчиков фиксировать число импульсов, поступающих последовательно по одной линии, а также сравнивать количество импульсов в разных последовательностях. Счетчики могут быть также использованы для целей получения наперед заданных последовательностей сигналов. Счетчики применяются в устройствах центрального и местного управления машин (для счета номеров команд, числа циклов при операциях умножения и деления), устройствах преобразования аналоговых величин в дискретные в цифровых следящих системах и т. п. В зависимости от способа счета различаются счетчики прямого счета (для сложения импульсов), обратного счета (для вычитания импульсов) и реверсивные.

Избирательными схемами, или дешифраторами, называются такие устройства, которые имеют отдельные выходы для разных сочетаний входных элементов. В ЭЦВМ дешифраторы применяются для выдачи сигналов в те или иные цепи управления или для передачи информации в зависимости от комбинации сигналов на входах. Таким образом, дешифратор осуществляет расшифровку поданного на его вход кода с выдачей управляющего сигнала на один или несколько его выходов. Коды чисел, т. е. комбинация сигналов, подаваемых на вход дешифратора, обычно считываются с регистров. Примером функции, выполняемой дешифратором, является выбор ячеек запоминающих устройств для записи, считывания и регенерации кодов чисел и команд. Наибольшее распространение получили избирательные схемы на полупроводниковых диодах (диодные дешифраторы) или феррит-транзисторных ячейках (магнитные дешифраторы). Схема выполнения дешифратора на четыре входа с заданной функциональной зависимостью на 16 выходов приведена на рис. XVI.3.

5. Основные блоки и устройства ЭЦВМ

Входные устройства. Входные устройства ЭЦВМ подразделяются на внешние входные устройства и устройства ввода. Внешние устройства являются комплексом механизмов, осуществляющих подготовку исходных данных и программы решения задачи в форме, удобной для ввода в машину: а) перевод чисел из одной системы счисления в другую; б) унификацию аналоговых величин и преобразование их в дискретные.

Помимо информации, автоматически поступающей от различных технологических участков и служб предприятия, ряд производственных данных приходится вводить в машину вручную. В машину вводятся также различные постоянные и полупостоянные величины*. Эти данные вводятся

* В тех случаях, когда они заранее не записываются ДЗУ машины при ее изготовлении на заводе.

в машину в кодированном виде с помощью перфолент, перфокарт, магнитных лент или других средств*.

В зависимости от состава исходных данных и способов их представления существенно изменяется структура внешних входных устройств. На рис. XVI.4 показана примерная блок-схема ввода информации в машину. Из схемы видно, что данные, которые вводятся оператором вручную непосредственно в вычислительном центре или ранее подготовленные

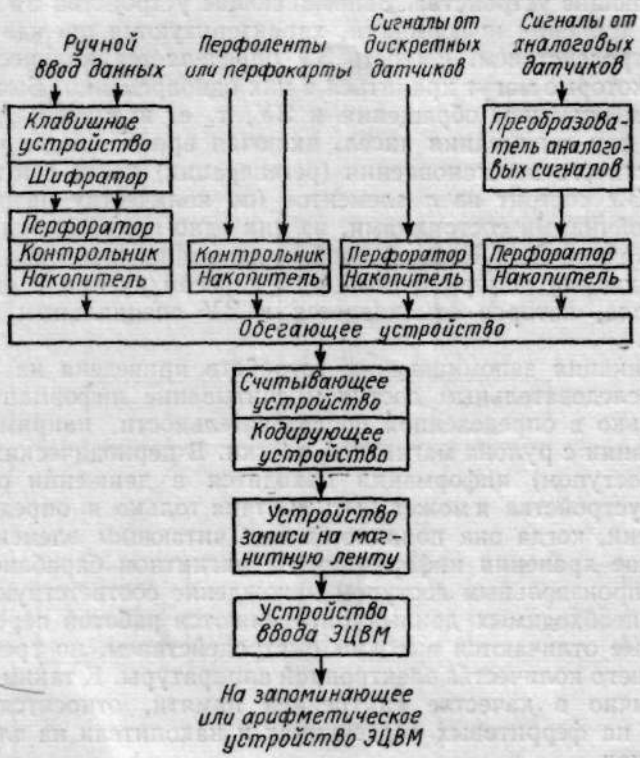


Рис. XVI.4. Примерная блок-схема ввода информации в ЭЦВМ

на перфокартах или перфолентах в оперативных пунктах управления, повторяются дважды и вводятся через контрольник, где осуществляется контроль правильности их ввода. Информация, поступающая от дискретных или аналоговых датчиков, фиксируется на перфоленте или перфокарте. Сбор информации производится обегающим устройством, работающим по определенной программе. Так как обычно информация поступает записанная в десятичном исчислении, то после считывающего устройства она преобразуется в кодирующем устройстве и фиксируется на магнитной ленте (или перфоленте) в двоичном коде, а затем через устройство ввода поступает в запоминающее устройство ЭЦВМ. В некоторых машинах информация сначала подается в арифметическое, а оттуда в запоминающее устройство.

* Основные требования, предъявляемые к носителям информации, — большая плотность записи и надежность считывания, возможность многократного использования, долговечность и сохранность записи при длительном хранении.

Преобразование информации из одной системы счисления в другую во внешних входных устройствах объясняется существенным различием быстродействия машины и внешних устройств и автономностью их действия. Однако в некоторых ЭЦВМ преобразование информации осуществляется непосредственно в арифметическом устройстве машины.

Устройство ввода ЭЦВМ, предназначенное для ввода информации в запоминающее устройство, является органической частью машины.

Запоминающие устройства. Запоминающие устройства ЗУ, предназначенные для хранения информации, характеризуются прежде всего емкостью и быстродействием. Емкость ЗУ определяется количеством двоичных чисел, которые могут храниться в них одновременно. Быстродействие определяется временем обращения к ЗУ, т. е. временем, необходимым для записи или считывания чисел, включая время поиска числа и при необходимости его восстановления (регенерации) после считывания.

Ячейка ЗУ состоит из n элементов (по количеству разрядов числа) с двумя устойчивыми состояниями, из них одно принимается за нулевое, а другое за единичное. Каждой ячейке, запоминающей одно число, придается порядковый номер, являющийся адресом ячейки и одновременно адресом числа, которое отыскивается в ЗУ специальным устройством управления.

Классификация запоминающих устройств приведена на рис. XVI.5. В ЗУ с последовательным доступом считывание информации осуществляется только в определенной последовательности, например считывание информации с рулона магнитной плетки. В периодических ЗУ (с циклическим доступом) информация находится в движении относительно читающего устройства и может быть считана только в определенные моменты времени, когда она появляется под читающим элементом (например, в случае хранения информации на магнитном барабане).

В ЗУ с произвольным доступом нахождение соответствующей ячейки и выборка необходимых данных определяются работой переключающих схем, которые отличаются высоким быстродействием, но требуют применения большого количества электронной аппаратуры. К таким ЗУ, используемым обычно в качестве внутренней памяти, относятся матричные накопители на ферритовых сердечниках и накопители на электронно-лучевых трубках.

Запоминающие устройства с нестареющей формой записи позволяют осуществить только однократную запись информации, которая производится по мере надобности оператором (например, при изготовлении перфокарт или перфолент) или осуществляется при изготовлении ЗУ (например, при распайке элементов диодных матриц). Запоминающие устройства со стирающейся формой записи позволяют многократную перезапись информации до естественного износа самого носителя информации.

ЗУ считаются статическими, если записанная в них информация остается неподвижной относительно самого носителя (например, магнитные барабаны и т. п.). Если информация находится в движении относительно носителя (например, в различных линиях задержки), такие ЗУ являются динамическими. В статических ЗУ кратковременного типа требуется периодическая регенерация (восстановление) записанной информации, а при отключении питания машины информация теряется. В ЗУ долговременного типа записанная информация сохраняется даже тогда, когда ЭЦВМ выключается.

Арифметические устройства. Арифметическое устройство является важнейшим узлом, которое участвует в выполнении почти всех операций

машины; его конструкция определяет быстродействие ЭЦВМ и круг решаемых ею задач.

В зависимости от порядка выполнения операций над отдельными числами арифметические устройства подразделяются на устройства последовательного действия (поступление чисел в АУ и операции над ними производятся последовательно разряд за разрядом) и параллельного действия (операции над числами производятся одновременно по всем разрядам).

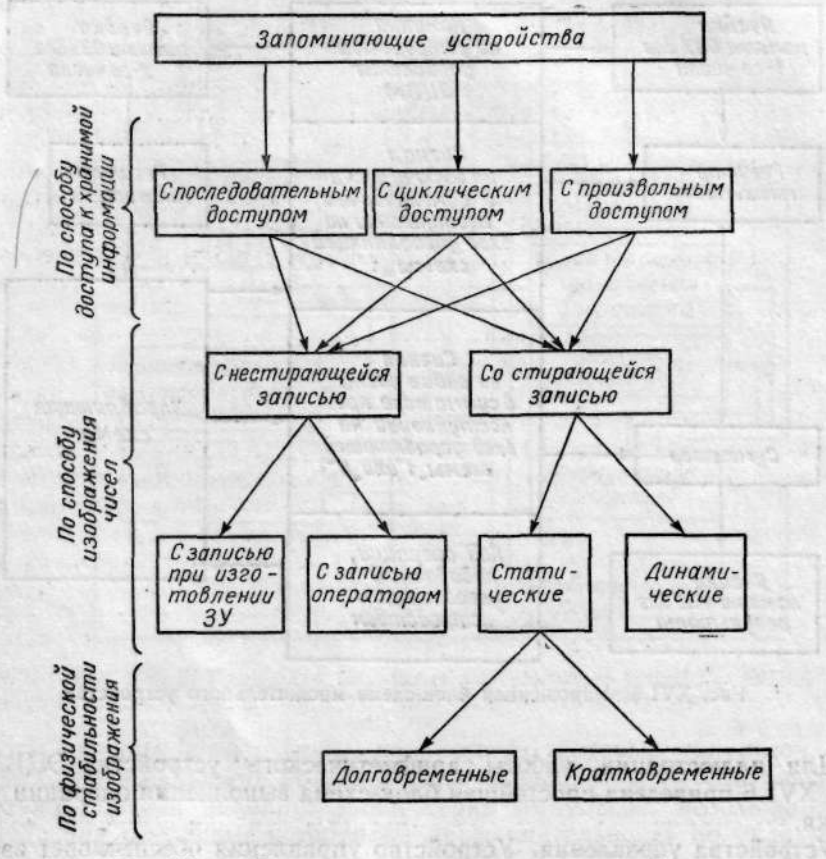


Рис. XVI.5. Классификация запоминающих устройств

По структуре АУ бывают двух типов: а) с универсальным сумматором; б) с функциональными блоками. АУ первого типа содержит ряд схем, реализующих элементарные операции: сложение, сдвиг, получение обратного (или дополнительного) кода. Блок управления, находящийся в составе АУ, получив код операции, формирует последовательность сигналов, необходимых для реализации заданной арифметической операции, при помощи последовательности элементарных операций. В АУ второго типа каждый блок выполняет определенную операцию, а схема управления направляет поступающие числа в соответствующий блок в зависимости от кода операции.

В обоих типах АУ (независимо от системы счисления и других признаков) содержатся следующие узлы: а) сумматор, выполняющий операцию

сложения; б) регистры для приема чисел, хранения их в течение времени выполнения операции, выдачи результата; в) блок управления операциями, осуществляющий необходимые передачи между регистрами и сумматором, а также управляющий обменом информаций между АУ и другими устройствами машины. В АУ с функциональными блоками кроме указанных узлов имеются также специальные устройства — блок умножения, блок деления *, блок сравнения и др.

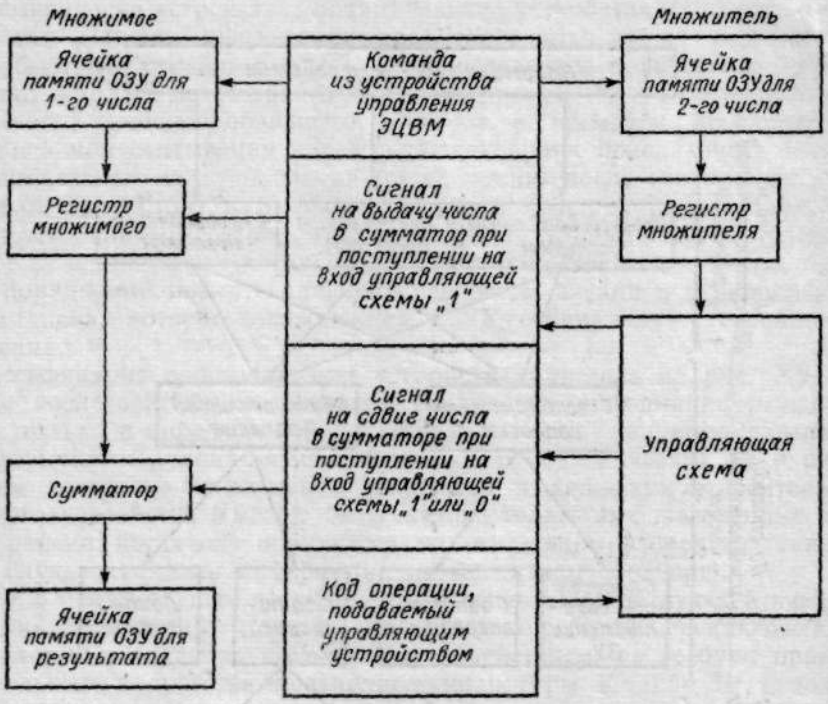


Рис. XVI.6. Упрощенная блок-схема множительного устройства

Для иллюстрации работы арифметического устройства ЭЦВМ на рис. XVI.6 приведена простейшая блок-схема выполнения операции умножения.

Устройства управления. Устройство управления обеспечивает взаимосвязь и автоматическую работу всех блоков ЭЦВМ по программе, реализующей заданный алгоритм. Команды, из которых составляется программа работы машины, подразделяются на счетные (вычислительные и логические) команды и служебные (управляющие) команды.

Система команд, т. е. программа работы ЭЦВМ предусматривает строгую последовательность выполнения счетных и служебных операций; поэтому устройство управления должно обеспечить определенный ритм их выполнения, что необходимо для координации действия всех звеньев электронной вычислительной машины. Для этого устройство управления систематически вырабатывает серии тактовых (управляющих) импульсов, задающих начало и очередность выполнения блоками машины отдельных

* Во многих типах ЭЦВМ блок деления отсутствует и операция деления сводится к умножению на обратную величину делителя.

элементарных операций. В вычислительных машинах, выполняющих однотипные операции, применяется центральная система управления, при которой длительность рабочего цикла машины, а следовательно, и количество тактовых импульсов одинаково независимо от выполняемой операции. В ЭЦВМ, имеющих разнообразную программу, для сокращения возможных холостых ходов машины применяется смешанная (центральная и местная) система управления. Эта система помимо основного цикла

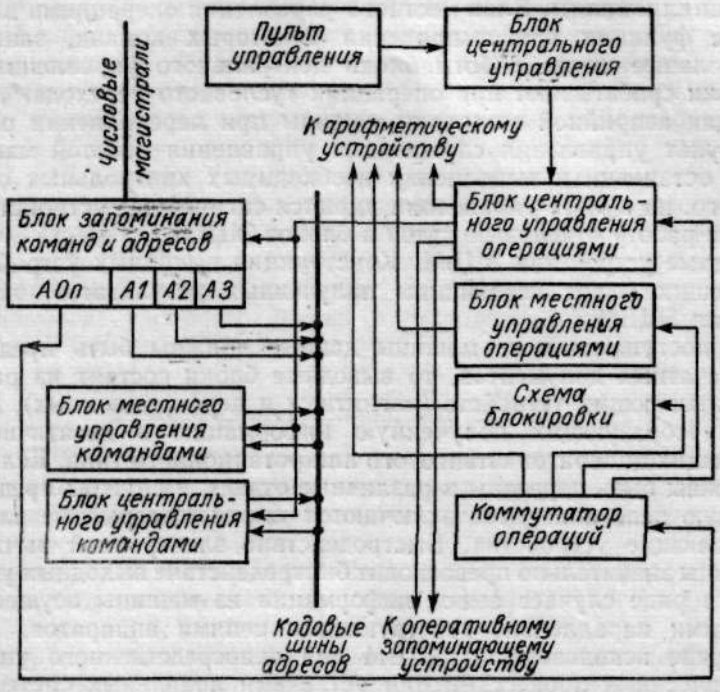


Рис. XVI.7. Примерная блок-схема управляющего устройства ЭЦВМ

работы машины (с постоянным количеством тактовых импульсов, достаточных для выполнения большой части операций), предусматривает возможность подачи дополнительной серии импульсов, необходимых для выполнения операции, которая по продолжительности не укладывается в основной рабочий такт машины.

Примерная блок-схема управляющего устройства ЭЦВМ дана на рис. XVI.7. Блок центрального управления циклически вырабатывает тактовые импульсы (т. е. задает рабочий такт машины), которые поступают в блок центрального управления операциями, а также в другие устройства машины. За один цикл работы БЦУ выполняется одна операция и принимается новая команда. В случае, когда для выполнения операции необходима серия дополнительных тактовых импульсов, по окончании цикла подачи главных импульсов блок центрального управления временно останавливается и включается в действие только после отработки системы местного управления.

Блок запоминания команд и адресов предназначен для промежуточного хранения кода выполняемой команды *АОп*, адресов чисел *А1* и *А2* и результата *А3*, которые поступают из ОЗУ. Блоки центрального

и местного управления командами служат для приема, хранения и образования кодов адресов команд, а также для передачи их блоку управления оперативным запоминающим устройством. Коммутатор операций является дешифратором кода операций, который подготавливает цепи других блоков к выполнению этой операции. Блок центрального управления операциями управляет работой различных устройств машины при выполнении элементарных операций, укладывающихся по времени в основной рабочий цикл машины. Блок местного управления операциями выполняет такие же функции при выполнении некоторых команд, занимающих время, большее цикла работы блока центрального управления. Схемы блокировки срабатывают при операциях «условного перехода»*, а также служат для аварийной остановки машины при переполнении разрядной сетки. Пульт управления служит для управления работой машины, ее запуска, остановки и выполнения необходимых контрольных операций. Кроме того, на пульте управления имеются сигнальные устройства, показывающие работу отдельных узлов и блоков ЭЦВМ.

Выходные устройства ЭЦВМ. Конструкция выходных устройств, осуществляющих вывод из машины полученных результатов, зависит от назначения ЭЦВМ.

Если поступающие из машины данные должны быть представлены в виде печатных документов, то выводные блоки состоят из различных типов считывающих устройств (магнитных и перфорационных), дешифраторов (преобразующих полученную информацию в десятичном коде) и печатающих аппаратов штангового или ротационного типа. Если результаты должны быть переданы в различные отделы и службы предприятия, то в общую цепь аппаратов включаются также телеграфные или другие телепередающие устройства. Быстродействие электронной вычислительной машины значительно превосходит быстродействие выходных устройств; поэтому в ряде случаев вывод информации из машины осуществляется несколькими параллельно действующими цепями аппаратов.

В случае использования ЭЦВМ для непосредственного управления технологическими процессами или уставками локальных систем автоматического регулирования выходные устройства машины при необходимости должны осуществлять преобразование дискретных кодов в аналоговые сигналы.

§ 2. ЭЛЕМЕНТЫ ПРОГРАММИРОВАНИЯ

1. Алгоритмический процесс

Переработка информации по некоторым правилам, определяемым данным алгоритмом, называется алгоритмическим процессом. Обычно этот процесс распадается на ряд более или менее автономных процессов, каждый из которых переводит информацию из одного состояния в другое, в результате чего переработанная информация на одном этапе становится исходной для последующего этапа. Если этап имеет несколько возможных преемников, то должны быть заданы правила однозначного определения последующего этапа переработки информации в зависимости от полученного результата на данном или предыдущих этапах алгоритмического процесса. Совокупность всех этапов алгоритмического процесса при его выполнении на ЭЦВМ называется программой задачи, а каждый ее отдель-

* Назначение операции «условного перехода» описано в § 2.

ный этап — командой. Последняя представляет собой описание некоторых вычислительных или логических операций, полностью определяющих как содержание данного этапа алгоритмического процесса, так и его приемника.

При решении задачи на ЭЦВМ ее программа, состоящая из определенной последовательности команд и являющаяся описанием заданного алгоритма, должна быть составлена настолько подробно, чтобы каждый этап программы содержал только одну операцию, являющуюся для машины элементарной (непосредственное выполнение ее предусмотрено в самой конструкции машины). При использовании языка машины, т. е. при соответствующем кодировании, программа записывается в виде последовательности команд, представляемых в специальной цифровой форме. Необходимость использования в программе только элементарных операций машины, набор которых обычно невелик, приводит к тому, что описание алгоритма машинным языком получается весьма громоздким и труднообозримым. Поэтому обычно на первом этапе программирования используется какой-либо из промежуточных языков, в основе которых лежит формульно-словесный способ описания алгоритмов. К таким языкам относятся наиболее распространенные в настоящее время алгоритмические языки АЛГОЛ-60, КОБОЛ и др.

2. Команды, выполняемые ЭЦВМ

Каждая ЭЦВМ характеризуется определенной системой команд (элементарных операций), которые она может принять к исполнению. В зависимости от их назначения машинные команды подразделяются на следующие группы:

1) вычислительные и логические команды: а) основные арифметические операции; б) дополнительные операции вычислительного назначения; в) логические операции;

2) служебные (управляющие) команды: а) операции обращения к внешним устройствам; б) операции над командами (команды переадресации); в) операции передачи управления.

Рассмотрим 35 основных команд, выполняемых ЭЦВМ. В ряде машин предусмотрена возможность выполнения значительно большего числа элементарных операций, что существенно расширяет круг задач, решаемых на ЭЦВМ. Элементарные операции будут записываться применительно к машинам с трехадресным кодом команд.

Вычислительные и логические команды. К основным арифметическим операциям относятся сложение, вычитание, умножение и деление. Содержание этих команд приведено в табл. XVI.5. В операциях умножения и деления результаты вычислений округляются, а в машинах с плавающей запятой еще и нормализуются. После выполнения любой из указанных команд управление передается (посредством УУ) к следующей по номеру команде. В табл. XVI.5 приведены также дополнительные операции вычислительного назначения. В некоторых ЭЦВМ могут быть объединены команды на выделение дробной и целой частей числа с тем, чтобы число, находящееся в ячейке α, указанной в адресе IA, было перемещено: целая часть числа — в ячейку β, указанную в IIA, а дробная часть — в ячейку γ, указанную в IIIA. Команда циклического сложения обычно используется для целей контроля правильности вычислений и контроля ввода программ. Команды на выделение дробной и целой частей числа на сдвиг по числу имеют смысл только для машин с плавающей запятой.

Таблица XVI.5

Вычислительные и логические операции, выполняемые ЭЦВМ

Наименование элементарной операции	Обозначение	Адрес			Содержание команды
		IA	IIA	IIIA	
Основные арифметические операции					
Сложение	+	α	β	γ	Сложить два числа, находящихся в ячейках α и β. Результат направить в ячейку γ. Перенос единицы производится в старший разряд результата
Вычитание	—	α	β	γ	Вычесть из числа, находящегося в ячейке α, число, находящееся в ячейке β. Результат направить в ячейку γ
Умножение	×	α	β	γ	Перемножить два числа, помещенные в ячейки α и β. Результат направить в ячейку γ
Деление	:	α	β	γ	Разделить число, находящееся в ячейке α, на число, находящееся в ячейке β. Результат направить в ячейку γ
Дополнительные операции вычислительного назначения					
Разность модулей	|—|	α	β	γ	Из модуля числа, помещенного в ячейке α, вычесть модуль числа, находящегося в ячейке β. Результат направить в ячейку γ
Минимум двух модулей	min	α	β	γ	Из двух чисел, находящихся в ячейках α и β, выбрать меньшее число и поместить в ячейку γ
Минимум модулей двух чисел	|min|	α	β	γ	Из двух чисел, находящихся в ячейках α и β, выбрать число с меньшим модулем и поместить его модуль в ячейку γ
Максимум двух чисел	max	α	β	γ	Из двух чисел, находящихся в ячейках α и β, выбрать большее число и поместить в ячейку γ
Максимум модулей двух чисел	|max|	α	β	γ	Из двух чисел, находящихся в ячейках α и β, выбрать число с бо́льшим модулем и поместить его модуль в ячейку γ
Извлечение квадратного корня	$\sqrt{\ }$	α	—	β	Из числа, находящегося в ячейке α, извлечь квадратный корень и поместить его в ячейку β. Адрес IIA в данной операции не используется

Продолжение табл. XVI.5

Наименование элементарной операции	Обозначение	Адрес			Содержание команды
		IA	IIA	IIIA	
Образование модуля числа	mod	α	—	β	Из числа, находящегося в ячейке α, образовать модуль и поместить его в ячейку β
Выделение дробной части числа	{ }	α	—	β	Из числа, находящегося в ячейке α, выделить дробную часть и поместить ее в ячейку β
Выделение целой части числа	[ ]	α	—	β	Из числа, находящегося в ячейке α, выделить целую часть и поместить ее в ячейку β
Сдвиг по числу	→ч	α	β	γ	Разряды числа, находящегося в ячейке β (по адресу IIA); сдвинуть на число разрядов, равное порядку числа, находящегося в ячейке α, вправо или влево в зависимости от знака порядка. Результат поместить в ячейку γ
Сдвиг по адресу вправо	→	α	β	γ	То же, но сдвиг производится вправо или влево на число разрядов, равное числу, указанному в ячейке α
Сдвиг по адресу влево	←	α	β	γ	
Циклическое сложение	+Ц	α	β	γ	То же, что и при сложении, но перенос единицы производится в младший разряд результата
Логические поразрядные операции					
Умножение	×	α	β	γ	Выполнить поразрядно операцию «конъюнкции» над кодами чисел, находящихся в ячейках α и β. Результат направить в ячейку γ
Сложение	+Л	α	β	γ	Выполнить аналогично операцию «дизъюнкции»
Проверка совпадения	~	α	β	γ	Выполнить поразрядно операцию «равнозначности» над кодами чисел, находящихся в ячейках α и β. Результат направить в ячейку γ. Операция удобна для проверки совпадения кодов двух чисел. В случае полного совпадения кодов во всех разрядах IIIA появятся единицы
Отрицание	—Л	α	—	γ	Поразрядно в ячейку γ заносятся величины, инверсные значениям таковых в соответствующих разрядах числа, находящегося в ячейке α. Адрес IIA не используется

Логические (поразрядные) операции упрощают во многих случаях решение машиной ряда математических задач, а также позволяют программировать решение логических задач. К этим операциям относятся логическое умножение, логическое сложение, проверка совпадения и логическое отрицание. Логические операции конъюнкция и дизъюнкция могут быть использованы для образования кодов новых команд. Для выделения, например, одного из адресов команды, достаточно логически умножить код этой команды на число, у которого на местах выделяемых разрядов стоят единицы, а на местах остальных разрядов поставлены нули. Из таких частей команд при помощи операции +Л может быть затем сформирована новая команда.

По выполнении любой из перечисленных команд управление передается к следующей по номеру команде программы.

Служебные команды. К операциям обращения к внешним устройствам относится следующая группа разнообразных команд (табл. XVI.6): ввод кодов; передача кодов из ОЗУ во внешний накопитель (запись); передача кодов из ВН в ОЗУ (считка), печать, останов. Так как операции пересылки кодов, т. е. ввод кодов, запись или считка их являются групповыми операциями и производятся в порядке возрастания номера ячеек, кодируются либо начальный и конечный номера ячеек, участвующих в операции, либо начальный номер группы ячеек и их количество.

При выводе на печать полученные результаты должны переводиться из двоичной в десятичную систему счисления. Если в схеме машины не предусматривается автоматическое преобразование кодов, таковое исполняется специальной стандартной подпрограммой по отдельной команде. При наличии в машине нескольких выводных устройств это должно быть учтено количеством выводных команд. По выполнении любой из первых четырех операций управление передается следующей по номеру команде программы. После команды «останов» вычисления прекращаются.

К операциям над командами относятся сложение и вычитание. Эти операции позволяют на машине производить в необходимых случаях преобразование команд, прибавляя к числу, представляющему команду (или отнимая от него), определенное число единиц в соответствующих разрядах. Указанные операции называются также командами переадресации.

Как и в предыдущих операциях, после выполнения команды переадресации управление передается следующей команде программы.

Особый интерес представляют задачи, решение которых может быть расчленено на полностью или частично повторяемые вычислительные этапы, что дает возможность в процессе составления машинной программы многократно использовать одну и ту же группу команд. Во многих случаях повторяемость расчетных этапов зависит от определенных признаков заранее сформированных или вытекающих из результатов расчетов; поэтому необходимы специальные команды, позволяющие нарушать обычный порядок вычислений и передавать управление команде, не расположенной непосредственно за только что выполненной. Кроме того, в зависимости от полученных результатов вычислений может возникнуть необходимость передачи управления одному из нескольких заранее подготовленных участков программы или одной из стандартных подпрограмм. Осуществление такого порядка ведения вычислительных процессов производится операциями передачи управления, которые перечислены в табл. XVI.6.

Таблица XVI.6

Служебные команды, выполняемые ЭЦВМ

Наименование служебной команды	Обозначение	Адрес IA	Адрес IIA	Адрес IIIA	Содержание команды
Операции обращения к внешним устройствам					
Ввод кодов	Вв	n	$\alpha+1$	—	Ввести в n ячеек $\alpha+1$, $\alpha+2$, . . . , $\alpha+n$ ОЗУ соответствующие коды из вводного устройства
Запись (передача кодов из ОЗУ во внешний накопитель)	Ва	n	α	γ	В IA указывается номер n-го барабана или ленты ВН, куда производится запись; в IIA — номер α ячейки барабана или ленты, с которой можно начинать запись, в IIIA — номер ячейки γ ОЗУ, с которой начинается операция
	Вб	З	β	—	В IA указывается вид операции «запись», в IIA — номер числа во внешней памяти β (номер ячейки ВН), до которого можно производить запись
Передача кодов из ВН в ОЗУ (считка)	Ва	n	α	γ	В IA указывается номер n-го барабана или ленты ВН, из которого производится считка; в IIA — номер α ячейки барабана или ленты, с которой можно начинать считку. В IIIA — номер ячейки γ ОЗУ, с которой начинается перенос кодов
	Вб	C	β	—	В IA указывается вид операции — «считка»; в IIA — номер числа в ОЗУ (т. е. номер ячейки ОЗУ), до которого можно переносить коды из ВН
Печать	П	—	n	α	Печатать коды групп чисел, содержащие $(n+1)$ чисел, начиная с номера α, указанного в IIIA. При наличии нескольких выводных устройств в IA указывается номер такового
Останов	Ост	—	—	—	—
Команды переадресации					
Сложение	$\oplus$	K_1	α	K_2	Прибавить к числу, номер которого указан в IA, число, номер которого указан в IIA. Результат направить в IIIA
Вычитание	$\ominus$	K_1	α	K_2	

Продолжение табл. XVI.6

Наименование служебной команды	Обозначение	Адрес			Содержание команды
		IA	IIA	IIIA	
Операции передачи управления					
Передача управления в зависимости от сравнения двух чисел с учетом знаков	$\leqslant$	α	β	K	Сравнить число a, находящееся в ячейке α, с числом b, находящимся в ячейке β. Если $a > b$, перейти к выполнению следующей команды программы, а если $a \leqslant b$, перейти к выполнению команды, номер которой указан в IIIA
Передача управления в зависимости от сравнения модулей двух чисел	$\lvert\leqslant\rvert$	α	β	K	То же, только сравниваются не числа, а их модули
Передача управления в зависимости от равенства двух чисел	$=$	α	β	K	Сравнить число a, находящееся в ячейке α, с числом b, находящимся в ячейке β. Если $a = b$, передать управление команде, указанной в IIIA. В случае $a \neq b$, перейти к выполнению следующей команды
Передача управления в зависимости от неравенства двух чисел	$\neq$	α	β	K	Если $a \neq b$, передать управление команде, указанной в IIIA. При $a = b$ перейти к выполнению следующей команды
Передача управления по признаку	УПП	K_1	K_2	—	Передать управление команде K_1 в IA, если в результате выполнения предыдущей операции в специальном запоминающем устройстве выявится признак, или команде K_2 в IIA, если признака не будет
Использование команды УПП для выполнения операции безусловного перехода	УПП	K_1	K_2	—	Независимо от наличия или отсутствия вырабатываемого признака в результате предыдущей операции осуществить передачу управления команде K
Передача управления по знаку числа	УПЧ	α	K_1	K_2	Если число, номер которого α указан в IA, имеет знак + (или —), управление передается команде K_1 в IIA; если это число имеет знак — (или +), управление передается команде K_2 в IIIA
Использование команды УПЧ для выполнения операции безусловного перехода	УПЧ	α	K	K	Независимо от наличия или отсутствия вырабатываемого признака в результате предыдущей операции осуществить передачу управления команде K
Команда безусловного перехода	БП	—	—	$n+1$	Передать управление команде, находящейся в ячейке $n+1$

Операция передачи управления по признаку заключается в том, что в зависимости от результатов арифметических или логических операций в специальном запоминающем устройстве (триггере) вырабатывается признак, который сохраняется до следующей команды и используется, если вновь поступившая команда является командой передачи управления. Таким признаком, например, может служить знак «минус» в результате выполнения операции сложения или вычитания, получение результата, большего единицы, в машинах с плавающей запятой, образование единиц во всех разрядах результата при выполнении логических операций и т. п. Указанные выше команды называются операциями условного перехода или условной передачи управления.

В случае, когда заданная программой очередность выполнения команд должна быть приостановлена для возможности выполнения другой заранее заданной последовательности команд (например, по определенной стандартной подпрограмме или по какой-либо другой причине), в машине должна быть осуществлена операция безусловного перехода. Для выполнения такой операции могут быть использованы соответствующим образом трансформированные команды УПП или УПЧ.

3. Элементарное программирование

К элементарному программированию относятся непосредственное программирование; разветвляющиеся процессы; циклические процессы; блок-схемное программирование и передача управления на подпрограммы.

Непосредственное составление программы на машинном языке может быть применено для тех задач, в которых математические и логические зависимости легко могут быть разложены на элементарные операции, осуществляемые на ЭЦВМ. Такое программирование сводится к определению должной последовательности операций и рациональному размещению в ячейках памяти машины исходных данных, команд, вспомогательных констант, промежуточных и окончательных результатов.

Так как при составлении программы неизвестны номера свободных ячеек памяти и количество ячеек, необходимых для размещения команд, промежуточных результатов и т. п., применяются определенные буквенно-числовые обозначения, называемые условными адресами.

Процесс непосредственного программирования тесно связан с тождественным преобразованием заданных формул, так как при этом может быть достигнуто уменьшение числа элементарных операций и количество ячеек памяти, занятых командами. Определенное значение имеет также принятая последовательность выполняемых операций, которая может быть выбрана различными способами, что влияет на количество используемых рабочих ячеек памяти. Из соображений экономии ячеек запоминающего устройства целесообразно результаты промежуточных вычислений помещать в рабочие ячейки, содержащие ранее использованные результаты, которые при последующих расчетах уже не потребуются.

Ввод всей информации (программы и исходных данных) в память машины осуществляется специальной командой группового ввода. В процессе исполнения этой команды сначала вводится в запоминающее устройство программа решения задачи, а затем исходные данные. При исполнении групповых операций, если адреса образуют последовательный ряд чисел, нет необходимости перечислять их все в команде. Если структура команды или состояние ОЗУ не позволяет разместить в групповой команде всю необходимую информацию, то групповая операция может быть реализована несколькими командами.

В ряде случаев ход расчета и порядок выполнения отдельных операций не могут быть заранее установлены и определяются в процессе расчета только в результате проверки выполнения некоторого логического условия. Такие вычислительные процессы называются разветвляющимися и им соответствуют разветвляющиеся программы. Вполне понятно, что такое программирование связано с размещением в памяти машины команд, определяющих вычислительные процессы по всем ветвям разветвлений, и команд, осуществляющих передачу управления.

В табл. XVI.6 приведены некоторые условия сравнения двух ветвей разветвляющегося вычислительного процесса. Если же вычислительный процесс разветвляется на три и более ветвей, то соответствующее условие, в свою очередь, должно быть расчленено на ряд условий, каждое из которых отделяет одну ветвь от остальных. Поэтому программирование разветвляющихся процессов всегда сводится к построению программы для двух разветвлений.

Одним из условий эффективного использования ЭЦВМ является возможность выполнения большого числа операций с помощью небольшого числа команд, что может быть достигнуто представлением алгоритма в виде ряда повторяющихся серий операций. Вычислительные процессы, реализующие такой алгоритм, называются циклическими. Группа команд, которая повторяется последовательно некоторое число раз, называется циклической программой или циклом. Общее число циклов, необходимых для решения задачи, может быть указано заранее, либо определяется в процессе вычислений.

Для построения циклической программы в каждом отдельном случае подбирается определенное логическое условие, при выполнении которого может быть определено окончание циклического процесса, после чего производится его проверка и передача управления новому циклу или последующим командам в зависимости от исхода этой проверки. Кроме того, в программу цикла включаются команды, осуществляющие надлежащее заполнение запоминающего устройства перед началом последующего цикла.

Последним видом элементарного программирования является блок-схемное программирование. Блоком называется такой участок программы, который может участвовать в вычислительном процессе лишь в том случае, когда передача управления от основной программы или другого блока поступает к его первой команде, а обратная передача управления основной программе производится только от его последней команды. Внутри блока возможны разветвляющиеся и циклические процессы, не связанные с выходом на другие блоки.

Таким способом программирования удобно пользоваться для решения на ЭЦВМ сложных задач. При блок-схемном программировании можно достигнуть существенного сокращения программы за счет выделения групп команд, повторяющихся в процессе решения задачи, в отдельные блоки, называемые подпрограммами. В процессе вычислений подпрограммы хранятся в специально отведенных местах внутренней памяти машины или во внешнем накопителе.

Для передачи управления подпрограмме в основной программе помещается команда «безусловного перехода», в которой указан адрес начальной команды подпрограммы. Предварительно команда основной программы засылает в специальную ячейку ОЗУ (регистр возврата) номер команды, продолжающей процесс вычисления по основной программе или указывающей дальнейший порядок действий. Подпрограмма, содер-

жащая команды от $n + 1$ до $n + m$ для осуществления вычислительного процесса имеет заключительную команду «безусловной передачи» управления «регистру возврата», который переадресует управление команде основной программы.

Описанные элементарные методы программирования зачастую не обеспечивают предъявляемые требования к составлению компактных программ решения сложных математических и логических задач.

С усложнением задач уменьшается удельное значение собственно математических операций и возрастает количество команд управления. При решении нематематических задач собственно вычислительные (арифметические) операции почти полностью отсутствуют, а их алгоритмы излагаются обычно в словесной форме, что существенно затрудняет процесс программирования. В ряде случаев решение задач осуществляется путем применения так называемых адресных программ, интерпретирующих программ, операторного программирования и т. п.

§ 3. ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ

1. Электронная цифровая управляющая машина «Днепр» (1965 г.)

Электронная цифровая управляющая машина «Днепр» является вычислительной машиной широкого назначения на полупроводниковых элементах, которая может быть использована для контроля и управления рядом технологических объектов (сосредоточенных на небольшой площади), если они не поддаются оптимальному управлению с помощью обычных средств автоматики, и для работы в качестве универсальной вычислительной машины. В первом случае машина может функционировать как машина-советчик оператора или как управляющая машина (непосредственно воздействуя на управляемые объекты или через локальные системы регулирования).

В системе автоматического управления машина «Днепр» может выполнять следующие функции: 1) определение и поддержание оптимального режима, удовлетворяющего выбранному критерию управления процессом; 2) уточнение и корректирование алгоритма управления на основании анализа предшествующей деятельности системы; 3) определение оптимальной длительности отдельных циклов, а также рациональных моментов времени для переключения отдельных агрегатов с одного режима на другой; 4) управление пуском и остановом агрегатов, а также управление процессом при недопустимых нарушениях технологического режима; 5) сигнализация и регистрация параметров процесса, отклонившихся от допустимых значений; 6) регистрация (по желанию оператора) значений любых параметров, характеризующих ход технологического процесса; 7) решение некоторых планово-экономических и учетных задач на предприятиях с ограниченной номенклатурой выпускаемых изделий и исходного сырья (материалов и комплектующих узлов).

Основные технические данные и команды машины «Днепр». Блок-схема управляющей машины «Днепр» приведена на рис. XVI.8. Машина включает в себя: управляющее устройство *8* и арифметическое устройство *7* (объединены в общий комплекс), устройство ввода *5* и устройство вывода *6* (объединены в блок), устройство для подготовки и ввода цифрового материала (чисел и команд) с перфоленты *2*, устройство вывода на ленточный перфоратор *12*, оперативное запоминающее устройство на ферритах *14*, пассивное запоминающее устройство *13* (ПЗУ), внешний накопитель на

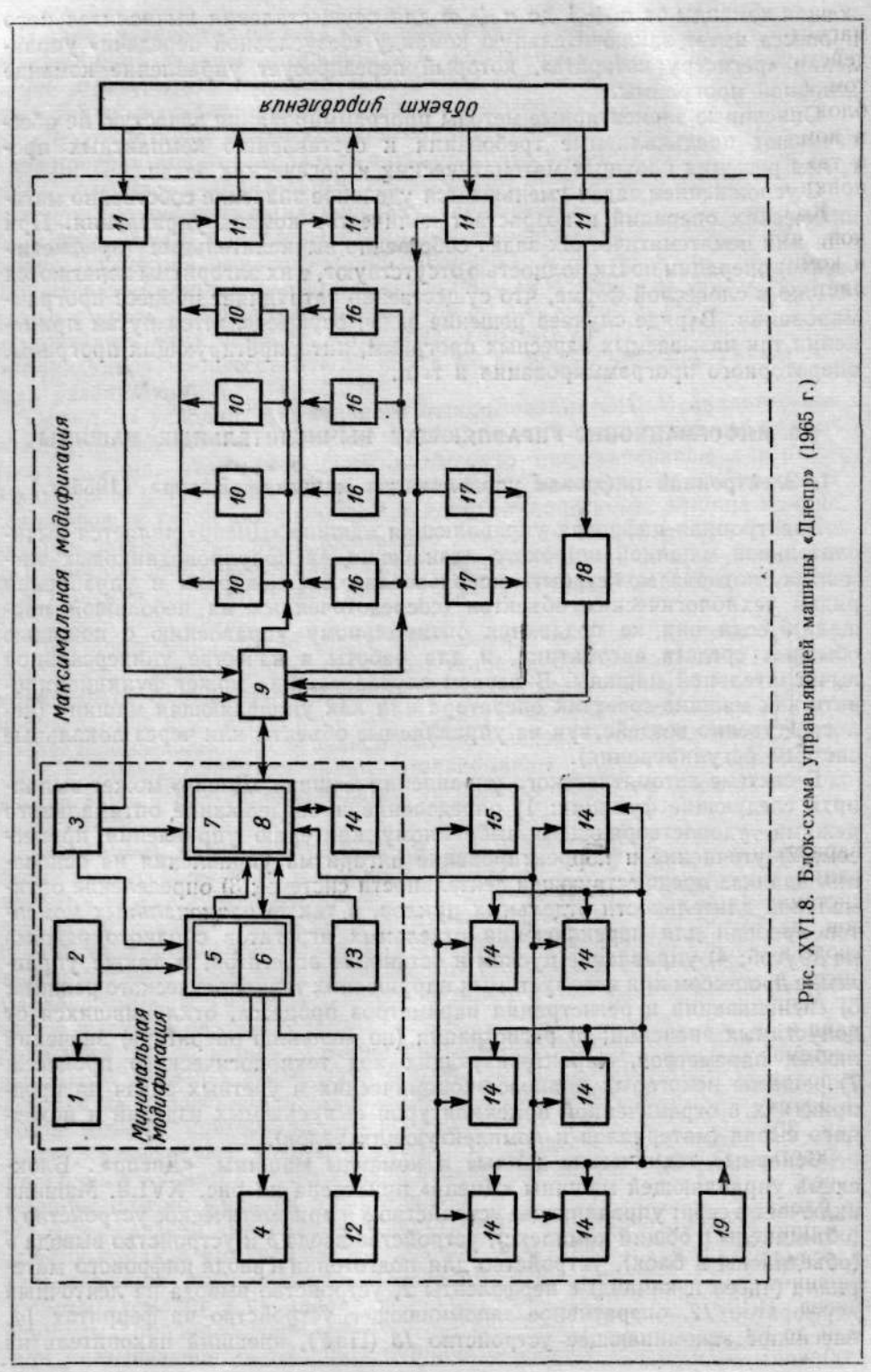


Рис. XVI.8. Блок-схема управляющей машины «Днепр» (1965 г.)

магнитной ленте *15*, устройство алфавитно-цифровой печати *1*, быстродействующее цифропечатающее устройство *4*, устройство связи с объектом *9* (УСО), блок аналоговых выходов *10*, блок релейных выходов *16*, блок релейных входов *17*, блок преобразования частоты *18*. Кроме того, в комплект машины входит кроссовый шкаф *11*, щиты питания *3* и *19*, а также ряд других вспомогательных устройств. Пример общей компоновки блоков машины показан на рис. XVI.9.

Конструктивно машина «Днепр» разделена на ряд независимых блоков, что позволяет выделить отдельно вычислительную часть машины и комплекс устройств связи с объектом. Вычислительная часть представляет собой универсальную цифровую асинхронную двухадресную машину

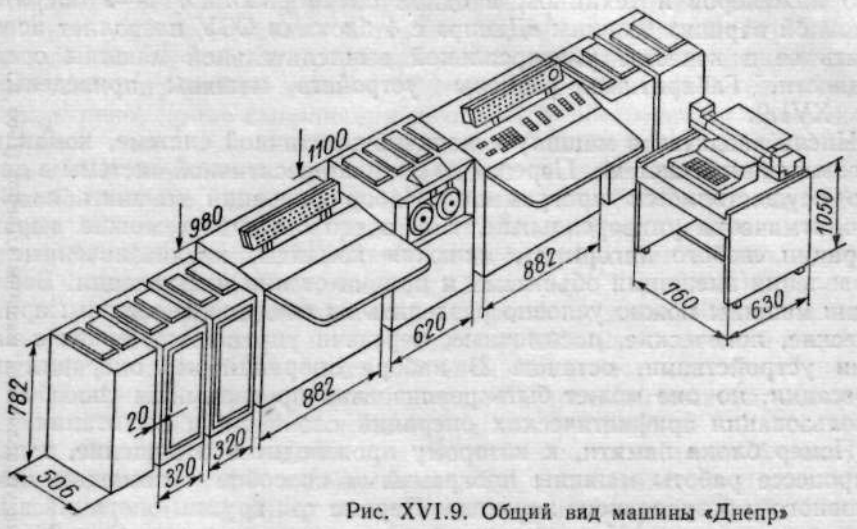


Рис. XVI.9. Общий вид машины «Днепр»

параллельного действия с переменной длительностью выполнения операций. Для представления чисел и команд в машине принята двоичная система счисления. Разрядность чисел в машине — 26 двоичных разрядов, из которых старший знаковый. Разрядность десятичных чисел при вводе в машину и выводе на печать — 6 разрядов. Форма представления чисел в машине — с запятой, фиксированной перед старшим разрядом.

Машина «Днепр» может выполнять 28 арифметических и логических команд и 59 служебных команд. Количество стандартных подпрограмм — 10. Система прерывания по 28 причинам с приоритетом. Среднее время выполнения основных операций с учетом времени обращения к памяти (в *мксек*): сложение 60; умножение 250; деление 500; логические операции 30—60. Среднее быстродействие машины 8000—10 000 *опер/сек*. Емкость ОЗУ на ферритах (до 8 блоков по 512 чисел) 4096 26-разрядных чисел. Емкость ПЗУ на числовых линейках 3072 26-разрядных чисел (в блоке 24 сменные линейки емкостью по 128 чисел). При подключении к машине не более двух блоков ОЗУ емкость ПЗУ может быть увеличена вдвое (до 6144 чисел) путем подключения дополнительной стойки. Емкость внешнего накопителя на магнитной ленте типа НМЛ2—7 100—120 тыс. чисел. Носителем числовой информации является магнитная лента длиной до 150 *м*. Скорость движения ленты 2 *м/сек*, скорость записи (чтения) 200 *числ/сек*. Среднесуточное полезное время работы машины не менее

22 *ч*. Питание машины от сети 380/220 *в*, 50 *гц* (с нулевым проводом). Мощность, потребляемая машиной в максимальной модификации, 4 *кв·а*; мощность, потребляемая магнитным накопителем, 1 *кв·а*. В машине имеются три типа блоков питания, в которых расположены стабилизированные источники напряжения: ±1,5; —12,5; —20; —30 *в*.

В комплект машины входят 6 испытательных стендов для проверки стандартных и нестандартных ячеек, устройства ввода и вывода, блоков аналоговых выходов. Питание стендов от стабилизированного блока питания. Площадь, занимаемая машиной «Днепр», не превышает 60 $м^2$. Освещенность помещения должна быть не менее 100 *лк*. По требованию машина может иметь принудительную вентиляцию. Машину обслуживает бригада из 5 инженеров и техников; в одной смене работают 1—2 оператора. Основной вариант машины «Днепр» с 4 блоками ОЗУ позволяет использовать ее в качестве универсальной вычислительной машины средней мощности. Габаритные размеры устройств машины приведены на рис. XVI.9.

Числа вводятся в машину в двоично-десятичной системе, команды — в восьмеричной системе. Перевод из двоично-десятичной системы в двоичную осуществляется программно. Набор операций машины является алгоритмически универсальным, т. е. в его операциях можно выразить операции любого алгоритма, включая команды, предназначенные для управления внешними объектами и приема от них информации. Все операции машины можно условно разделить на следующие группы: арифметические, логические, посылочные, передачи управления, связи с внешними устройствами, останов. В наборе операций нет операции переадресации, но она может быть реализована программным способом при использовании арифметических операций сложения и вычитания.

Номер блока памяти, к которому производится обращение, задается в процессе работы машины программным способом с помощью команд условного и безусловного перехода. Первые три группы операций выполняются с участием АУ, признаком чего является наличие «О» в 26-м разряде кода команды. При наличии этого признака дешифрация кода операции производится в АУ. Исключением является операция спецзасылки, которая использует сумматор АУ. Признаком команд 4, 5 и 6-й групп является наличие «1» в 26-м разряде команды. Операции передачи управления дешифруются в УУ. При операциях 4 и 5-й групп включаются в работу внешние устройства.

В машине предусмотрены возможности: 1) вызвать на сумматор АУ содержание любой ячейки любого блока памяти; 2) записать содержимое сумматора в любую ячейку любого блока ОЗУ; 3) запомнить в любой ячейке любого блока ОЗУ перед уходом на подпрограмму содержимое регистра номера блока и счетчика номера команд устройства управления; 4) выбрать и выполнить команду, расположенную в любой ячейке любого блока ОЗУ, без нарушения естественного порядка выполнения команд; 5) выдать на печать или на перфоленту содержимое любой ячейки любого блока ОЗУ или ПЗУ.

Наличие операции по фиксатору позволяет основную часть программы поместить в ПЗУ, а в ОЗУ вынести только переменные команды. При выполнении арифметических и логических операций в машине вырабатываются признаки переполнения разрядной сетки ($\varphi = 1$) и получения отрицательного результата ($\omega = 1$).

Имеющаяся в машине система прерываний предназначена для реакции машины на аварийные сигналы и рационального использования ма-

шинного времени при операциях, выполнение которых происходит с небольшим быстродействием (операции вывода и поиска зоны). Количество каналов прерывания 5.

Перечень всех операций, выполняемых машиной «Днепр», приведен в табл. XVI.7.

Управляющие и арифметическое устройство (УАУ). Устройство управления УУ обеспечивает взаимодействие всех устройств машины как при автоматическом выполнении программы, так и при ручном управлении машиной с пульта управления, который входит в состав УУ.

Управление работой узлов и устройств машины «Днепр» осуществляется комбинированным способом. УУ координирует работу всех основных устройств машины, а в каждом устройстве предусмотрен свой блок или узел местного управления, который формирует сигналы управления всеми узлами данного устройства. УУ обеспечивает последовательное выполнение операций в машине. Совмещение операций во времени не предусмотрено, кроме выполнения печати. УУ обеспечивает прием и выдачу кодов чисел и команд при различных комбинациях из размещения в блоках ЗУ (например, при размещении чисел и команд в одном или разных блоках ОЗУ; при размещении чисел в блоке ОЗУ, а команд в ПЗУ). В состав УУ входят блок управления *; блок формирования и выдачи адресов; блок обращения к памяти; блок тактирующих импульсов; блок ручного управления и контроля работы машины.

Блок управления предназначен для приема и дешифровки поступающих по импульсно-кодовым шинам чтения из ЗУ кодов операций и признаков модификаций, передачи кодов операций в блок местного управления АУ при выполнении арифметических операций, приема сигналов условного перехода и передачи их в блок тактирующих импульсов.

Блок обращения к памяти состоит из регистра номеров блоков для приема и хранения кодов номеров блоков ЗУ, в которых хранятся команды и числа заданной программы вычисления, и дешифратора для формирования импульсов чтения и записи информации в соответствующий блок памяти.

Блок тактирующих импульсов предназначен для задачи временного ритма работы машины, выборки кода команды из ЗУ и выработки соответствующих сигналов управления, формирования номера следующей команды и выработки сигналов управления выборкой и записью в ЗУ. В блок входят узел модификации арифметических операций, осуществляющий задание временного ритма работы машины, и узел операций управления, в котором происходит формирование сигналов, обеспечивающих выполнение операций управления.

Блок ручного управления и контроля работы машины предназначен для формирования сигналов управления работой машины с пульта управления, задания режимов контроля и отладки устройств машины, формирования сигналов пуска и останова машины, занесения чисел и команд с пульта управления в оперативную память. В блок входит узел управления пультом, пульт управления и панель сигнализации, узел кодовых шин записи, осуществляющих пересылку кодов для записи в ОЗУ.

Арифметическое устройство АУ является автономным устройством, которое выполняет ряд операций в соответствии с командами, вырабатываемыми собственным блоком местного управления. УУ только пересылает

---

* Некоторые операции ручного управления можно осуществить с пульта оператора, входящего в состав УСО.

Таблица XVI.7

Система команд управляющей вычислительной машины «Днепр»

№ команды	Код операции	Код модификации	Содержание операции
			Сложение
1	01	0	Содержимое сумматора сложить с содержимым I адреса и результат оставить на сумматоре
2		1	Содержимое сумматора сложить с содержимым I адреса, результат записать по II адресу и оставить на сумматоре
3		2	Сложить содержимое I и II адресов и результат оставить на сумматоре
4		3	Сложить содержимое I и II адресов, результат записать по II адресу и оставить на сумматоре
			Вычитание
5	02	0	Имеет те же модификации, что и операция «сложение», при этом вычитаемым служит или содержимое сумматора, или содержимое I адреса
6		1	
7		2	
8		3	
			Вычитание модулей
9	03	0	Имеет те же модификации, что и операция «сложение»
10		1	
11		2	
12		3	
			Умножение
13	04	0	Имеет те же модификации, что и операция «сложение»
14		1	
15		2	
16		3	
			Деление
17	05	0	Имеет те же модификации, что и операция «сложение»; при этом делимым может быть или содержимое сумматора, или содержимое I адреса
18		1	
19		2	
20		3	
			Пересылка
21	06	1	Переслать содержимое I адреса по II, а также оставить его на сумматоре
			Сдвиг логический (со знаком)
22	10	0	Сдвинуть содержимое сумматора, число сдвигов и их направление взять по I адресу, результат оставить на сумматоре
23		1	Сделать то же, что и в команде 22, и результат записать по II адресу
24		2	Содержимое II адреса сдвинуть, число сдвигов и их направление взять по I адресу, результат оставить на сумматоре
25		3	Сделать то же, что и в команде 24, и результат записать по II адресу

Продолжение табл. XVI.7

№ команды	Код операции	Код модификации	Содержание операции
			Сдвиг арифметический (без знака)
26 27 28 29	11	0 1 2 3	Выполняется в тех же модификациях, что и сдвиг логический
			Нормализация
30		0	Нормализуется содержимое сумматора, мантисса записывается по I адресу, число сдвигов записывается по II адресу и остается на сумматоре
31	12	1	Нормализуется содержимое сумматора, мантисса остается на сумматоре, число сдвигов записывается по II адресу
32		2	Нормализуется содержимое I адреса, мантисса записывается по I адресу, число сдвигов записывается по II адресу и остается на сумматоре
33		3	Нормализуется содержимое I адреса, мантисса остается на сумматоре, число сдвигов записывается по II адресу
			Логическое умножение
34 35 36 37	13	0 1 2 3	Выполняется в тех же модификациях, что и операция «сложение», по правилу: $1 \wedge 1 = 1$; $0 \wedge 1 = 0$; $1 \wedge 0 = 0$; $0 \wedge 0 = 0$
			Сложение по модулю 2
38 39 40 41	14	0 1 2 3	Выполняется в тех же модификациях, что и операция «сложение» по правилу: $1 \vee 1 = 0$; $0 \vee 1 = 1$; $1 \vee 0 = 1$; $0 \vee 0 = 1$
			Прием — выдача (с участием УСО)
42		0	Запись по II адресу содержимое регистра УСО, номер которого указан в I адресе
43	21	1	Выдать содержимое II адреса в регистр УСО, номер которого записан по I адресу
44		2	Записать по II адресу код напряжения с аналогового датчика или датчика напряжения, номер которого указан в I адресе
45		6	Записать по II адресу код с частотного датчика, номер которого указан в I адресе

Продолжение табл. XVI.7

№ команды	Код операции	Код модификации	Содержание операции
			Включение — выключение (с участием УСО)
46		0	Выключить реле, номер которого записан в ячейке по II адресу
47	22	1	Выключить реле, номер которого указана в I адресе
48		2	Включить реле, номер которого указан в ячейке по II адресу
49		3	Включить реле, номер которого указан в I адресе
			Условный переход по признакам
50		1	В случае отрицательного результата предыдущей операции (признак ω) осуществить переход к команде, записанной по II адресу (в I адресе указан номер блока памяти, где хранится команда)
51	23	2	Осуществить такой же переход в случае положительного результата в предыдущей операции (признак $\overline{\omega}$)
52		3	Осуществить переход по признаку — переполнение разрядной сетки или полное совпадение кодов чисел (признак φ)
			Условный переход по признакам
53	32	1	В случае отрицательного результата предыдущей операции (признак ω) осуществить переход к команде, записанной по II адресу. В I адресе указан номер блока памяти одного из четырех старших блоков ОЗУ, в котором хранится команда
54	32	2	Осуществить такой же переход в случае положительного результата в предыдущей операции (признак $\overline{\omega}$)
55	32	3	Осуществить переход по признаку — переполнение разрядной сетки или полное совпадение кодов чисел (признак φ)
56	23	4	Осуществить переход по признаку «поиск зоны»
57	23	5	Осуществить переход по признаку «печать результатов»
			Переход по ключам
58		1	Осуществить переход (как в команде 50) при включенном 1-м ключе
59		2	То же, при включенном 2-м ключе
60		3	» » » 3-м »
61	24	4	» » » 4-м »
62		5	» » » 5-м »
63		6	» » » 6-м »
64		7	» » » 7-м »

Продолжение табл. XVI.7

№ команды	Код операции	Код модификации	Содержание операции
			Переход по ключам
65		1	Осуществить переход (как в команде 53) при включенном 1-м ключе
66		2	То же, при включенном 2-м ключе
67		3	» » » 3-м »
68	36	4	» » » 4-м »
69		5	» » » 5-м »
70		6	» » » 6-м »
71		7	» » » 7-м »
			Безусловный переход
72	25	0	Осуществить переход к команде, записанной в разрядах II адреса ячейки, номер которой указан во II адресе команды. В I адресе команды указан номер блока памяти, где хранится ячейка
73		1	Осуществить переход к команде, номер которой записан по II адресу. В I адресе записан номер блока памяти, где хранится ячейка
			Безусловный переход
74	35	1	Осуществить переход к команде, записанной по II адресу. В I адресе указан номер блока одного из четырех старших блоков ОЗУ
75	25	2	Выход с перерывающей программы (как в команде 72)
			Формирование возврата
76	26	0	В разряды II адреса ячейки, указанной по II адресу команды, записать номер команды, следующей за данной командой. В разряды I адреса записать номера всех блоков, с которыми работала основная программа
			По фиксатору
77	26	1	Выбрать команду по II адресу и выполнить ее, не нарушая последовательности основной программы
			Спецзасылка
78	27	0	Записать содержимое сумматора в ячейку, номер которой указан во II адресе. Номер блока памяти указан в I адресе
			Поиск зоны на магнитной ленте
79	30	0	Отыскать зону, номер которой записан по II адресу

Продолжение табл. XVI.7

№ команды	Код операции	Код модификации	Содержание операции
			Обращение к внешнему накопителю
80	31	0	Переписать из ОЗУ на магнитную ленту числа (их количество указано в I адресе), начиная с ячейки, номер которой указан во II адресе
81		1	Переписать массив с магнитной ленты в ОЗУ по правилу, указанному в команде 80
			Ввод
82	33	0	Используется при ручном вводе программы
			Программный ввод
83		1	Ввод осуществляется в ячейку, номер которой указан во II адресе. В I адресе указан номер того блока ОЗУ, в который будет вводиться программа
			Вывод
84	34	0	Вывести на печать содержимое ячейки, номер которой указан во II адресе. Номер блока памяти указан в I адресе
85	34	1	Вывод на перфоратор содержимого ячейки (как в команде 84)
86	34	2	Вывести на быструю печать содержимое ячейки (как в команде 84)
87	37	0	Автоматический останов машины

в АУ код операции, коды двух чисел или (в зависимости от модификации команды) одного числа и импульсы, запускающие в действие блок местного управления. Сама арифметическая или логическая операция выполняется в АУ без участия устройства управления машины. Результат операции пересылается в ОЗУ и (при необходимости) остается в АУ, где может быть использован при выполнении очередной операции. Некоторые операции выполняются без выдачи результата в ОЗУ.

АУ может посылать в УУ импульсы признаков, характеризующих результат операции, которые используются для осуществления команд условного перехода или останова машины. Система передачи кодов чисел в АУ последовательная, а действие над числами осуществляется одновременно по всем разрядам. По своей структуре АУ является комбинированным устройством, так как оно не содержит специальных блоков для реализации умножения и деления. Все арифметические и логические операции выполняются в АУ в основном одними и теми же узлами. Хотя АУ выполнено для работы над числами с фиксированной запятой, по специальной подпрограмме машина может работать в режиме с плавающей запятой. При этом время исполнения операций увеличивается примерно в 10 раз. Разрядность чисел, над которыми выполняются операции в АУ, 26 двоичных разрядов, включая знаковый разряд. Но для обеспечения точности вычислений при умножении и делении разрядная сетка АУ увеличивается на 5 дополнительных разрядов. Однако результат выдается

из АУ только в 26-разрядном коде. При сложении и вычитании в АУ применяется модифицированный обратный код. Вычитание чисел, которое производится при делении, заменяется сложением в обратном коде. При остальных операциях применяется прямой код.

Время, необходимое для выполнения операций в АУ (без учета времени на пересылку чисел в АУ), в *мксек*: сложение, вычитание, вычитание модулей, логическое умножение, сложение по модулю 2 и пересылка 14 *мксек*; умножение $14 \times 13 = 182$; деление $14 \times 26 = 364$; арифметический и логический сдвиги и нормализация $14 + (4 \times k)$, где k — количество сдвигов, производимых при выполнении операции. Арифметическое устройство состоит из арифметического блока и блока местного управления.

В арифметический блок входят следующие основные узлы: 1) накапливающий сумматор, включающий в себя 25 основных и 5 дополнительных триггеров, а также триггер переполнения; 2) приемный регистр, состоящий из 25 основных и 5 дополнительных триггеров и служащий для приема чисел из ЗУ, а также для сдвига чисел вправо при умножении и делении; 3) регистр сдвигов, состоящий из 25 основных триггеров и триггера переполнения, предназначенный для сдвига чисел влево и вправо при выполнении операций. В состав АУ входят также вспомогательные узлы реализации переносов, передачи чисел, циклических переносов, усилителей выдачи результата и линейки сигнальных ячеек. С пультом управления машины арифметический блок связан шинами сигнализации положения триггеров сумматора.

В состав блока местного управления входят:

1) узел дешифратора операций, который служит для преобразования цифрового кода операции, поступающего из УУ, в управляющие сигналы, используемые другими узлами блока, для выработки тактирующих импульсов; 2) узел пересылок чисел, предназначенный для обеспечения передачи чисел в арифметический блок во время приема их из ЗУ, а также для пересылок и сдвигов в процессе выполнения операций; 3) узел тактирующих импульсов, который служит для формирования и передачи управляющих сигналов в другие узлы АУ во время выполнения операций; 4) узел выдачи результата, используемый для создания импульса выдачи знака результата и мантиссы результата операции из АУ и ЗУ и выдачи импульсов признаков результата в УУ; 5) узел установок в нуль (УУ «0»), предназначенный для формирования импульсов очистки регистров арифметического блока и регистра операции узла дешифратора блока местного управления.

Запоминающие устройства ОЗУ и ПЗУ. Оперативное запоминающее устройство предназначено для записи, хранения и выдачи информации в виде двоичных кодов. ОЗУ машины «Днепр» выполнено на магнитных элементах — ферритовых сердечниках тороидальной формы с прямоугольной петлей гистерезиса. Узлы управления запоминающего устройства выполнены на полупроводниковых диодах и триодах. Обмен информацией между ОЗУ и другими устройствами машины осуществляется посредством импульсного кода. Время выборки кода числа (с момента посылки адреса в ОЗУ до момента появления числа на кодовых шинах чтения) — 8 *мксек*; период обращения к ОЗУ (минимальное время между двумя обращениями) — 13,3 *мксек*. ОЗУ состоит из блока оперативной памяти и узлов управления им. Непосредственно к блоку оперативной памяти относятся узел числовых матриц и адресная сетка. В состав блока оперативной памяти входят 8 числовых матриц по 66 числовых линеек и 8 координатных матриц. Матрица расположена одна над другой, образуя куб.

Тракт выбора адресов чисел состоит из узла записи адресных формирователей, узла считывания адресных формирователей, регистра адреса, дешифраторов и узла ключей. Тракты считывания и записи состоят из узла разрядных формирователей, узла усилителей считывания и регистра числа. Управление осуществляется узлом местного управления.

Пассивное запоминающее устройство предназначено для постоянного хранения и выдачи числовых констант и команд программ в виде двоичных кодов. Запись информации в ПЗУ производится при подготовке машины к работе путем прошивки проводами сердечников числовых линеек. Из других устройств машины информация в ПЗУ не принимается. При считывании информация не разрушается. Период обращения к ПЗУ составляет примерно 12 *мксек*. Время, необходимое для выдачи кода из ПЗУ, после посылки в него кода адреса из УУ не менее 5 *мсек*.

Устройство связи с объектом (УСО). Устройство связи с объектом обеспечивает связь вычислительной части машины с управляемым объектом и одновременно позволяет оператору принимать участие в процессе управления объектом.

УСО в соответствии с командами, полученными из вычислительной части машины, выполняет программный опрос аналоговых и дискретных датчиков управляемого объекта; включение и выключение исполнительных устройств релейного типа; преобразование напряжений, снимаемых с аналоговых датчиков, в цифровые коды; преобразование цифрового кода в напряжение постоянного тока и подачу сигналов для управления исполнительными механизмами непрерывного действия.

В состав УСО входят следующие устройства: 1) блок управления, состоящий из узла местного управления, регистра режимов, регистра признаков печати, счетчика импульсов времени, узла считывания данных, пульта оператора с регистром ввода числа и блоком сигнализации; 2) блок коммутации и преобразования аналоговых датчиков, состоящий из узла коммутатора датчиков непрерывного напряжения и узла аналого-дискретного преобразования; 3) блок коммутации дискретных датчиков, являющийся блоком релейных входов; помимо основного блока релейных входов в схеме машины предусмотрены два дополнительных устройства релейных входов; 4) устройство аналоговых выходов; 5) устройство релейных выходов.

УСО допускает подключение до 4 блоков аналоговых выходов и до 4 блоков релейных выходов. В соответствующих узлах УСО предусмотрены необходимые источники питания.

Максимальное количество входных каналов для опроса аналоговых датчиков 250, амплитуда сигнала 0—5 *в* (при величине внутреннего сопротивления цепи датчика не более 500 *ом*), время одного аналого-дискретного преобразования не более 2 *мсек*, допустимая погрешность преобразования 0,5%. При использовании в качестве датчиков термопар, термометров сопротивления и датчиков дифференциально-трансформаторного типа время и точность преобразования снижаются соответственно до 1 *сек* и 1,5%.

Максимальное количество входных каналов для датчиков релейного типа 288 в УСО * и по 528 в каждом из двух дополнительных блоков, т. е. всего 1344 каналов, что соответствует 55 24-разрядных слов. Входной сигнал от дискретных датчиков 0 *в* и —12÷—20 *в*. Время опроса

* При необходимости число каналов для дискретных датчиков в УСО может быть доведено до 336.

одного 24-разрядного слова не превышает 100 *мксек*. Максимальное количество частотных датчиков 192. Амплитуда сигнала 0,2—2,0 *в*, частота сигнала 100—20 000 *гц*, допустимая погрешность преобразования 0,4% во всем диапазоне частот. Среднее время преобразования зависит от частоты и находится в пределах 1—20 *мсек*. Количество датчиков аварийной ситуации до 24. Количество каналов пропорционального регулирования от одного блока аналогового выхода — 15; для 4 блоков — до 60. Параметры аналоговых сигналов: напряжение от 0 до +5 *в*, ток на нагрузке 1,5 *ком* от 0 до 3,4 *ма*. Точность кодо-аналогового преобразователя 0,5%, время преобразования не более 50 *мсек*. Релейных выходов (блоками на 120 каналов) до 480, мощность, разрываемая контактами до 50 *вт*. Разрядность чисел, вводимых оператором с пульта, — 5 десятичных разрядов. Вводимое число сопровождается знаком и признаком, позволяющим установить его место в ОЗУ. Количество режимов управления объектом, задаваемых с пульта оператора, — 6, количество признаков вызова дополнительных данных на печать с пульта оператора — 30.

Взаимный обмен информацией между объектом регулирования или оператором и вычислительной частью машины осуществляется с помощью двух специальных операций: а) «прием—выдача», б) «включение—выключение» (см. табл. XVI. 7).

Предусмотренные в УСО релейные входы для датчиков аварийной или критической ситуации позволяют при появлении информации в любом из этих датчиков подать в машину соответствующий сигнал через систему прерывания, по которому машина переключается на программу устранения возникшего аварийного положения. Одновременно может быть выдан сигнал оператору.

Устройство ввода и вывода (УВВ). Устройство ввода предназначено для автоматической выдачи в управляющую машину программы и числового материала с бумажной перфоленты, устройство вывода — для автоматической печати цифр и букв в зависимости от кода программы, поступающей в это устройство. Ввод программы и числового материала в ОЗУ осуществляется с телеграфной пятидорожечной перфоленты шириной 17,5 *мм* при помощи лентопротяжного механизма с фотооптической системой считывания данных. Для перфорации ленты используется телеграфный аппарат СТА-2М. На 1 *м* ленты размещается 40 команд или 45 чисел. Емкость одной бобины 150 *м*. Скорость движения ленты в лентопротяжном механизме 1 *м/сек*. При вводе в машину числа кодируются в двоично-десятичной, а команды в восьмеричной системе счисления.

Информация для оператора выводится на пишущую машинку построчно на бумажный рулон шириной 450 *мм* с максимальной скоростью 7 знаков (цифры или буквы) в 1 *сек*. Максимальное количество знаков в строке 165. С помощью одной команды можно напечатать содержание только одной ячейки, указанной в коде команды. Печать может осуществляться черным или красным цветом в двух режимах: один режим соответствует программе вывода на печать знака числа и 4 десятичных разрядов числа; второй — программе вывода на печать трех букв. Программы вывода данных на печать состоит из 26-разрядного кода.

Максимальное время печати одной строки 3,5 *сек*. В УВВ предусмотрен программный ввод или вывод на рулонный телеграфный аппарат РТА-50-2М со скоростью 430 *зн/мин*. Ширина рулона бумаги 215 *мм*.

В состав машины кроме печатающей машинки входит быстродействующее цифропечатающее устройство ТБПМ-16/1200П. Скорость выдачи 1200 ± 50 *стр/мин*, разрядность 16, ширина бумажного рулона 90 *мм*.

Печатающий механизм обеспечивает круглосуточную работу машины при максимальном времени непрерывной печати результатов в режиме: 15 *мин* — печать, 5 *мин* — перерыв. Одна из модификаций команды вывода позволяет выводить результаты на ленточный перфоратор ПЛ-20.

Узел фотоэлектрического датчика устройства ввода и вывода предназначен для получения синхронизирующих и кодовых импульсов в местах пробивок перфоленты при прохождении ее под фотодиодной головкой. Блок считывания преобразует эти сигналы в импульсы со стандартными параметрами. Блок управления вводом служит для выработки сигнала установки устройства в исходное положение, подготовки его для ввода информации с перфоленты, управления процессом записи кода в регистр и выработки импульсов готовности.

Схема выработки импульсов сдвига формирует серию из 4 или 3 импульсов в зависимости от того, записывается в регистр число или команда. Каждый из этих импульсов осуществляет сдвиг влево (в сторону старшего разряда) содержимого регистра после того, как в младшие разряды записан очередной код числа или команды. Регистр выполнен общим для ввода и вывода. В устройстве ввода регистр служит для хранения кодов числа или команды, записанных с перфоленты, управления процессом выработки сигналов сдвига, а также участвует в выработке сигнала останова лентопротяжного механизма. В устройстве вывода регистр служит для приема кода программы вывода данных на печать.

Узел выработки сигнала разрешения записи срабатывает после получения из машины импульса подготовки печати и разрушает занесение в регистр кода программы вывода данных на печать. Блок опроса признаков операции осуществляет управление последовательностью выполнения операций печатающим устройством (выбор цвета красящей ленты, возврат каретки перед или после печати, сдвиг каретки при пропусках печати). Коммутатор печати производит последовательную выборку из регистра кодов цифр или букв и передает их в 6-разрядный регистр, который служит для записи операций и кодов знаков (букв или цифр) и хранения их на время выполнения печатающим устройством данной операции.

Дешифратор печати преобразует код операции и коды знаков, записанных в 6-разрядном регистре, из двоичной системы в десятичную и управляет электромагнитами печатающего устройства. Печатающее устройство после каждой операции управления или печати выдает через датчик импульсов обратной связи сигнал о готовности устройства к выполнению очередной операции.

2. Управляющая вычислительная машина УМ-1

Управляющая вычислительная машина УМ-1 предназначена для централизованного контроля и оптимизации технологических процессов. По своим возможностям машина УМ-1 примерно аналогична машине «Днепр», но более удобна для применения в условиях агрессивных и взрывоопасных сред. Машина УМ-1 может быть использована как автономно, так и в сочетании с другими ЭЦВМ и МЦКР.

Основные функции машины УМ-1: 1) автоматический централизованный контроль технологических параметров путем программного опроса первичных датчиков; 2) математическая обработка автоматически собираемой информации, расчет комплексных и экономических показателей, решение задач оптимизации; 3) автоматический сбор по заданной программе информации от машин первой ступени (типа МППИ-1) оперативной системы управления СОУ-1; 4) решение различных задач, исходная

информация для которых вводится в машину оператором; 5) решение задач по координации работы других вычислительных машин и выдача обработанной информации другим машинам в общей системе оперативного управления; 6) выдача корректирующих и управляющих воздействий в локальные системы автоматического регулирования или непосредственно на исполнительные механизмы.

Машина УМ-1 выполнена на полупроводниковых элементах и является синхронной одноадресной машиной последовательного типа, с жестко

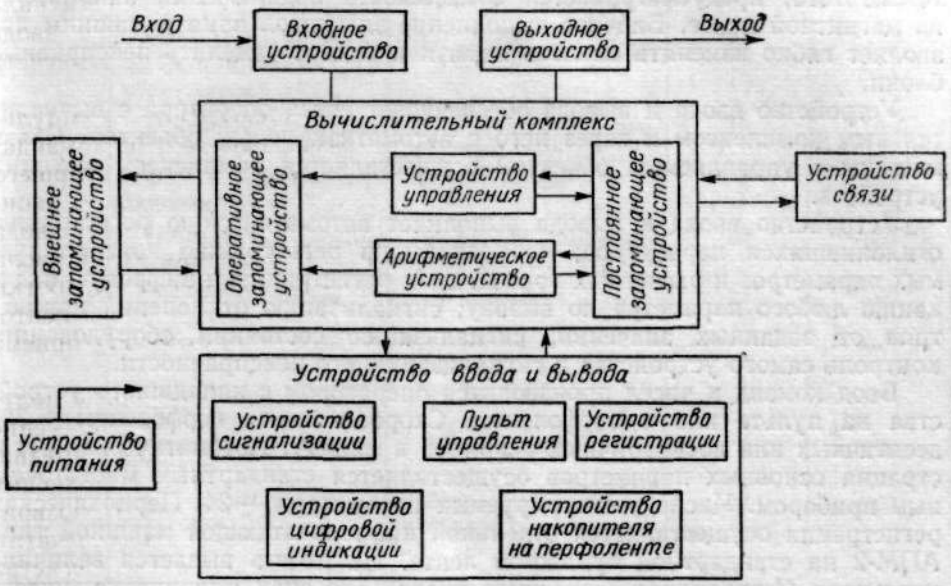


Рис. XVI.10. Блок-схема управляющей машины УМ-1

фиксированной программой. Форма представления чисел — с фиксированной запятой перед старшим разрядом. Разрядность чисел и команд — 22 двоичных разряда. Прием данных от оператора и выдача ему информации — в десятичной системе счисления.

Машина УМ-1 блочного типа и состоит из вычислительного комплекса, устройства ввода и вывода, комплекса внешних устройств и устройства питания. Блок-схема УМ-1 приведена на рис. XVI.10.

Вычислительный комплекс обеспечивает выполнение 30 различных арифметических и логических операций над 21-разрядными двоичными кодами чисел (22-й разряд знаковый). Быстродействие вычислительного комплекса невелико: сложение и вычитание — 900 *опер/сек*, умножение — 260 *опер/сек*, деление — 40 *опер/сек*. Такое малое быстродействие объясняется последовательным порядком действия основных элементов машины и наличием холостых ходов из-за ее работы с постоянным тактом. Благодаря этому значительно упрощается конструкция машины и соответственно повышается надежность, однако существенно ограничиваются возможности ее применения.

В машине УМ-1 предусмотрена возможность выполнения по запросам от оператора и различных устройств машины до 16 различных, не связанных между собой, программ, с автоматическим выбором наиболее важного и срочного запроса, с прерыванием выполняемой программы для

перехода к более важной и последующим возвратом. Осуществляется автоматическая модификация команд, причем на каждую программу можно использовать до 6 различных модификаторов.

Оперативное запоминающее устройство ОЗУ выполнено переменной емкости и может состоять из 1—4 блоков по 1024 22-разрядных ячеек памяти. Постоянное запоминающее устройство ПЗУ состоит из 1—3 блоков по 2048 22-разрядных двоичных чисел или команд. Внешнее запоминающее устройство помещается на перфоленте емкостью 200 000 чисел. Кроме того, предусматривается возможность подключения накопителя на магнитной ленте. Блочное выполнение элементов памяти машины позволяет гибко изменять емкость памяти и быстро заменять неисправные блоки.

Устройство ввода и вывода обеспечивает связь оператора с вычислительным комплексом и через него с автоматизируемым объектом. Связь машины с управляемым объектом осуществляется комплексом внешних *устройств*.

Устройство ввода и вывода выполняет автоматическую регистрацию отклонившихся параметров; периодическую регистрацию контролируемых параметров и расчетных показателей; регистрацию и цифровую индикацию любого параметра по вызову; сигнализацию отклонений параметров от заданных значений; сигнализацию состояния оборудования; контроль самого устройства и сигнализацию его неисправности.

Ввод команд и чисел производится оператором с клавишного устройства на пульте или с перфоленты. Скорость ввода перфоленты — 380 десятичных или восьмеричных разрядов в минуту. Автоматическая регистрация основных параметров осуществляется стандартным многоточечным прибором. Число регистрируемых параметров — 24. Периодическая регистрация осуществляется отдельной цифропечатающей машиной типа АПМ-2 на стандартной бумажной ленте. На печать выдается величина параметра (4-разрядное десятичное число), его знак или индекс, указывающий на отклонение параметра от заданного значения в момент регистрации. Период регистрации 1 *ч*, скорость печати 10 *параметр/сек*. Максимальное количество регистрируемых параметров 256.

Для регистрации параметров по вызову (программой или оператором) используется стандартный телетайп. На печать выдается величина параметра, его номер и время регистрации. Скорость печати 380 *зн/мин*. При цифровой индикации по вызову выдается адрес параметра, его величина и знак. Частота обновления информации устанавливается в зависимости от характеристики процесса. Сигнализация отклонившихся от заданных значений параметров и других двухпозиционных сигналов производится на световом поле и сопровождается звуковой сигнализацией.

Входное устройство внешнего комплекса обеспечивает сбор и преобразование унифицированных аналоговых, интегральных и позиционных сигналов от датчиков в цифровой код и передачу его в вычислительное устройство, а также контроль и сигнализацию неисправности входного устройства. Характеристика и количество сигналов, которые могут поступать в машину через входное устройство и выдаваться ее выходным устройством, приведены в табл. XVI.8.

Общее количество входных аналогичных сигналов должно быть не более 512 и не должно превышать возможностей вычислительного комплекса. Опрос датчиков производится от вычислительного устройства. Входное устройство состоит из ряда одинаковых преобразовательных каналов. По аналоговым величинам количество преобразовательных

Таблица XVI.8

Технические характеристики входных и выходных сигналов управляющей машины УМ-1

Вид сигнала		Характеристика сигнала	Число сигналов в модификациях	
			минимальное	максимальное
Входные	Аналоговые электрические от датчиков и преобразователей ЭАУС	0—5; 0,5—5; 1—5 *ма*	16	352
	От термопар и термометров сопротивлений	Все стандартные градуировки	16	256
	От пневматических датчиков	0,2—1 *кгс/см²*	8	256
	Позиционные постоянного тока	20 *ма*, 300 *ма* (при напряжении 12 *в*)	40	600
	Число-импульсные	До 500 *имп/ч*	20	60
Выходные	Аналоговые электрические	0—5 *в*; 0—5 *ма*	2	10
	Аналоговые пневматические	0,2—1 *кгс/см²*	8	128
	Позиционные электрические	Возможно подключение реле с мощностью до 3 *вт*	20	400

каналов 1—32, емкостью по 16 датчиков каждый. Время кодирования одного параметра 5 *мсек*. Точность кодирования аналоговых электрических унифицированных сигналов не менее ±0,4%, чувствительность не менее 0,2% от максимального значения параметра. Для интегральных параметров абсолютная погрешность дискретности не превышает 0,5% от номинала счетчика за 1 *ч*.

Выходное устройство внешнего комплекса машины предназначено для преобразования и дистанционной передачи команд вычислительного устройства на соответствующие исполнительные органы. В соответствии с этим выходное устройство обеспечивает: воздействие на задатчики регуляторов электронной и пневматической агрегатно-унифицированных систем и на пневматические исполнительные механизмы и двухпозиционное управление и регулирование.

Выходной сигнал регулирования дает возможность отработки полной величины задания на задатчик регулятора или на исполнительный механизм, а также корректирующего сигнала на задатчики локальных систем автоматического регулирования. Погрешность отработки сигнала не более 1,5%, время отработки не более 1 *сек* на один исполнительный орган.

В выходном устройстве предусмотрены возможность переключения его на ручное управление, контроль и сигнализация неисправностей, а также защита от ложных действий машины.

Благодаря большому количеству входных и выходных каналов во внешнем комплексе возможно их дублирование с целью повышения общей надежности системы.

Режим работы машины непрерывный (при условии проведения регламентных работ). Время наработки машины на отказ $T_0 = 150$ *ч*. Среднее время устранения неисправности порядка 6 *ч*.

В машине предусмотрен программный и схемный контроль, который включает в себя двойной счет, решение текстовых задач, контроль по паритету и по модулю, а также автоматический анализ сбоев. При случайных сбоях производится повторное решение задачи или ее части, а при систематических сбоях — сигнализация оператору.

Питание машины от сети 380/220 *в*, 50 *гц*; потребляемая мощность до 10 *кв·а*. Питание пневматических элементов, входящих в комплекс внешних устройств машины, производится сухим очищенным воздухом давлением 1,4 *кгс/см*^{2}. Максимальный расход воздуха 20 *нм*^{3}*/ч*.

Габаритные размеры каждого из основных блоков машины (в *мм*): АУ, УУ, ОЗУ, ПЗУ, внешнего устройства, блока питания 1600×800×450; пульта оператора 1050×1450×800; регистрирующего устройства и накопителя на перфоленте 950×600×50 входного кросса 200×900×450; силового блока 780×740×540. Потребная площадь для размещения машины УМ-1 примерно 60 *м*^{2}.

В комплект машины (помимо соединительных кабелей и запчастей) входят стенды для проверки кодов кассет и логических ячеек.

Количество обслуживающего персонала на начальном этапе освоения машины 7 человек (старший инженер, по 2 сменных инженера и техника, программист и механик).

3. Малогабаритная управляющая машина УМ-1НХ

Управляющая полупроводниковая вычислительная машина УМ-1НХ предназначена для управления производственными процессами со средним объемом информации, если локальные системы автоматического регулирования по одному параметру не обеспечивают должного качества продукции и экономичности процесса.

Конструктивно машина УМ-1НХ выполнена в виде настольного переносного устройства. Блок-схема машины приведена на рис. XVI.11. Машина состоит из цифрового вычислителя и устройств ввода и вывода аналоговой и цифровой информации.

Технические данные цифрового вычислителя следующие: система счисления двоичная с фиксированной запятой; разрядность — 15 двоичных разрядов (в том числе один разряд знаковый); система команд состоит из 15 арифметических и логических операций и 16 служебных команд; емкость блока памяти: оперативной — 256 чисел, констант — 512 чисел, программы — 2048 команд; время выполнения операций: сложения — 130 *мксек*, умножения — 800 *мксек*, деления — 900 *мксек*.

Устройство ввода работает в комплекте с преобразователями аналоговых сигналов ПНК-8М и КПВК-11, а также имеет один канал для непосредственного ввода дискретной информации в виде 15-разрядных двоичных чисел.

Преобразователь ПНК-8М служит для преобразования входного напряжения в двоичный код. Диапазон входных напряжений $-5 \div +8$ *в*, время преобразования 600 *мксек*, точность преобразования 0,5%, количество входных каналов 8.

Преобразователь КПВК-11 служит для преобразования сигналов от датчиков угла поворота в 11-разрядный двоичный код, время преобразования 50 *мксек*, количество входных сигналов 8.

Устройство вывода работает в комплекте с преобразователем «код—напряжение» ПНК-5. Диапазон выходного напряжения постоянного тока 0—5 *в*, диапазон выходного напряжения переменного тока 0—5 *в* с частотой до 1 *кгц*, выходное сопротивление 75 *ом*, время преобразования 15 *мксек*, точность преобразования 3%. Общее количество каналов выдачи

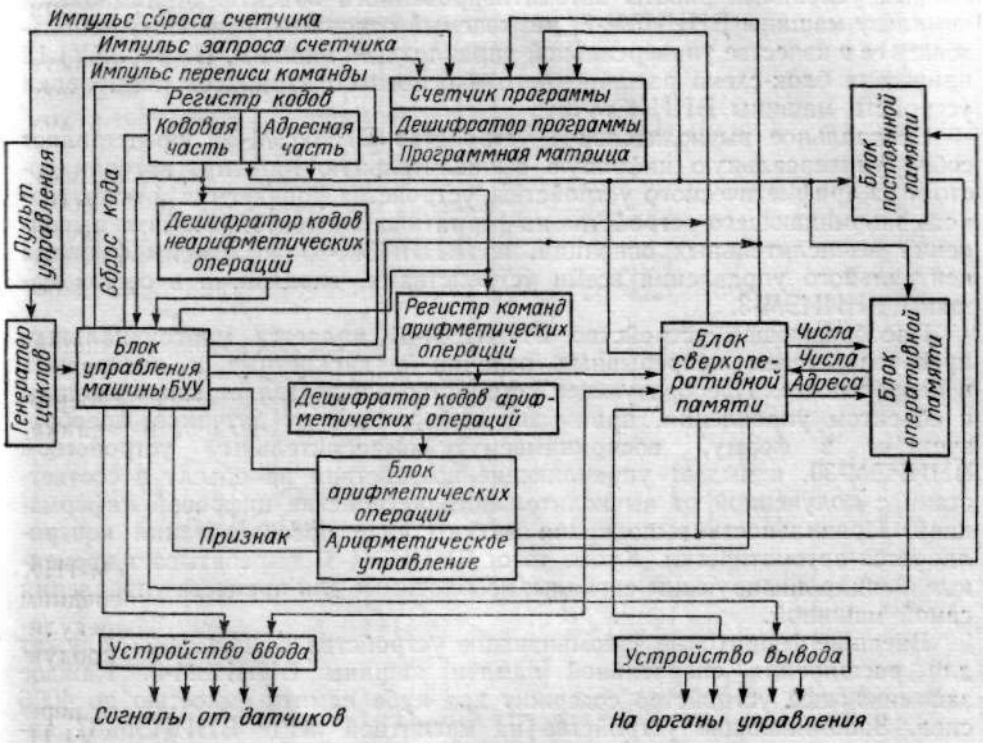


Рис. XVI.11. Блок-схема управляющей машины УМ-1НХ

управляющих сигналов 8, из них для выдачи непрерывной информации может быть использовано 4 канала, каждый из остальных 4 каналов может быть использован для вывода одновременно дискретной и аналоговой информации. Преобразователь ПВК-5 позволяет (после усиления) задавать скорость и направление вращения двигателям переменного тока. Возможность ввода и вывода цифровой информации позволяет осуществить связь двух или нескольких цифровых машин, вводить в виде чисел различные команды с пульта оператора и подключать печатающие устройства — электрические машинки и телетайпы.

Питание машины от сети 220/127 *в*, 50 *гц*; потребляемая мощность 150 *вт*.

Габаритные размеры: машины (без преобразователей) 880×330×535 *мм*, блока питания 585×430×280 *мм*.

4. Универсальная управляющая вычислительная машина и система автоматической обработки данных ВНИИЭМ-3 *

Технические данные машины. Универсальная вычислительная машина ВНИИЭМ-3 предназначена для работы в качестве управляющей машины в системах комплексной автоматизации технологических процессов и для обработки данных в автоматизированных системах планирования, учета и управления производством.

Машина ВНИИЭМ-3 имеет переменный состав оборудования, определяемый условиями работы автоматизированного объекта. Минимальный комплект машины ВНИИЭМ-3, называемый основным, позволяет использовать ее в качестве универсальной управляющей машины. На рис. XVI.12 приведена блок-схема расширенного и основного вариантов компоновки устройств машины ВНИИЭМ-3.

Центральное вычислительное устройство ВНИИЭМ-30 представляет собой универсальную цифровую вычислительную машину, которая состоит из арифметического устройства, устройства управления и оперативного запоминающего устройства на ферритных элементах. Помимо выполнения вычислительных операций, на ВНИИЭМ-30 возложены функции центрального управления всеми устройствами, входящими в состав машины ВНИИЭМ-3.

Преобразующее устройство ВНИИЭМ-31 является многоканальным преобразователем непрерывных величин в дискретные и дискретных в непрерывные. Преобразующее устройство осуществляет связь машины с объектом управления, принимает информацию от датчиков, преобразует ее в форму, воспринимаемую вычислительным устройством ВНИИЭМ-30, и выдает управляющие воздействия на объект в соответствии с полученной от вычислительного устройства цифровой информацией. Правильность выполнения любого вида преобразования контролируется автоматически. Кроме того, ВНИИЭМ-31 вырабатывает временные и синхронизирующие сигналы, необходимые для процесса управления самой машиной.

Внешние ферритовые запоминающие устройства ВНИИЭМ-33, служат для расширения оперативной памяти машины ВНИИЭМ-3. Каждое запоминающее устройство содержит два куба памяти емкостью по 4096 слов. Запоминающие устройства на магнитной ленте ВНИИЭМ-37 являются внешней памятью машины для хранения больших массивов информации.

Фотовводное устройство ВНИИЭМ-34 служит для ввода в машину с перфоленты исходных данных и программы решения задачи, а также используется в качестве внешнего накопителя для ввода с перфоленты в процессе решения задачи информации, необходимой для вычислений.

Рулонный телеграфный буквопечатающий аппарат (телетайп) типа РТА-52-2М предназначен для вывода алфавитно-цифровой информации из машины на печать и ручного ввода информации в машину с клавиатуры телетайпа. Аппарат используется также для набивки перфоленты и контроля ее правильности. Перфоратор типа ПЛ-20 служит для вывода информации из машины на перфоленту и для набивки перфоленты при ее подготовке.

---

* Помимо машины ВНИИЭМ-3 разработана аналогичная управляющая машина ВНИИЭМ-1, обладающая меньшим быстродействием, объемом памяти, количеством каналов приема информации и рядом других ограничений.

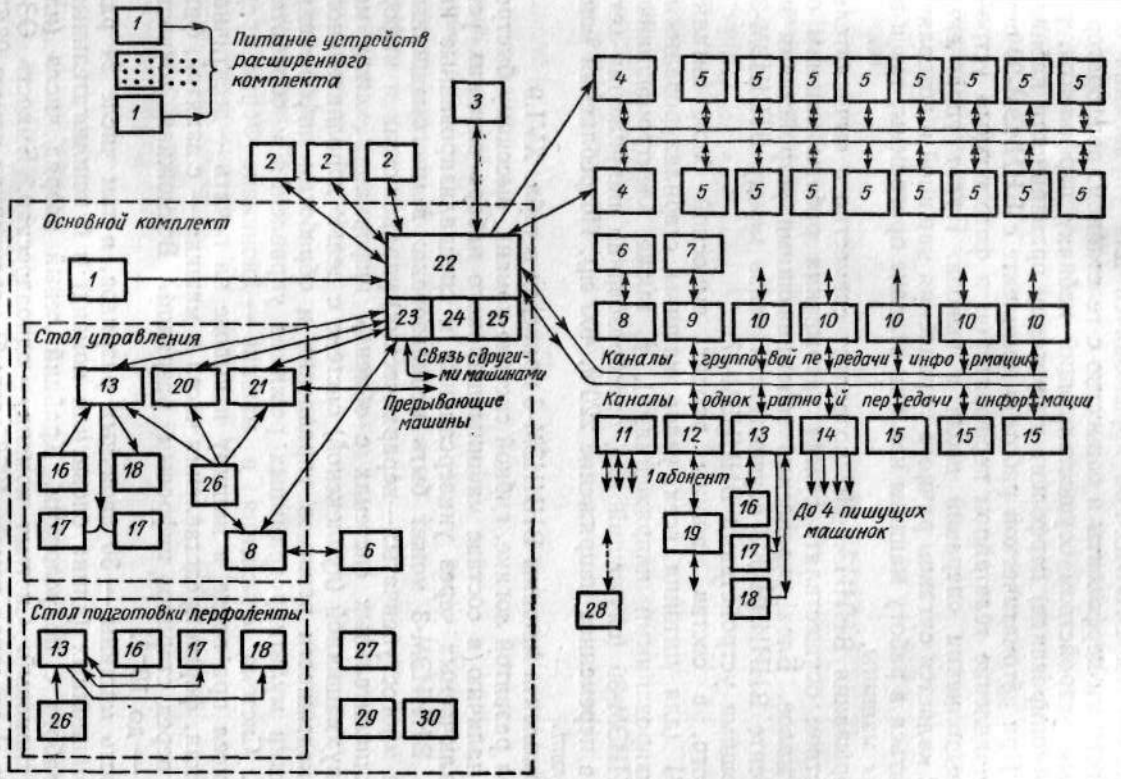


Рис. XVI.12. Блок-схема универсальной управляющей вычислительной машины и системы автоматической обработки данных ВНИИЭМ-3 (расширенный комплект):

1 — электромашинный агрегат ВНИИЭМ-36; *2* — внешнее ферритовое запоминающее устройство ВНИИЭМ-33; *3* — блок передачи самосинхронной информации ВНИИЭМ-315; *4* — блок управления запоминающими устройствами на магнитной ленте ВНИИЭМ-303; *5* — запоминающее устройство на магнитной ленте ВНИИЭМ-37; *6* — преобразующее устройство ВНИИЭМ-31; *7* — алфавитно-цифровой печатающий механизм АЦПМ; *8* — канал связи ВНИИЭМ-313; *9* — канал связи с АЦПМ; *10* — каналы параллельной связи, с помощью которых могут включаться в любых комбинациях АЦПМ или другие устройства; *11* — канал связи с телеграфными линиями ВНИИЭМ-310; *12* — канал связи с телефонными линиями ВНИИЭМ-311; *13* — пульт перфоленты ВНИИЭМ-35; *14* — канал связи с пишущей машинкой; *15* — каналы последовательной связи по слогам, в качестве которых могут включаться в любых комбинациях ВНИИЭМ-310, ВНИИЭМ-311, ВНИИЭМ-35, ВНИИЭМ-312 или другие устройства; *16* — фотовводное устройство ВНИИЭМ-34; *17* — телетайп РТА-52-2М; *18* — перфоратор ПЛ-20; *19* — приемно-передающее телефонное устройство; *20* — пульт управления ВНИИЭМ-32; *21* — блок прерывания ВНИИЭМ-302; *22* — центральное вычислительное устройство ВНИИЭМ-30; *23* — куб памяти ВНИИЭМ-304; *24* — встроенный блок питания ВНИИЭМ-305; *25* — блок питания ферритовых запоминающих устройств ВНИИЭМ-306; *26* — выносной блок питания ВНИИЭМ-301; *27* — намотчик перфоленты ВНИИЭМ-309; *28* — запросно-ответная станция ВНИИЭМ-316; *29* — стенд проверки печатных плат ВНИИЭМ-308; *30* — генератор стандартных импульсов ВНИИЭМ-307

Пульт перфоленты ВНИИЭМ-35 предназначен для управления операциями подготовки перфоленты и совместно с телетайпом, перфоратором и фотовводным устройством осуществляющий набивку перфоленты, реперфорацию (копирование) перфолент и проверку правильности набивки перфоленты. При автоматической работе в комплекте с ВНИИЭМ-30 осуществляет управление телетайпом перфоратором и фотовводным устройством при выполнении операций ввода и вывода. Пульт управления ВНИИЭМ-32 является органом ручного управления машиной и позволяющий вмешиваться в работу машины как при отладке программы, так и во время работы машины.

Блок прерывания ВНИИЭМ-302 позволяет совместно с вычислительным устройством осуществлять режим прерывания работы машины от внешних сигналов. Блок управления запоминающими устройствами на магнитной ленте ВНИИЭМ-303 осуществляет связь между ВНИИЭМ-30 и запоминающими устройствами ВНИИЭМ-37.

Кроме того, в состав машины входят выносной блок питания ВНИИЭМ-301 (для питания всех узлов машины стабилизированными и нестабилизированными напряжениями), а также электромашинный агрегат ВНИИЭМ-36 (служащий для преобразования напряжения сети 220 *в*, 50 *гц* в переменное напряжение 220 *в*, 400 *гц*). Потребляемая мощность — 32 *квт*.

Состав комплекта машины ВНИИЭМ-3 приведен в табл. XVI.9.

Благодаря развитой логике, гибкой системе команд, высокому быстродействию и наличию в составе машины широкого набора внешних устройств, подключаемых через универсальные и специализированные каналы связи, ВНИИЭМ-3 может быть использована: в многомашинных (в том числе многоступенчатых—иерархических) управляющих и информационно-вычислительных системах с обменом информации между машинами; в двухмашинной (дуплексной) системе с целью дополнительного повышения надежности режимов управления и обработки информации; для реализации мультипрограммных режимов управления и обработки информации. Система счисления в машине — двоичная. Форма представления чисел при вводе в машину и выводе на печать — десятичная и восьмеричная, форма представления чисел в машине — с запятой, фиксированной перед старшим цифровым разрядом. Возможная точность вычислений — до 10^{-7}.

Разрядность машины — 30 двоичных разрядов, в том числе 24 разряда информационных (длина слова или команд) и 6 вспомогательных. Возможна работа с полусловами. Крайний левый разряд числа (или получисла) знаковый. Система команд — одноадресная. Емкость ОЗУ на ферритах: а) основная память 4096 слов; б) увеличенная память 28 672 слова (в том числе основной куб памяти 4096 слов и внешние ферритовые запоминающие устройства 3×8192 слова). Время обращения к блокам памяти — 10 *мксек*. Средняя скорость работы (в *сек*) — 35—40 тыс. сложений, 15—20 тыс. умножений (при памяти минимального объема) и 50—60 тыс. сложений (при расширенной памяти). Емкость запоминающего устройства на магнитной ленте 2 млн. слов в одной кассете при длине ленты в кассете 700 *м*. Скорость протяжки магнитной ленты 1,9 *м/сек*, количество подключаемых кассет 16, скорость считывания (записи) — не менее 20 тыс. слов в секунду, максимальная частота старт-стопной работы — не менее 10 *гц*.

Скорость ввода в машину цифровой информации — 1000 *слог/сек* и алфавитно-цифровой информации с перфоленты — 400 *слог/сек* (возмо-

Таблица XVI.9

Комплектность управляющей машины ВНИИЭМ-3

Наименование устройства	Тип	Основной комплект	Входят в основной комплект		Расширенный комплект (дополнительные устройства)
			стол управления	стол подготовки перфоленты	
Центральное вычислительное устройство	ВНИИЭМ-30	1	—	—	—
Пульт управления	ВНИИЭМ-32	—	1	—	—
Выносной блок питания	ВНИИЭМ-301	—	1	1	—
Пульт перфоленты	ВНИИЭМ-35	—	1	1	—
Блок прерывания	ВНИИЭМ-302	—	1	—	—
Фотовводное устройство	ВНИИЭМ-34	—	1	1	—
Телетайп	РТА-52-2М	—	1	1	—
Перфоратор	ПЛ-20	—	1	1	—
Преобразующее устройство	ВНИИЭМ-31	1	—	—	До 7
Электромашинный агрегат	ВНИИЭМ-36	1	—	—	—
Внешнее ферритовое запоминающее устройство	ВНИИЭМ-33	—	—	—	До 3
Блок управления запоминающими устройствами на ленте	ВНИИЭМ-303	—	—	—	» 2
Запоминающее устройство на магнитной ленте	ВНИИЭМ-37	—	—	—	» 16
Алфавитно-цифровое печатающее устройство	АЦПМ	—	—	—	1

Примечания:
1. При использовании машины в качестве чисто вычислительной в основном комплекте машины может отсутствовать преобразующее устройство ВНИИЭМ-31.
2. В расширенный комплект входят также канал связи по телеграфным линиям, канал связи по телефонным линиям (1 абонент), канал связи с электрифицированными пишущими машинками (до 4 шт.), запросно-ответные станции ВНИИЭМ-316 (4 абонента).

жен старт-стопный режим с остановом на любом слоге). Скорость вывода алфавитно-цифровой информации: а) печать на телетайпе — 5—7 *слог/сек*; б) печать на электрифицированных пишущих машинках (типа ПУВВИ-92)— 7—9 *зн/сек*; печать двухцветная, количество символов 92.

Каналы передачи информации двух типов — групповой передачи информации и однократной передачи информации. Прием информации от датчиков состояния объекта по 512 каналам преобразования, выбор канала адресный. Время преобразования сигнала из непрерывной формы в дискретную 500 *мксек*, из дискретной в непрерывную 50—100 *мксек*. Многоканальное преобразующее устройство ВНИИЭМ-31 может быть выполнено в виде номинального комплекта или в расширенном варианте.

Преобразование различных видов электрических сигналов в двоичные коды и обратно осуществляется согласно данным, приведенным в табл. XVI.10, общее количество каналов для приема, преобразования и выдачи информации не менее 512. Входной коммутатор имеет 256 взаимозаменяемых каналов с кратностью по 4 канала для различных видов преобразований, 64 канала для двух позиционных сигналов релейного типа и 16 каналов для цифровых сигналов. Выходной коммутатор имеет 240 каналов для двухпозиционных сигналов релейного управления и выходных сигналов пропорционального напряжения.

К номинальному комплекту ВНИИЭМ-31 могут быть подключены 16 выносных коммутаторов для приема от 16 групповых преобразователей — унификаторов сигналов малого уровня (от термопар и термометров сопротивления). Групповой преобразователь (унификатор), осуществляющий коммутацию сигналов от термопар градуировок ПП-1, ХА, ХК или от термометров сопротивлений (платиновых и медных), унифицирует эти сигналы в токовый сигнал 0—5 *ма*. Количество входных сигналов от датчиков 16, точность коммутации и унификации $\pm 0{,}5\%$, время коммутации и унификации 100 *мксек*.

В номинальном комплекте ВНИИЭМ-31 предусмотрена возможность приема сигналов от 16 преобразователей унифицированного пневматического сигнала 0,2—1,0 *кгс/см*^{2} в девятиразрядный двоичный код и выдачи сигналов на 16 преобразователей цифрового кода в унифицированный пневматический сигнал. Точность преобразования $\pm 0{,}5\%$, время преобразования не более 10 *мксек*.

Расширенный вариант преобразующего устройства ВНИИЭМ-31 обеспечивает возможность увеличения по сравнению с номинальным комплектом: а) входных каналов для приема сигналов от 256 преобразователей пневматического сигнала в цифровой код или для приема сигналов от 3000 датчиков (от термопар и термометров сопротивлений через групповые преобразователи-унификаторы, от датчиков унифицированных сигналов тока 0—5 *ма* и напряжения 0—10 *в* через выносные коммутаторы); б) входных каналов для приема частотных сигналов от 256 датчиков через выносные коммутаторы; в) выходных каналов для выдачи цифровых кодов на 256 преобразователей в унифицированный пневматический сигнал или выдачи до 3000 двухпозиционных управляющих сигналов через выносные коммутаторы.

В зависимости от особенностей объекта управления возможны три варианта системы связи машины с объектом. Если объект обладает небольшой рассредоточенностью и количество входных и выходных каналов номинального комплекта ВНИИЭМ-31 достаточно для этого объекта, то применяется система связи с использованием одного устройства ВНИИЭМ-31. В случае, когда требуется более 500 входных и выходных каналов передачи информации и необходимо сохранить номинальную скорость одновременно как по сбору информации, так и по выдаче управляющих воздействий, а расстояние от вычислительного устройства ВНИИЭМ-30 до каждого преобразовательного устройства ВНИИЭМ-31 не превышает 500 *м* используются несколько устройств ВНИИЭМ-31. Система связи машин при использовании периферийных входных и выходных устройств применяется в тех случаях, когда объект управления обладает большой рассредоточенностью, а для управления требуется более 500 входных и выходных каналов, причем в системе имеется большое количество датчиков сигналов малого уровня.

Таблица XVI.10

Технические характеристики преобразующего устройства ВНИИЭМ-31

Преобразование	Обозначение вида преобразования	Количество каналов номинального комплекта	Пределы изменения входных или выходных величин	Длительность выполнения одного преобразования в *мксек*	Основная погрешность преобразования в %	Примечание
Унифицированных положительных электрических сигналов тока в двоичный код	Пр Т/Д	64	0—5 *ма*	500	±0,5	—
Унифицированных электрических сигналов положительного напряжения постоянного тока в двоичный код	Пр Н/Д		0—10 *в*			Возможно масштабирование входных сигналов
Амплитуды электрических сигналов напряжения переменного тока в двоичный код	Рр Н~/Д	4 канала Пр Н/Д		До 200 *мсек* (устанавливается вручную)		
Малых сигналов напряжения постоянного тока в двоичный код	Пр Нм/Д	32	0—100 *мв*	100 *мсек*	±1,0	—
Релейно-изменяющихся электрических сигналов положительных или отрицательных напряжений постоянного тока в двоичный код	Пр $Нр^{+}$/Д Пр $Нр^{-}$/Д	96 64	0 и 5 *ма* или 0 и 10 *в* 0 и —5 *ма* или 0 и —10 *в*	50	—	Возможно масштабирование входных сигналов

Продолжение табл. XVI.10

Преобразование	Обозначение вида преобразования	Количество каналов номинального комплекта	Пределы изменения входных или выходных величин	Длительность выполнения одного преобразования в *мксек*	Основная погрешность преобразования в %	Примечание
10-разрядного двоичного кода в выходной управляющий сигнал напряжения постоянного тока с пропорциональным преобразованием для пяти младших разрядов кода	Пр Д/Н	21	0—10 *в* или 0÷—10 *в*	100	±3	Управляющее напряжение запоминается
11-разрядного двоичного кода в биполярное напряжение постоянного тока с пропорциональным преобразованием для четырех младших разрядов кода и с учетом знака	Пр Д/Нбип	5	0÷±10 *в*			—
10-разрядного двоичного кода в напряжение постоянного тока с пропорциональным преобразованием для всех разрядов	Пр Д/Нточн	2	0÷—10 *в*	250	±0,5	—
10-разрядного двоичного кода в релейно-изменяющееся напряжение постоянного тока	Пр Д/Нр	75	0 и +10 *в* или 0 и —10 *в*	100	—	—
12-разрядного двоичного кода в выходные импульсные сигналы напряжения параллельной цифровой информации	Пр Д/Цпар$^+$ Пр Д/Цпар$^-$	8	0 и +10 *в* 0 и —10 *в*			Имеется ручная регулировка длительности выходных импульсов до 200 *мсек*

Продолжение табл. XV1.10

Преобразование	Обозначение вида преобразования	Количество каналов номинального комплекта	Пределы изменения входных или выходных величин	Длительность выполнения одного преобразования в *мксек*	Основная погрешность преобразования в %	Примечание
12-разрядного двоичного кода в тактирующие импульсные сигналы напряжения или в одиночный импульсный сигнал напряжения в заданный момент времени	Пр Д/И	1	Период тактирующих импульсов 1 *мсек*—1000 *сек*	—	±0,1	Возможна синхронизация этого вида преобразования внешними импульсами
Выдача параллельного 12-разрядного двоичного кода	Пр Д/Ц	Используется канал Пр Д/И	0 и —10 *в*	200	—	Длительность хранения выдаваемого кода не ограничена
Выдача из цифровой машины параллельных кодов адреса и числа в буферное устройство	Пр Д/Буф	1		Зависит от быстродействия буферного устройства	—	Буферное устройство должно иметь не более 256 каналов
Прием электрических сигналов параллельной 12-разрядной двоичной цифровой информации с разрядом достоверности	Пр Цпар$^{+}$/Д Пр Цпар$^{-}$/Д	8	0 и 5 *ма* или 0 и 10 *в* 0 и —5 *ма* или 0 и —10 *в*	50	—	Возможно масштабирование входных сигналов, а также групповой прием по одному адресу
Передача в цифровую вычислительную машину двоично-десятичного кода времени (часы, минуты или секунды)	Пр В/Д	1	0 и —10 *в*	1	—	Имеются выходные сигналы для выносного цифрового табло (часы, минуты, секунды)

Для рационального использования времени вычислительного устройства, а также для реагирования управляющей вычислительной машины на различные ситуации, которые могут возникнуть в процессе управления, в машине ВНИИЭМ-3 имеется блок прерывания, позволяющий реализовать два вида прерывания — информационное и программное. При информационном прерывании основная программа машины прерывается на время выдачи или записи в машину информации. Число входов информационного прерывания равно 10. При программном прерывании выполнение основной программы машины прекращается при поступлении в нее соответствующих сигналов. Тогда машина переходит к выполнению действий, затребованных данным запросом прерывания. Запросы прерывания поступают в блок прерывания независимо на несколько входов. В машину может одновременно поступить несколько запросов. Каждый запрос прерывания вызывает выполнение своей индивидуальной программы. Программы могут иметь относительно друг друга и относительно идущей в данный момент программы различную степень приоритета. При одновременном поступлении нескольких запросов предпочтение отдается запросу с большим приоритетом. Блок прерывания рассчитан на прием 21 сигнала программного прерывания. Всего в машине может быть до 8 блоков прерывания (т. е. 168 каналов прерывания).

В расширенный комплект машины ВНИИЭМ-3 входит пульт оператора-технолога, на котором размещается световая сигнализация для аварийных сигналов от узлов и устройств системы, а также сигнализация предаварийного и аварийного состояния определенных параметров. С пульта в вычислительную машину могут вводиться различные уставки, параметры, коэффициенты и показатели. На пульте предусмотрены возможность цифровой индикации значения отдельных параметров или показателей процесса по запросу оператора, а также периодическая регистрация параметров. При наличии математического обеспечения с помощью пульта может быть выполнено до 1000 различных операций.

Общий вид основного комплекта машины ВНИИЭМ-3 с двумя запоминающими устройствами на магнитной ленте показан на рис. XVI.13. Габаритные размеры устройств машины (в *мм*): шкафов ВНИИЭМ-30 и ВНИИЭМ-31 $1925\times1160\times727$; столов управления и подготовки ленты $840\times1500\times990$; запоминающего устройства на магнитной ленте $1670\times\times1000\times610$; электромашинного агрегата питания $1235\times705\times1130$; тумбы для телеграфного аппарата $650\times500\times550$; тумбы для печатающего устройства $750\times850\times500$.

Логические особенности машины ВНИИЭМ-3. Каждая ячейка ферритового запоминающего устройства, как уже ранее указывалось, содержит 24 информационных разряда и 6 разрядов для хранения корректирующего и контрольного кодов. С помощью 24 информационных разрядов могут быть представлены следующие виды информации: а) число или два получисла с фиксированной запятой; б) число двойной длины (46 цифровых разрядов) или число с плавающей запятой; в) алфавитно-цифровое слово или часть его.

Алфавитно-цифровое слово состоит из алфавитно-цифровых символов, которые могут выражать буквы русского алфавита, цифры от 0 до 9, основные математические и грамматические символы и некоторые знаки, управляющие работой вводных и выводных устройств. Каждый алфавитно-цифровой символ занимает 6 двоичных разрядов, из которых один разряд используется для указания регистра телетайпа «0» — цифры, «1»—буквы), а остальные 5 разрядов представляют символ в международном телеграф-

ном коде № 2. Алфавитно-цифровое слово, состоящее из большого количества символов, размещается в нескольких, обычно следующих друг за другом, ячейках памяти.

Оперативное (ферритовое) запоминающее устройство, имеющее максимальную емкость 28 672 слов, разделяется на 7 полей (по 4096 слов в каждом поле), которые пронумерованы от 0 до 6. Для указания расположения слова (или полуслова) в памяти машины могут быть использованы короткие, полные и фиксированные адреса. Короткий адрес указывает адрес слова или полуслова в заранее установленном поле памяти. При работе

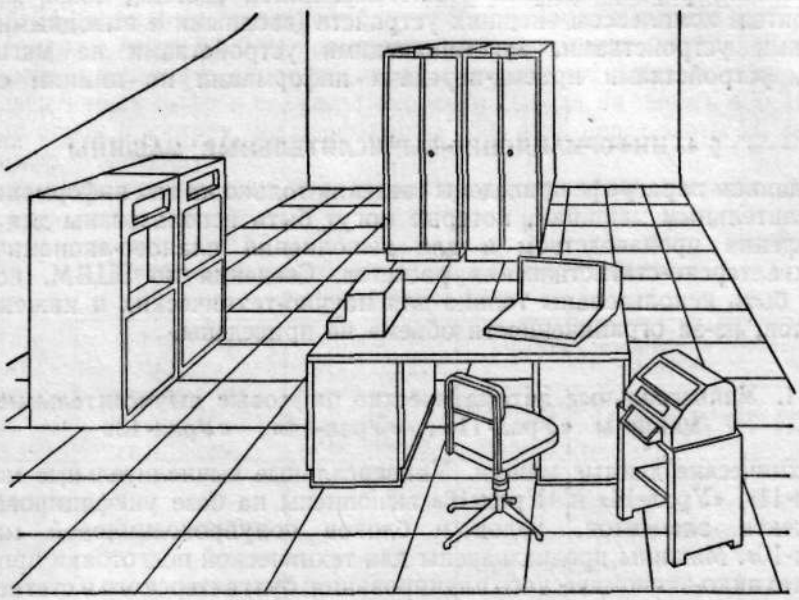


Рис. XVI.13. Общий вид основного комплекта машины ВНИИЭМ-3 с двумя запоминающими устройствами на магнитной ленте

со словами короткий адрес занимает 12 двоичных разрядов, при работе с полусловами — 13 двоичных разрядов, из которых один разряд показывает, какое полуслово используется («0» — левое полуслово, «1» — правое). Полный адрес указывает адрес слова или полуслова из любого поля памяти. Поле адреса занимает 3 двоичных разряда, адрес слова занимает 12 разрядов (полуслова — 13 разрядов). Фиксированный адрес относится только к нулевому полю памяти, состоит из 6 двоичных разрядов и указывает адрес одной из 64 фиксированных ячеек нулевой памяти.

Модификация адресной части команды позволяет использовать одну и ту же команду для работы с различными числами. Применение модификации адресов команды при осуществлении циклических участков программы позволяет сократить количество команд в программе и ускорить решение задачи. Команда состоит из 24 двоичных разрядов и разделяется на следующие функциональные части: А — адресная часть команды, состоящая из 12 двоичных разрядов и разделенная на 4 восьмеричные цифры; П — признак, содержащий 3 двоичных разряда, используется для указания особенностей выполнения операции, а для ряда команд является продолжением кода операции; М — указатель модификаций, занимает 3 двоичных разряда, для ряда команд является продолжением

кода операции; К — код операции; занимает 6 двоичных разрядов и разделяется на 2 восьмеричные цифры.

Система команд машины предусматривает автоматическую модификацию адресов команд при помощи управляющих слов, автоматическую интерпретацию команд (в частности для реализации вычислений с плавающей запятой и с двойной длиной слова), адресный выбор входных и выходных каналов преобразующего устройства, специальные операции для осуществления режимов автоматического предельного контроля. Система команд включает команды, обеспечивающие работу многоканальной системы прерывания, работу машины в многомашинной системе, связь машины с развитым комплексом внешних устройств (вводными и выводными печатающими устройствами, запоминающими устройствами на магнитной ленте, устройствами приема-передачи информации по линиям связи).

§ 4. ИНФОРМАЦИОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ

В данном параграфе приведены сведения только по тем информационно-вычислительным машинам, которые могут быть использованы для целей управления производством и для выполнения планово-экономических и бухгалтерско-статистических расчетов. Сведения по ЭЦВМ, которые могут быть использованы только для научно-технических и инженерных расчетов, из-за ограниченности объема не приведены.

1. Универсальные автоматические цифровые вычислительные машины «Урал-11», «Урал-14», «Урал-16»

Технические данные машин. Универсальные вычислительные машины «Урал-11», «Урал-14» и «Урал-16» выполнены на базе унифицированного комплекта элементов, узлов и блоков полупроводниковой машины «Урал-10». Машины предназначены для технической подготовки производства; технико-экономического планирования; бухгалтерского и статистического учета и анализа хозяйственной деятельности; оперативного учета и регулирования производства (диспетчирования); ведения централизованного нормативного хозяйства; планово-финансовых расчетов; решения транспортных и информационных задач; выполнения различных научных расчетов и т. п.

При соответствующей комплектации машины «Урал-11», «Урал-14» и «Урал-16» могут быть использованы для контроля технологических параметров работы производства путем периодического измерения и регистрации контролируемых параметров, а также для непосредственного воздействия на технологический процесс путем переработки полученной от датчиков информации по заданному алгоритму воздействия на локальные системы регулирования.

Полупроводниковые машины типа «Урал», построенные на единой конструктивной технологической и схемной базе, имеют одни и те же устройства для ввода, вывода и хранения информации, используют единый входной и выходной алфавит, единую кодировку информации на перфокартах, перфолентах и внутри машины. Все машины могут работать в любом сочетании в общей системе обработки информации, будучи связаны друг с другом непосредственно или через каналы связи. Возможна совместная работа любых двух типов указанных машин (например, двух машин «Урал-11», машин «Урал-11» и «Урал-14», «Урал-14» и «Урал-16» и т. п.) с использованием общих накопителей на магнитной ленте емкостью до

16 млн. слов и накопителя на магнитном барабане емкостью до 400 тыс. слов. Изменением состава и количества отдельных устройств возможно изменение в широких пределах круга решаемых задач и области применения машин.

В машинах «Урал-11», «Урал-14» и «Урал-16» система счисления двоичная и десятичная, система команд одноадресная. Информация вводится с перфокарт, перфолент, магнитных лент, каналов связи или датчиков непрерывных величин; выводится информация на перфокарты, перфоленты, магнитные ленты, каналы связи, регуляторы, печатающие устройства или самописцы. Скорость обмена информацией с устройствами сопряжения 100 000 24-разрядных слов в секунду; скорость ввода и вывода информации на магнитную ленту 5300 24-разрядных слов в секунду или 32 000 десятичных цифр в секунду; скорость ввода с перфокарт 1800, а с перфолент 1000 десятичных цифр в секунду; скорость вывода на печать 400 128-разрядных строк в минуту, на перфокарты 150, а на перфоленты 20 десятичных цифр в секунду.

Остальные технические характеристики машин даны в табл. XVI.11.

Таблица XVI.11

Технические характеристики универсальных цифровых вычислительных машин

<table>
<tr><th rowspan="2">Тип</th><th rowspan="2">Форма представления чисел в таблице</th><th rowspan="2">Количество одновременно работающих устройств для ввода и вывода информации</th><th colspan="3">Емкость накопителя (в 24-разрядных словах)</th></tr>
<tr><th>на ферритовом накопителе</th><th>на магнитном барабане</th><th>на магнитной ленте</th></tr>
<tr><td>«Урал-11»</td><td rowspan="2">Фиксированная запятая</td><td>До 16</td><td>4096—16384</td><td rowspan="2">98000—39900</td><td>1—8 млн.</td></tr>
<tr><td>«Урал-14»</td><td rowspan="2">До 24</td><td>8192—65536</td><td rowspan="2">1—16 млн.</td></tr>
<tr><td>«Урал-16»</td><td>Плавающая и фиксированная запятая</td><td>До 131072</td><td>До 399000</td></tr>
</table>

Устройства вычислительные и управления. В машине «Урал-11» арифметический блок и блок управления совмещены в общем устройстве У-238, которое может быть выполнено в двух конструктивных вариантах — в виде стойки и в виде стола. Принцип работы устройства — параллельный с переменной длительностью такта. Быстродействие арифметической части устройства до 50 000 *опер/сек*, устройства управления — до 60 000 *опер/сек*. Устройство У-328 может работать совместно с устройством умножения У-340 и десятичным сумматором У-342.

В машинах «Урал-14» и «Урал-16» устройства управления и арифметическое выполнены в виде двух раздельных блоков — арифметического У-320 и управления У-321.

Устройство умножения У-340 предназначено для умножения 24-разрядных и 12-разрядных чисел. По команде из машины в устройство умножения У-340 поступает множимое из ОЗУ и множитель из АУ. Из ферритового запоминающего устройства число может поступать 12-разрядным, если производится умножение на неполную ячейку, или 24-разрядным, если производится умножение на полную ячейку. Из АУ числа всегда

поступают 24-разрядными. Окончательный результат умножения запоминается на регистре результата и посылается в АУ машины.

Устройство умножения применяется в комплекте машины «Урал-11» в тех случаях, когда необходимо повысить быстродействие машины при решении задач с относительно большим процентом операций умножения и деления. Время выполнения операций при перемножении 24-разрядных чисел 70 *мксек*, а при умножении 24-разрядного числа на 12-разрядное 40 *мксек*.

Устройство суммирующее десятичное У-342 предназначено для работы в составе машины при сложении чисел, представленных в двоично-деся-

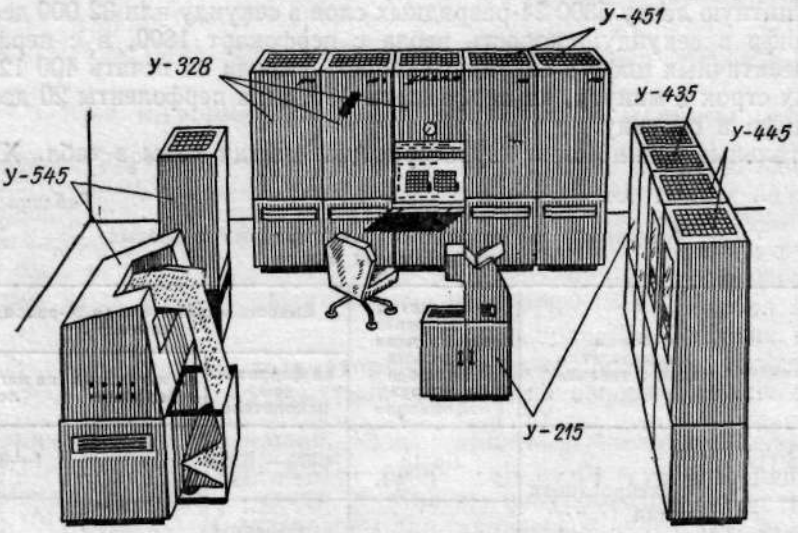


Рис. XVI.14. Компоновка основных устройств универсальной цифровой вычислительной машины «УРАЛ-11Б»

тичном коде. Разрядность суммирующего устройства 5 десятичных разрядов + знаковый разряд или 6 десятичных разрядов. Возможна работа с $(3n - 1)$ или $(6n - 1)$-разрядными десятичными числами, где $n = 1, 2, 3$. Число команд, выполняемых суммирующим устройством, 10. Длительность рабочего такта 20 *мксек*. Время сложения m пятиразрядных десятичных чисел равно 20 $(m + 2)$ *мксек*, включая время выборки слагаемых из ОЗУ и посылки в него результата; время сложения двух 11-разрядных десятичных чисел, включая выборки слагаемых из ОЗУ и посылки в него результата, 200 *мксек*.

Запоминающие устройства. В состав машин «Урал» входят оперативные накопители (запоминающие устройства) на ферритовых сердечниках У-450 и У-451, выполненные по блочно-модульному принципу. В машинах предусмотрена возможность образования системы запоминающих устройств, в состав которой может входить до 8 устройств У-450 или У-451. Каждый ферритовый накопитель состоит из 6 основных блоков: ферритового термостатированного куба, в котором стабильно поддерживается температура 50° С; блока местного управления; блоков регистра слова и регистра адреса; двух блоков избирательных схем. Накопитель У-451 имеет емкость 8192 24-разрядных слов или 16 384 12-разрядных слов (+2 контрольных

разряда). Емкость накопителя У-450 вдвое меньше. Время обращения к устройству не менее 9 *мксек*. Время выборки слова не более 7,5 *мксек*.

Для долговременного хранения и оперативной выдачи информации в машине предусмотрены ПЗУ — односторонние накопители, выполненные на элементах трансформаторного типа. Элементарный блок хранения информации имеет емкость 1024 26-разрядных слов и конструктивно выполнен в виде «книги», которую можно легко заменить.

Односторонний накопитель У-479 состоит из блока регистра адреса; блока регистра слова; блоков избирательных схем; блока местного управления; блока хранения информации (в состав его входят 8 элементарных блоков хранения информации); блока питания. Емкость У-479 равна $8 \times 1024 = 8492$ 26-разрядных слов. Предусмотрена возможность образования системы оперативных накопителей из 8 устройств У-479 или У-451 (в любом соотношении). Время обращения к накопителю — 9 *мксек*.

Внешнее запоминающее устройство на магнитной ленте (внешний накопитель) состоит из лентопротяжного механизма У-445 (бобинно-карманного типа) и шкафа управления У-435. Работа лентопротяжного механизма возможна в двух режимах: автономном и со шкафом управления У-435. В автономном режиме по сигналам с панели управления лентопротяжный механизм выполняет следующие операции: движение ленты «влево» или «вправо»; запись на ленту кода «1» или «0»; предварительный поиск зоны; чтение информации, записанной на ленте; контрольные операции. При работе совместно со шкафом управления У-435 механизм У-445 выполняет необходимые операции по сигналам, поступающим от У-435. Емкость одного шкафа лентопротяжного механизма $40 \cdot 10^6$ двоичных цифр, плотность записи 14 *имп/мм*. Скорость перемещения ленты 2,6 *м/сек*, скорость считывания 220 000 двоичных знаков в секунду, время разгона или останова ленты 10 *мсек*. Количество магнитных головок: записи 14, считывания 14, количество каналов: записи 7, считывания 7, количество пробега ленты длиною 1 *м* до появления первой неустранимой ошибки — не менее 200 тыс. *м*, количество обращений к однажды записанной информации без ее восстановления — не менее 100 тыс. Срок службы блока магнитных головок — не менее 200 *ч* непрерывной работы. Механизм допускает работу как с выключением, так и непрерывную в течение длительного времени.

Шкаф У-435 управляет работой до 8 лентопротяжных механизмов по сигналам, поступающим от машины или с пульта управления, расположенного в шкафу. В автономном режиме устройство У-435 может выполнять контроль качества ферромагнитного покрытия ленты, разметку магнитной ленты и контроль правильности разметки, однократную и многократную операции «запись—чтение» или «чтение», предварительный и точный поиск зоны.

На магнитной ленте в каждой зоне может быть записано 128, 256, 512 или 1024 28-разрядных двоичных чисел. Максимальное количество зон в одной ленте, независимо от количества чисел в каждой зоне, равно 2048. При разметке производится выработка сигналов для записи номеров зон через определенные промежутки ленты.

Коммутаторы-преобразователи сигналов. Устройство У-250 является коммутатором, который осуществляет преобразование непрерывных величин (сигналов тока и напряжения) и ввод в машину дискретных (двухпозиционных) сигналов постоянного тока.

Коммутатор-преобразователь У-250 состоит из следующих основных узлов: многоканального коммутатора аналоговых сигналов; преобразователя аналоговых сигналов в дискретные; блока управления преобразо-

вателем; выходных усилителей с клапанами; дешифраторов; коммутатора дискретных величин; блока ввода и расшифровки команд.

Управление работой устройства производится по командам, поступающим из вычислительной машины в блок ввода и расшифровки команд. Команда расшифровывается в этом блоке и при обращении к преобразователю поступает в регистр адреса, блок управления преобразователем и клапаны выходных усилителей. Регистр адреса запоминает адрес канала на время преобразования. Адрес расшифровывается дешифратором ДШ-1, который открывает нужный канал коммутатора ввода аналоговых величин. Одновременно производится запуск схемы управления преобразователем. Преобразованный входной сигнал поступает через клапаны на выходные усилители. Клапаны осуществляют переключение усилителей для выдачи в машину сигналов либо с преобразователей, либо с коммутатора дискретных (двухпозиционных) сигналов.

При обращении машины к коммутатору дискретных величин команда поступает на дешифратор ДШ-2, который открывает каналы одной из десяти 12-разрядных групп этого коммутатора, и входные двухпозиционные сигналы передаются через клапаны на выходные усилители, откуда поступает в вычислительную машину.

Технические данные коммутатора У-250: количество каналов ввода аналоговых величин 128; входные сигналы изменяются по напряжению от 0 до —10,23 *в*, по току от 0 до 5,115 *ма*, погрешность преобразования непрерывных величин в 10-разрядный двоичный код $\pm 0{,}1\%$, входное сопротивление каналов ввода непрерывных величин 2 *ком*, скорость коммутации каналов 1000 *канал/сек*, допустимая скорость изменения входного аналогового сигнала — до 10 *в/сек*, дискретные сигналы вводятся по десяти 12-разрядным каналам.

Для вывода дискретных величин из машины и преобразования их в аналоговые сигналы применяется коммутирующее устройство У-570. Этот коммутатор выдает как непрерывные сигналы постоянного тока, так и дискретные (двухпозиционные) сигналы управления. Устройство У-570 состоит из блока ввода и запоминания поступающей из машины информации; трех блоков преобразователей с коммутатором непрерывных величин; коммутатора дискретных сигналов; блока ввода и дешифрации команд.

Во всех трех преобразователях осуществляется преобразование 8-разрядного двоичного кода в аналоговое напряжение. В двух преобразователях дискретные сигналы преобразуются в напряжение постоянного тока 0—10, 24 *в*. Непрерывные выходные сигналы в этих преобразователях запоминаются на неограниченное время. Третий преобразователь, работающий без запоминания преобразованнной величины, имеет коммутатор с 15 входными каналами. Аналоговые сигналы выдаются этим коммутатором в виде отрицательных импульсов напряжения, длительность и частота которых задается машиной, и амплитуда определяется величиной аналогового сигнала преобразователя. Длительность импульсов может изменяться в пределах от 250 *мксек* до ∞, а частота от 0 до 2000 *гц*. Погрешность преобразования устройства У-570 $\pm$ 0,4% (при сопротивлении нагрузки 2 *ком*). Время выдачи результата преобразования по любому каналу не менее 250 *мксек*. Двухпозиционные сигналы управления выдаются по десяти 12-разрядным каналам.

Цифро-буквопечатающее устройство. Для печатания информации в виде десятичных цифр и алфавитно-цифрового текста на широкой бумажной ленте в комплекте выходных устройств машины «Урал» имеется алфавитно-цифровое печатающее устройство У-545, которое состоит из шкафа управ-

ления и электромеханического блока печати. Устройство У-545 состоит из счетчика импульсов, блока сравнения, блока считывания и регенерации, ферритового куба, печатающего механизма, блока массовых каналов, блока формирования импульсов, блока избирательных схем, блока регистра адреса, блока управления протяжной бумажной и красящих лент, блока управления, блока питания. Прием информации, подлежащей печати, осуществляется одновременно по 8 каналам.

Устройство У-545 может работать как в автономном режиме, так и в режиме совместной работы с другими устройствами или с электронной вычислительной машиной. В режиме совместной работы с вычислительной машиной информация поступает на вход У-545 по команде из машины по одному алфавитно-цифровому знаку 8-разрядном двоичном коде и записывается в ячейку ферритового куба (регистра строки), адрес которой определяется машиной и подается в двоичном коде на регистр адреса. После заполнения регистра строки и прихода команды печати строки производится печать содержимого ферритового куба. Устройство У-545 может печатать различные формы, бланки, ведомости, графики и алфавитно-цифровой текст. В автономном режиме работы У-545 используется для проведения профилактических работ, устранения неисправностей и проверки устройства независимо от остальных блоков вычислительной машины.

В устройстве У-545 используется алфавитно-цифровой печатающий механизм со 128 непрерывно-вращающимися печатающими дисками. Каждый диск имеет 80 алфавитно-цифровых знаков и специальных символов. Кроме того, предусмотрена возможность получения еще 12 символов наложением печати двух различных символов.

Количество входных каналов устройства У-545 восемь, скорость печати (строк в минуту) 400 при наличии в строке знаков с 1 по 66; 200 при наличии в строке знаков с 67 по 80, количество печатаемых знаков в строке 128; шаг по знакам в строке 4 *мм*. Ширина бумажной ленты 550 *мм*, ширина красящей ленты 545 *мм*. Емкость ферритового куба (регистра строки) 128 8-разрядных ячеек.

Перфорирующие и считывающие устройства. Устройство для приготовления перфокарт У-105 предназначено для нанесения на 80-колонные перфокарты цифровой и алфавитно-цифровой информации с первичных документов (в виде поколонных пробивок, набираемых на клавиатуре перфорирующего устройства), а также для автоматической перфорации перфокарт путем дублирования с карты-шаблона.

Электромеханическое перфорационное устройство У-105 состоит из блока цифровой клавиатуры, блока алфавитно-цифровой клавиатуры, блоков-шифраторов цифровой и алфавитно-цифровой клавиатуры, блока управления, блока усилителей, механизма перфорации и транспорта перфокарты, блока питания. Устройство У-105 выпускается в двух модификациях, отличающихся одна от другой блоком алфавитно-цифровой клавиатуры.

Устройство У-105 обеспечивает: 1) перфорацию цифровой информации с цифровой клавиатуры (на одной карте перфорируется 160 десятичных знаков); 2) перфорацию алфавитно-цифровой информации (на одной карте перфорируется 80 алфавитно-цифровых знаков или 160 десятичных знаков); 3) пропуск перфокарты на одну или несколько колонок без перфорации; 4) полный пропуск перфокарт с любой колонки без перфорации; 5) подсчет перфокарт, прошедших через устройство; 6) дублирование карт с карты-шаблона.

Набор данных на клавиатурах осуществляется вручную, подача и откладка перфокарт — автоматически. Из 129 рабочих клавиш используются 110 клавиш. Остальные 19 клавиш могут быть использованы для размещения других знаков с соответствующей доработкой блока шифратора алфавитно-цифровой клавиатуры. Алфавитно-цифровая клавиатура состоит из 13 клавишных секций, содержащих по 10 рабочих клавиш и по одной клавише гашения. Технические данные устройства У-105: скорость перфорирования — до 12 *перф/сек*, скорость дублирования пер-

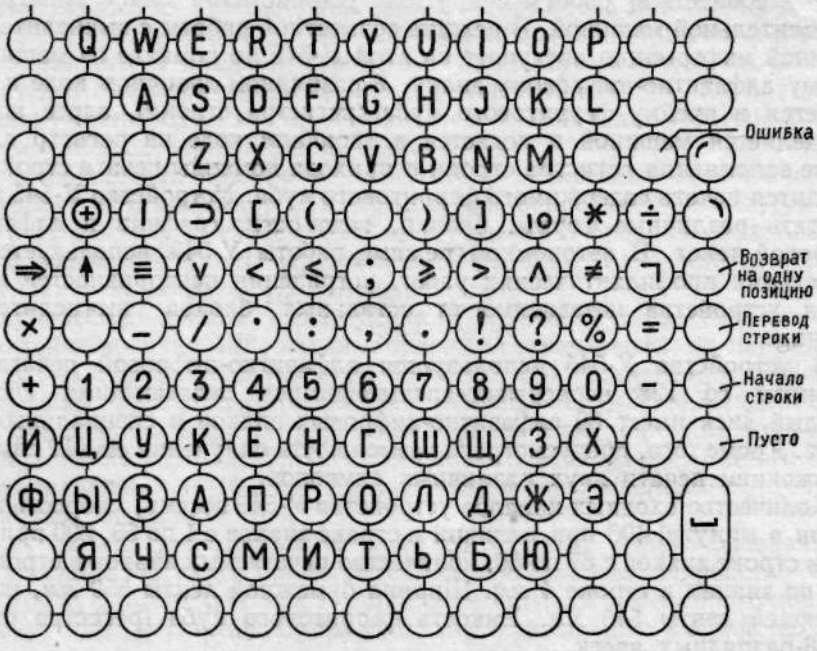


Рис. XVI.15. Расположение знаков на алфавитно-цифровой клавиатуре устройства У-105

фокарт — 9 *перф/сек*; допустимое смещение пробивок по колонкам и позициям ±0,15 *мм*. Пример расположения знаков на алфавитно-цифровой клавиатуре устройства У-105 приведен на рис. XVI.15.

Электромеханическое устройство У-107 выполнено на базе перфоратора ПЛ-20-2 и предназначено для перфорации бумажной ленты, применяемой для ввода информации в вычислительную машину. Модификация устройства У-107Б состоит из блоков цифровой и алфавитно-цифровой клавиатуры, шифратора, блока управления, блока усилителей, электрифицированной пишущей машинки. Устройство У-107А выпускается без пишущей машинки. Общий вид устройства У-107 приведен на рис. XVI.16. Расположение знаков на клавиатуре такое же, как и в У-105. Из 129 рабочих клавиш используются 110 клавиш. Остальные клавиши могут быть использованы для размещения других знаков с соответствующей доработкой блока шифратора алфавитно-цифровой клавиатуры. Скорость перфорации — до 8 *перф/сек*.

Электромеханическое устройство для контроля перфокарт У-145 предназначено для автоматизации процесса проверки 80-колонных перфокарт, приготовленных на устройствах У-105. Устройство контроля У-145 выпол-

нено в виде стола с механизмом считывания, пишущей машинки и панели управления. Устройство производит автоматический контроль отперфорированных на перфокарте кодов, отмечает колонку перфокарты, в которой допущена ошибка, и печатает на бумажной ленте символ ошибки. Одновременно устройство печатает на бумажной ленте считанную с перфокарты информацию таким образом, чтобы было удобно визуально просматривать текст или таблицы цифр.

Устройство контроля У-145 имеет следующие режимы печати: печать команд в строку или в столбец, печать чисел, печать контрольную, печать текстовую. Скорость работы устройства при считывании цифровой инфор-

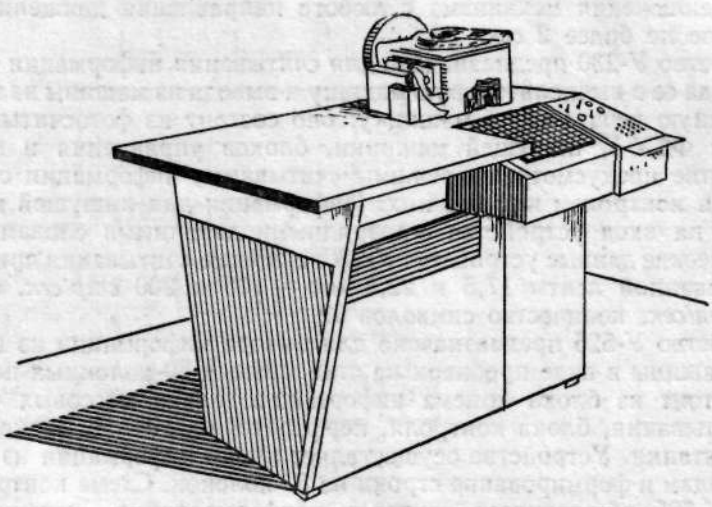


Рис. XVI.16. Устройство для приготовления перфоленты У-107

мации — 1 *карт/мин*, алфавитно-цифровой информации — 2 *карт/мин*. Количество символов печатающей машинки — 92, количество знаков по ширине строки бумажной ленты — до 156, емкость подающего и принимающего магазинов — по 300 перфокарт каждый.

Устройство для считывания с перфокарт У-215 состоит из шкафа управления и вводного устройства ВУ-700-2. Информация, считанная построчно с одной перфокарты, запоминается в накопителе и выдается на выход устройства 24-разрядными двоичными словами.

В устройстве предусмотрены режимы считывания построчно и поколонно, без перекодировки и контроля или с ними. Оно может работать совместно с вычислительной машиной или в автономном режиме, который используется для проведения профилактических работ, поиска неисправностей и при ремонте. Устройство У-215 состоит из блока записи-чтения, ферритового куба, блока контроля, блока перекодировки, блока выходных регистров, считывающего механизма, блоков управления и питания.

Технические данные устройства У-215: скорость считывания перфокарт 700 ± 10% *карт/мин*, емкость подающего и принимающего магазинов по 1500 карт каждый, емкость приемного кармана 300 *карт*, количество выходных каналов 24, емкость куба накопителя 960 двоичных знаков.

Устройство для считывания с перфолент У-225 предназначено для ввода в вычислительную машину информации, нанесенной на телеграфную ленту. Устройство состоит из блока лентопротяжного механизма, блока

массовых каналов, блока анализа пробелов и зон, блока регистров считывания и перемотки, блока дешифратора команд, блоков управления, контроля и питания. Устройство У-225 производит считывание информации, нанесенной на перфоленту в любом коде, и передачу ее в вычислительную машину без преобразования массивами (зонами) произвольной длины. Устройство может работать в автономном режиме.

Технические данные устройства У-225: скорость считывания со стандартной телеграфной ленты 1000 *стр/сек* ± 15%, емкость кассет 180 *м*, разрядность считываемой информации на выходе устройства от 5 до 8 двоичных разрядов, время пуска и останова механизма не более 10 *мсек*, время переключения механизма с любого направления движения ленты на обратное не более 2 *сек*.

Устройство У-230 предназначено для считывания информации с перфоленты, ввода ее в вычислительную машину и вывода из машины на электрифицированную печатающую машинку; оно состоит из фотосчитывающего механизма ФСУ-1, пишущей машинки, блоков управления и питания. В устройстве предусмотрены режимы считывания информации с перекодировкой и контролем или без них. Информация для пишущей машинки поступает на вход устройства 8-разрядными двоичными словами.

Технические данные устройства У-230: скорость считывания при ширине перфорированной ленты 17,5 и 22,5 *мм* — 100 и 200 *стр/сек*, скорость печати 8 *зн/сек*, количество символов 92.

Устройство У-525 предназначено для вывода информации из вычислительной машины в виде пробивок на стандартных 80-колонных перфокартах и состоит из блока приема информации, блока массовых каналов, блока считывания, блока контроля, перфоратора ПИ80-М, блоков управления и питания. Устройство осуществляет прием информации из машины по 24 каналам и формирование строки на 80 колонок. Схема контроля устройства У-525 обеспечивает контроль перфорирования, выдачи команд из машины, сигналов в машину и работы перфоратора. Емкость магазина подачи 700 перфокарт, максимальная скорость перфорации 115—120 *карт/мин*.

Устройство У-535 предназначено для вывода информации из вычислительной машины на телеграфную перфоленту и представляет собой шкаф управления с размещенными в нем двумя ленточными перфораторами ПЛ-20-2 (возможна работа с любым из перфораторов). Прием информации из вычислительной машины производится по 8 каналам. Скорость перфорации 1200 *стр/мин*. Телеграфная лента применяется стандартная.

2. Электронные цифровые вычислительные машины «Минск-2», «Минск-22», «Минск-23»

Цифровая вычислительная машина «Минск-2», ее модификация «Минск-22» и машина «Минск-23» являются универсальными полупроводниковыми системами переработки информации, которые смогут в равной мере как решать планово-экономические, статистические и бухгалтерские задачи, так и выполнять научно-технические и инженерные расчеты. Широкие возможности применения этих машин обеспечиваются достаточно высоким быстродействием, большой емкостью оперативной памяти и внешнего накопителя, наличием операций с плавающей и фиксированной запятой, легкостью и удобством программирования, а также большим набором входных и выходных устройств.

Вычислительные машины «Минск-2» и «Минск-22». В комплект вычислительной машины «Минск-2» входят следующие основные устройства (рис. XVI.17): а) центральный вычислитель, включающий устройство управления *5* и арифметическое устройство *3* с блоком местного управления *4*; б) магнитное оперативное запоминающее устройство *1*; в) устройство управления вводом-выводом и накопителем на магнитной ленте *8*; г) накопитель на магнитной ленте (с четырьмя лентопротяжными механизмами *18*); д) центральный пульт управления *2*; е) устройство фотоэлектрического ввода информации с перфоленты *12* с блоком управления *7*; ж) устройство подготовки исходных данных на перфоленты *17*; з) устройство вывода на

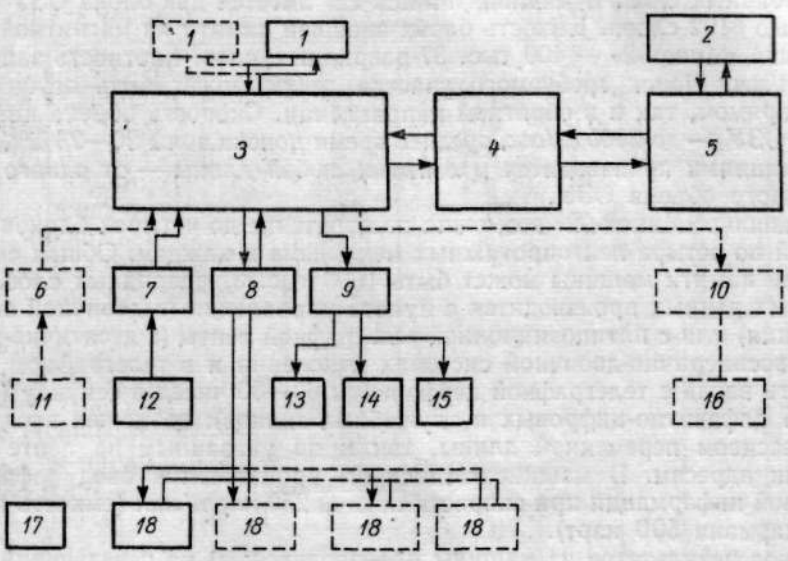


Рис. XVI.17. Блок-схема электронных цифровых вычислительных машин «Минск-2» и «Минск-22»

Сплошными линиями показаны устройства, входящие в основной комплект машины «Минск-2», штриховыми — устройства, относящиеся к машине «Минск-22»

печатающий механизм и перфораторы *9*; и) быстродействующий цифропечатающий механизм *13*; к) выходные ленточные перфораторы *14* и *15*; л) телеграфные аппараты СТА-2М и РТА-50.

На рис. XVI.17 сплошными линиями показаны устройства, входящие в основной комплект машины «Минск-2», пунктирными — устройства, относящиеся к машине «Минск-22». Основной комплект устройств машины «Минск-22» отличается от комплекта машины «Минск-2» наличием: а) дополнительного магнитного оперативного запоминающего устройства *1*; б) трех дополнительных накопителей на магнитной ленте *18*; в) устройства ввода информации с 80-колонных перфокарт *11* с блоком управления вводом *6*; г) алфавитно-цифрового печатающего устройства *16* с блоком управления *10*.

Технические данные машин «Минск-2» и «Минск-22» следующие. Система счисления для чисел и команд в машине — двоичная, форма представления чисел — с фиксированной и плавающей запятой. Разрядная сетка машины — 37 двоичных разрядов. При работе с фиксированной запятой возможны вычисления с повышенной точностью. Количество разрядов при вводе и выводе чисел с фиксированной запятой — 9 десятичных разрядов

и разряд знака, с плавающей запятой — 7 десятичных разрядов и разряд знака для мантиссы, два десятичных разряда и разряд знака для порядка.

Система команд машины — двухадресная с естественным порядком выполнения команд, среднее быстродействие машины — 5—6 тыс. *опер/сек*. Время выполнения отдельных операций: сложение (с фиксированной запятой) — 12 *мксек*, сложение (с плавающей запятой) — 72 *мксек*, умножение (с фиксированной или плавающей запятой) — 200 *мксек*, деление (с фиксированной или плавающей запятой) — 426 *мксек*, цикл обращения к ОЗУ — 24 *мксек*, время ожидания — 8 *мксек*. Оперативное запоминающее устройство выполнено на ферритовых сердечниках, емкость — 4096 37-разрядных двоичных слов. В машине «Минск-22» имеется два блока ОЗУ общей емкостью 8192 слова. Емкость блока внешней памяти на магнитной ленте в машине «Минск-2» — 400 тыс. 37-разрядных слов, плотность записи — 10 *имп/мм*. Поиск требуемого участка ленты может быть осуществлен как в прямом, так и в обратном направлении. Скорость обмена информацией с ОЗУ — до 2000 *сл/сек*, среднее время поиска зоны 20—25 *сек*, обмен информациями производится массивами любой длины — от одного слова до полного объема ОЗУ.

В машине «Минск-22» возможно подключение до четырех блоков накопителей по четыре лентопротяжных механизма в каждом. Общая емкость внешней памяти машины может быть 1600 тыс. 37-разрядных слов. Ввод исходных данных производится с пульта управления (в двоичной системе счисления) или с пятипозиционной телеграфной ленты (в десятично-двоичной и восьмерично-двоичной системах счисления и в телеграфном коде); скорость ввода с телеграфной перфоленты 60—80 чисел в секунду (800 ± ± 10% алфавитно-цифровых и служебных знаков); возможен ввод чисел как массивом переменной длины, так и по указанным на ленте перед числами адресам. В машине «Минск-22» производится ввод алфавитно-цифровой информации при скорости подачи 250 *карт/мин* (емкость подающего кармана 500 карт).

Вывод результатов из машины производится: а) на печатающий механизм БПМ-20 в восьмеричной и десятичной системах счисления с фиксированной запятой и в десятичной системе счисления с плавающей запятой (на ленте шириной 70 *мм*); в одной строке печатается содержимое одной ячейки памяти; скорость печати 20 *стр/сек*; в строке печатается 13 разрядов; б) на выходной перфоратор № 1 (в десятично-двоичной и восьмерично-двоичной системах счисления и телеграфном коде); на выходной перфоратор № 2 (в телеграфном коде); скорость вывода результатов на ленточный перфоратор 20 алфавитно-цифровых знаков в секунду; в) возможна работа обоих перфораторов или механизма БПМ-20 и перфоратора № 2; информация, выведенная на перфораторы, может быть введена обратно в машину и может быть отпечатана на буквопечатающем телеграфном аппарате РТА-50 (телетайпе) на бумажную ленту шириной 215 *мм* в виде конечного документа (накладная, расчетный лист и т. д.).

Алфавитно-цифровое печатающее устройство (в машине «Минск-22»), используемое для вывода информации из машины, печатает в строке 128 знаков. Количество алфавитно-цифровых символов в устройстве 64 (русский алфавит, арабские цифры, арифметические и специальные знаки); в устройстве предусмотрен накопитель информации, подлежащей печати на одной строке; скорость печати 300 *стр/мин*. Вычисления во время работы выводных устройств не прекращаются. Подготовка исходных данных в алфавитно-цифровой форме производится на стандартном телеграфном аппарате СТА-2М.

Все устройства машин «Минск-2» и «Минск-22» оформлены в виде отдельных шкафов или тумб. Каждое устройство имеет свои автономные пульты управления и контроля. Поэтому возможен режим одновременной автономной проверки всех устройств. Потребная площадь для машины «Минск-2» — 40—50 *м*², «Минск-22» — 100 *м*². Минимальная высота помещения не менее 3 *м*. Для обслуживающего персонала должно быть помещение площадью 25—35 *м*². Питание от сети 380/220 *в*, 50 *гц*, потребляемая мощность «Минск-2» — 4 *кв·а*, «Минск-22» — 10 *кв·а*.

Пример компоновки устройств машины «Минск-2» и кабельные связи между ними приведены на рис. XVI.18. Все шкафы выполнены высотой

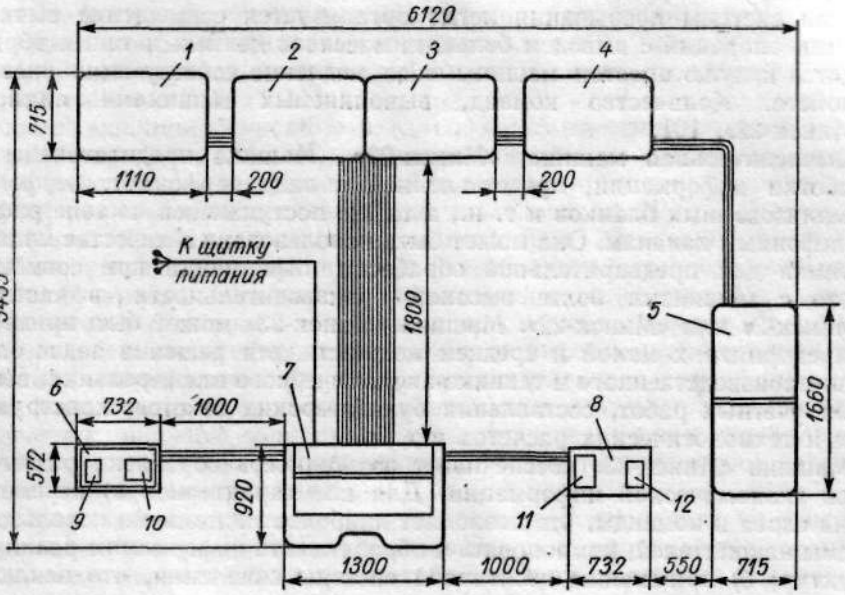


Рис. XVI.18. Пример компоновки устройств машины «Минск-2»

1900 *мм*. В шкафах расположены магнитное оперативное запоминающее устройство *1*, устройства управления *2*, арифметическое устройство *3*, накопители с лентопротяжными механизмами *5* и устройство управления вводом—выводом и накопителем на магнитной ленте *4*. Тумбы *6* и *8* имеют высоту 858 *мм*. На тумбе *6* расположены перфоратор *9* и быстропечатающий механизм *10*, а на тумбе *8* находятся фотовводное устройство *11* и перфоратор *12*. Центральный пульт управления *7* выполнен высотой 1290 *мм*. На фасаде пульта расположены панель управления и панель индикации.

Система программирования машин «Минск-2» и «Минск-22» имеет ряд особенностей. Основной код команд — двухадресный. Команда занимает одно полное слово памяти. Помимо адресов двух операндов, код команды содержит короткий адрес (четыре двоичных разряда индексной ячейки). Индексные ячейки служат для автоматического изменения адресов команд и подсчета количества повторений цикла, что обеспечивает чрезвычайную простоту и удобство программирования и существенно сокращает длину программ и время их выполнения.

Каждая арифметическая и логическая операция имеет по четыре модификации. Система модификаций придает гибкость двухадресной системе

команд и снабжает ее положительными качествами как одноадресной (возможна работа с накоплением без записи результатов в память), так и трехадресной системы команд (возможна работа с тремя операндами: сумматор, первый адрес и второй адрес).

Система команд машины составляет обширный набор команд управления — условных и безусловных переходов, что создает большое удобство программирования разветвляющихся по различным признакам вычислительных процессов. В систему команд машины входят специальные команды для программного управления прерыванием программ. Система прерывания позволяет выполнять одновременно несколько программ, переходя от одной к другой при появлении специальных сигналов. В частности, при помощи системы прерывания легко организуется совмещение вычислительных операций с выводом больших массивов данных и таким образом сводятся к нулю простои машины из-за медленно действующих внешних устройств. Количество команд, выполняемых машинами «Минск-2» и «Минск-22», 101.

Вычислительная машина «Минск-23». Машина предназначена для обработки информации, представленной в виде перфокарт, перфолент, формализованных бланков и т. п., а также поступающей по телеграфным и телефонным каналам. Она может быть использована в качестве машины-спутника для предварительной обработки информации при совместной работе с машинами более высокой производительности, в частности с «Минск-2» или «Минск-22». Машина «Минск-23» может быть применена на предприятиях малой и средней мощности для решения задач оперативно-производственного и технико-экономического планирования, выполнения учетных работ, составления бухгалтерских отчетов, конструкторских и технологических расчетов и т. п.

Машина «Минск-23» обеспечивает возможность обработки различных видов экономической информации. Для нее характерны: а) переменная длина слова и команды, что позволяет наиболее экономично использовать объемы накопителей, компоновать и обрабатывать информацию различных структур; б) применение десятичной системы счисления, что исключает переводы информации из одной системы счисления в другую и максимально приближает входной язык к языку машины; в) возможность работы с 64 различными внешними устройствами, что позволяет строить на базе машины разнообразные системы обработки информации; г) эффективная система команд, включающая специальные команды поиска, редактирования и облегчающая логическую обработку информации.

В памяти машины адресуется каждый отдельный алфавитно-цифровой символ, обработка информации производится последовательно символ за символом. Информационная часть символа — разряды 1, 2, 4, 8, А и Б — содержит 6 двоичных разрядов, что позволяет закодировать 63 различных знака. Для изображения цифр в двоично-десятичной системе используются разряды 1, 2, 4, 8. Разряд А при изображении цифр используется для указания признаков «перенос», «занято», «переполнение» при арифметических операциях. В разряде Б указывается знак цифры. Для изображения букв и знаков используются все 6 разрядов информационной части символа. Разряд М (метка) служит для обозначения конца поля исходных данных или команд. В случае применения знаков латинского или какого-либо другого алфавитов разряд М может быть использован для кодирования символа (по специальной подпрограмме). Тогда количество символов может быть доведено до 128. Разряд К является контрольным.

В машине «Минск-23» приняты следующие категории информаций: поле символов, группа полей, массив. Полем символов может быть изображено любое число или слово. Поле символов может быть переменной длины, начало поля задается адресом начального символа. Поле выбирается из накопителя последовательно символ за символом. Ввод информации производится со старших адресов полей.

Группой полей можно составить любое сообщение. Группы могут содержать одинаковое количество полей или быть переменной длины. В последнем случае между группами ставится специальный символ — «марка» (0 010 000). При организации программы экономической задачи возникает необходимость выделения групп полей, объединенных общим признаком (например, сводные спецификации, ведомости зарплаты по цехам, справочники операционных маршрутов и т. п.). Такие объединения информации называются массивами. Граница массива определяется символом «марка с меткой» (1 111 111).

В состав машины «Минск-23» входят: 1) *магнитное оперативное запоминающее устройство* (МОЗУ), предназначенное для записи, хранения и чтения информации, обрабатываемой при решении задачи; 2) устройство обработки символов, осуществляющее связь между МОЗУ и другими устройствами машины, выполняющее некоторые логические операции и вырабатывающее различные признаки, необходимые при обработке символьной информации; 3) адресное запоминающее устройство АЗУ, предназначенное для хранения и обработки адресов чисел и команд и для хранения текущих адресов символов при обменах информацией между МОЗУ и внешними устройствами; 4) устройство центрального управления ЦУ, синхронизирующее работу всех устройств машины; 5) центральный пульт управления с пишущей машинкой, предназначенный для осуществления визуального контроля за работой машины и оперативного вмешательства в ход решаемой машиной задачи.

В основной комплект внешних устройств машины входят устройства перфорации перфокарт, ввода и вывода перфокарт, перфорации перфоленты, ввода и вывода перфоленты, накопителей на магнитной ленте, а также приемно-запросные станции и алфавитно-цифровое печатающее устройство.

В вычислителе машины представление информации символьное (по ГОСТу 10859—64); длина информационного слова и командной информации переменная; форма представления чисел двоично-десятичная; количество адресов в командах переменное; количество одновременно работающих рабочих и обслуживающих программ 8; количество базисов для модификации адресов 3 на каждую программу; время выполнения операции над 5-разрядными числами зависит от количества модификаций адресов (сложение — 300—700 *мксек*; умножение — 1,2—1,5 *мсек*, логические операции — 120—300 *мксек*); емкость оперативного накопителя 40 000 символов; разрядность оперативного накопителя 1 символ (8 двоичных разрядов); время обращения к МОЗУ 12 *мксек*; емкость АЗУ 128 слов; разрядность слов в АЗУ 19 двоичных разрядов; время обращения к АЗУ 6 *мксек*; максимально возможное количество подключаемых внешних устройств, работающих по системе приостановок, 64.

Запоминающее устройство выполнено на магнитной ленте, емкость его равна $6 \cdot 10^6$—$60 \cdot 10^6$ символов; скорость обмена информацией с вычислителем до 20 000 *симв/сек*, длина зоны переменная. Скорость ввода информации с 80-колонных перфокарт 300 *карт/мин*, скорость вывода информации на перфокарты 100—120 *карт/мин*. Скорость печати 380—420 *стр/мин*, количество знаков в строке 128, количество печатаемых символов 78.

Носителем устройства ввода информации с перфоленты является 5—8-дорожечная лента, скорость ввода 500—1000 *стр/сек*. Носителем устройства вывода информации на перфоленту служит 5—8-дорожечная лента, скорость вывода 20 *стр/сек*. Устройство сопряжения с аппаратурой приема и передачи информации по телефонным и телеграфным каналам обеспечивает скорость передачи по телефонным каналам 100—200 *симв/сек*, по телеграфным каналам — 7 *симв/сек*, количество каналов равно 16, 32, 48. Размер бланка устройства считывания информации с бланков с графическими отметками равен 210×297 *мм*, скорость считывания 200 *бланк/мин*.

Обмен информацией между машиной и внешними устройствами совмещается с выполнением операций в вычислительном устройстве. Для этой цели в машине организованы режимы многопрограммной и многооперационной работы — режим прерывания и режим приостановок. Для возможности ведения многопрограммной работы в машине предусмотено специальное адресное запоминающее устройство. Питание машины от сети 380/220 *в*, 50 *гц*; потребляемая мощность 6—12 *кв·а* в зависимости от комплекта. Потребная площадь 40—120 $м^2$ (также в зависимости от комплекта).

3. Цифровые вычислительные машины «Наири», ПЭВР-80, АТЭ-80, ЭВ80-3М, ЭВП-80-2 («Рута»)

Малая универсальная вычислительная машина «Наири». Малогабаритная универсальная цифровая вычислительная машина с автоматическим программированием «Наири» предназначена для решения широкого круга задач, возникающих при экономических и инженерных расчетах. Особенностью машины «Наири» является возможность ввода задачи на обыкновенном математическом языке с использованием автоматического программирования и применение машины в счетном режиме. Машина состоит из главного шкафа, механизмов внешнего устройства и шкафа питания. В состав главного шкафа входят арифметическое устройство, устройство управления, оперативное запоминающее устройство, долговременное запоминающее устройство, пульт управления с панелью сигнализации. Блок-схема машины приведена на рис. XVI.19.

Арифметическое устройство параллельного типа состоит из регистра-сумматора. Сумматор содержит 37 разрядов, из них 34 разряда отведены для представления дробной части числа, 35-й разряд представляет целую часть числа, 36-й разряд отведен для знака числа, один разряд является дополнительным. Все операции над числами в сумматоре выполняются в режиме с фиксированной запятой. При операциях над числами, представленными с плавающей запятой, знак числа представляют 2 разряда, мантиссу 27 разрядов, знак порядка 1 разряд и порядок 6 разрядов. Сумматор одновременно служит регистром числа как для оперативного, так и для долговременного запоминающих устройств. Между сумматором и фиксированными адресами ОЗУ имеются двухсторонние прямые передачи, т. е. непосредственное (безадресное) чтение и запись.

Устройство управления обеспечивает автоматический ввод программы вычислений и исходных данных в машину, выборку команд и чисел из оперативной или долговременной памяти, непосредственное выполнение операций и выдачу результатов вычислений в ОЗУ, выдачу окончательных результатов из машины на печать или перфорацию.

Устройство управления состоит из счетчика команд, регистра команд и центрального устройства управления, обеспечивающего микропрограммное управление машиной. В качестве запоминающего устройства для

хранения микропрограмм используется часть ячеек ДЗУ (2048 ячеек). Для хранения необходимого количества элементарных операций, а также адреса следующей микрокоманды в этой части ДЗУ разрядность ячеек доведена до 72. Разрядность остальных ячеек ДЗУ 36 двоичных разрядов.

ДЗУ предназначено для хранения и выдачи команд, различных вспомогательных данных и микропрограмм. Общая емкость ДЗУ 16 384 числа, время обращения к ДЗУ 20 *мксек*.

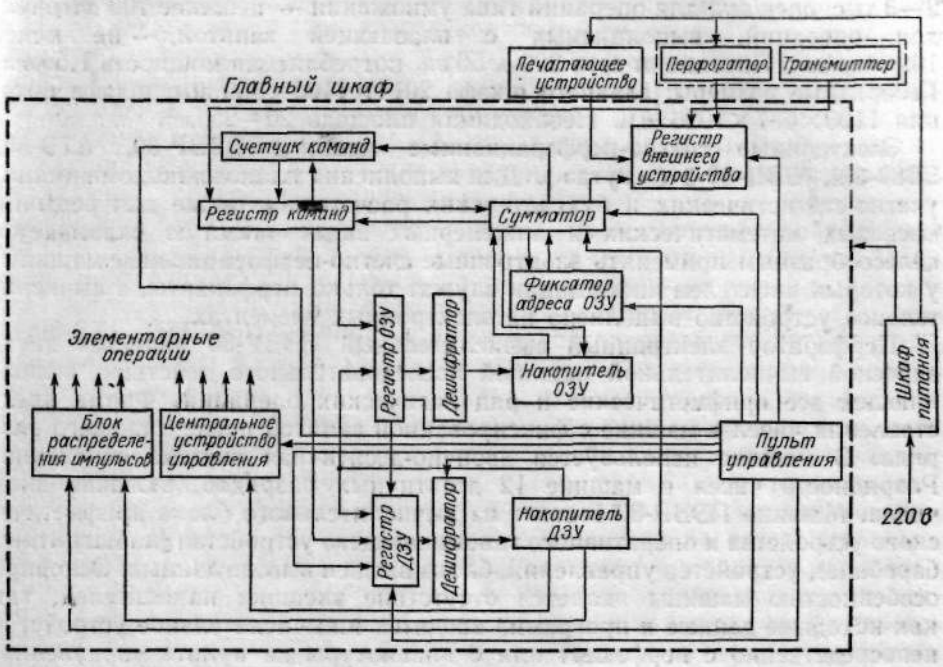


Рис. XVI.19. Блок-схема малогабаритной универсальной цифровой вычислительной машины с автоматическим программированием «Наири»

ОЗУ состоит из 8 кассет по 128 ячеек. Емкость ОЗУ 1024 36-разрядных двоичных чисел и 5 фиксированных адресов. При чтении информации из какой-либо ячейки ОЗУ (кроме фиксированных) содержимое ячейки стирается и автоматически регенерируется. При чтении из фиксированных ячеек информация стирается, время обращения к ОЗУ 24 *мксек*.

Внешнее устройство, предназначенное для ввода информации в машину и вывода результатов вычислений, состоит из печатающего устройства РТА-50-2М, ленточного перфоратора и трансмиттера СТ-2М. Местное управление внешнего устройства состоит из регистра, общего для всех аппаратов, и схемы управления. Скорость работы аппаратов внешнего устройства 6 *симв/сек*. Внешнее устройство при выборе соответствующего режима может работать независимо от машины и выполнять печать, перфорацию без печати или совместно с ней, дублирование перфолент и печать с перфоленты. Пульт управления состоит из панели сигнализации и панели управления.

Машина «Наири» двухадресная, программно-управляемая, с естественным порядком выполнения команд, система счисления двоичная. Форма представления чисел с фиксированной запятой, операции над числами с плавающей запятой выполняются по специальной подпрограмме.

Операции арифметического устройства, все передачи, запись в ОЗУ и выдача кодов из запоминающих устройств производятся параллельным способом. Информация может вводиться в машину с печатающего устройства или с перфорированной бумажной ленты с помощью трансмиттера в буквенно-цифровой двоично-кодированной системе. Вывод результатов производится на печать или перфорацию в виде букв и десятичных чисел. Скорость вычислений с фиксированной запятой: для операций типа сложения — 2—3 тыс. *опер/сек*; для операций типа умножения — не менее 100 *опер/сек*; для операций, выполняемых с плавающей запятой, — не менее 100 *опер/сек*. Питание от сети 220 *в*, 50 *гц*, потребляемая мощность 1,5 *квт*. Габаритные размеры: главного шкафа 2014×1100×960 *мм*, шкафа питания 1100×657×1026 *мм*. Необходимая площадь 20—25 $м^2$.

Электронные счетно-перфорационные машины ПЭВР-80, АТЭ-80, ЭВ80-3М, ЭВП-80-2 («Рута»). Для выполнения планово-экономических, учетно-статистических и бухгалтерских расчетов, а также для решения массовых математических и инженерных задач зачастую оказывается целесообразным применять электронные счетно-перфорационные машины, у которых носителем информации служат только перфокарты, а вычислительное устройство выполнено на электронных элементах.

Перфоратор электронный вычислительный ПЭВР-80 является двухадресной вычислительной машиной последовательного действия, выполняющей все арифметические и ряд логических операций. Форма представления чисел в машине с фиксированной запятой после младшего разряда. В машине используется двоично-десятичная система счисления. Разрядность чисел в машине 12 десятичных разрядов, включая знак числа. Машина ПЭВР-80 состоит из вычислительного блока арифметического устройства и оперативного запоминающего устройства (на магнитном барабане), устройства управления, блока ввода и вывода данных. Основной особенностью машины является отсутствие внешних накопителей, так как исходные данные и программа вводятся в вычислительное устройство непосредственно с перфокарт или с клавиатуры на пульте управления, а полученные результаты вычислений также выводятся на перфокарты.

Так как вся память машины ограничена емкостью ОЗУ, которая состоит из 1024 ячеек, рассчитанных на хранение 12-разрядных десятичных чисел, понятно, что программа машины может быть составлена для сравнительно простых расчетов. Отсутствие внешних накопителей существенно упростило движение информации в машине и позволило разместить основные регистры арифметического устройства в виде циркулирующих дорожек на магнитном барабане ОЗУ. Кроме того, упростились функции устройства управления, которое фактически выполняет только функции устройства местного управления вычислительным блоком.

С перфокарт может вводиться в машину как цифровая, так и буквенная информация. Скорость ввода закодированной информации с 80-колонных перфокарт — 120 *карт/мин*. Цифровая информация на перфокартах выполняется в виде одиночных пробивок, а буквенная — в виде двойных пробивок.

Устройство ввода и вывода состоит из двух механизмов (левого и правого). Через каждый механизм в арифметическое устройство может быть введено 48 десятичных разрядов (включая 24 разряда на ввод различных признаков и команд) или 24 буквенных знака. Информация считывается с перфокарт в каждом механизме двумя щеточными блоками поочередно (второй щеточный блок осуществляет контроль правильности принятых данных) и через входную матрицу (где происходит преобразование инфор-

мации) подается в запоминающее, а затем в арифметическое устройство машины. При необходимости информацию можно вводить непосредственно в арифметическое устройство. Исходные данные могут восприниматься с любого механизма или с обоих одновременно.

После обработки информации в арифметическом блоке полученные результаты проходят выходную матрицу и набиваются на перфокарте. В каждом механизме блока ввода—вывода имеется третий щеточный блок. В левом механизме он служит для контроля перфорации, а в правом — для репродукции. Скорость вывода информации из машины 120 *карт/мин*. Скорость выполнения операций сложения и вычитания 1,5 *мсек*, умножения и давления 40—45 *мсек*. Время обращения к ОЗУ 20 *мсек*. Количество выполняемых машиной команд — 15 основных и 75 служебных.

Машина выполняет следующие операции: арифметические, логические (округление, сравнение, условный переход), служебные (управление картоходом, печатью, прекращение вычислений). Потребляемая машиной ПЭВР-80 мощностью 8 *кв·а*. Питание от сети 380/220 *в*, 50 *гц*. Площадь, необходимая для размещения машины и блока питания, 75 $м^2$ (без учета площади, необходимой для размещения вспомогательных устройств). Машина ПЭВР-80 является одной из модификаций агрегатированной машины АТЭ-80. Различные модификации этой машины характеризуются наличием или отсутствием дополнительных устройств — вводнопечатающего алфавитно-цифрового блока с двумя вводами для перфокарт ТЭ-80, итогового перфоратора ПИ-80 и блока автоматической перфорации ПЭР-80. Вводный печатающий блок ТЭ-80 обеспечивает скорость ввода информации 300—600 *карт/мин*, а блок автоматической перфорации 120—140 *карт/мин*. Вывод информации на печать производится со скоростью 300 *стр/мин* (при длине строки 96 знаков), а на перфорацию — со скоростью 120 *карт/мин*. Остальные характеристики блоков машины АТЭ-80 (блока питания, вычислительного блока, оперативного запоминающего устройства, устройства управления и коммутирующего устройства) аналогичны машине ПЭВР-80.

Основные элементы машины имеют следующие габаритные размеры (в *мм*):

Арифметическое устройство	1360×840×1924
Запоминающее устройство	1360×840×1770
Соединительное устройство	800×550×817
Печатающее устройство	1640×670×1326
Перфоратор ПЭР-80	1620×650×1315
Перфоратор ПИ80—М2	760×470×1110
Преобразователь АЛА-7М-08	755×450×340
Настенный щит питания	700×900×214

Цифровая вычислительная машина ЭВ80-3М состоит из двух независимых агрегатов: электронного вычислителя ЭВ80-1М и устройства ввода—вывода (перфоратора) ПЭ80-3. Машина ЭВ80-3М — параллельного действия. Она предназначена для решения экономических задач, имеющих много исходных данных (учетных, статистических, плановых), а также для математических задач, решаемых по несложным алгоритмам.

Перфораторная приставка ПЭ80-3 является электромеханическим устройством, которое состоит из двух механизмов ввода данных и одного универсального механизма, служащего как для ввода информации, так и для перфорации результатов. ПЭ80-3 может также работать как репродукционный перфоратор.

Система счисления в устройстве ввода—вывода и в арифметическом устройстве машины ЭВ80-3М десятичная. Только для чисел, хранящихся

в регистрах, система счисления двоично-десятичная. Форма представления чисел с фиксированной запятой после младшего разряда. Разрядность чисел 8 десятичных разрядов.

Принцип работы основных устройств машины параллельно-последовательный, с фиксированной длительностью рабочего цикла. Емкость программы на коммутационной доске 32 команды. Количество видов выполняемых операций 24. Машина выполняет следующие операции: арифметические (сложение, вычитание, умножение, деление, вычисление значений табличных функций, решение систем алгебраических уравнений); логические (округление, сравнение, условный переход); вспомогательные (передача числа, сдвиг чисел и др.).

Оперативная память выполнена на регистрах, общая емкость которых 48 десятичных разрядов; внешняя память — на перфокартах. Ввод и вывод данных производится с 80-колонных перфокарт. Скорость ввода и вывода информации 100 *карт/мин*. При прохождении карт через механизм ввода щетки прощупывают пробивки на перфокартах и закодированные числа поступают в регистры электронного вычислителя.

В машине принята последовательная работа перфоратора и электронного вычислителя. Во время ввода и вывода информации управление машиной осуществляется от перфоратора. Устройство управления электронного вычислителя автоматически включается только при выполнении вычислительных операций.

Время выполнения операций: сложения и вычитания 0,5 *мсек*; умножения и деления 40—45 *мсек*.

В машине ЭВ80-3М можно решать задачи (не разбивая их на части), содержащие не более 32 команд. Более сложные задачи приходится решать по частям. Машина питается от сети 380/220 или 220/127 *в*, 50 *гц*; мощность, потребляемая вычислителем, 7,5 *кв·а*, перфоратором 1,2 *кв·а*. Габаритные размеры вычислителя 1745×760×1570 *мм*, перфоратора 1325×648× ×1560 *мм*. Необходимая площадь помещения для установки машины 20—25 $м^2$ (без учета размещения вспомогательных устройств).

Электронный вычислитель ЭВП-80-2 («Рута») предназначен для обработки информации, воспринимаемой с 80-колонных перфокарт. Машина выполняет арифметические, логические и вспомогательные операции. Система команд одноадресная. Число команд в машине 36. Форма представления чисел с фиксированной запятой. Система счисления при вводе и выводе десятичная, а в вычислительном блоке двоично-десятичная.

Время выполнения операций: сложения и вычитания 0,4 *мсек*, умножения 11 *мсек*, деления 21 *мсек*, сдвига 0,4 *мсек* на один разряд.

Оперативная память вычислителя выполнена на 13 регистрах. Общая емкость регистра 58 десятичных разрядов. Максимальная длина слова, хранимого в оперативной памяти, 8 разрядов, при выводе на перфорацию — 9 разрядов. Ввод чисел в оперативную память и вывод на перфорацию параллельный. Скорость вывода вычислений 120 *карт/мин*. Питание машины от сети 380/220 *в*, 50 *гц*; потребляемая мощность 1,3 *кв·а*. Габаритные размеры машины 1208×1190×440 *мм*.

ГЛАВА XVII

ВНЕШНИЕ УСТРОЙСТВА ЭЦВМ — УСТРОЙСТВА ПОДГОТОВКИ, ПРЕОБРАЗОВАНИЯ И ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ

§ 1. УСТРОЙСТВА ПОДГОТОВКИ И ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ИНФОРМАЦИИ

1. Перфораторы

Двухпериодный цифровой перфоратор ПД45-2. Перфоратор (табл. XVII.1) предназначен для пробивки перфокарт в цифровом десятичном коде в соответствии с данными первичных документов и для автоматической перфорации серии перфокарт с одинаковым набором.

Перфоратор позволяет производить: набор данных вручную по всем 45 колонкам с последующей перфорацией и автоматическим гашением набора; пропуск (однократный или многократный) одной или нескольких колонок без набора; набор с последующей перфорацией в одной колонке любой цифровой позиции одновременно с 11 или 12-й позицией; перфорацию серии карт без гашения набора с автоматическим остановом машины при опустошении магазина перфокарт или отсутствии перфокарт на матрице механизма; закрепление постоянных признаков на любых колонках; автоматический пуск машины от упора автопуска, установленного на колонке, соответствующего окончанию набора; выключение автоматического возврата каретки и гашение набора при отсутствии перфокарт на матрице; подсчет перфокарт, прошедших через машину.

Одноперiодный цифровой 80-колонный перфоратор П80-6. Перфоратор (табл. XVII.1) предназначен для пробивки перфокарт в цифровом десятичном коде с первичных документов и для автоматической пробивки с карты-шаблона путем дублирования. Перфораторы П80-6 отличаются от однотипных перфораторов П80-5 тем, что имеют помехоподавляющие устройства для снижения помех радиоприема и телевидения, возникающих при работе перфораторов. Перфораторы позволяют производить: поочередную перфорацию колонок карты или перфорацию с однократным и многократным пропуском пробивок; перфорацию в одной колонке любой цифровой пробивки в сочетании с надсечкой в 11 или 12-й позиции; автоматическую перфорацию комплекта перфокарт с карты-шаблона; автоматический подсчет перфокарт, пропущенных через машину. В перфоратор входят узел подачи и откладки перфокарт, каретка, пружинный двигатель, механизм перфорации, узел транспорта, механизм многократного и полного пропуска, привод, клавиатура, панель выключателей, механизм дублирования.

Таблица XVII.1

Технические характеристики перфораторов карт

Наименование	Тип	Производительность		Емкость по количеству карт		Потребляемая мощность в *вт*	Габаритные размеры в *мм*	Изготовитель
		удар/сек	*карт/мин*	кармана	магазина			
Двухпериодный цифровой перфоратор	ПД45-2	8	—	350	350	300	980× ×850× ×980	Завод точной электромеханики, Пенза
Одноперйодный цифровой перфоратор	П80-6	12	—	300	300	100	1160× ×685× ×920	
Алфавитно-цифровой перфоратор	ПА80-2	14	—	300	300	120	1225× ×750× ×1000	
Позиционный итогово-дублирующий перфоратор	ПИ45-1 ПИ80-1	—	120	2×700	750	300	760× ×470× ×1140	Вильнюсский завод счетных машин
Итоговый позиционный перфоратор	ПИ80-М2		120	700	700	300—400	760× ×470× ×1140	
Перфоратор-репродуктор	ПР45-2 ПР80-2	—	100	4×700	2×700	1300	1200× ×450× ×1240	
Перфоратор считывающий	ПС45 ПС80	—	120	2×700	700	300—400	760× ×470× ×1140	

Примечания:

1. В обозначениях перфораторов две цифры после букв указывают колонность, что соответствует емкости обрабатываемых перфокарт по ГОСТу 6198—64.
2. Питание электроаппаратуры перфораторов типа ПИ и ПС осуществляется от агрегатируемых машин; при самостоятельной работе перфораторы должны быть подключены к источнику постоянного тока напряжением 110 *в*. Питание остальных типов перфораторов от сети 380/220 *в*, 50 *гц*.

Электрифицированная клавиатура имеет десять цифровых клавиш 0—9, две клавиши надсечек 11 и 12-й позиций и три клавиши управления («пуск», «полный пропуск», «однократный пропуск»). Пробивные соленоиды, которые производят перфорацию карт, включаются от клавиатуры при работе вручную или автоматически при работе с картой-шаблоном.

На рис. XVII.1 приведена принципиальная конструктивная схема перфоратора П80-6. Обороты электродвигателя *47* червячным редуктором *48* снижаются и передаются механизмам перфоратора через электромагнитную муфту *40*. На муфту насажены цилиндрические контактные кольца, к которым выведены концы обмотки управления. С помощью

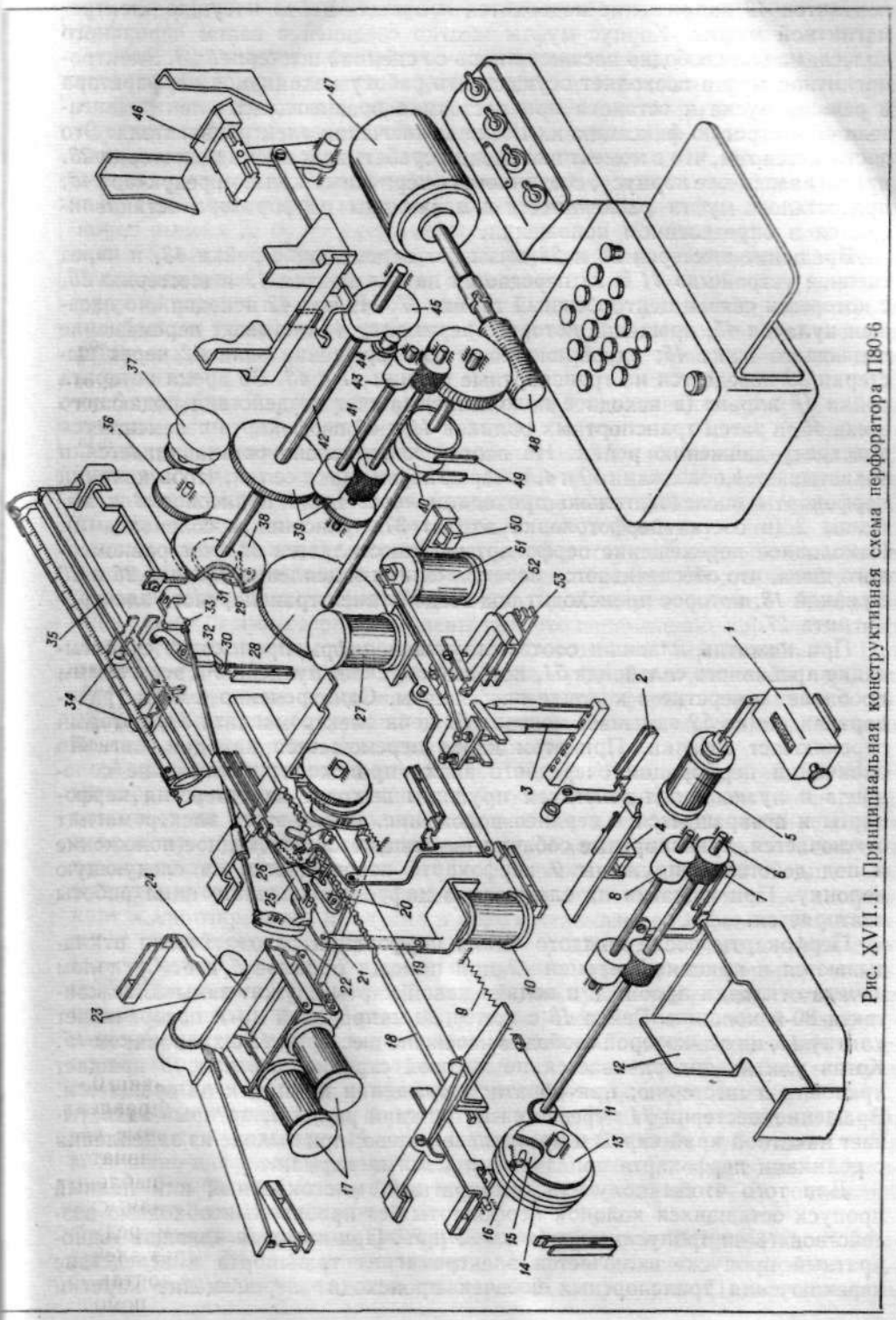


Рис. XVII.1. Принципиальная конструктивная схема перфоратора П80-6

контактов *49* напряжение подводится к вращающейся катушке электромагнитной муфты. Корпус муфты жестко соединен с валом червячного колеса, на вал свободно насажен якорь со сцепной шестерней *28*. Электромагнитная муфта позволяет осуществить работу механизмов перфоратора в режиме пуска и останова при постоянно вращающемся электродвигателе *47* и строгую фиксацию их после выключения электродвигателя. Это достигается тем, что в момент включения срабатывает муфта и шестерня *28*, притягиваясь к ее корпусу, соединяется с червячным колесом редуктора *48*; при останове муфта расцепляется и механизмы перфоратора останавливаются в определенном положении.

Вращение шестерен *28* и *38* вызывает перемещение рейки *18*, и через сцепное устройство *31* и *29* передается на вал подачи *42* и шестерню *36*, с которыми связан центробежный тормоз *37*. На вал *42* неподвижно насажен кулачок *45*, вращение которого через тягу *44* вызывает перемещение подающего ножа *46*; одновременно с этим вращение вала *42* через шестерни *39* передается на транспортные ролики *41* и *43*. Во время возврата рейки *18* вправо (в исходное положение) за счет воздействия подающего ножа *46*, а затем транспортных роликов *41* и *43* перфокарта перемещается навстречу движению рейки. На первой колонке она останавливается и захватывается поводками *50* и *4*, которые перемещают ее так, чтобы колонки перфокарты последовательно проходили через щель пуансонов *3* и матрицы *2* (в состав перфоголовки входит 37 пуансонов с соленоидами). Поколонное перемещение перфокарты осуществляется за счет равномерного шага, что обеспечивается переключением зацепления собачек *26* и *20* с рейкой *18*, которое происходит под воздействием транспортного электромагнита *27*.

При нажатии клавиши соответствующей цифры происходит срабатывание пробивного соленоида *51*, который опускает пуансон *3* и этим самым пробивает отверстие в колонке перфокарты. Одновременно с этим транспортная рамка *52* замыкает контакт *53* цепи электромагнита *51*, который переключает собачки. При этом карта перемещается на один шаг. По окончании перфорации очередного знака происходит отключение соленоида и пуансон под действием пружины выходит из отверстия перфокарты и возвращается в верхнее положение. После этого электромагнит отключается, транспортные собачки возвращаются в исходное положение и под действием пружины *9* перфокарта перемещается на следующую колонку. При нажатии на следующую цифровую клавишу цикл работы повторяется.

Перфокарты после каждого цикла перфорации автоматически откладываются в приемный карман *12* при помощи роликов *6* и *8*. Сигналом начала откладки пробитой и подачи новой карты служит замыкание контакта 80-й колонки. Рейка *18* с помощью капроновой нити поворачивает улитку *14*, на ось которой свободно насажена шестерня *13* с храповиком *15*. Когда улитка поворачивается по часовой стрелке, собачка *16* вращает храповик и шестерню; при обратном вращении храповик не вращается. Вращение шестерни *11* передается на нижний ролик *6*, который захватывает накатной край карты и протягивает влево; при выходе из зацепления с роликами перфокарта попадает в приемный карман.

Для того чтобы получить однократный, многократный или полный пропуск оставшихся колонок перфокарты без пробивок, необходимо воздействовать на пропускные собачки *26* и *20*. При нажатии клавиши «однократный пропуск» включается электромагнит транспорта и вследствие переключения транспортных собачек происходит перемещение каретки

с перфокартой на один шаг; при этом пробивка колонки не производится.

Многократный и полный пропуск осуществляется автоматически при соответствующей предварительной настройке перфоратора. В этом случае необходимо установить в определенное положение упоры *34* на гребенке *35*, которые при перфорации, взаимодействуя с рычагом *32* и контактом *30*, включают электромагнит многократного пропуска *10*. Последний при помощи рычагов *19*, *21* и *25* приподнимает собачку *26*, которая после отключения электромагнита останется в поднятом положении, так как левый конец рычага *25* будет удерживаться защелкой *22*. Благодаря этому пружина *9* будет свободно перемещать каретку влево; скорость движения ограничивается центробежным тормозом *37*. В конце поля пропуска упор *34* ударит по рычагу *33*, который через тягу повернет защелку *22*, освобождая пропускную собачку. Последняя, опускаясь, войдет в зацепление с храповой рейкой *18*, остановит карту, и пропуск чистого поля закончится.

Автоматическая перфорация постоянных признаков (дублирование) производится при восприятии пробивок с карты-шаблона посредством щеток, укрепленных на якоре электромагнита *24* и контактного валика *23*. Электромагнит имеет две катушки *17*. На щеткодержателях закреплены 12 щеток, каждая щетка соответствует определенной позиции перфокарты (0—12). В позициях, где карта-шаблон имеет пробивку, щетка, касаясь контактного валика, образует цепь соответствующего пробивного соленоида, в результате чего происходит перенос пробивок в соответствующие колонки и позиции перфорируемой карты. Кинематическая и электрическая схемы перфоратора выполнены так, что перемещение каретки на один шаг осуществляется одновременно с перемещением карты-шаблона. При наличии пробивки в карте-шаблоне на следующей колонке цикл перфорации автоматически повторяется. Подсчет отперфорированных карт осуществляет счетчик *1*, который срабатывает от соленоида *5* при замыкании контакта *7* во время откладки перфокарты.

Алфавитно-цифровой перфоратор ПА80-2. Это машина (табл. XVII.1) электромеханического принципа действия с релейным двигателем и запоминающим устройством, предназначенная для пробивки 80-колонных перфокарт в алфавитно-цифровом коде. Расширение эксплуатационных возможностей перфораторов ПА80-2 по сравнению с П80-6 выполнено в основном за счет изменения конструкции механизмов транспорта перфокарт и многократного пропуска и новых механизмов: алфавитной клавиатуры, линейного коммутатора и релейного запоминающего устройства. На перфораторе ПА80-2 можно выполнять: ручную перфорацию чисел, букв и условных обозначений; автоматическую перфорацию постоянных признаков по 10 знаков каждый (буквы, цифры или условные обозначения); независимое гашение и набор постоянных признаков разных степеней; исправление неправильного набора в пределах последних четырех знаков набора; подсчет перфокарт, пропущенных через машину.

Цифровая клавиатура перфоратора имеет 10 цифровых клавиш (0—9), две клавиши надсечек 11 и 12-й позиций и 7 клавиш управления. На алфавитно-цифровой клавиатуре имеются 32 клавиши с русским алфавитом и 10 цифровых клавиш, из которых шесть клавиш (4—9) совмещены со специальными знаками.

Позиционный итогово-дублирующий перфоратор ПИ80(45)-1. Перфоратор (табл. XVII.1) предназначен для автоматического нанесения пробивок на 80 или 45-колонные стандартные перфокарты. Промышленность

выпускает две разновидности перфораторов: ПИ80-1 для перфорации 80-колонных карт и ПИ45-1 для перфорации 45-колонных карт. Эксплуатационные возможности их одинаковы. На этих перфораторах карты пробиваются по позициям. Каждая позиция перфорируется одновременно по всем колонкам карты.

Перфораторы могут выполнять следующие виды работ: автоматическое односерийное дублирование — получение любого количества копий с одной карты-шаблона; автоматическое многократное дублирование — получение любого количества копий с нескольких карт-шаблонов, заложенных в общий массив чистых карт; при совместной работе с табулятором итоговую перфорацию — автоматическую пробивку итоговых данных, накопленных на счетчиках табулятров Т-5, Т-5М, Т-5МУ, ТА80-1. Перфораторы могут управляться также автоматически от надсечек, пробитых на перфокартах.

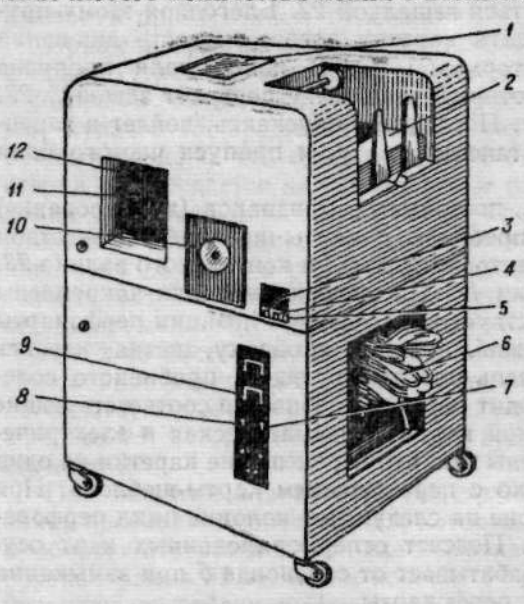


Рис. XVII.2. Позиционный итогово-дублирующий перфоратор ПИ80 (45)-1

На рис. XVII.2 приведен внешний вид перфоратора ПИ80 (45)-1. Столик *1* служит для укладки перфокарт. Перфокарты помещаются в магазин *2* подающего механизма. Программа перфорации коммутируется шнурами на вкладыше *6* коммутационной доски. Отперфорированные карты укладываются в приемные карманы *11* и *12*, а отходы от пробивок скапливаются в специальном ящике *10*. Пуск перфоратора осуществляется кнопками *3* и *4*; левая кнопка *3* «пуск I» предназначена для пуска машины без выключения из работы пробивных электромагнитов; пуск с выключением из работы пробивных электромагнитов осуществляется кнопкой *4* «пуск II». Кнопка *5* служит для остановки машины. Выключатель итоговой перфорации *9* включается только при совместной работе перфоратора с табулятором. Универсальный переключатель *8* служит для перестройки коммутационной работы машины. Выключатель «контроль надсечки» *7* используется при многосерийной перфорации, когда необходимо проконтролировать восприятие машинной надсечки с перфокарты.

Итоговый позиционный перфоратор ПИ80-М2. Перфоратор (табл. XVII.1) предназначен для автоматического нанесения пробивок на 80-колонные стандартные перфокарты. Принцип его работы и основные технические характеристики соответствуют перфоратору ПИ80 (45)-1. Агрегатирование перфоратора ПИ80-2М со счетно-перфорационными и электронными машинами, устройствами перезаписи информации с одного вида носителя на другой расширяет область применения перфорационной техники для комплексной механизации и автоматизации управленческих работ на промышленных предприятиях.

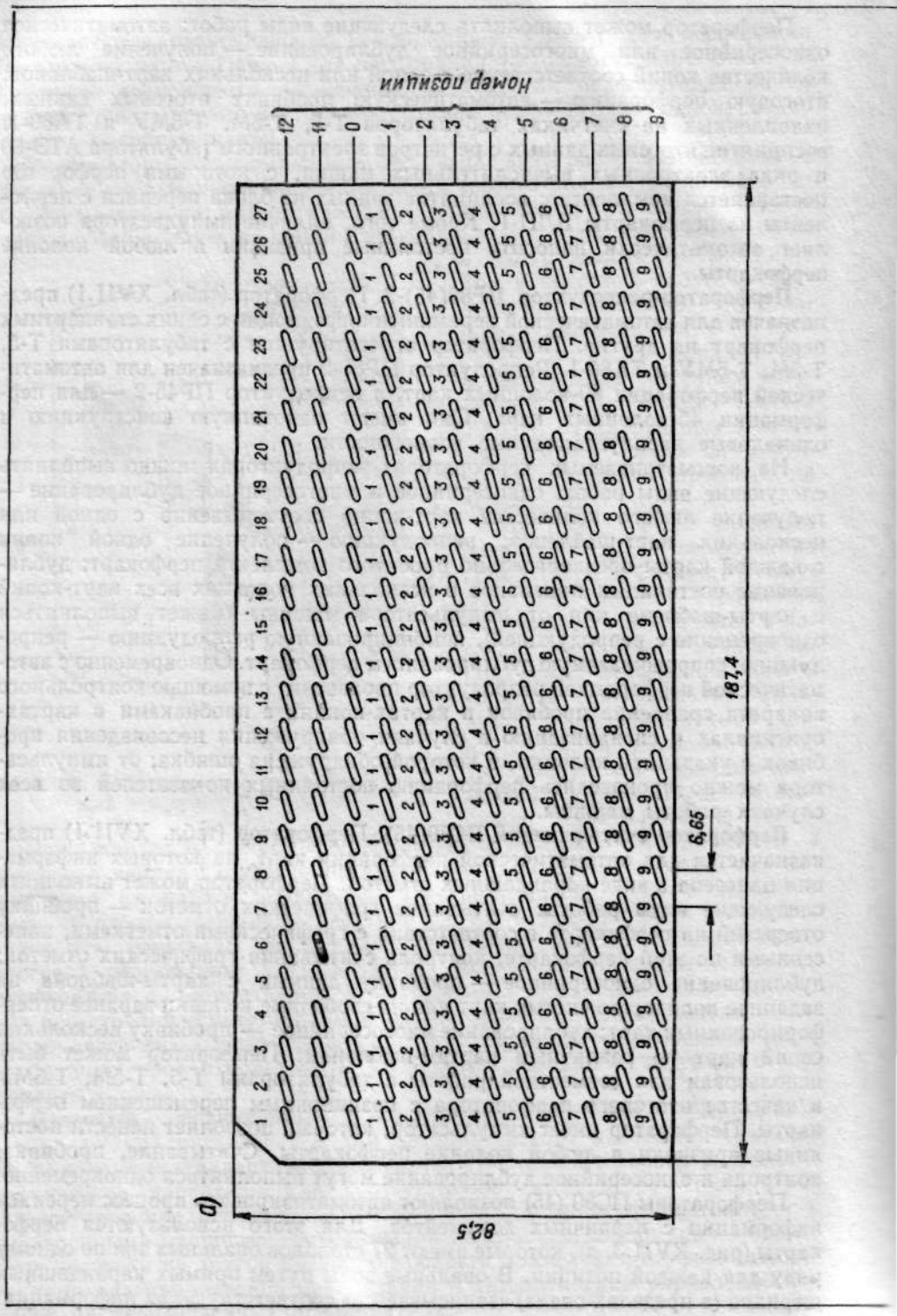
Перфоратор может выполнять следующие виды работ: автоматическое односерийное или многосерийное дублирование — получение любого количества копий соответственно с одной или нескольких карт-шаблонов; итоговую перфорацию — автоматическую пробивку итоговых данных, накопленных на счетчиках табуляторов Т-5, Т-5М, Т-5МУ и ТА80-1; восприятие итоговых данных с регистров электронного табулятора АТЭ-80 и ряда электронных вычислительных машин, с которыми перфоратор поставляется комплектно; восприятие данных из блока переписи с перфоленты на перфокарты БЛП-1. Кроме того, наличие импульсатора позволяет автоматически наносить постоянные признаки в любой колонке перфокарты.

Перфоратор-репродуктор ПР80(45)-2. Перфоратор (табл. XVII.1) предназначен для автоматической перезаписи информации с одних стандартных перфокарт на другие. Перфоратор агрегатируется с табуляторами Т-5, Т-5М, Т-5МУ и ТА80-1. Репродуктор ПР80-2 предназначен для автоматической перфорации 80-колонных карт, а репродуктор ПР45-2 — для перформации 45-колонных карт. Они имеют однотипную конструкцию и одинаковые эксплуатационные возможности.

На рассматриваемых перфораторах-репродукторах можно выполнять следующие виды работ: односерийное и многосерийное дублирование — получение любого количества карт-копий соответственно с одной или нескольких карт-шаблонов; репродукцию — получение одной копии с каждой карты предварительно пробитого комплекта перфокарт; дублирование постоянных признаков в нескольких колонках всех карт-копий с карты-шаблона или от импульсатора машины (может выполняться одновременно с репродукцией), комбинированную репродукцию — репродукцию, сопровождаемую дублированием перфокарт. Одновременно с автоматической перфорацией репродуктор производит с помощью контрольного аппарата сравнение пробивок в картах-копиях с пробивками в картах-оригиналах и сигнализацию в случаях обнаружения несовпадения пробивок с указанием колонки, в которой обнаружена ошибка; от импульсатора можно производить перфорацию постоянных показателей во всех случаях работы машины.

Перфоратор считывающий ПС80(45). Перфоратор (табл. XVII.1) предназначается для автоматической перфорации карт, на которых информация нанесена в виде карандашных отметок. Перфоратор может выполнять следующие виды работы: считывание графических отметок — пробивку отверстий на перфокарте в соответствии с графическими отметками, нанесенными на этой перфокарте; контроль считывания графических отметок; дублирование односерийное — пробивку данных с карты-шаблона на заданное количество чистых карт или на свободные колонки заранее отперфорированных карт; дублирование многосерийное — пробивку нескольких серий карт по различным картам-шаблонам. Перфоратор может быть использован для совместной работы с табуляторами Т-5, Т-5М, Т-5МУ в качестве итогового перфоратора с позиционным перемещением перфокарты. Перфоратор имеет импульсатор, который позволяет нанести постоянные признаки в любой колонке перфокарты. Считывание, пробивка, контроль и односерийное дублирование могут выполняться одновременно.

Перфораторы ПС80 (45) позволяют автоматизировать процесс переписи информации с первичных документов. Для этого используются перфокарты (рис. XVII.3, *а*), которые имеют 27 столбцов овальных зон по одному ряду для каждой позиции. В овальные зоны путем прямых карандашных штрихов (в пределах овала) «записывается» соответствующая информация.


Номер позиции
12
11
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
187,4
6,65
82,5
а)

б)

Макет	месяц		Цех-участок	Шифр детали	Цена: материала	Цена: обработки	количество	Стоимость: материала	Стоимость: обработки		Количество
1 2	4	6	8 10	12 14 16 18	20 22 24 26	28 30 32 34	36 38	40 42 44 46	48 50 52 54	56 58 60 62 64 66	68 72 76 78 80
0 0	0 0	0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0		
1 1	1 1	1 1 1	1 1 1 1	1 1 1 1 1 1 1 1	1 1 1 1 1 1 1 1	1 1 1 1 1 1 1 1	1 1 1 1	1 1 1 1 1 1 1 1	1 1 1 1 1 1 1 1		1 1 1 1
2 2	2 2	2 2 2	2 2 2 2	2 2 2 2 2 2 2 2	2 2 2 2 2 2 2 2	2 2 2 2 2 2 2 2	2 2 2 2				2 2 2 2
3 3	3 3	3 3 3	3 3 3 3	3 3 3 3 3 3 3 3	3 3 3 3 3 3 3 3	3 3 3 3 3 3 3 3	3 3 3 3				3 3 3 3
4 4	4 4	4 4 4	4 4 4 4	4 4 4 4 4 4 4 4	4 4 4 4 4 4 4 4	4 4 4 4 4 4 4 4	4 4 4 4	Мастер:			4 4 4 4
5 5	5 5	5 5 5	5 5 5 5	5 5 5 5 5 5 5 5	5 5 5 5 5 5 5 5	5 5 5 5 5 5 5 5	5 5 5 5	Экономист:			5 5 5 5
6 6	6 6	6 6 6	6 6 6 6	6 6 6 6 6 6 6 6	6 6 6 6 6 6 6 6	6 6 6 6 6 6 6 6	6 6 6 6				6 6 6 6
7 7	7 7	7 7 7	7 7 7 7	7 7 7 7 7 7 7 7	7 7 7 7 7 7 7 7	7 7 7 7 7 7 7 7	7 7 7 7				7 7 7 7
8 8	8 8	8 8 8	8 8 8 8	8 8 8 8 8 8 8 8	8 8 8 8 8 8 8 8	8 8 8 8 8 8 8 8	8 8 8 8	8 8 8 8 8 8 8 8	8 8 8 8 8 8 8 8		8 8 8 8
1 2	4	6	8 10	12 14 16 18	20 22 24 26	28 30 32 34	36 38	40 42 44 46	48 50 52 54		
9 9	9 9	9 9 9	9 9 9 9	9 9 9 9 9 9 9 9	9 9 9 9 9 9 9 9	9 9 9 9 9 9 9 9	9 9 9 9	9 9 9 9 9 9 9 9	9 9 9 9 9 9 9 9		9 9 9 9

Рис. XVII.3. Перфокарты, обрабатываемые ПС80: *а* — перфокарта 80-колонная для графических отметок; *б* — макет перфокарт по учету незавершенного производства

Это позволяет использовать перфокарту в качестве первичного документа.

На рис. XVII.3, *б* в качестве примера приведен макет перфокарт по учету незавершенного производства. Для нанесения графических отметок на обычные перфокарты применяются специальные шаблоны с овальными отверстиями. На практике такие шаблоны изготовляются в соответствии с принятым макетом и строго по размерам овалов перфокарт для графических отметок.

Перфоратор ПС80 может считывать информацию в виде графических отметок не более чем по 27 десятичным разрядам одновременно и перфорировать ее в любых 27 колонках перфокарты.

2. Контрольники

Цифровые контрольники К80-6 и К45-6. Контрольники предназначены для проверки правильности перфорации 80 и 45-колонных перфокарт. Контрольники позволяют выполнять: полный контроль перфорации перфокарт в соответствии с данными первичных документов; контроль чистых полей перфокарт; пропуск перфокарт без контроля на несколько колонок (многократный пропуск); пропуск перфокарт с контролем на одну колонку; автоматическую отметку проконтролированных колонок перфокарты; автоматическую отметку годных перфокарт; подсчет пропущенных через контрольник перфокарт; автоматическую раскладку годных и бракованных карт.

Принципиальная конструктивная схема контрольников К80-6 и К45-6 отличается от аналогичной схемы перфоратора П80-6 (см. рис. XVII.1) тем, что у контрольников механизм перфорации заменен щеточным механизмом восприятия пробивок, имеются механизмы отметок проконтролированных колонок и перфокарт и сортировальный механизм. Емкость кармана брака — 30 карт. Остальные технические данные такие же, как и у П80-6 (см. табл. XVII.1).

Алфавитно-цифровой контрольник КА80-2. Аппарат предназначен для выявления ошибок, допущенных при перфорации 80-колонных перфокарт. Пробивки перфокарт могут быть в алфавитном коде, принятом для счетно-перфорационных машин, а также в любом коде при любом сочетании пробивок в одной колонке. Контрольник обеспечивает автоматический контроль чистых полей карт и отдельных колонок, а также пропуск полей карты без контроля. Автоматизированы вспомогательные операции: подача и откладка карт; отметка высечкой проверенных карт, не имеющих ошибок; отделение годных карт от карт с ошибками; отметка каждой проконтролированной колонки выдавкой; подсчет пропущенных через контрольник перфокарт. Емкость кармана брака — 30 карт. Остальные данные такие же, как у ПА80-2 (см. табл. XVII.1). Конструкция контрольника в значительной степени аналогична конструкции алфавитно-цифрового перфоратора ПА80-2.

3. Сортировки

Сортировки С80-5М и С45-5М. Сортировки предназначены для распределения отперфорированных перфокарт по группам в соответствии с признаковыми данными. Сортировки могут выполнять: а) нормальное сортирование — группировку карт по одноименным признакам заданной колонки; б) выборочное сортирование — отбор перфокарт по заданной

колонке в запасной карман с любыми предварительно выбранными признаками при нормальном сортировании по остальным признакам; в) сортирование с объединением групп — объединение по заданной колонке в одну или несколько групп перфокарт с определенными, но рядом лежащими для каждой группы карт признаками при нормальном сортировании по остальным признакам; г) отбор по признаку предыдущей перфокарты — карты без надсечек в данной колонке и следующая за ними первая карта с надсечкой отбираются в одну группу, все остальные карты с надсечками — в другую; д) отбор по многозначному признаку — отбор перфокарт с любым многозначным признаком (в пределах 12 знаков) при сохранении имеющегося порядка расположения перфокарт; е) подсчет пропущенных через сортировку перфокарт с учетом общих и частных итогов.

В сортировки входят механизм транспорта, сортировальный механизм, механизм восприятия, механизм подачи, коммутатор, панель набора, панель электроаппаратуры, привод, устройство автоостанова, счетчики, блок кулачковых контактов и токопрерывателя.

На рис. XVII.4 (см. вкладку в конце книги) показана принципиальная кинематическая схема сортировки. Равномерную подачу перфокарт из механизма питания под ролики механизма транспорта обеспечивает механизм подачи. Два подающих ножа *49*, установленных на ползунах *48*, получают возвратно-поступательное движение при помощи рычагов *52* от кривошипно-шатунного механизма, который состоит из шатуна *51*, коленчатого вала *50*, червячной шестерни *45*, червяка *44* и главного вала *43*. Главный вал получает вращение от привода сортировки. При движении ползуна влево подающие ножи отсекают нижнюю перфокарту и подают ее через карточную щель, образованную направляющими *47*, под ролики механизма транспорта, имеющего 15 пар роликов *30*, которые получают вращение от главного вала. Червячные шестерни *41*, насаженные на ведущие оси первой и третьей пары роликов, обеспечивают вращение роликов синхронно работе механизма подачи. Подача одной перфокарты происходит за один оборот роликов или цикл работы сортировки. На оси первой пары роликов закреплены коммутатор *53* и коническая шестерня привода счетчиков *17*. Коммутатор служит для выборочного сортирования с объединением групп и имеет 12 позиционных контактных сегментов (по числу позиций перфокарт), которые при помощи передвигающихся ползунков соединяются с контактным кольцом *54*. Коммутатор включен в цепь сортировального магнита при помощи питающих пластин *55* и *56*.

На ведущих осях остальных *17* пар роликов закреплены червячные шестерни *7*. Механизм воспринимает пробивки в определенных колонках перфокарт методом прощупывания; он состоит из контактного валика *32*, закрепленного при помощи изоляционных втулок *29* на оси *31*. Контактный валик через червячную шестерню соединен с главным валом машины. Ток к контактному валику подводится металлической щеткой *28*. С поверхностью контактного валика соприкасается сортировальная щетка *37*, осуществляющая восприятие пробивок в перфокартах, которые посредством роликов транспортного механизма перемещаются между щеткой и контактным валиком механизма восприятия. Скользящий контакт *36* щеткодержателя соприкасается с контактной пластиной *34*, которая связана с электрическими цепями машины. Фиксация колодки со щеткодержателем на определенной колонке достигается с помощью рейки *33*, в которую входит зуб *39* колодки *35*. Колодка со щеткодержателем перемещается вручную. При отборе по многозначному признаку сортировальную щетку заменяют блоком щеток *16*, который состоит из двенадцати

щеток *15* и питается через гибкий 12-жильный кабель. Шкала *42* и указатель *46* служат для отсчета и указания колонки, на которой установлена первая щетка блока. Сортировальный механизм распределяет по приемным карманам перфокарты в соответствии с имеющимися в них пробивками.

Сортировка имеет 12 номерных приемных карманов соответственно позициям перфокарты и один запасной карман. Направление перфокарты в определенный карман обеспечивают сортировальные шины *22*. В исходном положении якорь сортировального магнита *25* удерживается в крайнем верхнем положении пружиной *27*. При этом рабочая поверхность якоря находится на одном уровне с направляющими пластинами *40*, которые служат опорой для перфокарты, проходящей через сортировальный механизм. При срабатывании сортировального магнита якорь притягивается к сердечникам *26* и рабочая плоскость вместе с направляющими язычками опускается ниже плоскости направляющих пластин. При этом, если под направляющими язычками проходит перфокарта, первый по ходу движения перфокарты опущенный язычок *38* направит перфокарту в соответствующий карман. Распределение перфокарт при выборочном сортировании и при сортировании с объединением групп зависит от положения ползунков коммутатора.

Панель набора предназначена для коммутации при отборе по многозначному признаку; она состоит из нижней панели, в которой имеется три ряда коммутационных гнезд, по 12 гнезд в каждом ряду. Первый ряд (строка) электрически соединен со щетками кольца токопрерывателя, второй ряд (колонка) и параллельно ему третий ряд соединены со щетками блока щеток. Набор многозначного признака, по которому сортировка будет отбирать перфокарты, производят соответствующей коммутацией гнезд первого и второго ряда панели посредством шнуров. Коммутационные гнезда первого ряда соответствуют позициям перфокарты. Коммутационные гнезда второго ряда соответствуют колонкам перфокарты. При этом каждое гнездо ряда соответствует определенной щетке.

Номера колонок, по которым необходимо отобрать многозначный признак, определяются установкой блока на соответствующие колонки перфокарты по указателю и шкале механизма восприятия. Блок кулачков и токопрерывателя предназначен для автоматического управления включением и выключением электроцепей машины согласно цикловой диаграмме. На кольце токопрерывателя *13* расположены 13 щеток, из которых 12 электрически связаны с коммутационными гнездами первого ряда панели набора и соответствуют 12 позициям перфокарты. 13-я щетка *14* расположена выше ряда 12 щеток и электроизоляционного сегмента бегунка токопрерывателя и является питающей щеткой бегунка. На валу блока кулачков и токопрерывателя неподвижно закреплены пять кулачков *9*, которые в соответствии с цикловой диаграммой обеспечивают замыкание контактов *12*, и указательный диск *10*, позиции которого соответствуют позициям перфокарты, проходящей под щеткой контактного валика.

Автоматическую остановку сортировки обеспечивает устройства автоостанова в следующих случаях: а) при опустошении магазина подачи; б) при нарушении правильной подачи и движения перфокарт в машине (замин перфокарт в карточной щели, в механизмах восприятия и транспорта, пробуксовывание перфокарт в первой и второй парах роликов механизма транспорта); в) при полном заполнении перфокартами одного или нескольких приемных карманов. В устройство автоостанова входят три контактные группы: *20*, *21*, *5*. Контактная группа *20* работает во взаимодействии с карточным рычагом *19*, подвижно закрепленным на

кронштейне *18*. При прохождении перфокарты под кронштейном карточный рычаг отжимается вниз, обеспечивая замыкание контакта. При прекращении подачи перфокарт или при нарушении интервала их движения карточный рычаг освобождается из-под перфокарты, контакт размыкается, разрывая цепь мотопривода, и сортировка останавливается. Контактная группа *21* работает во взаимодействии с рычагом *11*. При заполнении любого кармана перфокартами полка *1*, опускаясь вниз, давит на рычаг отключения, валик с рычагами *2* поворачивается и посредством кольца *23* и пружины *24* поворачивает рычаг *11*, который замыкает контакт *21*, включающий табуляторное реле. При этом размыкается цепь мотопривода и сортировка останавливается. Контакт *5* переключается при повреждении перфокарт в транспорте. При этом перфокарты деформируются и соприкасаются с оболочкой *8*, которая, перемещаясь по ходу движения перфокарт, посредством втулки *6* переключает контакт, находящийся в цепи магнитного пускателя. Магнитный пускатель обесточивается, и сортировка останавливается. Привод главного вала машины состоит из электродвигателя *3* и клиновидной ременной передачи. Двухступенчатый шкив *4* позволяет получить две скорости работы сортировки.

Технические характеристики сортировок приведены в табл. XVII.2. Указанная в таблице производительность сортировок типа С зависит от размеров применяемого шкива.

Таблица XVII.2

Технические характеристики сортировок

Наименование	*Тип*	Колонность (емкость перфокарт)	Производительность в *карт/мин*	Емкость—количество карт		Габаритные размеры в *мм*
				кармана	магазина	
Сортировка	С45-5М С80-5М	45 80	400—500	13×500	900	1580×420×1180
Сортировка электронная	СЭ80-3	45; 80	700	14×600	2000	1870×485×1350
Раскладочно-подборочная машина	РПМ 45-2М РПМ 80-2М	45 80	300	5×450	2×700	1130×487×1167

Примечания:
1. Позиционность СЭ80-3 и РПМ составляет 16 позиций, разрядность — 16 разрядов.
2. Питание от сети 220/380 *в*, 50 *гц*.
3. Изготовитель: Завод точной электромеханики, Пенза.

Сортировка электронная СЭ80-3. Сортировка (табл. XVII.2) предназначена для автоматического выполнения операций группировки, выборки и подборки 80-колонных перфокарт в соответствии с заложенной в них цифровой и текстовой информацией. Сортировка может применяться также для обработки 45-колонных перфокарт. Электрическая схема сортировки состоит из нескольких основных частей, предназначенных для выполнения логических операций: цифрового сортирования, отбора перфокарт по многозначному признаку и алфавитного сортирования.

При цифровом сортировании могут выполняться следующие операции: а) простое сортирование; б) выборочное сортирование; в) сортирование с объединением групп; г) сортирование с автоматическим контролем

правильности сортирования по предыдущей колонке; д) сортирование с отбором перфокарт по надсечкам, пробитым в одной колонке (необязательно в той, по которой производится сортирование); е) отбор по признаку предыдущей перфокарты; ж) совместное сортирование двух массивов перфокарт, пробитых по разным макетам.

В отбор перфокарт по многозначному признаку входят следующие операции: а) отбор перфокарт, имеющих многозначный признак, равный заданному числу; б) отбор перфокарт, имеющих многозначный признак больший, чем заданное число; в) отбор перфокарт, имеющих многозначный признак, лежащий в заданных пределах; г) отбор первых карт групп; д) отбор последних карт групп; е) проверка расположения перфокарт в порядке возрастания или убывания многозначного признака.

При алфавитном сортировании информация на перфокартах должна быть нанесена в алфавитно-цифровом коде. Одновременно с алфавитным сортированием другие виды работ производить нельзя. Сортировка может выполнять комбинированные операции — сортирование совместно с отбором по многозначному принципу.

Раскладочно-подборочные машины РПМ 80-2М и РПМ 45-2М. Машины (табл. XVII.2) предназначаются для обработки 80 и 45-колонных перфокарт. Они позволяют: а) объединить два массива перфокарт, расположенных в порядке возрастания или убывания признаков, в один массив, расположенный в таком же порядке; б) выделить из двух массивов перфокарт, расположенных в порядке возрастания или убывания признаков, первые перфокарты групп с объединением в один массив остальных карт; в) положить первые перфокарты групп одного массива, расположенного в порядке возрастания или убывания признаков, в другой массив, расположенный в том же порядке; г) отделить перфокарты, нарушающие возрастающую или убывающую последовательность признаков; д) отделить парные перфокарты от непарных из двух массивов, расположенных в порядке возрастания или убывания признаков; непарные перфокарты массивов можно объединить или разложить отдельно в два массива; е) объединить в один массив парные перфокарты двух массивов, расположенных в порядке возрастания или убывания признаков; ж) положить парные или непарные перфокарты первого массива, расположенного в порядке возрастания или убывания признаков, в другой массив, расположенный в том же порядке; з) отделить из двух массивов, рассортированных по группам признаков, первые перфокарты групп; оставшиеся перфокарты могут быть объединены или разложены в два массива; и объединить первые перфокарты групп двух массивов, расположенных в порядке возрастания или убывания признаков; к) объединить первые парные перфокарты групп двух массивов, расположенных в порядке возрастания или убывания признаков, в один массив; л) отделить перфокарты по заданному однозначному или многозначному признаку с заменой отобранных перфокарт сигнальными перфокартами, не имеющими пробивок; м) положить ранее отобранные перфокарты на место сигнальных.

Для выполнения указанных выше видов работ в машине заложен принцип сравнения однозначных или многозначных (до 16 разрядов) признаков, пробитых на обрабатываемых перфокартах.

4. Табуляторы

Табулятор Т-5М. Табулятор предназначен для суммирования и итогового сальдирования чисел, нанесенных в виде пробивок на 45 или 80-колонные перфокарты. Табулятор печатает эти же числа, а также признач-

ные обозначения и результаты подсчета на табуляграмме. Счет и печатание происходят независимо друг от друга.

Табулятор имеет восемь одиннадцатиразрядных счетчиков, работающих независимо друг от друга. В каждом счетчике можно производить сложение показателей, воспринятых с перфокарт, с получением итога подсчета по вертикальным колонкам, а также алгебраически суммировать по горизонтальным строкам (т. е. вводить в счетчик итоги как с положительным, так и с отрицательными знаками), перенося накопленные итоги из счетчика в счетчик. Можно также настроить табулятор для умножения, деления и извлечения квадратного корня. На табуляторе возможны два вида печати — итоговая (производительность 150 *ход/мин*) и подробная (производительность 100 *ход/мин*). При итоговой работе табулятор печатает справочные признаки и шифры качественных признаков только с первой перфокарты данной группы и итог по данной группе.

При подробной печати табулятор можно настроить таким образом, чтобы печатать шифры качественных признаков, справочные признаки и подсчитываемые показатели с каждой перфокарты данной группы или шифры качественных признаков и справочные показатели только с первой перфокарты данной группы, а подсчитываемые показатели — с каждой перфокарты. При этом табулятор накапливает, а затем в соответствии с настройкой печатает накопленные на счетчиках итоги по группам перфокарт. Печать можно выполнять с помощью двухцветной ленты; поэтому отрицательные данные и такие же итоги можно, например, печатать красным цветом, а положительные — черным. Различают три вида циклов работы табулятора: карточные, промежуточные и холостые ходы.

Во время карточных ходов происходят: а) подача перфокарт в воспринимающий механизм, восприятие показателей, построчная запись на табуляграмме справочных показателей и шифров качественных признаков (в зависимости от настройки только с первой перфокарты группы или с каждой перфокарты) и количественных данных, воспринимаемых с каждой перфокарты, с одновременным подсчетом и накоплением итогов в счетчиках; б) запись справочных показателей и шифров качественных признаков, воспринятых с первой перфокарты группы, и подсчет количественных данных каждой перфокарты группы без их записи на табуляграмме; в) автоматическое распределение между счетчиками отрицательных и положительных величин, входящего сальдо, дебетовых и кредитовых оборотов с подсчетом итогов в каждом счетчике; г) контроль совпадения признаков в определенных, установленных настройкой колонках перфокарт. Емкость печатающего механизма 83 знака в строке, ширина табуляграммы 420 *мм*.

На промежуточных ходах прекращается подача перфокарт и происходят: печатание итогов, образовавшихся в счетчиках до изменения шифров качественных признаков группы; гашение показаний счетчиков; алгебраическое суммирование по горизонтальным строкам путем переноса накопленных итогов из счетчика в счетчик; вычисление исходящего сальдо, умножение, деление и извлечение квадратного корня; подача бумаги на заданный интервал.

Всего в машине можно использовать до девяти промежуточных ходов. Предусмотрена возможность сократить количество промежуточных ходов, исключить любой из них или задержать его возникновение до определенного момента.

Переключение работы машины с карточных ходов на промежуточные, и наоборот, происходит автоматически.

Скорость табулятора при промежуточных ходах — 120 *ход/мин*. Холостые ходы используют для смены бланков, выравнивания рулонной бумаги, смены ленты и т. п.

Табулятор может работать совместно с подключенным к нему итоговым перфоратором. При этом на перфораторе можно автоматически пробивать перфокарты с сальдовыми и готовыми показателями. Для итоговой перфорации к табулятору Т-5М могут быть присоединены перфораторы ПИ80-1 или ПИ45-1, а также ПР80-2, ПР45-2 или ПС. При совместной работе с упомянутыми выше моделями перфораторов табулятор автоматически управляет итоговой перфорацией — пробивкой постоянных и переменных признаков, положительных и отрицательных итогов, сальдо и надсечек. Умножение и деление выполняются при совместной работе табулятора с электронной вычислительной приставкой ЭВП (в комплект табулятора не входит).

Для подсоединения указанных перфораторов и приставки табулятор оборудован восемью штепсельными разъемами по 20 каналов в каждом; всего 160 каналов, из которых 40 каналов — для итогового перфоратора. Питание от сети 380/220 *в*, 50 *гц*; потребляемая мощность 0,6 *квт*. Габаритные размеры 2300×800×1300 *мм*.

Алфавитно-цифровой табулятор ТА80-1. Табулятор предназначен для обработки цифровой и алфавитной (текстовой) информации, нанесенной в виде пробивок на 80-колонные перфокарты. Обработка цифровой и алфавитной информации сводится к алгебраическому суммированию чисел, воспринимаемых с перфокарт, алгебраическому суммированию полученных накоплений, печати чисел, текста и алфавитно-цифровых призначных обозначений, воспринимаемых с карт, и печати полученных накоплений по графам и строкам выходного документа. Производительность 100 *ход/мин*. Емкость печатающего механизма 96 знаков в строке, ширина табуляграммы 420 *мм*, емкость кармана 2×800, магазина 800. Общая счетная емкость 120 разрядов.

К табулятору могут быть присоединены итоговые перфораторы ПИ80, ПС80 или репродуктор для автоматической пробивки итоговых данных на перфокартах, а также электронно-вычислительная приставка ЭВП для производства действий умножения и деления (приставка в комплект табулятора не входит). Для подсоединения указанных перфораторов и приставки табулятор оборудован восемью штепсельными разъемами по 20 каналов в каждом; всего 160 каналов, из которых 40 каналов — для итогового перфоратора. Питание от сети 380/220 *в*, 50 *гц*; потребляемая мощность 1,5 *квт*. Габаритные размеры 1640×670×1300 *мм*.

Электронная вычислительная приставка ЭВП-1. Приставка ЭВП-1 представляет собой устройство, предназначенное для выполнения арифметических операций умножения и деления в процессе совместной работы с табулятором Т-5М или ТА80-1. Табуляторы производят ввод данных в ЭВП-1, прием полученных результатов и определяют вид и последовательность выполнения вычислительных операций — умножения и деления. Для обеспечения совместной работы табуляторов с вычислительной приставкой ЭВП-1 они оборудуются дополнительными узлами, что позволяет выполнять следующие функции: определять вид и последовательность выполняемых арифметических операций; производить ввод в ЭВП-1 делимого и делителя при делении и сомножителей — при умножении; управлять решением регистров, сумматора и устройства управления; включать устройства управления ЭВП-1; производить прием полученных результатов из ЭВП-1.

ЭВП-1 состоит из следующих основных блоков: устройства связи, трех блоков восприятия исходных данных, арифметического устройства, устройства управления и блока выдачи результатов. Устройство связи предназначено для преобразования сигналов, поступающих от табулятора, в сигналы, необходимые для работы вычислительного устройства. Блоки восприятия исходных данных служат для преобразования кода чисел, посылаемого табулятором, в код, пригодный для работы вычислительного устройства. Блок восприятия множимого и делителя связан с регистром множимого-делителя, блок восприятия множителя — с регистром множителя-частного, блок восприятия делимого — с сумматором вычислительной приставки.

Арифметическое устройство состоит из регистров множимого-делителя (РМД) и множителя-частного (РМЧ), сдвигателя, преобразователя кода и сумматора. Устройство управления вырабатывает управляющие сигналы, необходимые для выполнения операций умножения и деления, и согласует работу всех узлов ЭВП-1. Блок выдачи результатов предназначен для преобразования чисел, образующихся в ЭВП-1 после выполнения умножения или деления, в код, пригодный для восприятия табулятором.

Производительность вычислительной приставки ЭВП-1 — до 150 действий в минуту. Число разрядов делимого 12, делителя 8, частного 6, множимого 8, множителя 6, произведения 14. Питание от сети 220 *в*, 50 *гц*.

Габаритные размеры 580×480×1200 *мм*. Система счисления при вводе и выводе десятичная, в машине — двоично-десятичная с фиксированной запятой. Время выполнения деления при частоте задающего генератора 20 *кгц* равно 9—59 *мсек* в зависимости от значений разрядов частного; время выполнения умножения 54 *мсек* независимо от значений разрядов множителя.

5. Устройства подготовки перфолент

Устройство контрольно-считывающее для перфолент КСУ. Устройство (табл. XVII.3) предназначено для перфорации алфавитно-цифровой информации на перфоленту с одновременной печатью вводимых данных на бланке, репродукции перфоленты и контроля одной или двух перфолент, установленных в считывающем устройстве. Контрольно-считывающее устройство КСУ состоит из ленточного перфоратора, алфавитно-цифрового печатающего устройства, считывающего устройства для считывания одновременно с двух лент, пульта управления, блока сравнения и контроля, двух блоков питания шифратора. КСУ конструктивно выполнено в виде стола, на котором установлены все блоки и элементы.

Устройство может быть использовано в любой вычислительной машине, имеющей ввод с перфоленты или вывод на перфоленту, в качестве вспомогательного агрегата. Кроме подготовки информации на вычислительных центрах для ЦВМ, устройство КСУ может быть использовано для этих же целей на телеграфных узлах связи, в пунктах сбора и подготовки первичной информации и т. д. Движение ленты в перфораторе и в считывающем устройстве происходит в старт-стопном режиме. Считывание информации происходит в момент остановки перфоленты.

При работе КСУ в режиме перфорации ленты с помощью клавиатуры каждый знак вводимой информации запоминается в запоминающем регистре и при правильно избранном значении перфорируется при наборе

Таблица XVII.3

Технические характеристики устройств подготовки перфолент

Наименование	Тип	Производительность	Регистрация	Длина перфоленты в бобине в *м*	Габаритные размеры в *мм*	Изготовитель
Устройство контрольно-считывающее для перфолент	КСУ	10 *стр/сек*	Печать на бланке		1200×600×700	Казанский завод пишущих устройств
Устройство контрольно-считывающее	КСУ-1	20—50 *стр/сек*	—	180	630×380×340	
Фактурная машина с ленточным перфорирующим устройством	ВА-345П	18 *зн/сек*	Печать на формуляре длиной 44 *см*		1350×1000×650 336×344×226 (перфоратор)	Рязанский завод счетно-аналитических машин
Контрольно-регистрирующая машина с выводом информации на перфоленту	КИП-Б	18 *зн/сек*	Печать на контрольной ленте шириной 44 *мм*	285	370×350×390; 390×370×270 (перфоратор)	

Примечания:

1. Носитель информации — стандартная телеграфная перфолента шириной 17,5 *мм* по ГОСТу 1391—51. Количество кодовых дорожек 5, шаг перфорации 2,5±0,025 *мм*, диаметр кодовых отверстий 1,8±0,025 *мм*.

2. Информация на ленте должна располагаться группами с обозначением начала и конца группы служебными (командными) кодами с разрывами групп. Каждая группа информации на перфоленте не должна превышать емкости одной перфокарты.

3. Питание устройства КСУ-1 от сети 220/127 *в*, 50 *гц*, остальных устройств — от сети 220 *в*, 50 *гц*.

следующего знака. В устройстве предусмотрено гашение регистра ввода от кнопки в случае ошибочно набранного знака или несовпадения пробивок при сравнении. Клавиатура печатающего устройства имеет блокировку цифрового и буквенного регистра, управление которой осуществляется от переключателя. Кроме того, клавиатура имеет блокировку прописных букв и всей клавиатуры. Печатающее устройство обеспечивает печать контрольного текста с перфорацией на перфоленте 55 различных символов: полного русского алфавита, цифр от 0 до 9 и специальных знаков. Информация, наносимая на ленту, перфорируется в международном коде № 2, двоично-десятичном и двоично-восьмеричном кодах.

Устройство контрольно-считывающее КСУ-1. Устройство (табл. XVII.3) предназначено для контроля двух перфолент с целью выявления ошибок. При агрегатировании с перфоратором ленты может быть использовано в качестве репродуктора. Конструктивно выполнено в виде двух отдельных блоков настольного типа: а) механизма продвижения и считывания; б) электронного блока управления и индикации. Считывание информации с перфолент осуществляется фотодиодами. Контроль перфолент произво-

дится в двух режимах: в режиме непрерывного считывания (останов ленты происходит при несовпадении) и в режиме однократного считывания (продвижение ленты происходит на один шаг при нажатии кнопки «пуск»). В момент несовпадения информация с обеих сравниваемых перфолент фиксируется лампами в электронном блоке управления и индикации. Этот же блок имеет счетчик для подсчета любых кодовых комбинаций, набираемых тумблерами на пульте управления, или для подсчета числа позиций.

Фактурная машина ВА-345П с ленточным перфорирующим устройством. Машина (табл. XVII.3) принадлежит к разряду двухпериодных счетных машин и предназначена для обработки первичных документов (счетов-фактур, калькуляции, смет, платежных требований, приемно-сдаточных актов, инвентаризационных ведомостей и т. п.) с одновременным выводом цифровой и символьной информации на телеграфную ленту. Агрегатированная машина ВА-345П состоит из собственно фактурной машины типа ВА-345П, ленточного перфоратора типа ПЛ и выпрямителя. Фактурная машина состоит из пишущей части, счетной части, шифратора и блока управления ленточным перфоратором.

Машина выполняет следующие функции: а) печатание текста на бумаге (формулярах) шириной до 44 *см*; б) сложение и вычитание отдельных чисел (множимых, множителей и произведений по трем суммирующим счетчикам) с записью их на бумаге и автоматическим печатанием итогов; в) автоматическое умножение с автоматической выпиской результата умножения и вводом последнего на суммирующие счетчики; г) автоматическое вычисление процентов, скидок и наценок; д) автоматическую передачу чисел из одного счетчика в другой; е) автоматическое гашение всех счетчиков после печати окончательного итога или произведения.

Информация, наносимая на ленту, перфорируется в международном коде № 2.

Производительность при составлении счетов-фактор до 115 *стр/ч*, допустимая скорость письма на клавиатуре пишущей части — до 600 *удар/мин*, наибольшее число знаков в строке — 164, емкость установочного механизма и трех суммирующих счетчиков — по 10 разрядов, счетчика произведения — 16 разрядов.

Контрольно-регистрирующая машина с выводом информации на перфоленту КИП-Б. Машина (табл. XVII.3) предназначена для механизации кассовых операций учета и контроля денежных поступлений и оперативного учета. Она обеспечивает регистрацию проводимых через нее сумм в суммирующем счетчике; печать на контрольной ленте; перфорацию на телеграфной ленте проведенной суммы, номеров лицевого счета получателя; учреждения и документа. Ленточный перфоратор может быть установлен на расстоянии до 100 *м* от машины.

6. Устройство преобразования информации

Устройство перезаписи информации БЛП-1. Устройство предназначено для перезаписи и преобразования с бумажной 5, 6, 7-канальной перфоленты на 80-колонные перфокарты. Оно может быть применено при подготовке перфокарт для обработки деловой и прочей информации на вычислительных машинах с перфокарточным вводом, когда первичным носителем информации является перфолента, подготовленная на фактурной машине ВА-345П или на аналогичных машинах, обеспечивающих пробивку перфоленты. Высокая производительность БЛП-1 делает

наиболее целесообразным его применение на больших машиносчетных станциях и в вычислительных центрах.

На рис. XVII.5 приведена блок-схема БЛП-1. Конструктивно устройство БЛП-1 состоит из блока ввода данных с перфолент — фотодиодного считывающего устройства типа ФСУ-1; блока обработки перезаписываемых данных и управления процессом перезаписи — буферного преобразователя БП-1; блока выдачи данных — выходного карточного перфоратора типа ПИ80-М2.

Производительность БЛП-1 120 *карт/мин*; длина перфоленты в кассете 300 *м*. Скорость считывания 100—200 *зн/сек*. Питание от сети 380/220 *в*, 50 *гц*. Габаритные размеры: ФСУ-1 — 609×350×230 *мм*; БП-1 — 1464××452×560 *мм*. Площадь, необходимая для установки БЛП-1, 20 $м^2$.

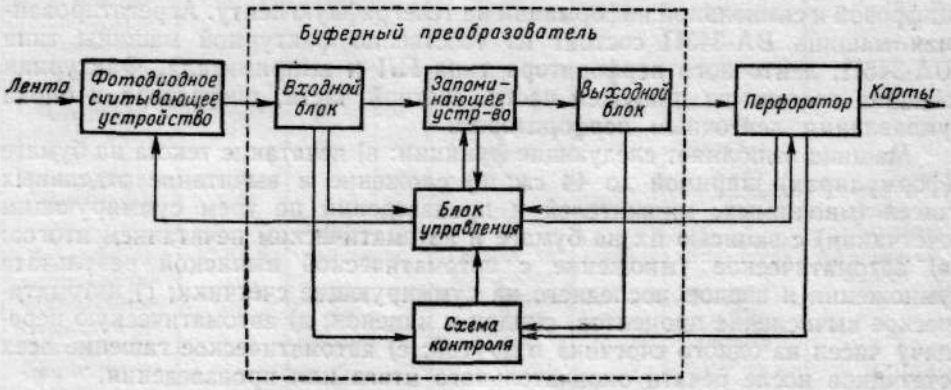


Рис. XVII.5. Блок-схема электронно-механического агрегатированного устройства БЛП-1

Изготовители: ФСУ-1 — Рязанский завод счетно-аналитических машин; БП-1 — Вильнюсский завод счетных машин.

Устройство преобразования данных УПД. Устройство предназначено для вывода данных из цифровой вычислительной машины на двухкоординатный регистрирующий прибор. В устройстве применены цифроаналоговые преобразователи, которые служат для приема и преобразования цифровых кодов в напряжение постоянного тока, и схема линейной интерполяции, осуществляющая воспроизведение промежуточных значений между двумя узловыми точками на плоскости. Код поступает из цифровой вычислительной машины по параллельным кодовым шинам и представляется импульсами отрицательной полярности амплитудой 8,5 *в*, длительностью 1—1,5 *мксек*. Технические характеристики УПД: количество разрядов по каждому каналу (в двоичном коде) 14; выходное напряжение ±100 *в*; питание от сети 380/220 *в*, 50 *гц*; потребляемая мощность 450 *вт*; габаритные размеры 1000×650×1800 *мм*; точность преобразования цифрового кода в напряжение постоянного тока ±0,025% от шкалы ±100 *в*.

§ 2. УСТРОЙСТВА ВВОДА, ВЫВОДА И ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ

1. Устройства ввода с перфокарт ВУ700-2 и УКВ

Устройства (табл. XVII.4) предназначены для считывания информации, закодированной в виде пробивок на стандартных перфокартах, и выдачи соответствующих сигналов на входные цепи электронных вычислительных машин.

Таблица XVII.4

Технические характеристики устройств ввода информации с перфокарт

Наименование	Тип	Производительность в *карт/мин*	Носитель информации	Емкость магазина подачи	Емкость магазина приемного	Емкость приемного кармана	Считывание информации: Метод	Считывание информации: Устройство	Габаритные размеры в *мм*
Устройство ввода информации с перфокарт	ВУ700-2	700	80-колонные перфокарты	1500	1500	300	Позиционный, параллельно по всем 80 колонкам	Механические щетки	723× ×524× ×1351
Устройство карточного ввода	УКВ	300	80 и 45-колонные перфокарты	700	—	1000	Поколонный, по всем 12 позициям	Фотодиоды	590× ×545× ×522

Примечания:
1. Сигналы информации, считанной с перфокарт, выдаются устройствами в коде, идентичном коду информации, нанесенной на перфокарте.
2. Питание от сети 380/220 *в*, 50 *гц*.

Устройство ВУ700-2 состоит из механизма подачи и транспорта перфокарт с блоками восприятия, закрепленными на станине, в которой расположены электропривод, блок управления и блоки формирования выходных сигналов. Выходные сигналы информации (напряжение 10—12 *в*, длительность 3,1—3,3 *мсек*) поступают на электронную вычислительную машину с блоков формирования сигналов, представляющих собой логические триггеры. Информация считывается с перфокарт при помощи щеток. С панели управления или по сигналам с вычислительной машины осуществляется управление включением и выключением транспорта перфокарт.

Устройство карточного ввода УКВ состоит из механизма подачи перфокарт и блока восприятия информации, блока синхронизации, электропривода, электронной схемы формирования сигналов и панели управления.

2. Устройства ввода с перфолент СУ-1, ФСУ-1, СП-2 и УВЛ

Устройства для считывания информации с перфолент (табл. XVII.5) предназначены для считывания информации, закодированной в виде пробивок на перфоленте, и выдачи информации в виде электрических сигналов в том же коде; используются в качестве вводных устройств в электронных вычислительных машинах и других системах обработки и перезаписи информации.

Конструктивно электромеханическое устройство СУ-1 представляет собой прибор настольного типа и состоит из блока восприятия информации, блока питания, электропривода, датчика синхроимпульсов и панели управления. Управление движением перфоленты осуществляется по сигналам от вычислительной машины или непосредственно с панели управления устройства. Движение ленты в устройстве старт-стопное. Считывание

Таблица XVII.5

Технические характеристики устройств ввода информации с перфолент

Наименование	Тип	Скорость считывания	Емкость бобины в *м*	Длительность выходных сигналов в *мсек*	Габаритные размеры в *мм*	Изготовитель
Устройство для считывания информации с перфолент	СУ-1	10 *стр/сек*	180	50±10	700×395××240	Рязанский завод счетно-аналитических машин
Устройство считывающее фотодиодное	ФСУ-1	100—200 *зн/сек*	300	2±0,5	609×350××230	
Считыватель	СП-2	120—220 *стр/сек*	—	4—8	196×220××394	Северодонецкий приборостроительный завод
Устройство ввода с перфолент	УВЛ	100 *зн/сек*	180	400—700	768×480××660	—

Примечание. Питание от сети 220 *в*, 50 *гц*.

информации производится в одном направлении по 5, 6, 7 и 8-й кодовым дорожкам в момент остановки ленты. Конструкция подающей бобины позволяет считывать перфоленту внутри рулона, т. е. без перемотки перед считыванием.

Фотодиодное устройство ФСУ-1 состоит из трех узлов-блоков: считывающей головки с фотодиодами и реверсивным приводом перфоленты и бобин; блока электроаппаратуры, включающего в себя блок питания, электропривод и панель управления; усилителей для формирования считывающих сигналов. Изменение скорости считывания производится за счет смены шестерен электропривода. Напряжение выходных сигналов не менее 9 *в* при нагрузке не менее 20 *ком*, полярность отрицательная.

Считывающая головка СП-2 выполнена в виде отдельного узла и может встраиваться в электронную машину или другое устройство с использованием привода и питания от устройства, с которым головка агрегатируется. Реверсивный механизм привода обеспечивает прямое и обратное направление движения ленты. Скорости движения ленты в обе стороны одинаковы.

Устройство УВЛ состоит из фотосчитывающего механизма ФСМ-3Н, блока питания ИП-3, блока связи устройства с вычислительной машиной. Считывание информации производится при прямом и обратном движении ленты. Управление движением перфоленты осуществляется по сигналам от вычислительной машины или непосредственно с панели управления устройства.

3. Перфораторы ленточные ПЛ20 и ПЛ80

Перфораторы ленточные предназначены для перфорации бумажной ленты. Перфоратор ПЛ20-2 состоит из следующих основных узлов: перфорационного механизма, блока питания, панели управления, электродвигателя, однооборотной муфты. Перфорационный механизм представляет собой отдельный блок и может встраиваться непосредственно

в счетную машину или в другие устройства с использованием питания и привода от устройства, с которым он агрегатируется. Шифратор и клавиатура в состав перфоратора не входят.

На рис. XVII.6 показана кинематическая схема перфоратора. При срабатывании электромагнитов магнитной коробки и электромагнита однооборотной муфты сцепления последняя сцепляет электропривод с главным кулачковым валом *22*, который сделает один оборот против часовой стрелки. При попадании катушки *15* под напряжение якоря *14* под действием электромагнитов поднимутся вверх и освободятся рычаги *11*. Последние под действием пружин *12* повернутся вокруг оси *10* по часовой стрелке и своими выступами зацепятся за рычаги *19*, сидящие на оси качания *4*. Рычаги *19* правыми концами связаны с пуансонами *1* и под действием пружин *2* удерживаются в нижнем положении. При вращении кулачков *3* рамка *16*, на которой закреплена ось *4*, совершает качательное движение относительно оси *17*. При подъеме оси *4* концы рычагов *19* вместе с пуансонами поднимаются вверх, но подниматься будут только те рычаги, левые концы которых удерживаются зубцами рычагов *11*. У рычага *18* левый конец закреплен постоянно, поэтому при каждом обороте кулачков вала пуансон, связанный с этим рычагом, пробивает отверстие в ленте для ее дальнейшей транспортировки. Пуансоны перемещаются в направляющих *31* и *25*, а бумажная лента транспортируется через щель между направляющей *25* и матрицей *24*. Вследствие этого при подъеме пуансонов в ленте пробиваются отверстия.

При повороте вала *22* поворачивается также кулачок *20* и воздействует на рычаг *7*, который поворачивается вокруг оси *6* и своим отогнутым концом *5* размыкает электрический контакт K_1 в цепи электромагнитов. Одновременно с этим кулачок *20* роликом *23* воздействует на рычаг *8*, поворачивая его относительно оси *9* против часовой стрелки. Рычаг *8* при своем перемещении воздействует на концы рычагов *11*, которые фиксируются зубчиками якорей *14*. При отходе назад правый крайний рычаг *11* нажимает на рамку *13*, которая давит на якоря *14*, обеспечивает их отрыв от электромагнитов и этим самым заводит зубцы якорей за рычаги *11*. После возврата пуансонов в исходное положение происходит транспортировка ленты на один шаг (2,5 *мм*). Транспортировка ленты обеспечивается кулачком *21*, который воздействует на рычаг *29*. Собачка *28* при повороте рычага *29* против часовой стрелки поворачивает храповик *27* на один зуб, а рычаг *26* фиксирует это положение. Храповик *27* укреплен на одной оси с штифтовым барабаном *30*, который повертывается на тот же угол, что и храповик. Барабан своими штифтами, заведенными в отверстия перфорационной ленты, будет продвигать ее на один шаг. На этом один цикл перфорации заканчивается. При подаче новых сигналов на электромагниты цикл повторяется.

После перфорации каждой строки выдается синхронизирующий сигнал. Для контроля правильности пробивки предусмотрено устройство выдачи ответных (контрольных) сигналов. Скорость перфорации — 20 *зн/сек*.

Перфоратор ленточный ПЛ80/8 состоит из перфорационного механизма, электропривода и датчика сигналов. Перфорирование ленты в ПЛ80/8 производится пуансонами, движение которым передается через систему рычагов от безостановочно вращающегося вала. Код в перфоратор подается в параллельном виде на электромагниты, управляющие пуансонами пробивки и механизмом транспортировки лент. Скорость перфорации 80 *зн/сек*.

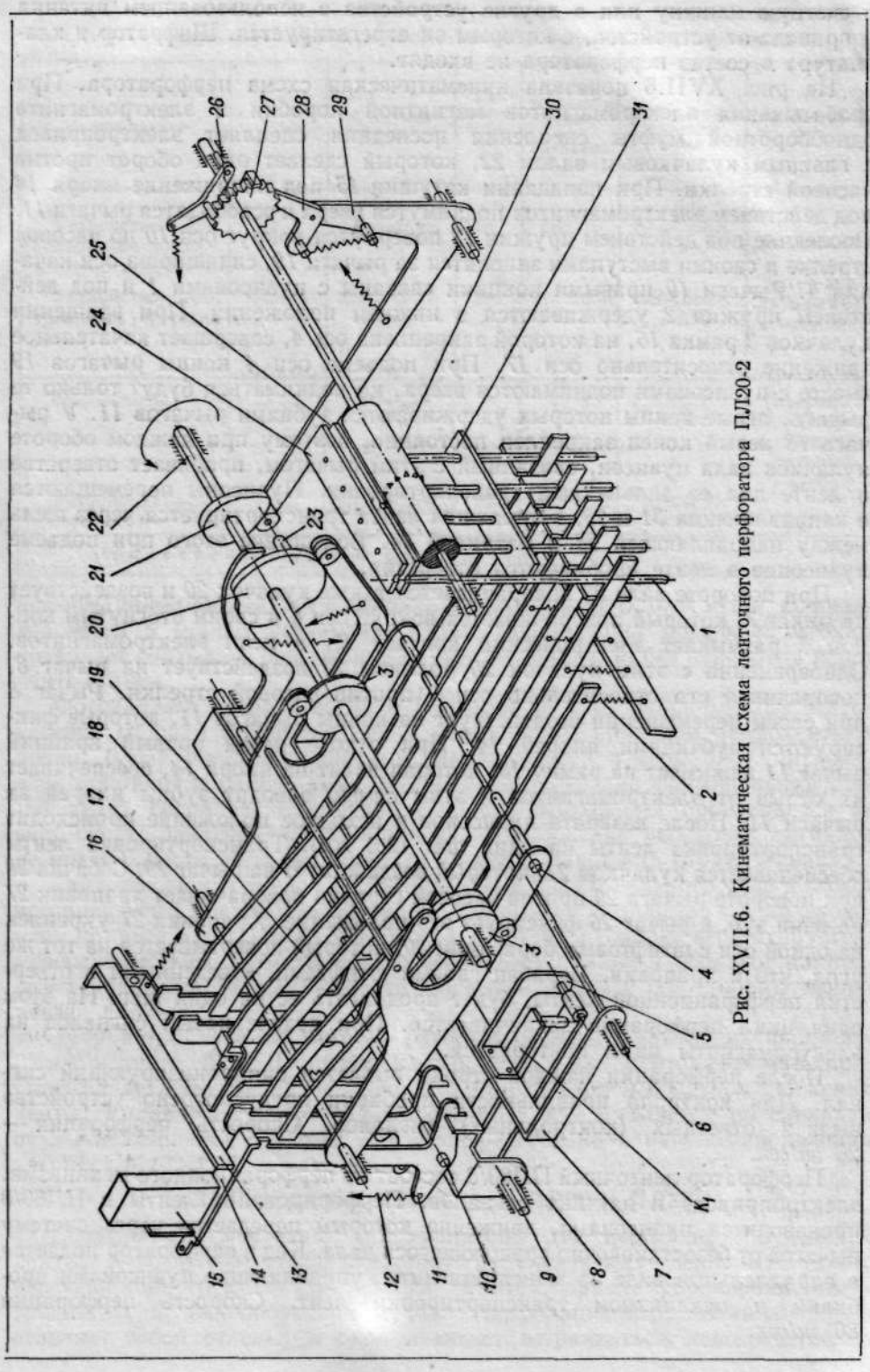


Рис. XVII.6. Кинематическая схема ленточного перфоратора ПЛ20-2

Питание перфораторов от сети 220 *в*, 50 *гц*. Потребляемая мощность: ПЛ20-2 — 80 *вт*; ПЛ80/8 — 250 *вт*. Габаритные размеры: ПЛ20-2 — 385×340×280 *мм*; ПЛ80/8 — 272×258×405 *мм*. Изготовители: ПЛ20-2 — Рязанский завод счетно-аналитических машин; ПЛ80/8 — Северодонецкий приборостроительный завод.

4. Устройства дистанционной передачи информации — телеграфные аппараты РТА-60, «Риони», РТА-50-2М, РТМ-51 и СТА-2М

Телеграфные аппараты (табл. XVII.6) предназначены для приема и дистанционной передачи алфавитно-цифровой информации по магистральным, городским и абонентским линиям связи — по каналам, образованным путем частотного уплотнения. Телеграфные аппараты применяются в устройствах ввода, вывода и подготовки информации.

Таблица XVII.6

Технические характеристики телеграфных аппаратов

Тип	Рабочая скорость в *зн/мин*	Нормальный ток линейной цепи в *ма*	Носитель информации	Габаритные размеры
РТА-50-2М РТМ-51	300—430	30	Рулонная бумага	520×570×410
СТА-2М	360—400	40—50	Перфолента	518×465×252
РТА-60 «Риони»	400—600	20—50	Рулонная бумага и перфолента	230×410×465

Примечание. Дальность действия по воздушным линиям 300 *км*; дальность действия по телеграфно-кабельным линиям для СТА-2М 50 *км*.

Аппараты выпускаются для работы на стандартной рулонной бумаге и телеграфной ленте. РТА-60, «Риони», РТА-50-2М и РТМ-51 — рулонные аппараты; аппарат СТА-2М работает на стандартной телеграфной ленте. Эти аппараты являются однократными буквопечатающими старт-стопными телеграфными аппаратами пятизначного кода. РТА-60, РТА-50-2М и СТА-2 — трехрегистровые аппараты, имеют два буквенных регистра — русский, латинский и один цифровой; РТМ-51 — двухрегистровый аппарат, имеет латинский и цифровой регистры. Рулонные аппараты приспособлены для установки автостопа, выключающего автоматически аппараты обеих станций, если в течение одной минуты отсутствует телеграфный обмен.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие 3

Глава I. **Приборы и преобразователи для измерения температуры** (*И. Б. Френкель, З. М. Крастошевский*) 5

§ 1. Термометры расширения жидкостные стеклянные . . . . . —

§ 2. Манометрические термометры 6

Электроконтактные термометры типов ЭКТ-1 (паровые) и ЭКТ-2 (газовые) с одновитковой трубчатой пружиной (7). Термометры с многовитковой трубчатой пружиной типа ТС (7). Термометры со спиральной трубчатой пружиной типов ТПГ и ТСГ (9).

§ 3. Термопары 10

§ 4. Милливольтметры 14

§ 5. Термометры сопротивления 15

§ 6. Логометры 22

§ 7. Потенциометры автоматические электронные 24

Потенциометры показывающие типов ЭПВ2, ПП4 и ППР4 (26). Потенциометры самопишущие с записью на дисковой диаграмме типов ЭПД, ЭП и ПЭД-250 (27). Потенциометры самопишущие с записью на ленточной диаграмме типов ЭП1, ПСТ, ПСР1, ПСМ2 и ПСМР2 (32). Потенциометры автоматические электронные ПС1 и ПСР1 — малогабаритные приборы (33). Потенциометры со струнным компенсатором типов ЭПСМ и ЭППМ (33).

§ 8. Бесшкальный преобразователь т. э. д. с. типа ПТ-ТП-62 35

§ 9. Мосты уравновешенные автоматические электронные . . . . . —

Мосты показывающие типов ЭМВ2, МП4 и МПР4 (37). Мосты самопишущие с записью на дисковой диаграмме типов ЭМД, ЭМ и МЭД (37). Мосты самопишущие с записью на ленточной диаграмме типов ЭМП, МС1, МСР1, МСМ2 и МСМР2 (37). Мосты с ферродинамическим компенсатором типов МФСМ и МФПМ (38).

§ 10. Бесшкальный мостовой преобразователь типа ПТ-ТС-62 39

§ 11. Вторичные приборы государственной системы приборов . . . . . —

§ 12. Пирометры излучения 40

Фотоэлектрический пирометр типа ФЭП-4 (40). Радиационный пирометр типа РАПИР (41).

§ 13. Вспомогательное оборудование и материалы 44

Переключающие устройства типов ПМТ, МГП-10 и ПДП-ТП (44). Коробка компенсационная типа КТ-54 (44). Устройство питания типа СВ-4 (44). Провода компенсационные (46).

Глава II. **Приборы для измерения давления и разрежения** (*В. А. Бек*) . . . 47

§ 1. Манометры, вакуумметры и мановакуумметры трубные . . . . . —

Мановакуумметр U-образный (48). Тягонапоромер дифференциальный жидкостный типа ТДЖ (49). Тягонапоромер жидкостный типа ТНЖ-Н (49). Микроманометр чашечный многопредельный типа ММН (51).

§ 2. Напоромеры, тягомеры и тягонапоромеры мембранные 52

Напоромеры, тягомеры и тягонапоромеры стрелочные типов НМ-П1, ТМ-П1 и ТНМ-П1 (52). Дифференциальный тягомер типа ДТ2 (52).

§ 3. Манометры, вакуумметры и мановакуумметры с трубчатой одновитковой пружиной 53

Манометры, вакуумметры и мановакуумметры технические общего и специального назначения (55). Манометр технический дистанционный типа МТС-16 (56). Манометр для сверхвысокого давления типа СВ (56). Манометр дифференциальный типа МДФ-100 (57). Манометр на внешнее давление типа МС-160 (57). Манометры, вакуумметры и мановакуумметры для точных измерений типов МТИ и ВТИ (57). Манометры и вакуумметры контрольные типов МКО и ВКО (62). Манометры и вакуумметры образцовые типов МО и ВО (62). Манометры, вакуумметры и мановакуумметры электроконтактные (63). Манометры, вакуумметры и мановакуумметры типа МЭД с электрическим индукционным датчиком (65). Манометры показывающие и самопишущие типов МТО, МСТО и МТС (65). Индикатор давления ферродинамический типа ИДФ (68).

§ 4. Манометры с трубчатой многовитковой пружиной 68
§ 5. Манометры, вакуумметры и мановакуумметры сильфонные типов МСТМ, МСС, МВСС и ВСС 69
§ 6. Приборы унифицированной системы ГСП 71
Унифицированный пневмосиловой преобразователь (71). Унифицированный электросиловой преобразователь (72). Унифицированный частотно-силовой преобразователь (74).
§ 7. Вакуумметры электрические 80
Вакуумметр магнитный блокировочный типов ВМБ-2 и ВМБ-2П (80). Вакуумметры термопарные типов ВТ-2А и ВТ-2А-П (82). Вакуумметр ионизационный типа ВИ-12 (83).
§ 8. Разделители мембранные 84
Разделители мембранные типа РМ (84). Устройство для отбора импульса от вязких сред типа УВС-1 (84). Устройство для отбора импульса от агрессивных сред типа УАС-1 (85).

Глава III. **Приборы для измерения расхода** (*Г. А. Рабинович* и *В. А. Бек*) 86

§ 1. Тахометрические расходомеры 87
Счетчики жидкостей скоростные (87). Счетчики жидкостей объемные (90). Шариковый расходомер типа «Сатурн» (97). Счетчики газа ротационные типа РС (98).
§ 2. Расходомеры обтекания 99
Расходомеры постоянного перепада (99). Расходомеры гидродинамические типов 906 и 907 (105).
§ 3. Расходомеры переменного уровня 108
Датчик регулятора расхода РМ (108). Датчик регулятора расхода ДРЩ-Т (109). Щелевой датчик расхода типа ЩР-1875 (109).
§ 4. Индукционные расходомеры 110
Расходомер ИР-1М (110). Расходомеры 4РИ и 5РИ (111).
§ 5. Ультразвуковые расходомеры 115
§ 6. Комплектующие изделия для дифманометров 116
Стандартные сужающие устройства (116). Нестандартизованные сужающие устройства (120). Разделительные и конденсационные сосуды (121).
§ 7. Дифманометры двухтрубные ДТ 123
§ 8. Дифманометры поплавковые 124
§ 9. Дифманометры сильфонные 131
§ 10. Дифманометры мембранные 136
Дифманометры типа ДМ (136). Дифманометры типа ДМПК (137). Дифманометры типа ДМ-66 (141). Дифманометры типа ДМИ (141). Дифманометры типа ДМК (142). Дифманометры типа ДМКФ (144). Дифманометры типа ДМКК и ДМКВ (146). Дифманометры унифицированной системы ГСП (147). Дифференциальное реле давления типа ДРД (147).
§ 11. Дифманометры колокольные 150
Дифманометры с ферродинамическим датчиком типа ДКОФМ (150). Дифманометры типа ДКО (151). Дифманометры унифицированной системы ГСП (152).
§ 12. Дифманометры кольцевые 154
§ 13. Вторичные приборы 156
Электронные дифференциально-трансформаторные приборы типа ЭПИД (157). Электронные дифференциально-трансформаторные малогабаритные приборы типа ДСП и ДСРП (163). Электронные показывающие и регулирующие приборы типа ЭПВ-2 с вращающимся цилиндрическим циферблатом и дифференциально-трансформаторной индукционной схемой (165). Миниатюрные электронные автоматические показывающие, самопишущие и регулирующие приборы типа ДСМ2 и ДСМР2 (165). Миниатюрные электронные автоматические показывающие и регулирующие приборы типа ДП и ДПР (167).

Глава IV. **Приборы для измерения уровня** (*В. А. Бек*) 168

§ 1. Уровнемеры поплавковые . . . . . —
Указатель уровня жидкости в резервуарах типа УДУ-5 (168). Устройство для дистанционного измерения уровня и напора жидкостей и положения затворов типа УМ2-31-ОНБТ-11 (172). Индикатор уровня пневматический типа ПИУ-3Сп (174).
§ 2. Уровнемеры буйковые 175
Уровнемеры унифицированной системы ГСП (175). Дистанционный индикатор уровня типа ДИУ-С4А (177). Уровнемеры типа УГ1 (179).
§ 3. Уровнемеры емкостные 181
Электронный индикатор уровня типа ЭИУ (181). Электронный индикатор уровня типа ЭИУ-1К (184). Индикатор уровня электронный взрывозащищенный типа ЭИУ-1ВМ (185).
§ 4. Уровнемеры радиоактивные 187
Радиоизотопный следящий уровнемер типа УР-8 (187). Уровнемер дистанционный автоматический радиоизотопный типа УДАР-5 (188).
§ 5. Уровнемеры сильфонные 188
§ 6. Уровнемеры мембранные 189
§ 7. Пьезометрические уровнемеры . . . . . —

Глава V. **Приборы для контроля физико-химических параметров** (*Т. Х. Безновская*) 191

§ 1. Газоанализаторы . . . . . —

1. Магнитные газоанализаторы на O_2 . . . . . —

Газоанализаторы типа МГК (191). Газоанализаторы МГК-3М, МГК-6, МГК-8, МГК-14 (191). Газоанализатор ГТМК-12 (196). Газоанализатор МГК-348 (199). Газоанализаторы типа МН (200). Газоанализатор МН-5106 (201). Газоанализатор МН-5110 (205). Газоанализаторы МН-5121, МН-5122, МН-5125, МН-5126 (206). Газоанализаторы МН-5130 и МН-5130М (208). Газоанализатор МН-5127 (210).

2. Датчик-кислородомер типа КМК-59 212

3. Деполяризационный газоанализатор типа ГДРП-3 214

4. Газоанализатор типа ГЛ-5108 216

5. Термохимические газоанализаторы на O_2 и H_2 типа ТХГ 217

Газоанализатор ТХГ-5 (217). Газоанализатор ТХГ-6 (217). Газоанализатор ТХГ-7 (222).

6. Термокондуктометрические газоанализаторы на H_2 и CO_2 типа ТП 223

7. Электрический газоанализатор на CO_2 типа ГЭУК-21 225

8. Оптико-акустические газоанализаторы на CO, CO_2, CH_4, H_2 228

Газоанализаторы типов ОА-2109, ОА-2209, ОА-2309 (229). Газоанализаторы типов ОА-0304, ОА-0306Т, ОА-0305 (234). Газоанализатор типа ОА-5501 (235).

9. Газоанализаторы на содержание газов и паров в воздухе помещений . . 238

Сигнализатор наличия горючих газов в воздухе типа СГГ-2 (238). Газоанализатор на CO типа ТХ-2104 (238). Измеритель концентрации ртутных паров типа ИКРП-446 (244). Фотоколориметрический газоанализатор на Cl_2 типа ФКГ-3 (246). Фотоколориметрический газоанализатор-сигнализатор на окислы азота типа ФК-0060 (248). Газоанализатор-сигнализатор взрывоопасных концентраций типа СВК-3М и др. (248).

10. Газоанализаторы на SO_2 249

Электрические газоанализаторы типов ГЭБ-У2 и ГЭД-У3 (249). Электрохимический газоанализатор типа ЭХГ-5 (250).

11. Термокондуктометрические газоанализаторы на SO_2, NH_3, O_2, H_2 и Ar типа ТКГ 255

12. Фотоколориметрический газоанализатор на H_2S типа ФКГ-2 259

13. Газоанализаторы ультрафиолетового поглощения на Cl_2 типа ГУП-2 и УФ6205—УФ6209 260

14. Спектрометрический газоанализатор на N_2 в газообразном аргоне типа СФ-4102 263

15. Газоанализаторы для измерения концентраций различных газов 264

Газоанализатор микроконцентраций газов типа ФЛ5501 (264). Газоанализатор непредельных углеводородов типа АНТХ-2 (266). Газоанализатор инфракрасного поглощения типа ГИП-60 (266). Газоанализатор инфракрасного поглощения типа ГИП-12 (266). Газоанализатор ультрафиолетового поглощения различных газов типа ГУД-1 (266).

§ 2. Хроматографы и дешифратор хроматограмм 267

1. Газовые хроматографы . . . . . —

Хроматограф типа ХПА-4 (267). Хроматограф типа ХПА-4Б (272). Хроматограф типа ХТ-2МУ (272). Хроматографы регулирующие типов РХ-1, РХ-1Н, РХ-3 (274).

2. Газожидкостные хроматографы регулирующие типов РХ-5, РХ-5Н 277

3. Жидкостный хроматограф типа ХПА-3-150 . . . . . —

4. Вакуумный газожидкостный хроматограф типа ХВА-2 279

5. Пневматический дешифратор хроматограмм типа ДХПД-1 281

§ 3. Анализаторы жидкостей 282

1. Кислородомеры типов РК-20, РЭК-130 и АК-5 . . . . . —

2. Колориметрический анализатор жидкости типа АКН-57 284

3. Анализатор жидкости инфракрасного поглощения типа АИЖ-1 286

4. Солемеры 289

Солемер котловой воды типа КСКВ (289). Индикаторы солесодержания типов РЭС-106, РЭС-111 (289). Солемеры Ленинаканского опытного завода аналитического приборостроения (290).

5. Концентратомеры 295

Бесконтактные концентратомеры типов КНЧ-1, КНЧ-2-1 и АКС-1 (295). Концентратомеры, разработанные СКБ ПСА (Тбилиси) (298).

§ 4. Плотномеры 303

1. Пьезометрические плотномеры типа КМ . . . . . —

2. Пьезометрические датчики регуляторов плотности типов ДПМ и ДРП-Т 304

3. Поплавковые плотномеры типов ДПП-1, ПВП-2А, ПВП-2Б и ПКП-1 306

4. Радиоактивные плотномеры . . . . . —

Плотномер типа ПЖР-2М (307). Плотномер типа ПР-1024 (309). Плотномер типа ПЖР-5 (311).

§ 5. Индикатор мутности типа ИКМ-2 315
§ 6. Вискозиметры . . . . . —
§ 7. pH-метры 317
Датчики ДПг-5274, ДПг-5275 и ДПр-5315 (319). pH-метр типа ПМ-С (319). Высокоомный преобразователь типа ПВУ-5256 (324). Высокоомный потенциометр типа ЭППВ-28 (328). Сигнализатор электропроводности типа СЭ-1 (328).
§ 8. Влагомеры 329
1. Измерители относительной влажности . . . . . —
Электронный психрометр типа ПЭ (329). Датчик влажности воздуха типа ДВИП (333).
2. Анализатор микроконцентраций влаги в газах типа КИВГ 333
§ 9. Вспомогательные устройства к газоанализаторам и анализаторам жидкостей 334
1. Газозаборное и пробоотборное устройства . . . . . —
2. Фильтры для механической и химической очистки газов . . . . . —
Фильтры для очистки от механических примесей (334). Фильтры для очистки от химических примесей (335).
3. Холодильники газов, конденсационные сосуды 336
4. Регуляторы давления и расхода газов и жидкостей 337
5. Комплексные устройства регулирования, очистки и осушки газов 338
6. Просасывающие и нагнетательные устройства газов и жидкостей . . . —
7. Газораспределительные устройства 339
Блок распределения газа типа РБ-3 (339). Автоматический многоточечный газовый переключатель типа ГП-1 (341).
§ 10. Масс-спектрометры 341

Глава VI. **Регуляторы прямого действия** (*М. С. Горохова*) 345

§ 1. Регуляторы температуры прямого действия . . . . . —
§ 2. Регуляторы давления прямого действия . . . . . —
Клапаны регулирующие «после себя» типа 25ч10нж и «до себя» типа 25ч12нж (345). Регулятор давления мазута типа РДП (345). Регулятор давления типа РД-32М (347). Регулятор давления универсальный типа РДУК-2 (350). Автоматические регуляторы давления газа типов АРДГ и АРДГТ (350). Регуляторы давления газа типов РДГ-8 и ОРДГ-8 (352).
§ 3. Регуляторы уровня прямого действия 352
Регулятор уровня типа РУ-16 (352). Одноимпульсный регулятор питания типа ОРП-50 (353).
§ 4. Регуляторы прямого действия расхода и перепада давления 354
Дифференциальный регулятор давления типа ДРД-50 (354). Дифференциальный регулятор давления типа ДРД2 (344).

Глава VII. **Гидравлические регуляторы, исполнительные механизмы и вспомогательные устройства** (*Ю. А. Шлиозберг*) 355

§ 1. Чувствительные элементы, гидравлические усилители, задающие, стабилизирующие и синхронизирующие устройства . . . . . —
§ 2. Гидравлические исполнительные механизмы 360
§ 3. Вспомогательные устройства 361
Глава VIII. **Электрогидравлические регуляторы** (*М. С. Горохова, В. А. Бек*) 365
§ 1. Комбинированная система автоматического регулирования «Теплоавтомат» . . . . . —
1. Датчики, задатчики и преобразователи-усилители 366
2. Регулирующий и дифференцирующий блоки БЭР-2к и ЭДР-2к 369
3. Исполнительные механизмы и преобразователи к ним 371
§ 2. Электронно-гидравлическая система автоматического регулирования «Кристалл» 373
1. Транзисторные усилители типа УТ и УТ-ТС 375
2. Гидравлические исполнительные механизмы типов ГИМ, ГИМ-Д, ГИМ-2Д, ГИМ-1И, ГИМ-ДИ и ГИМ-Д2И 379
3. Комплект аппаратуры автоматического регулирования «Кристалл» в щите 381

Глава IX. **Пневматические приборы, регуляторы, исполнительные механизмы и вспомогательные устройства** (*Г. А. Рабинович*) 383

§ 1. Универсальная система элементов промышленной пневмоавтоматики (УСЭППА) . . . . . —
1. Элементы непрерывной техники 384
Пневматические сопротивления (384). Делители (384). Повторители (388). Задатчики (389). Элементы сравнения (389).
2. Элементы дискретной техники 390
Реле (390). Клапаны (390).

3. Прочие элементы 391
Ячейка памяти (391). Обратные клапаны (391). Пневмотумблеры (391). Пневмокнопки (392). Конечные выключатели (392). Переключатели (392). Усилители (393). Пневматические емкости (393). Фильтр ПОФ.2 (393). Вентиль ПОВ.1 (393).
§ 2. Система СТАРТ 393
1. Регуляторы 394
Позиционные регуляторы (394). Пропорциональный регулятор ПР2.5 (396). Пропорционально-интегральные регуляторы (398). Пропорционально-интегрально-дифференциальный регулятор ПР3.25 (400). Экстремальные регуляторы АРС (402).
2. Функциональные и вычислительные устройства 407
Прибор простейших алгебраических операций ПФ1.1 (407). Прибор извлечения квадратного корня ПФ1.17 (408). Множительно-делительное устройство ПФ1.18 (410). Множитель на постоянный коэффициент ПФ1.9 (410). Приборы прямого и обратного предварения (411). Прибор селектирования большего или меньшего сигнала ПФ4/5.1 (412). Усилитель мощности ПП1.5 (413). Прибор ограничения сигналов ПП11.1 (413). Устройства многоточечные обегающие (415). Вычислительное устройство к хроматографу УВХ-8 (417).
§ 3. Агрегатная унифицированная система автоматического контроля и регулирования (АУС) 417
1. Регулирующие блоки 418
Регулирующие блоки типов ПР3.6 и ПР3.5 (418). Регулирующие блоки соотношения типов ПР3.15 и ПР3.19 (420).
2. Функциональные блоки 423
Блок предварения типа ПФ2.3 (423). Суммирующее реле типа ПФ1.3 (425). Реле соотношения ПФ1.11 (427). Блок функциональный типа БФ-2 (427). Программные задатчики типа ПД-35А и ПД-36А (432). Реле сигнализации типа ПР1.3 (434). Промежуточное реле типа ПП1.3 (434). Реле переключения типа ПП2.3 (436).
§ 4. Агрегатная унифицированная система элементов дискретного действия (АУСЭДД) 437
Пневматические реле Р10, Р20, Р30, Р40, Р90 (438). Ключи и кнопки управления пневматические К10, К20, К30, К40 (439). Двухпозиционные указатели положения пневматические У10, У20, У30 (441).
§ 5. Регуляторы приборные и аппаратные 441
Регуляторы типов 04 и 14 (441). Бессальниковые регуляторы уровня жидкости с цилиндрическим поплавком (446). Регуляторы, измерители и сигнализаторы уровня жидкости с шаровым поплавком (450). Двухпозиционный пневматический регулятор уровня типа ДРУГ (454). Регулятор давления типа РД (454). Регулятор температуры биметаллический пневматический типа РТБП (455). Регулятор температуры дилатометрический пневматический типа ДТДП (456). Терморегулятор манометрический пневматический типа ТРП (457). Регулятор температуры типа РТУ-1 (459).
§ 6. Вторичные приборы 459
Вторичные показывающие приборы (459). Вторичные самопишущие приборы (465). Вторичные интегрирующие приборы (470).
§ 7. Исполнительные механизмы 472
1. Клапаны с мембранным пневмоприводом . . . . . —
Регулирующие клапаны для неагрессивных сред (472). Регулирующие клапаны для агрессивных сред (480). Трехходовые клапаны (488). Запорные клапаны (489).
2. Позиционеры 490
3. Мембранные исполнительные механизмы 493
4. Поршневые исполнительные механизмы 497
§ 8. Аппаратура воздухоподготовки 501
Автоматические установки для осушки воздуха (502). Дегидраторы (504). Фильтры очистки воздуха (506). Редукторы давления воздуха (507). Редуктор давления с фильтром типа РДФ-3и (508).
§ 9. Вспомогательная аппаратура 509
1. Аппаратура дистанционного управления . . . . . —
2. Пневмоимпульсное реле ПИР 510
3. Воздухораспределительная аппаратура . . . . . —
4. Пневмореле типа ПР-7 512
5. Защитные реле . . . . . —
6. Аппаратура контроля расхода и давления воздуха 513

Глава X. **Электропневматические системы, регуляторы и устройства** (*Г. А. Рабинович*) 515

§ 1. Системы автоматического регулирования . . . . . —
1. Автоматика газифицированных отопительных водогрейных котлов типа АГК-2 . . . . . —
2. Система автоматического регулирования температуры и относительной влажности воздуха в производственных помещениях завода «Текстильмашприбор» 517

§ 2. Электропневматические регуляторы 518
Регулятор перепада высокого давления типа РПВД-3 (518). Регуляторы уровня жидкости типов РУП2-320 и РУП3-320 (518). Корректирующий регулятор нейтрализации типа КРН (519). Аппаратура для регулирования плотности (519).
§ 3. Аналоговые электропневматические преобразователи 521
Электропневматический преобразователь типа ЭПП-63 (521). Электропневматический преобразователь типа ПЭПФ (523). Датчик мощности пневматический ДМП-1 (524). Электропневматический преобразователь типа ЭППИ (525).
§ 4. Пневмоэлектрические преобразователи 526
Пневмоэлектрический преобразователь ППЭ-6 (526). Пневмоэлектрический преобразователь типа ПЭ-55М (527). Пневмоэлектрический преобразователь полупроводниковый ППП-1 (527). Пневмоэлектрические преобразователи дискретного действия ППЧ.3, Р70, П1ПР.4, ПЭСУ-4 (529).
§ 5. Исполнительные механизмы 530
Привод пневматический с электрическим управлением типа ППЭ-1 (530). Проходные краны с пневмоприводом 11с722бк, 11с723бк, КСП, КЦОП (530). Система дистанционного управления пневмодвигателями «Привод» (532). Двухходовые переключатели с электропневматическим приводом (534).
§ 6. Клапаны, воздухораспределители и электропневматические преобразователи дискретного действия 535

Глава XI. **Электрические регуляторы и сигнализаторы** (*М. С. Горохова, И. Б. Френкель*) 539

§ 1. Сигнализирующие и позиционные регулирующие приборные устройства —
1. Трехпозиционное контактное устройство . . . . . —
2. Позиционные и контактные устройства электронных приборов . . . . —
3. Фотоэлектрические контактные устройства 545
§ 2. Сигнализаторы и позиционные регуляторы аппаратные . . . . . —
1. Сигнализаторы температуры 545
Ртутные сигнализаторы температуры (545). Манометрические сигнализаторы температуры (547). Биметаллические сигнализаторы температуры (550). Дилатометрические сигнализаторы температуры (553). Термисторные сигнализаторы температуры (554).
2. Сигнализаторы и позиционные регуляторы давления 556
Мембранные сигнализаторы давления (556). Сильфонные сигнализаторы давления (559). Пружинный сигнализатор давления (563).
3. Сигнализаторы и позиционные регуляторы уровня 565
Поплавковые сигнализаторы уровня (565). Мембранные датчики уровня (570). Крыльчатые сигнализаторы уровня (571). Сигнализаторы уровня, основанные на принципе проводимости (572). Емкостные сигнализаторы уровня (578). Радиоактивные сигнализаторы уровня (585). Специальные сигнализаторы уровня (587)
4. Сигнализаторы и позиционные регуляторы разности давления и расхода аппаратные 589
Мембранные сигнализаторы разности давлений (589). Сильфонные сигнализаторы разности давлений (589).
5. Сигнализаторы контроля наличия струи (потока) 589
6. Реле скорости 592
§ 3. Электрические регуляторы 593
1. Датчики электрических регуляторов . . . . . —
2. Балансное реле типа БР-3 594
3. Ступенчатый импульсный прерыватель типа СИП-01 . . . . . —

Глава XII. **Электронные регуляторы** (*Б. Д. Кошарский*) 596

§ 1. Электронные регуляторы системы МЗТА . . . . . —
1. Первичные приборы-датчики 597
Индукционные датчики (597). Датчик-трансформатор тока типа ДТТ-58 (597).
2. Функциональные приборы (преобразователи) 599
Размножители сигналов переменного тока типа РП-63 и ДРИ (599). Сумматор сигналов переменного тока типа СП-63 (601).
3. Регулирующие и корректирующие приборы 601
Регуляторы серии РПИК с релейным выходным элементом (604). Регуляторы серии РПИБ с бесконтактным выходным элементом (609). Корректирующие приборы серии КПИ (611).
4. Измерительные блоки к регуляторам и корректирующим приборам . . . 614
Измерительные блоки типа И-III-62 и И-IV-62 (614). Измерительные блоки типа И-Т-62 и И-Т2-62 (618). Измерительные блоки типа И-С-62 и И-2С-62 (620). Измерительные блоки типа И-МК-62 и И-М-62 (620).
5. Дифференциаторы и устройства динамической связи 624
Дифференциаторы типа ДЛ-Т и ДЛ-П (624). Устройство динамической связи типа КДС (628).
6. Переключатели типа ПЛК-Т и ПЛК-П 628

7. Вспомогательные устройства 631
Задатчики типа ЗРУ-24, ЗРУ-174 и ПЗВ (631). Стабилизаторы напряжения типа С-0,16 (632). Указатели положения типа М4202.6 (633).
§ 2. Электронная агрегатная унифицированная система регулирования и контроля ЭАУС-У 633
1. Датчики 635
2. Преобразователи . . . . . —
Механоэлектрический преобразователь типа Э-2Д1 (635). Нормирующие преобразователи типа НП-С, НП-Т, НП-П (637).
3. Импульсные регуляторы типа РП1 643
4. Корректирующие приборы типа КП1 650
5. Измерительные блоки к регуляторам и корректирующим приборам . . . 652
Измерительные блоки типа И-УД и И-УП (652). Измерительные блоки типа И-ПД и И-ПФ (654). Измерительные блоки типа И-ТД, И-СД и И-ПТ (657).
6. Дифференциаторы и устройства динамической связи 660
Дифференциаторы типа Д-Т, Д-П, Д-У (660). Устройства динамической связи типа ДС (664).
7. Вторичные приборы 664
8. Синхронизатор (полупроводниковый переключатель) типа ПП-1 665
9. Сигнализирующее устройство типа С-У 668
10. Вспомогательные устройства 672
Ограничитель унифицированного сигнала типа О-У (672). Задатчики, блоки дистанционного управления и датчики ручного управления (672). Дистанционные указатели положения типа ДУП (675).
§ 3. Электронные регуляторы приборные и аппаратные 675
1. Датчики-преобразователи с 10, 20 и 100-процентной зоной пропорциональности 676
Датчики со 100-процентной зоной пропорциональности (676). Датчики с 10 и 20-процентной зоной пропорциональности (677).
2. Регулирующие устройства завода электроприборов (Киев) 678
Регуляторы типа РУ4-16А (678). Программные регулирующие и задающие устройства типа РУ5-01м и РУ5-02м (682).
3. Регуляторы завода «Теплоприбор» (Челябинск) 686
Бесконтактные регулирующие устройства типа БРУ-11 и БРУ-21 (688). Регуляторы типа ИРМ-240 (692). Регуляторы типа ЭР (695).
4. Программные регуляторы температуры типа ПРТЭ-2М и ЭРП-61 698
§ 4. Система многоканального импульсного регулирования МИР-63 699
1. Измерительные блоки 700
2. Электронный усилитель Э-М 701
3. Обегающее устройство ОУ-25П 703
Глава XIII. **Электрические исполнительные механизмы** (*И. Б. Френкель*) 706
§ 1. Электрические исполнительные механизмы однооборотные 710
Механизмы (колонки) дистанционного управления типа КДУ и типа МЭО (710). Исполнительные механизмы типов ДР-М, ДР-1М, ПР-М, ПР-1М, ИМ-2/120 и ИМТМ-4/2,5 (712). Исполнительные механизмы типа МЭК и МЭО-К (КМ) (712). Исполнительные механизмы бесконтактного управления типа МЭК-Б (БМ), ИМ-2Б, МЭО и БИМ (714).
§ 2. Электрические исполнительные механизмы многооборотные типа МЭМ 717
§ 3. Вспомогательные устройства . . . . . —
Магнитные усилители типов МУ и УМД (717). Дистанционные указатели положения типа ДУП и ИПУ (718).
Глава XIV. **Частотно-ферродинамическая система приборов** (*И. Б. Френкель*) 719
§ 1. Преобразователи перемещений типа ПФ и ПС 720
§ 2. Преобразовательные и функциональные блоки 722
Преобразователи напряжения типа ПНЧ и ЗПНЧ (722). Преобразователь потенциометрический типа ППФ (722). Преобразователь мостовой ферродинамический типа ПМФ (722). Преобразователи функциональные ферродинамические типа ПФФ и ПФФК (722). Преобразователи электрические ферродинамические типа ПЭФ и ПЭФК (724). Преобразователь ферродинамический токовый типа ПФТ (724).
§ 3. Вторичные приборы 724
Вторичные миниатюрные самопишущие и показывающие приборы с ферродинамическим компенсатором типа ВФСМ и ВФПМ (724). Вторичные миниатюрные самопишущие и показывающие приборы со струнным компенсатором типа ВЧСМ и ВЧПМ (725). Сумматоры типа СЧ и СЧСМ (725). Новые вторичные приборы (726).
§ 4. Регуляторы 726
Регулятор ферродинамический типа РФ-ПИ (726). Преобразователь (регулятор) электрогидравлический типа ПЭГ (727).
§ 5. Вспомогательные устройства 728
Блоки управления типа БУС и БУР (728). Дистанционные задатчики типа ДЗФП и ДЗФМ (728). Блок релейный типа БРФ (728). Делитель напряжения выносной типа ДНВ (729). Индикатор угла поворота ферродинамический типа ИУФ (729).

Глава XV. **Машины централизованного контроля, цифровой регистрации, сигнализации и регулирования** (*Б. Д. Кошарский*) 730

§ 1. Назначение и структура МЦКР . . . . . —
§ 2. Основные элементы и узлы МЦКР 734
Нормализующие схемы (734). Входные коммутаторы (735). Схемы сравнения (736). Логические элементы (738). Цифровые преобразователи (738).
§ 3. Машины цифровой регистрации, сигнализации и регулирования различных технологических параметров 739
1. Электронные логические регистрирующие устройства типа ЭЛРУ-2М и ЭЛРУ-3 . . . . . —
2. Машины цифровой регистрации, сигнализации и регулирования типа «Зенит-2» и «Зенит-3» 745
3. Машина централизованного контроля типа «Цикл-2» 749
4. Машины централизованного контроля типа МЦК-ИРц и МЦК-СРц, работающие с частотными датчиками 751
5. Пневматическая система централизованного контроля, регулирования и дистанционного управления типа «Пуск-3» 754
§ 4. Машины централизованного контроля и регулирования идентичных параметров 757
1. Машина автоматической регистрации, сигнализации и регулирования температуры типа МАРС-200Р . . . . . —
2. Машины централизованного позиционного регулирования типа АМУР и АМУР-ТМ 760
3. Автоматические станции многоточечного контроля, регулирования, измерения и регистрации температуры типа АСТ и АСТ-ТС 762
4. Установка передачи информации с рабочего места и контроля работы оборудования типа УПИ-1 . . . . . —
§ 5. Машины централизованного контроля и первичной переработки информации 763
1. Машина первичной переработки информации типа МППИ-1 . . . . . —
2. Информационно-вычислительная машина типа ИВ-500 770

Глава XVI. **Электронные цифровые вычислительные машины** (*Б. Д. Кошарский*) 771

§ 1. Принцип действия и устройство электронных цифровых вычислительных машин 773
1. Математические и логические основы ЭЦВМ . . . . . —
Представление чисел в вычислительных машинах (773). Алгебра логики (776).
2. Работа электронной цифровой вычислительной машины 779
3. Элементы вычислительных машин 780
4. Узлы логических устройств 781
5. Основные блоки и устройства ЭЦВМ 784
Входные устройства (784). Запоминающие устройства (786). Арифметические устройства (786). Устройства управления (788). Выходные устройства ЭЦВМ (790).
§ 2. Элементы программирования 790
1. Алгоритмический процесс . . . . . —
2. Команды, выполняемые ЭЦВМ 791
Вычислительные и логические команды (791). Служебные команды (794).
3. Элементарное программирование 797
§ 3. Информационно-управляющие вычислительные машины 799
1. Электронная цифровая управляющая машина «Днепр» (1965 г.) . . . . —
Основные технические данные и команды машины «Днепр» (799). Управляющие и арифметическое устройства (УАУ) (803). Запоминающие устройства ОЗУ и ПЗУ (809). Устройство связи с объектом (УСО). (810). Устройство ввода и вывода (УВВ) (811).
2. Управляющая вычислительная машина УМ-1 812
3. Малогабаритная управляющая машина УМ-1НХ 816
4. Универсальная управляющая вычислительная машина и система автоматической обработки данных ВНИИЭМ-3 818
Технические данные машины (818). Логические особенности машины ВНИИЭМ-3 (826).
§ 4. Информационно-вычислительные машины 828
1. Универсальные автоматические цифровые вычислительные машины «Урал-11», «Урал-14», «Урал-16» . . . . . —
Технические данные машин (828). Устройства вычислительные и управления (829). Запоминающие устройства (830). Коммутаторы-преобразователи сигналов (831). Цифро-буквопечатающее устройство (832). Перфорирующие и считывающие устройства (833).

2. *Электронные цифровые вычислительные машины «Минск-2», «Минск-22», «Минск-23»* 836
Вычислительные машины «Минск-2» и «Минск-22» (837). Вычислительная машина «Минск-23» (840).
3. *Цифровые вычислительные машины «Наири», ПЭВР-80, АТЭ-80, ЭВ80-3М, ЭВП-80-2 («Рута»)* 842
Малая универсальная вычислительная машина «Наири» (842). Электронные счетно-перфорационные машины ПЭВР-80, АТЭ-80, ЭВ80-3М, ЭВП-80-2 («Рута») (844).

Глава XVII. **Внешние устройства ЭЦВМ — устройства подготовки, преобразования и передачи информации** (*Ю. А. Шлиозберг*) 847

§ 1. Устройства подготовки и преобразования информации . . . . . —
1. Перфораторы . . . . . —
Двухпериодный цифровой перфоратор ПД45-2 (847). Одноперподный цифровой 80-колонный перфоратор П80-6 (847). Алфавитно-цифровой перфоратор ПА80-2 (851). Позиционный итогово-дублирующий перфоратор ПИ80 (45-1) (851). Итоговый позиционный перфоратор ПИ80-М2 (852). Перфоратор-репродуктор ПР80 (45)-2 (853). Перфоратор считывающий ПС80 (45) (853).
2. Контрольники 856
Цифровые контрольники К80-6 и К45-6 (858). Алфавитно-цифровой контрольник КА80-2 (856).
3. Сортировки 856
Сортировки С80-5М и С45-5М (856). Сортировка электронная СЭ80-3 (859). Раскладочно-подборочные машины РПМ 80-2М и РПМ 45-2М (860).
4. Табуляторы 860
Табулятор Т-5М (860). Алфавитно-цифровой табулятор ТА80-1 (862). Электронная вычислительная приставка ЭВП-1 (862).
5. Устройства подготовки перфолент 863
Устройство контрольно-считывающее для перфолент КСУ (863). Устройство контрольно-считывающее КСУ-1 (864). Фактурная машина ВА-345П с ленточным перфорирующим устройством (865). Контрольно-регистрирующая машина с выводом информации на перфоленту КИП-Б (865).
6. Устройства преобразования информации 865
Устройство перезаписи информации БЛП-1 (865). Устройство преобразования данных УПД (866).
§ 2. Устройства ввода, вывода и передачи информации 866
1. Устройства ввода с перфокарт ВУ700-2 и УКВ . . . . . —
2. Устройства ввода с перфолент СУ-1, ФСУ-1, СП-2 и УВЛ 867
3. Перфораторы ленточные ПЛ20 и ПЛ80 868
4. Устройства дистанционной передачи информации — телеграфные аппараты РТА-60, «Рионн», РТА-50-2М, РТМ-51 и СТА-2М 871

Борис Давидович КОШАРСКИЙ, Татьяна Хаскелевна БЕЗНОВСКАЯ, Владимир Александрович БЕК, Маргарита Самойловна ГОРОХОВА, Зуня Моисеевич КРАСТОШЕВСКИЙ, Григорий Аронович РАБИНОВИЧ, Юрий Абрамович ШЛИОЗБЕРГ, Израиль Борисович ФРЕНКЕЛЬ

АВТОМАТИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ, РЕГУЛЯТОРЫ И УПРАВЛЯЮЩИЕ МАШИНЫ

Редакторы издательства *Т. С. Васильева, И. А. Денина, Л. И. Орлова*

Технический редактор *Л. В. Щетинина* Корректор *А. И. Лавриненко*

Сдано в производство 18/VII 1968 г. Подписано к печати 22/X 1968 г. М-16602
Формат бумаги 70×108¹/₁₆ Прив. печ. л. 78,75 (3 вкладки) Уч.-изд. л. 66,0.
Тираж 42 000 экз. Заказ 2178. Цена 3 р. 69 к.

Ленинградское отделение издательства «МАШИНОСТРОЕНИЕ»
Ленинград, Д-65, ул. Дзержинского, 10

Ленинградская типография № 6 Главполиграфпрома Комитета по печати при Совете Министров СССР. Ленинград, ул. Моисеенко, 10

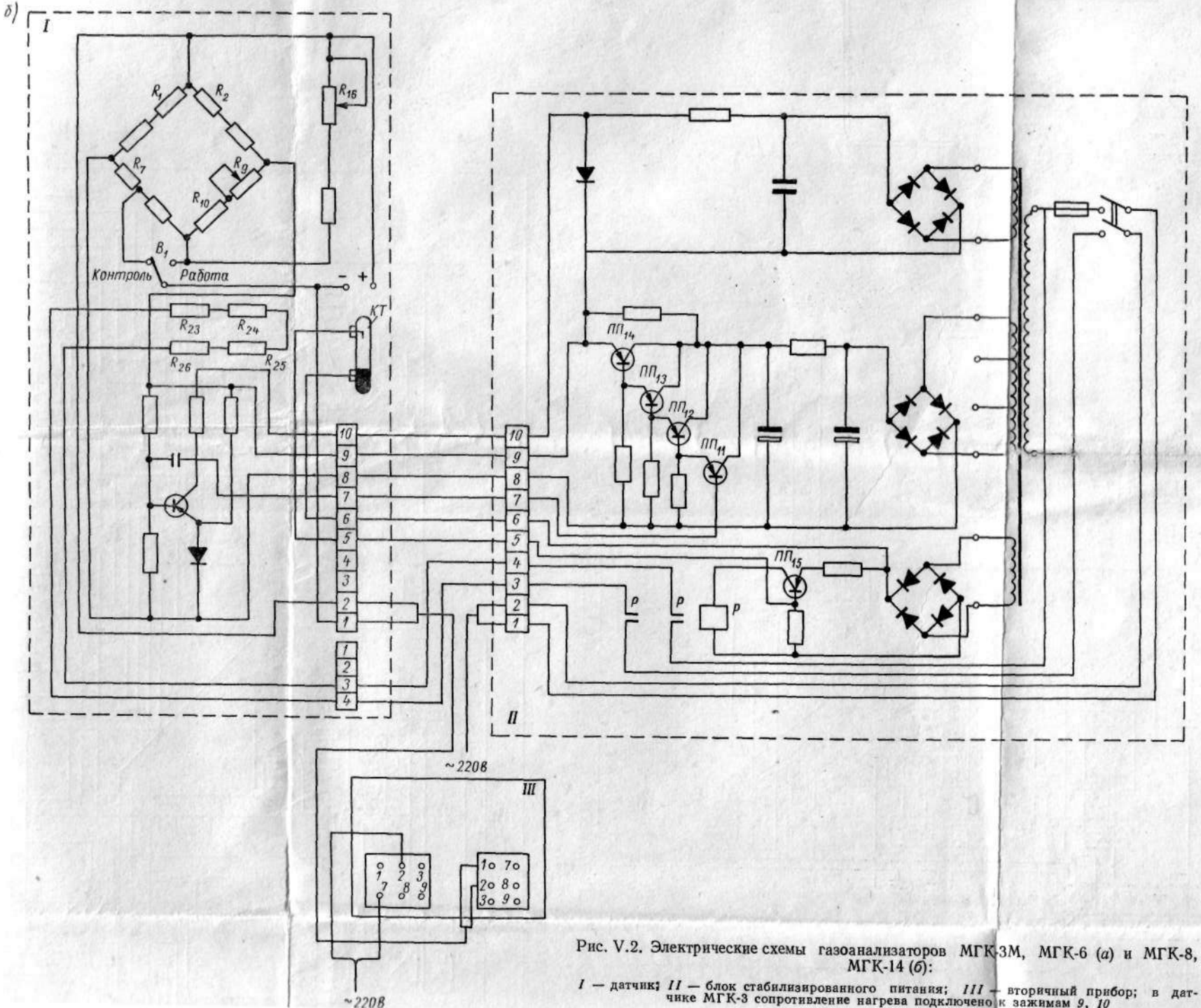
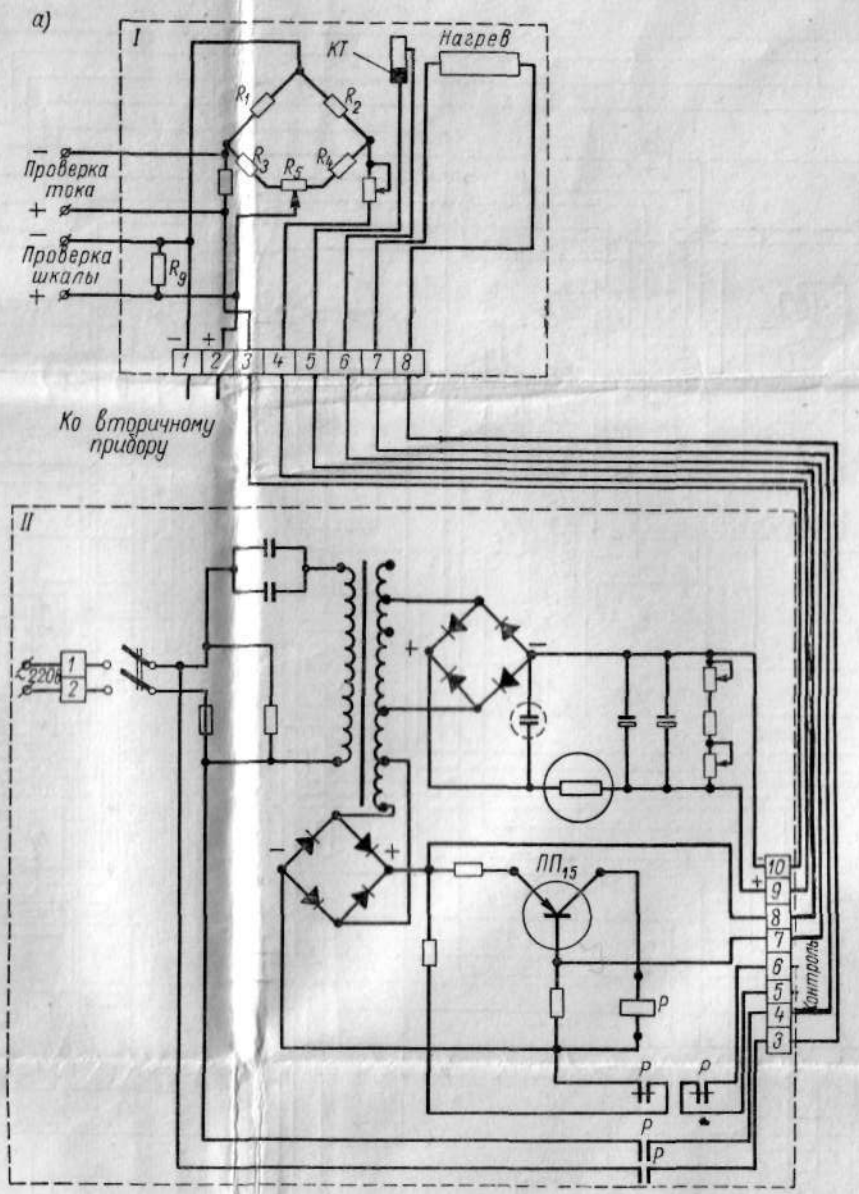


Рис. V.2. Электрические схемы газоанализаторов МГК-3М, МГК-6 (*а*) и МГК-8, МГК-14 (*б*):

I — датчик; *II* — блок стабилизированного питания; *III* — вторичный прибор; в датчике МГК-3 сопротивление нагрева подключено к зажимам *9*, *10*



Б. Д. Кошарский 2178

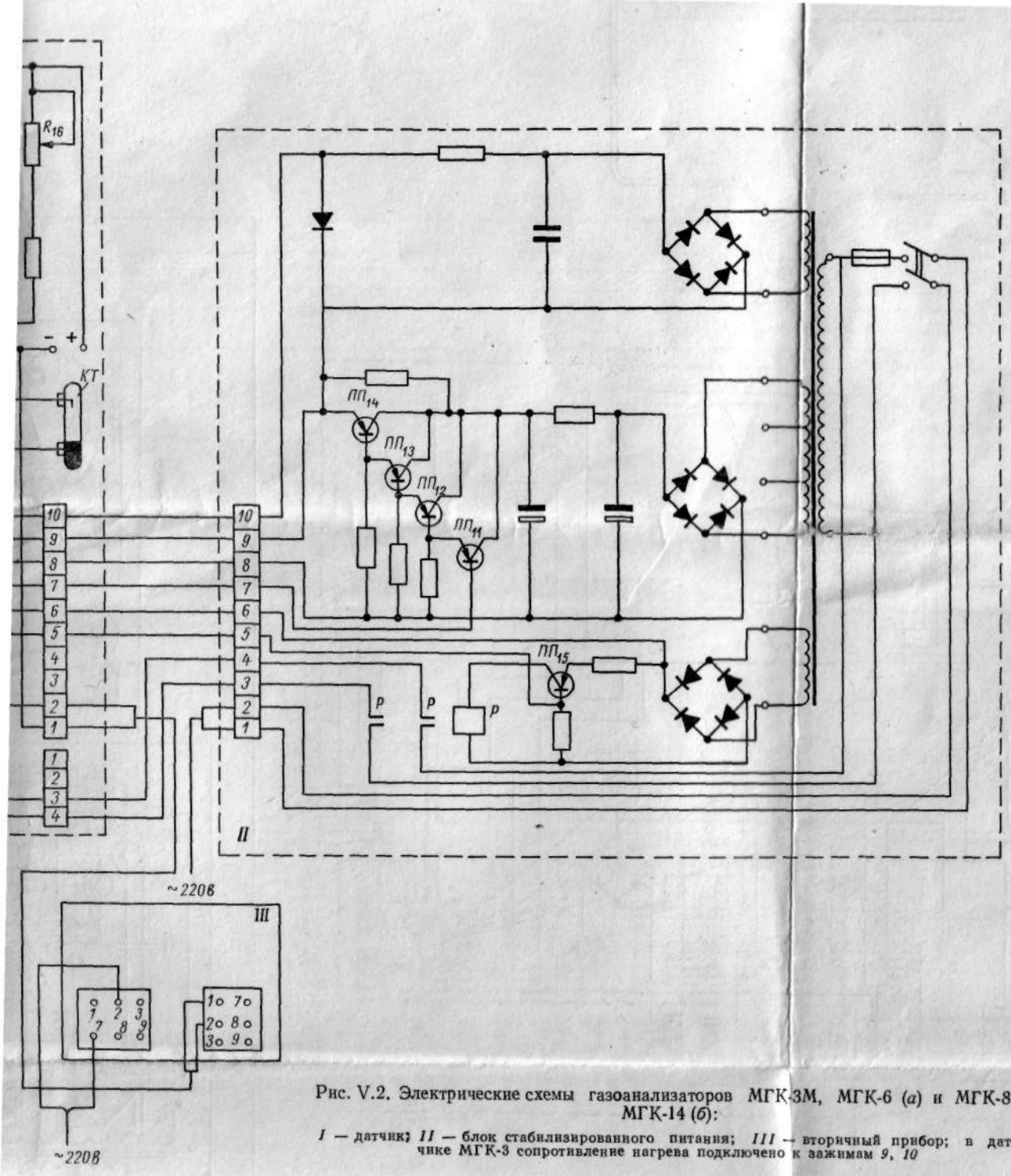
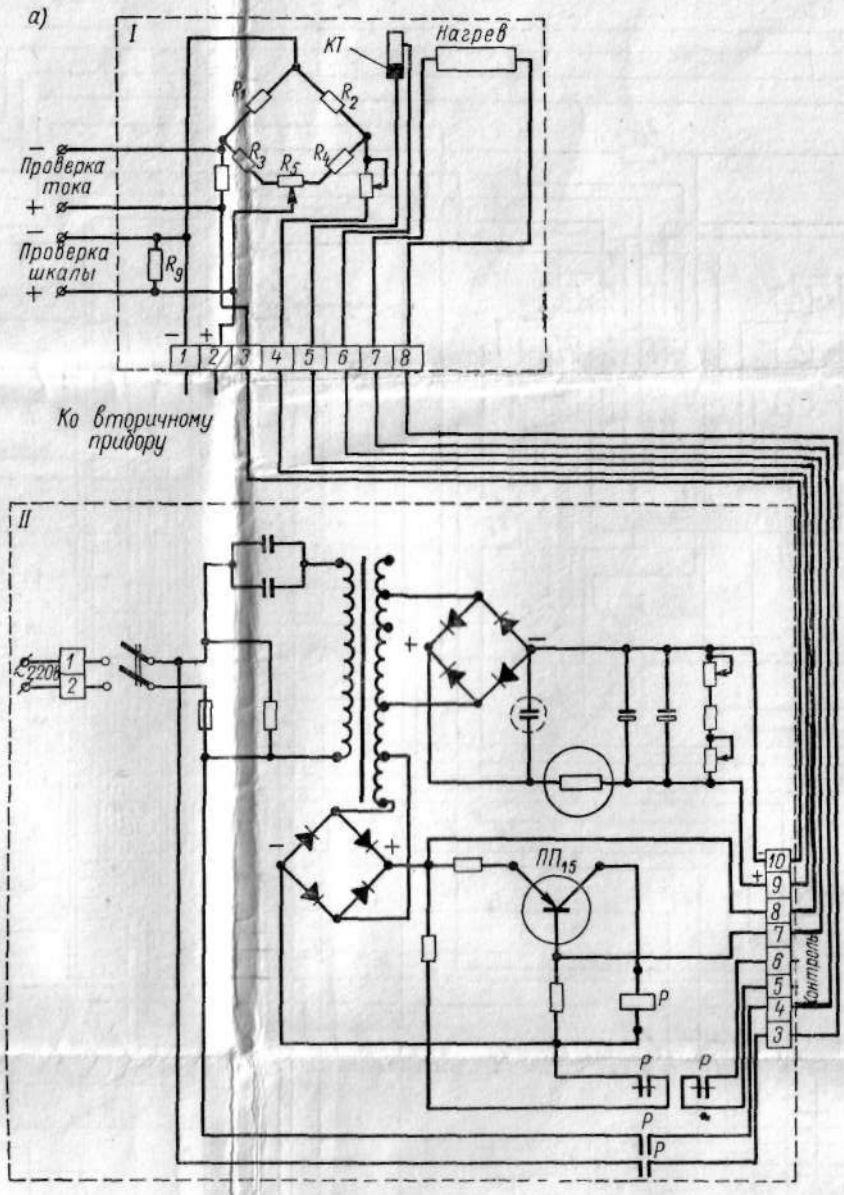


Рис. V.2. Электрические схемы газоанализаторов МГК-3М, МГК-6 (*а*) и МГК-8, МГК-14 (*б*):

I — датчик; *II* — блок стабилизированного питания; *III* — вторичный прибор; в датчике МГК-3 сопротивление нагрева подключено к зажимам *9*, *10*



Б. Д. Кошарский 2178