
В.С. Чистяков

КРАТКИЙ
СПРАВОЧНИК
ПО ТЕПЛО-
ТЕХНИЧЕСКИМ
ИЗМЕРЕНИЯМ

ЭНЕРГОАТОМИЗДАТ

В.С. Чистяков

**КРАТКИЙ
СПРАВОЧНИК
ПО ТЕПЛО-
ТЕХНИЧЕСКИМ
ИЗМЕРЕНИЯМ**



МОСКВА ЭНЕРГОАТОМИЗДАТ 1990

ББК 31.32

Ч-68

УДК 536.5 (035.5)

Рецензент М. А. Вайнберг

Чистяков В. С.

Ч-68 Краткий справочник по теплотехническим измерениям. — М.: Энергоатомиздат, 1990. — 320 с.: ил.
ISBN 5-283-00125-3

Даны общие сведения об измерении температуры, давления, расхода, уровня, об определении состава жидкостей и газовых смесей. Приведены данные о серийно выпускаемых средствах измерений (приборах, преобразователях, вспомогательных устройствах), применяемых для контроля за параметрами энергетических и технологических процессов. Рассмотрены технические характеристики кабелей, удлиняющих и соединительных проводов, используемых в измерительных устройствах.

Для инженерно-технических работников различных отраслей промышленности, а также для специалистов в области АСУ ТП.

Ч 2203030000-012
051(01)-90 142-90

ББК 31.32

Справочное издание

Чистяков Владимир Сергеевич

Краткий справочник по теплотехническим измерениям

Зав. редакцией *И. В. Волобуева*

Редактор *Л. А. Стригина*

Редактор издательства *Т. И. Мушинска*

Художественные редакторы *В. А. Гозак-Хозак* и *Г. И. Панфилова*

Технический редактор *О. Д. Кузнецова*

Корректор *Л. С. Тимохова*

ИБ № 2757

Сдано в набор 13.11.89. Подписано в печать 29.06.90. Т-11629. Формат 84×108¹/₃₂. Бумага типографская № 2. Гарнитура литературная. Печать высокая. Усл. печ. л. 16,8. Усл. кр.-отт. 17,01. Уч.-изд. л. 18,25. Тираж 46 000 экз. Заказ № 491. Цена 95 к.

Энергоатомиздат. 113114, Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10

Владимирская типография Госкомитета СССР по печати
600000, г. Владимир, Октябрьский проспект, д. 7

ISBN 5-283-00125-3

© Автор, 1990

Предисловие

Оптимизация режимов и повышение эффективности работы теплоэнергетического и технологического оборудования невозможны без измерения параметров теплоэнергетических и технологических процессов. Для правильного выбора средств измерения этих параметров необходимо иметь представление о всем многообразии выпускаемых средств измерения теплотехнических и технологических параметров, что и отражено в предлагаемом справочнике.

Существующие в настоящее время справочники по теплотехническим измерениям либо не охватывают всех применяемых средств и необходимых характеристик, либо по своему стилю не вполне отвечают запросам практических работников ТЭС, АЭС и других организаций.

В справочнике даны краткие сведения практически о всех серийно выпускаемых промышленных средствах измерения и частично о лабораторных приборах. Справочник позволяет получить представление о том, какие параметры, какими средствами, с какой точностью и надежностью могут быть измерены, какими техническими характеристиками отличаются те или иные средства измерения, чем руководствоваться при выборе средств измерения. Приводятся сведения о вспомогательных устройствах, не входящих в комплект, но необходимых для измерения.

Справочник отражает сведения по состоянию на 1989 г. Звездочкой отмечены средства измерения, которые снимаются с производства в 1990 г. Автор будет благодарен читателям за любые предложения и замечания, которые следует направлять по адресу: 113114, Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10, Энергоатомиздат.

Автор

Введение

Для получения достоверной количественной информации о параметрах теплоэнергетических и технологических процессов, необходимо выбрать соответствующий метод и средства измерения. Выбор метода измерения и типа первичного преобразователя в большинстве случаев определяется конкретными условиями измерения (измеряемой средой, ее параметрами, местом измерения, особенностями технологического процесса в этом месте и т. п.) и требованиями, предъявляемыми к точности измерения и к функциям, выполняемым средствами измерения (например, показания в месте установки, запись, передача показаний на расстояние, передача сигнала измерительной информации на вход ЭВМ и т. д.).

В связи с применением АСУ и информационно-измерительных систем (ИИС) важное значение для выбора средств измерения приобретает возможность их комплектования с другими блоками ИИС или с ЭВМ, часто входящим в АСУ или ИИС.

Для реализации этих требований многие средства измерения для связи между собой, с АСУ или ИИС имеют унифицированные входные и выходные электрические и пневматические сигналы. Чаще всего это сигнал постоянного тока 0—5 мА (за рубежом и частично в СССР также сигнал на 4—20 мА) и пневматический сигнал 0,02—0,1 МПа (0,2—1 кгс/см²). Виды и параметры унифицированных входных и выходных сигналов приведены в ГОСТ 26.010—80, 26.011—80, 26.012—80, 26.013—81, 26.014—81 и 26.015—81.

Погрешность измерения теплоэнергетического или технологического параметра можно условно разбить на следующие составляющие: погрешность восприятия чувствительным элементом первичного измерительного преобразователя измеряемого параметра; погрешность передачи сигналов (информации); погрешности средств измерения.

В процессе измерения возможно отклонение условий измерения и параметров окружающей среды или вспомогательных источников питания от расчетных значений. При этом, как правило, возникают дополнительные погрешности за счет влияющих величин.

Кроме того, в процессе измерения возможно изменение (иногда со значительными скоростями) измеряемого параметра. В этом случае, как правило, возникают дополнительные динамические погрешности измерения. Наиболее значительными бывают динамические погрешности восприятия измеряемого параметра первичным измерительным преобразователем. Динамические характеристики средств измерения часто отражаются в нормативно-технической документации. Динамические погрешности восприятия измеряемого параметра чувствительными элементами первичных измерительных преобразо-

вателей определяются не только конструкцией измерительного преобразователя, но также условиями измерения и особенностями их установки или подключения. Например, при измерении температуры одним из основных факторов являются условия теплообмена между чувствительным элементом и измеряемой средой. Условия теплообмена зависят от рода измеряемой среды (газ, жидкость и т. д.), ее параметров (температуры, давления, скорости или характера движения), расположения чувствительного элемента в потоке и т. д. При измерении давления или расхода по перепаду давления на динамическую погрешность будут влиять род измеряемой среды, длина и сечение импульсных линий, конструкция и размеры упругих чувствительных элементов, размеры плюсовой и минусовой камер дифманометров и т. д. Все эти факторы могут быть учтены и оценены только для конкретных мест расположения первичных средств измерения на объектах, для конкретных условий измерения, для конкретных средств измерения.

Общий подход к оценке статических и динамических погрешностей восприятия измеряемого параметра средствами измерения изложен в [27].

Для каждого конкретного случая, для конкретных условий измерения и конкретных требований, предъявляемых к функциям и точности средств измерения, выбираются свой метод и свои средства измерения. Невозможно провести анализ всех случаев, поэтому в справочнике даются только общие рекомендации, общий подход к выбору метода и средств измерения. Указываются преимущества и недостатки тех или иных методов измерения, которые помогают правильному выбору метода.

Следует обратить внимание на то, что при неправильном выборе метода или при неучете влияния условий измерения на работу первичного измерительного преобразователя или его чувствительного элемента возникают наибольшие по значению систематические погрешности, в несколько раз превышающие все остальные составляющие погрешности измерения,

Глава первая

ИЗМЕРЕНИЕ ТЕМПЕРАТУР

1.1. Общие сведения по измерению температур

В соответствии с Международной практической температурной шкалой 1968 г. (МПТШ-68) основной температурой является термодинамическая температура, единица которой — кельвин (К). На практике часто применяется температура Цельсия, единица которой — градус Цельсия ($^{\circ}\text{C}$), равный кельвину. Между температурой Цельсия и термодинамической температурой существует следующее соотношение: $t, ^{\circ}\text{C} = T, \text{K} - 273,15$.

В ряде зарубежных стран до сих пор применяются температурные шкалы Фаренгейта ($^{\circ}\text{F}$), Ренкина ($^{\circ}\text{R}$) и иногда Реомюра ($^{\circ}\text{R}$). Температуры, определяемые по этим шкалам, приведены в соответствие с МПТШ-68, а между значениями температур имеют место следующие соотношения: $^{\circ}\text{C} = \text{K} - 273,15$; $\text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273,15$; $^{\circ}\text{C} = \frac{5}{9} (^{\circ}\text{F} - 32)$; $\text{K} = \frac{5}{9} (^{\circ}\text{F} + 459,67)$; $^{\circ}\text{C} = \frac{5}{9} ^{\circ}\text{R}' - 273,15$; $\text{K} = \frac{5}{9} ^{\circ}\text{R}'$; $^{\circ}\text{C} = \frac{5}{4} ^{\circ}\text{R}$; $\text{K} = \frac{5}{4} ^{\circ}\text{R} + 273,15$.

Для измерения температур применяются контактные и бесконтактные методы. Для реализации контактных методов измерения применяются термометры расширения (стеклянные жидкостные, манометрические, биметаллические и дилатометрические), термопреобразователи сопротивления (проводниковые и полупроводниковые) и термоэлектрические преобразователи. Бесконтактные измерения температуры осуществляются пирометрами (квазимонохроматическими, спектрального отношения и полного излучения).

Контактные методы измерения более просты и точны, чем бесконтактные. Но для измерения температуры необходим непосредственный контакт с измеряемой средой и телом. И в результате этого может возникать, с одной стороны, искажение температуры среды в месте измерения и с другой — несоответствие температуры чувствительного элемента и измеряемой среды. Это несоответствие температур или погрешность восприятия чувствительным элементом термометра измеряемого параметра в стационарном режиме имеет место, если происходит теплообмен между термоприемником и измеряемой средой или частями технологического оборудования. При отводе (или подводе) теплоты от термоприемника за счет теплопро-

водности и излучения разницу температур термоприемника и измеряемой среды — погрешность измерения — можно приближенно описать выражением

$$t_T - t_c = -\frac{1}{l} \sqrt{\frac{\lambda_s}{P\alpha_K}} (t_c - t_{ст}) \operatorname{th} l \sqrt{\frac{P\alpha_K}{\lambda_s}} + \frac{C_0 \varepsilon_{пр}}{\alpha_K} \left[\left(\frac{T_T}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{ст}}{100} \right)^4 \right],$$

где t_T , t_c , $t_{ст}$, T_T , $T_{ст}$ — температуры термометра, измеряемой среды, стенки или части технологического оборудования, °C; абсолютные температуры термометра и стенки, K; l , P , s — длина, периметр и сечение термометра (термоприемника), м, м²; α_K — коэффициент конвективной теплоотдачи от измеряемой среды к термометру (термоприемнику), Вт/(м²·K); λ — теплопроводность материала термометра (термоприемника), Вт/(м·K); $C_0 = \sigma \cdot 10^8$, $C_0 = 5,67$ Вт/(м²/K⁴); σ — постоянная Стефана — Больцмана; $\varepsilon_{пр}$ — приведенный коэффициент излучения системы термометр — стенка, при $F_T \ll F_{ст}$ $\varepsilon_{пр} \approx \varepsilon_T$; F_T и $F_{ст}$ — поверхности термометра и стенки; ε_T — коэффициент излучения термометра.

Бесконтактные методы измерения не оказывают никакого влияния на температуру среды или тело. Но зато они сложнее и их методические погрешности существенно больше, чем у контактных методов.

Для оценки погрешности бесконтактных методов измерения, как правило, необходимо знать спектральные характеристики коэффициентов излучения (поглощения) чувствительных элементов пирометров, промежуточных линз, стекол, других материалов или сред, через которые проходит излучение от измеряемой среды к чувствительному элементу.

Серийно выпускаемые термометры и термопреобразователи охватывают диапазон температур от —260 до 2200 °C и кратковременно даже до 2500 °C. Бесконтактные средства измерения температуры серийно выпускаются на диапазон температур от 20 до 4000 °C.

1.2. Термометры стеклянные

Принцип действия основан на зависимости объемного расширения жидкости от температуры. Отличаются высокой точностью, простотой устройства и дешевизной. Однако стеклянные термометры хрупки, как правило, не ремонтпригодны, не могут передавать показания на расстояние.

Основными элементами конструкции являются резервуар с припаянным к нему капилляром, заполненные частично термометрической жидкостью, и шкала.

Конструктивно различаются палочные термометры и термометры со шкалой, вложенной внутрь стеклянной оболочки. У палочных термометров шкала наносится непосредственно на поверхности толстостенного капилляра. У термометров с вложенной шкалой капилляр и шкальная пластина с нанесенной шкалой заключены в защитную оболочку, припаянную к резервуару [1, 2].

Показания стеклянного термометра зависят не только от температуры резервуара, но и от температуры столбика жидкости в ка-

Таблица 1.1. Технические характеристики лабораторных стеклянных термометров расширения

Термометр	Тип	Пределы измерения, °C	Цена деления, °C	Предел допускаемой основной погрешности, °C	Размеры термометра, мм			Примечание
					Общая длина	Погружаемая часть	Диаметр	
Лабораторный метастатический Бекмана	ТЛ-1	Основная шкала 0—5 Вспомогательная —20÷150	0,01 5	±0,015	560±10	—	16±1	Для высокоточного измерения температуры (не более 5°C)
	ТЛ-2-1	—30÷70	1	±1 (—30—100)	250—20	—	—	Для измерения температуры в лабораторных и промышленных условиях
	ТЛ-2-2	0—100		±2 (101—200)	280—20	—	—	
	ТЛ-2-3	0—150		±3 (201—300)	320—20	—	—	
	ТЛ-2-4	0—250		±4 (300—350)	360—20	—	—	
	ТЛ-2-5	0—350		±4 (300—350)	400—20	—	—	
	ТЛ-3-6	0—450	2	±2 (0—200)	450	—	Тип А 8±1	
	ТЛ-3-7	0—500		±4 (201—400)	520	—	Тип А 5±1	
	ТЛ-3-8	0—600		±5 (401—500) ±6 (501—600)	—	—	—	

Лабораторный химический:
тип А — палочный
тип Б — с вложенной шкальной пластиной

Лабораторный нормальный тип Б с вложенной шкальной пластиной	ТЛ-4-1	-30 ÷ 20	0,1 (для термометров 1-7), 0,2 (для термометров 8-10)	±0,3 (-30 ÷ -1) ±0,2 (-1 ÷ 100) ±0,4 (101-200) ±0,8 (201-300) ±1 (301-360)	530-30	-	Тип Б 11 ± 1	Для точного измерения температуры
	ТЛ-4-2	0-55						
	ТЛ-4-3	50-105						
	ТЛ-4-4	100-155						
	ТЛ-4-5	150-205						
	ТЛ-4-6	200-255						
	ТЛ-4-7	250-305						
	ТЛ-4-8	190-260						
	ТЛ-4-9	240-310						
	ТЛ-4-10	290-360						
Лабораторный низкотемпературный	ТЛ-15	-100 ÷ 20	1	±1 (0-20) ±2 (-50 ÷ 1) ±2,5 (-100 ÷ -51)	400-40	-	11-2	-

Термометр	Тип	Пределы измерения, °С	Цена деления, °С	Предел допускаемой основной погрешности, °С	Размеры термометра, мм			Примечание
					Общая длина	Поружка-мая часть	Диаметр	
Лабораторный равноденный для точных измерений	ТР-I-1 ТР-I-2 ... ТР-I-15	0—4 4—8 ...—... ...—... 56—60	0,01	$\pm 0,05$	500 ± 20	80	$5,5 \pm 1$	Палочки для точного измерения температуры
	ТР-II-1 ТР-II-2 ... ТР-II-10	55—65 65—75 ...—... ...—... 145—155	0,02	$\pm 0,1$	540 ± 20	80	$5,5 \pm 1$	—
	ТР-III-1 ТР-III-2 ... ТР-III-8	140—160 160—180 ...—... ...—... 280—300	0,05	$\pm 0,3$	500 ± 20	80	$5,5 \pm 1$	

Таблица 1.2. Характеристики технических и специальных стеклянных термометров расширения

Термометр	Тип	Пределы измерения, °С	Цена деления, °С	Предел допускаемой основной погрешности, °С	Размеры термометра, мм			Примечание
					Общая длина	Погружаемая	Диаметр	
Технический для судовых двигателей	ТП-14-1	0—150	2	± 2 (0—100) ± 4 (101—150)	235	115	7 ± 1	Палочный; термометрическая жидкость — керосин, окрашенный в красный цвет
	ТП-14-2				270	150		
	ТП-14-3				320	200		
	ТП-14-4				470	350		
	ТП-17-1	100—650	5	± 5 (100—300) ± 7 (301—500) ± 10 (501—650)	410	200	6 ± 1	Палочный, ртутный; оборотная сторона окрашена в желтый цвет
	ТП-17-2				485	275		
Технический виброустойчивый	ТП-21-1	0—100	1	± 1	275; 295; 315; 335; 375; 415; 465; 615	60; 80; 100; 120; 160; 200; 250; 400	—	Ртутный, с вложенной шкалой; вероятность безотказной работы в течение 2000 ч — 0,95
	ТП-21-2	0—150	2	± 2				
	ТП-21-3	0—200						
	ТП-21-4 ТП-21-5	0—300 0—400	5 5	± 5 ± 5	295; 315; 335; 375; 415; 465; 615	120; 160; 200; 250; 400		

Продолжение табл. 1.2

Термометр	Тип	Пределы измерения, °С	Цена деления, °С	Предел допускаемой основной погрешности, °С	Размеры термометра, мм			Примечание
					Общая длина	Погружаемая часть	Диаметр	
	ТП-23-1	0—500	10	±10	295; 315; 335; 375; 415; 465; 615	80; 100; 120; 160; 200; 250; 400	7—1	Для измерения максимальной температуры в глубоких и сверхглубоких разведочных нефтяных скважинах
	ТП-23-2	0—600						
	Технический для глубоких скважин	ТП-25	50—250 20—220	1	±1 (20—100) ±2 (101—200) ±3 (201—250)	—	—	
Технический: — прямой — тип П — угловой — тип У	ТТ	—30 ÷ +50	0,5 или 1	±1	Длина верхней части 160 или 240	66; 103; 163; 253; 403; 633; 1033—для типа П; 104; 141; 201; 291; 441; 671; 1041— для типа У	—	Для измерения температуры в промышленных условиях
		0—100	1					
		0—160	1 или 2	±2				
		0—200	2					
		0—300						

Технический специальный	0—350	5	± 5	1 или 2	$\pm 2 (0-100)$ $\pm 3 (101-200)$	255; 265; 280	35; 45; 60 80; 100; 120	Оболоч- ки 18 ± 1 , нижняя часть 8 ± 1 при дли- не 35— 680 мм и 9 ± 1 для ос- тажных длин	Жидкостный со- скальной пласти- ной из молочного стекла
	0—400					300; 320; 340	160; 200		
	0—450					380; 420 470; 540	250; 320 400; 500		
	0—500					620; 720 850; 1020 1220	630; 800 1000		
СП-2А (прямой)	0—50 0—100 0—150 0—200	1	± 1	Длина верхней части 220 ± 10	110; 130 150; 170 210; 250 300; 370 450; 550 680; 850 1050	20	Для системы кон- диционирования		
СП-2Б (угловой)									
СП-4	0—50	1	± 1	108—1	—	20	Для системы кон- диционирования		
СП-5	—30÷10								

Продолжение табл. 1.2

Термометр	Тип	Пределы измерения, °С	Цена деления, °С	Предел допускаемой основной погрешности, °С	Размеры термометра, мм			Примечание
					Общая длина	Погружаемая часть	Диаметр	
Для газоанализаторов	СП-8	-5 ÷ 45	0,5	±0,5	175	—	8 ± 1	Для газоанализаторов
	СП-10	100—360	5	±5 (100—300) ±10 (301—360)	245	85	Нижняя часть 9 ± 1; оболочка 18—22	
	СП-14 (угловой)	-20 ÷ -5 -10 ÷ 5 0—15 10—25 20—35 30—45	0,2	±0,3 (-20—0) ±0,2 (1—45)	292	217	6,5—1	
Технический	СП-17	-5 ÷ 20	1	±1	80—10	—	6,5—0,5	Для установок, имеющих приспособление для наблюдения за температурой с помощью зеркального отображения шкалы термометра
	СП-18	20—45						

СП-21	—33÷51	0,5	$\pm 0,5$ (—10—51) $\pm 0,6$ (—20÷—10) $\pm 0,8$ (—33÷—20)	190—20	—	6—1	Ртутный, палоч- ный
СП-25	10—40	0,2	$\pm 0,2$	180±5		9—1	Ртутный, с ал- жестной шкалой
СП-28	130—170	0,5	± 1	185±5	35	6—1	Для топливо-воз- душной смеси
СП-29	0—50	0,5					Для жидкого топ- лива
СП-30	150—200	1		192±5	25		Для охлаждаю- щей жидкости го- ловки цилиндра
СП-31	50—150	1	± 1 (50—100) ± 2 (101—150)	360±5	125		Для воздуха в ма- гистраль
СП-32	80—120	0,5		185±5	35		Для охлаждаю- щей жидкости и топливозоудш- ной смеси
СП-33	40—80	0,5					Для масла в ма- гистраль

Продолжение табл. 1.2

Термометр	Тип	Пределы измерения, °С	Цена деления, °С	Предел допускаемой основной погрешности, °С	Размеры термометра, мм			Примечание
					Общая длина	Погружаемая часть	Диаметр	
	СП-34	30—70	0,5	±1	200±5	50		Для воздуха в магистраль
	СП-40 (угловой)	—30÷0	0,5		258	198	5,5±1	Палочный, ртутный
		—5÷25 15—45						

Таблица 1.3. Технические характеристики контактных стеклянных термометров

Термометр	Тип	Пределы измерения, °С	Цена деления, °С	Пределы установочных или тиковых точек, °С	Минимальный интервал между точками контактирования, °С	Размеры термометра, мм			Допускаемое отклонение температуры контактирования от значения, нанесенного на шкале, °С
						Длина верней части	Погружаемая часть	Диаметр	
С заданным постоянным контактом	ТЭК-П (прямой)	0—50	1	5—45	5	210 $\pm$ 10	63; 83; 103; 163; 253; 403; 633; 1003	Нижней части 9 $\pm$ 1, оболочки 18 $\pm$ 1	При одной точке контактирования: $\pm 1(0-100)$ и $\pm 2(101-200 -30+0)$
		0—100	2	10—90	10				
		0—200	2	20—180	20				
		0—300	2	50—250	30				
		—30÷70	2	—20÷60	10				

ТЗК-У
(угловой)

$\pm 3 (201-300)$
При двух и трех
точках контакти-
рования:
 $\pm 2 (0-100)$
 $\pm 3 (101-200)$ и
 $-30 \div 0$
 $\pm 5 (201-300)$

130; 150;
170; 210;
250; 300;
370; 450;
530; 680;
850; 1050

± 1

± 2 и ± 4

9 ± 1

95

150 ± 5

160 ± 5

25

105 и
130

1

105, 130,
160

1

80—150

80—180

С переменным
контактом

Прямой
ТПК-П-1

0—50

1

—

1

330 ± 10

83; 103;
123; 163;
203; 253;
403

9 ± 1

Электрическая на-
грузка не более:
мощность 1 Вт;
ток 0,004 А, напря-
жение 220 В

50—100

2

2

330 ± 10

83; 103;
123; 163;
203; 253;
403

9 ± 1

Электрическая на-
грузка не более:
мощность 1 Вт;
ток 0,004 А, напря-
жение 220 В

—30 ÷ 70

2

2

330 ± 10

83; 103;
123; 163;
203; 253;
403

9 ± 1

Электрическая на-
грузка не более:
мощность 1 Вт;
ток 0,004 А, напря-
жение 220 В

0—100

2

2

330 ± 10

83; 103;
123; 163;
203; 253;
403

9 ± 1

Электрическая на-
грузка не более:
мощность 1 Вт;
ток 0,004 А, напря-
жение 220 В

100—200

2

2

330 ± 10

83; 103;
123; 163;
203; 253;
403

9 ± 1

Электрическая на-
грузка не более:
мощность 1 Вт;
ток 0,004 А, напря-
жение 220 В

0—300

2

2

330 ± 10

83; 103;
123; 163;
203; 253;
403

9 ± 1

Электрическая на-
грузка не более:
мощность 1 Вт;
ток 0,004 А, напря-
жение 220 В

Продолжение табл. 1.3

Термометр	Тип	Пределы измерения, °С	Длина деления, °С	Пределы использования, °С	Пределы использования, °С	Минимальный интервал между точками кон-такта, °С	Размеры термометра, мм			Допускаемое отклонение температуры контактирования от значения, нанесенного на шкале, °С
							Длина верха	Погружаемая часть	Диаметр	
ТПК-П-7	Угловой	150—250	2	—	—	1		141 201 291 441		
	ТПК-У-1	0—50	1			2				
	ТПК-У-2	50—100								
	ТПК-У-3	—30÷70								
	ТПК-У-4	0—100								
	ТПК-У-5	50—100								
	ТПК-У-6	100—200								
	ТПК-У-7	150—250								
ТПК-У-8		200—300								

Таблица 1.4. Технические характеристики термоконтакторов

Тип	Точки контактирования, °С	Допускаемое отклонение температуры контактирования от заданной, °С	Размеры термоконтактора, мм		Примечание
			Общая длина	Диаметр	
TK-1П	5—300	±2 (20—100) ±3 (101—200) ±5 (201—300)	Погружаемая часть 30—300	5—1, 6—1 и 7—2	Одноконтактный, прямой
TK-1У	20—300				Одноконтактный, угловой
TK-2П					Двухконтактный, прямой
TK-2У					Двухконтактный, угловой
TK-11	43; 45	±0,2	Погружаемая часть 68—2	6—1	Угловой
TK-11А	23,5; 25 33,5; 35		Погружаемая часть 70—10		Прямой
TK-15	60	±2	65—5	5—1	Вибродаростойкий
TK-16	50		58—5		
TK-17	27; 30; 34	±1	85±5	6±1	Число замыканий 1 000 000 при частоте не более 5 в минуту
TK-20	69	±2	58±2	5—1	Число замыканий 100 000 при частоте не более 5 в минуту

Тип	Точки контактирования, °С	Допускаемое отклонение температуры контактирования от заданной, °С	Размеры термоконтактора, мм		Примечание
			Общая длина	Диаметр	
TK-30	42; 45	± 1	95	—	—
TK-34	Через 0,5 °С в интервалах: —10 ÷ 0; 10—15; 23—25; 33—38; 45—55	$\pm 0,5$	100 $\pm$ 5	5—1	Число замыканий 50 000 при частоте не более 5 в минуту
TK-52A	5 $\pm$ 0,5; 7 $\pm$ 0,5; 8 $\pm$ 0,5; 10 $\pm$ 0,5; 16 $\pm$ 0,5; 22 $\pm$ 0,5; 28 $\pm$ 0,5; 34 $\pm$ 0,5; (35—50) $\pm$ 0,5	$\pm 0,5$	120 $\pm$ 3	6—2	
	70 $\pm$ 2; 80 $\pm$ 2; 90 $\pm$ 2; 100 $\pm$ 2	± 2			
TK-53БМ	—35 ÷ 100	$\pm 0,05$	250	9 $\pm$ 1	Повышенной точности Гарантированное число замыканий 1 000 000 при частоте не более 5 в минуту
TK-53ММ		$\pm 0,1$	170	6 $\pm$ 1	

	±2	205±5	6±1	Число замыканий 50 000 при частоте не более 5 в минуту
TK-54-1	19,5; 20,5			
TK-54-2	21,5; 22,5			
TK-54-3	23,5; 24,5			
TK-54-4	25,5; 26,5			
TK-54-5	27,5; 28,5			
TK-54-6	29,5; 30,5			
TK-54-7	31,5; 32,5			
TK-54-8	33,5; 34,5			
TK-54-9	34,5; 35,5			
TK-54-10	35,5; 36,5			
TK-54-11	37,5; 38,5			
TK-54-12	39,5; 40,5			
TK-54-13	44,5; 45,5			
TK-54-14	49,5; 50,5			
TK-54-15	54,5; 55,5			
TK-54-16	57,5; 58,5			
TK-54-17	59,5; 60,5			
TK-54-18	61,5; 62,5			
TK-54-19	18; 19; 20; 21; 22			
TK-54-20	25; 28; 30			
TK-56	45; 55	—	—	Минимальное число замыканий 50 000. Вероятность безотказной работы — не менее 0,85 за 50 000 переключений или не менее 0,9 за 25 000 переключений
TK-57-1	40	±2		
TK-57-2	45			
TK-57-3	55			

миллиаре. Лабораторные термометры градуируются при полном погружении термометра в измеряемую среду до отсчитываемой температурной отметки. Если глубина их погружения не соответствует условиям градуировки, то в показания следует вносить поправку

$$\Delta t = n\gamma(t - t_{в.с}),$$

где n — число градусов в выступающем столбике; γ — видимый температурный коэффициент расширения термометрической жидкости в стекле, K^{-1} ; t — температура, показываемая термометром, $^{\circ}C$; $t_{в.с}$ — средняя температура выступающего столбика, измеренная вспомогательным термометром, $^{\circ}C$.

Технические термометры градуируются при частичном погружении на определенную глубину и при определенной температуре выступающего столбика.

В СССР стеклянные термометры расширения выпускаются для измерения температур от -100 до $600^{\circ}C$.

Технические характеристики наиболее распространенных лабораторных термометров и ртутных термометров с равноделенной шкалой для точных измерений температуры приведены в табл. 1.1 [1—3]. Технические характеристики технических промышленных и специальных термометров приведены в табл. 1.2 [3—5].

Для защиты от механических повреждений их помещают в защитную арматуру таким образом, чтобы шкала термометра была хорошо видна в вырезе арматуры. Для удобства наблюдения технические термометры и защитная арматура к ним выпускаются прямыми и угловыми [3—5].

Специальные стеклянные термометры расширения широко применяются в различных областях техники: для испытания нефтепродуктов, в метрологии, медицине, ветеринарии и т. д. [3, 6, 7].

Выпускаются также ртутные электроконтактные термометры, предназначенные для сигнализации или поддержания заданной температуры. Термометры выпускаются с заданным постоянным контактом (ТЗК) или с подвижным контактом (ТПК). Их основные характеристики приведены в табл. 1.3.

Кроме электроконтактных термометров выпускаются бесшкальные термоконтакты, которые настроены на определенные температуры замыкания электрических контактов. Их характеристики приведены в табл. 1.4.

1.3. Манометрические термометры

Принцип действия основан на изменении давления (объема) рабочего вещества в замкнутом объеме в зависимости от температуры чувствительного элемента. Основными частями манометрических термометров являются термобаллон (чувствительный элемент), капилляр и деформационный манометрический преобразователь, связанный со стрелкой прибора. По принципу действия различаются газовые, жидкостные и конденсационные манометрические термометры. Газовые и жидкостные имеют линейную шкалу. У конденсационных шкала нелинейная.

Различие в положении термобаллона и измерительного прибора относительно уровня земли вызывает так называемую гидростатическую погрешность. Она имеет место у жидкостных и конденсационных манометрических термометров. Изменение температуры окружающей среды вызывает температурную или капиллярную погреш-

ность. Она имеет место в газовых и жидкостных манометрических термометрах. Изменение барометрического давления практически не влияет на показания. Возможно небольшое влияние на начальном участке шкалы у конденсационных термометров.

Манометрические термометры выпускаются на температуры от -200 до 600°C . Технические характеристики выпускаемых манометрических термометров и преобразователей приведены в табл. 1.5.

Главным достоинством манометрических термометров является возможность их применения в пожаро- и взрывоопасных условиях любых категорий. Большинство манометрических термометров обладает хорошей вибростойкостью. К числу недостатков следует отнести невысокую точность (класс большинства приборов 1,5; 2,5) и большие размеры чувствительных элементов: длина — от 80 до 630 мм, диаметр 16 и 20 мм.

1.4. Термопреобразователи сопротивления

Принцип действия основан на свойстве проводника (или полупроводника) изменять свое сопротивление с температурой.

Основными частями термопреобразователя сопротивления являются чувствительный элемент, защитная арматура и головка преобразователя с зажимами для подключения чувствительного элемента и соединительных проводов (кабеля). Чувствительные элементы медных термопреобразователей сопротивления представляют собой медную проволоку, покрытую эмалевой изоляцией, которая бифилярно намотана на каркас, либо без каркаса, помещенную в тонкостенную металлическую оболочку. Чувствительный элемент помещается в защитную арматуру.

Платиновая проволока не может быть покрыта слоем изоляции. Поэтому платиновые спирали располагают в тонких капалах керамического каркаса, заполненных керамическим порошком. Этот порошок выполняет функции изолятора, осуществляет фиксацию положения спиралей в каналах и препятствует межвитковому замыканию. Такая конструкция чувствительного элемента позволяет обеспечить высокую механическую прочность, вибростойкость и малую инерционность.

Термопреобразователи сопротивления выпускаются для измерения температур в диапазоне от -260 до 1100°C следующих исполнений: погружаемые и поверхностные; стационарные и переносные; негерметичные и герметичные; обыкновенные, пылезащищенные, водозащищенные, взрывобезопасные, защищенные от агрессивных сред и других внешних воздействий; малоинерционные, средней и большой инерционности; обыкновенные и виброустойчивые; одинарные и двойные; I—III классов точности; с двумя — четырьмя выводами.

В соответствии с [9] выпускаются термопреобразователи сопротивления следующих номинальных статических характеристик преобразования: платиновые — 1П, 5П, 10П, 50П, 100П, 500П; медные — 10М, 50М, 100М. Число в условном обозначении характеристики показывает сопротивление термопреобразователя при 0°C .

Номинальное значение отношения $W_{100} = R_{100}/R_0$ для платины 1,3910, для меди 1,4280. Допускается изготовлять по заказам внешнеторговых организаций и отдельных потребителей термопреобразователи сопротивления с $W_{100} = 1,3850$ и $W_{100} = 1,4260$. Отношения W_i для платиновых и медных термопреобразователей приведены в табл. 1,6—1,9.

Таблица 1.5. Технические характеристики манометрических термометров и преобразователей

Термометр, тип	Пределы измерения, °С		Класс точности	Длина капилляра, м	Глубина погружения, мм	Диаметр термометра, мм	Резьба присоединительного штуцера	Примечание
	нижний	верхний						
Газовый показывающий сигнализирующий ТПП-100Эк; ТПП-100Сг*	—50	50	1; 1,5	1,6; 2,5 4,0; 6,0	160, 200 250	20	М33×2	Диаметр измерительного прибора 100 мм Разрывная мощность контактов 50 В·А (ТПП-100Сг и ТПП-100Эк) и 30 В·А (ТПП-100Эк и ТПП-100Эк)
	—50	100 150			315, 400			
	0	150			500, 630			
	0	200		10; 16; 25	315, 400			
	0 0	300 400		40	500, 630			
	100	300			500, 630			
	0	600		1,6; 2,5; 4,0; 6,0	250, 315, 400			
	100	500		10	500, 630			
200	600	500, 630						

Конденсационный
показывающий:
ТКП-100;
ТКП-100Эк;
ТКП-100Сг*

ТКП-160Сг

—25	35	1,5	1,6; 2,5 4,0; 6,0 10; 16 25	125 160, 200 250, 315 400	16	M27×2
—25	75					
0	50					
0	100					
25	125					
50	150					
100	200	1,5; 2,5	То же	То же		
200	300	4,0	и 0,6; 1,0	и 500 630, 800 600		

Жидкостный показы-
вающий ТЖП-100

—50	150	1; 1,5	1,6; 2,5	125, 160	16	M27×2
0	200		4,0; 6,0	200, 250 315, 400		

Газовый показываю-
щий ТГП-100

—200	50	1; 1,5	1,6; 2,5	160, 200	20	M33×2
—150	50		4; 6—для всех диапа- зонов; 10; 16— только для —100÷50	250		
—100	50			315, 400 500, 630		
—50	50		1,6; 2,5; 4,0; 6,0	160, 200, 250		
—50	100		1,6; 2,5	315, 400		
—50	150		4,0; 6,0	500, 630		
0	150		10; 16			

Термометр, тип	Пределы измерения, °С		Класс точности	Длина капилляра, м	Глубина погружения, мм	Диаметр термометра, мм	Разброс присоединительного штуцера	Примечание
	нижний	верхний						
	0	200		25; 40				
	0	300		1,6; 2,5; 4,0; 6,0	160; 200; 250			
	100	300		1,6; 2,5; 4,0; 6,0; 10; 16; 25	315; 400; 500; 630			
	0	400			315; 400			
	0	600			500; 630			
	100	500						
	200	500						
Газовые самопишущие ТГС-711; ТГС-712; ТГ2С-711; ТГ2С-712 и регулирующие ТГ-711Р; ТГ-712Р	-200	50	1 и 1,5	1,6; 2,5	160, 200	20	M33×2	Самопишущие термометры осуществляют запись на дисковой диаграмме одного (ТГС и ТЖС) или двух (ТГ2С, ТЖ2С) значений температу-
	-150	50		4; 6; 10; 16	250, 315			
	-100	50		25; 40	400, 500 630			

0 0 0 50 100 100 200 200 —50 —50 —50	300 400 600 150 300 500 500 600 50 100 150						ры. Привод диаграммы — от электродвигателя (индекс 711) или от часового механизма (индекс 712). Рабочий диапазон пневматических сигналов регулятора 0,02—0,1 МПа, пределы пропорциональности 10—100 %, времени изодома — от 6 с до 20 мин	
Жидкостные самопишущие ТЖС-711*, ТЖС-712*, ТЖС-711*, ТЖС-712* и регулирующие ТЖ-711Р*, ТЖ-712Р*	0 0 0 0 50 100 —50 —50 —50	50 100 150 200 150 300 50 100 150	—	1,6; 2,5; 4; 6; 10	80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400	12	M27×2	—
Измерительный преобразователь газовый 13ГД-73	—50 —25 —50 —50 —50	0 25 50 100 150	0,6; 1; 1,5	1,6; 2,5; 4	200; 250; 315; 400; 500	20	M33×2	Принцип действия преобразователя основан на силовой компенсации. Пневматический выходной сигнал 0,02—0,1 МПа, дистанционность 300 м

Продолжение табл. 1.5

Термометр, тип	Пределы измерения, °С		Класс точности	Длина капилляра, м	Глубина погружения, мм	Диаметр термометра, мм	Разъём присоединительного штуцера	Примечание
	нижний	верхний						
	0	50						
	50	100						
	100	150						
	150	200						
	200	250						
	250	300						
	300	350						
	350	400						
	0	100						
	50	150						
	100	200						
	200	300						
	300	400						
	400	500						

500	600
0	150
50	200
150	300
250	400
350	500
450	600
0	200
100	300
200	400
300	500
400	600
0	300
100	400
200	500
300	600
0	400
100	500
200	600
0	600

Таблица 1.6. Отношение W_i для платиновых термопреобразователей сопротивлений с $W_{100} = 1,3910$

$t, ^\circ\text{C}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
-260	0,0041	—	—	—	—	—	—	—	—	—
-250	0,0102	0,0092	0,0083	0,0075	0,0067	0,0061	0,0056	0,0051	0,0047	0,0043
-240	0,0270	0,0248	0,0227	0,0207	0,0189	0,0171	0,0155	0,0140	0,0126	0,0114
-230	0,0549	0,0517	0,0486	0,0455	0,0426	0,0397	0,0370	0,0343	0,0318	0,0293
-220	0,0906	0,0868	0,0830	0,0793	0,0756	0,0720	0,0684	0,0649	0,0615	0,0581
-210	0,1308	0,1266	0,1225	0,1184	0,1143	0,1103	0,1063	0,1023	0,0983	0,0944
-200	0,1731	0,1688	0,1645	0,1602	0,1560	0,1517	0,1475	0,1433	0,1391	0,1349
-190	0,2166	0,2122	0,2078	0,2035	0,1991	0,1947	0,1904	0,1860	0,1817	0,1774
-180	0,2599	0,2555	0,2512	0,2469	0,2426	0,2383	0,2339	0,2296	0,2252	0,2209
-170	0,3028	0,2985	0,2942	0,2899	0,2856	0,2813	0,2770	0,2727	0,2684	0,2641
-160	0,3455	0,3414	0,3370	0,3327	0,3285	0,3242	0,3199	0,3156	0,3114	0,3071
-150	0,3880	0,3837	0,3795	0,3752	0,3710	0,3668	0,3625	0,3583	0,3540	0,3498
-140	0,4301	0,4259	0,4217	0,4175	0,4133	0,4090	0,4048	0,4006	0,3964	0,3922
-130	0,4720	0,4678	0,4636	0,4594	0,4552	0,4510	0,4469	0,4427	0,4385	0,4343
-120	0,5136	0,5094	0,5053	0,5011	0,4970	0,4928	0,4886	0,4844	0,4803	0,4761
-110	0,5550	0,5509	0,5467	0,5426	0,5385	0,5343	0,5302	0,5260	0,5219	0,5177
-100	0,5962	0,5921	0,5880	0,5839	0,5798	0,5756	0,5715	0,5674	0,5633	0,5591
-90	0,6372	0,6332	0,6291	0,6250	0,6209	0,6168	0,6126	0,6085	0,6044	0,6003
-80	0,6781	0,6740	0,6700	0,6659	0,6618	0,6577	0,6536	0,6495	0,6454	0,6413
-70	0,7188	0,7148	0,7107	0,7066	0,7026	0,6985	0,6944	0,6903	0,6863	0,6822
-60	0,7594	0,7554	0,7513	0,7473	0,7432	0,7391	0,7351	0,7310	0,7270	0,7229
-50	0,7998	0,7958	0,7918	0,7877	0,7837	0,7796	0,7756	0,7716	0,7675	0,7635
-40	0,8401	0,8361	0,8321	0,8280	0,8240	0,8200	0,8160	0,8119	0,8079	0,8039
-30	0,8803	0,8763	0,8723	0,8683	0,8642	0,8602	0,8562	0,8522	0,8482	0,8441
-20	0,9203	0,9163	0,9123	0,9083	0,9043	0,9003	0,8963	0,8923	0,8883	0,8843
-10	0,9602	0,9562	0,9522	0,9483	0,9443	0,9403	0,9363	0,9323	0,9283	0,9243
-0	1,0000	0,9960	0,9921	0,9881	0,9841	0,9801	0,9762	0,9722	0,9682	0,9642

0	1,0000	1,0040	1,0079	1,0119	1,0159	1,0198	1,0238	1,0278	1,0317	1,0357
10	1,0396	1,0436	1,0476	1,0515	1,0555	1,0594	1,0634	1,0673	1,0713	1,0752
20	1,0792	1,0831	1,0871	1,0910	1,0950	1,0989	1,1029	1,1068	1,1107	1,1147
30	1,1186	1,1225	1,1265	1,1304	1,1343	1,1383	1,1422	1,1461	1,1501	1,1540
40	1,1573	1,1618	1,1658	1,1697	1,1736	1,1775	1,1814	1,1853	1,1892	1,1932
50	1,1971	1,2010	1,2049	1,2088	1,2127	1,2166	1,2205	1,2244	1,2283	1,2322
60	1,2361	1,2400	1,2439	1,2478	1,2517	1,2556	1,2595	1,2634	1,2673	1,2712
70	1,2751	1,2790	1,2828	1,2867	1,2906	1,2945	1,2984	1,3022	1,3061	1,3100
80	1,3139	1,3178	1,3216	1,3255	1,3294	1,3332	1,3371	1,3410	1,3448	1,3487
90	1,3526	1,3564	1,3603	1,3641	1,3680	1,3719	1,3757	1,3796	1,3834	1,3873
100	1,3940	1,3949	1,3988	1,4027	1,4065	1,4104	1,4142	1,4181	1,4219	1,4258
110	1,4296	1,4334	1,4373	1,4411	1,4449	1,4488	1,4526	1,4564	1,4603	1,4641
120	1,4679	1,4718	1,4756	1,4794	1,4832	1,4870	1,4909	1,4947	1,4985	1,5023
130	1,5061	1,5099	1,5138	1,5176	1,5214	1,5252	1,5290	1,5328	1,5366	1,5404
140	1,5442	1,5480	1,5518	1,5556	1,5594	1,5632	1,5670	1,5708	1,5746	1,5784
150	1,5822	1,5860	1,5898	1,5936	1,5974	1,6012	1,6049	1,6087	1,6125	1,6163
160	1,6201	1,6238	1,6276	1,6314	1,6352	1,6390	1,6427	1,6465	1,6503	1,6540
170	1,6578	1,6616	1,6654	1,6691	1,6729	1,6766	1,6804	1,6842	1,6879	1,6917
180	1,6954	1,6992	1,7029	1,7067	1,7104	1,7142	1,7179	1,7217	1,7254	1,7292
190	1,7329	1,7367	1,7404	1,7442	1,7479	1,7517	1,7554	1,7591	1,7629	1,7666
200	1,7703	1,7741	1,7778	1,7815	1,7852	1,7890	1,7927	1,7964	1,8002	1,8039
210	1,8076	1,8113	1,8150	1,8188	1,8225	1,8262	1,8299	1,8336	1,8373	1,8411
220	1,8448	1,8485	1,8522	1,8559	1,8596	1,8633	1,8670	1,8707	1,8744	1,8781
230	1,8818	1,8855	1,8892	1,8929	1,8966	1,9003	1,9040	1,9077	1,9114	1,9150
240	1,9187	1,9224	1,9261	1,9298	1,9335	1,9372	1,9408	1,9445	1,9482	1,9519
250	1,9555	1,9592	1,9629	1,9665	1,9702	1,9739	1,9776	1,9812	1,9849	1,9885
260	1,9922	1,9959	1,9995	2,0032	2,0069	2,0105	2,0142	2,0178	2,0215	2,0251
270	2,0288	2,0324	2,0361	2,0397	2,0434	2,0470	2,0507	2,0543	2,0580	2,0616
280	2,0652	2,0689	2,0725	2,0762	2,0798	2,0834	2,0870	2,0907	2,0943	2,0980
290	2,1016	2,1053	2,1088	2,1124	2,1161	2,1197	2,1233	2,1269	2,1306	2,1342
300	2,1378	2,1414	2,1450	2,1486	2,1523	2,1559	2,1595	2,1631	2,1667	2,1703

t, °C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
310	2,1739	2,1775	2,1811	2,1847	2,1883	2,1919	2,1955	2,1991	2,2027	2,2063
320	2,2099	2,2135	2,2171	2,2207	2,2243	2,2278	2,2314	2,2350	2,2386	2,2422
330	2,2458	2,2493	2,2529	2,2565	2,2601	2,2636	2,2672	2,2708	2,2744	2,2779
340	2,2815	2,2851	2,2886	2,2922	2,2958	2,2994	2,3029	2,3065	2,3100	2,3136
350	2,3171	2,3207	2,3243	2,3278	2,3314	2,3349	2,3385	2,3420	2,3456	2,3491
360	2,3527	2,3562	2,3598	2,3633	2,3668	2,3704	2,3739	2,3775	2,3810	2,3845
370	2,3881	2,3916	2,3951	2,3987	2,4022	2,4057	2,4093	2,4128	2,4163	2,4198
380	2,4234	2,4269	2,4304	2,4339	2,4374	2,4410	2,4445	2,4480	2,4515	2,4550
390	2,4585	2,4620	2,4656	2,4691	2,4726	2,4761	2,4796	2,4831	2,4866	2,4901
400	2,4936	2,4971	2,5006	2,5041	2,5076	2,5111	2,5146	2,5180	2,5215	2,5250
410	2,5285	2,5320	2,5355	2,5390	2,5425	2,5459	2,5494	2,5529	2,5564	2,5599
420	2,5633	2,5668	2,5703	2,5738	2,5772	2,5807	2,5842	2,5876	2,5911	2,5946
430	2,5980	2,6015	2,6050	2,6084	2,6119	2,6153	2,6188	2,6222	2,6257	2,6292
440	2,6326	2,6361	2,6395	2,6430	2,6464	2,6499	2,6533	2,6568	2,6602	2,6636
450	2,6671	2,6705	2,6740	2,6774	2,6808	2,6843	2,6877	2,6911	2,6946	2,6980
460	2,7014	2,7048	2,7083	2,7117	2,7151	2,7185	2,7220	2,7254	2,7288	2,7322
470	2,7356	2,7391	2,7425	2,7459	2,7493	2,7527	2,7561	2,7595	2,7629	2,7663
480	2,7698	2,7732	2,7766	2,7800	2,7834	2,7868	2,7901	2,7935	2,7969	2,8003
490	2,8037	2,8071	2,8105	2,8139	2,8173	2,8207	2,8241	2,8275	2,8308	2,8342
500	2,8376	2,8410	2,8444	2,8477	2,8511	2,8545	2,8578	2,8612	2,8646	2,8686
510	2,8713	2,8747	2,8781	2,8814	2,8848	2,8882	2,8915	2,8949	2,8982	2,9016
520	2,9050	2,9083	2,9117	2,9150	2,9184	2,9217	2,9251	2,9284	2,9318	2,9351
530	2,9385	2,9418	2,9452	2,9485	2,9518	2,9552	2,9585	2,9618	2,9652	2,9685
540	2,9718	2,9752	2,9785	2,9819	2,9852	2,9885	2,9918	2,9952	2,9985	3,0018
550	3,0051	3,0084	3,0118	3,0151	3,0184	3,0217	3,0250	3,0283	3,0316	3,0350
560	3,0383	3,0416	3,0449	3,0482	3,0515	3,0548	3,0581	3,0614	3,0647	3,0680

570	3,0713	3,0746	3,0779	3,0812	3,0945	3,0977	3,0910	3,0943	3,0976	3,1009
580	3,1042	3,1075	3,1107	3,1140	3,1173	3,1206	3,1239	3,1271	3,1304	3,1337
590	3,1369	3,1402	3,1435	3,1468	3,1500	3,1533	3,1566	3,1598	3,1631	3,1663
600	3,1696	3,1729	3,1761	3,1794	3,1826	3,1859	3,1891	3,1924	3,1956	3,1989
610	3,2021	3,2054	3,2086	3,2119	3,2151	3,2183	3,2216	3,2248	3,2281	3,2313
620	3,2345	3,2378	3,2410	3,2442	3,2475	3,2507	3,2539	3,2572	3,2604	3,2636
630	3,2668	3,2700	3,2733	3,2765	3,2797	3,2829	3,2861	3,2893	3,2925	3,2957
640	3,2989	3,3022	3,3054	3,3086	3,3118	3,3150	3,3182	3,3214	3,3246	3,3278
650	3,3310	3,3342	3,3374	3,3406	3,3438	3,3469	3,3501	3,3533	3,3565	3,3597
660	3,3629	3,3661	3,3692	3,3724	3,3756	3,3788	3,3820	3,3851	3,3883	3,3915
670	3,3946	3,3978	3,4010	3,4042	3,4073	3,4105	3,4137	3,4168	3,4200	3,4231
680	3,4263	3,4295	3,4326	3,4358	3,4390	3,4421	3,4453	3,4484	3,4516	3,4547
690	3,4579	3,4610	3,4642	3,4673	3,4705	3,4736	3,4767	3,4799	3,4830	3,4862
700	3,4893	3,4924	3,4956	3,4987	3,5018	3,5050	3,5081	3,5112	3,5144	3,5175
710	3,5206	3,5237	3,5269	3,5300	3,5331	3,5362	3,5393	3,5424	3,5456	3,5487
720	3,5518	3,5549	3,5580	3,5611	3,5643	3,5674	3,5705	3,5736	3,5767	3,5798
730	3,5829	3,5860	3,5891	3,5922	3,5953	3,5984	3,6015	3,6046	3,6077	3,6108
740	3,6139	3,6170	3,6200	3,6231	3,6262	3,6293	3,6324	3,6355	3,6385	3,6416
750	3,6447	3,6478	3,6508	3,6539	3,6570	3,6601	3,6631	3,6662	3,6693	3,6724
760	3,6754	3,6785	3,6816	3,6846	3,6877	3,6908	3,6938	3,6969	3,6999	3,7030
770	3,7061	3,7091	3,7122	3,7152	3,7183	3,7213	3,7244	3,7274	3,7305	3,7335
780	3,7363	3,7396	3,7426	3,7457	3,7487	3,7518	3,7548	3,7578	3,7609	3,7639
790	3,7669	3,7700	3,7730	3,7760	3,7791	3,7821	3,7851	3,7881	3,7911	3,7942
800	3,7972	3,8002	3,8032	3,8062	3,8093	3,8123	3,8153	3,8183	3,8213	3,8243
810	3,8273	3,8303	3,8333	3,8363	3,8394	3,8424	3,8454	3,8484	3,8514	3,8544
820	3,8574	3,8604	3,8634	3,8664	3,8693	3,8723	3,8753	3,8783	3,8813	3,8843
830	3,8873	3,8902	3,8932	3,8962	3,8992	3,9022	3,9051	3,9081	3,9111	3,9141
840	3,9170	3,9200	3,9230	3,9260	3,9289	3,9319	3,9349	3,9378	3,9408	3,9438
850	3,9467	3,9497	3,9526	3,9556	3,9586	3,9615	3,9645	3,9674	3,9704	3,9733
860	3,9763	3,9792	3,9822	3,9851	3,9881	3,9910	3,9939	3,9969	3,9998	4,0028

Продолжение табл. 1.6

t, °C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
870	4,0057	4,0086	4,0116	4,0145	4,0175	4,0204	4,0233	4,0263	4,0292	4,0321
880	4,0350	4,0380	4,0409	4,0438	4,0468	4,0497	4,0526	4,0555	4,0584	4,0613
890	4,0642	4,0672	4,0701	4,0730	4,0759	4,0788	4,0817	4,0846	4,0875	4,0904
900	4,0933	4,0962	4,0991	4,1020	4,1049	4,1078	4,1107	4,1136	4,1165	4,1194
910	4,1223	4,1252	4,1281	4,1310	4,1338	4,1367	4,1396	4,1425	4,1454	4,1483
920	4,1511	4,1540	4,1569	4,1598	4,1626	4,1655	4,1684	4,1713	4,1741	4,1770
930	4,1799	4,1828	4,1856	4,1885	4,1913	4,1942	4,1970	4,1999	4,2028	4,2056
940	4,2085	4,2124	4,2142	4,2171	4,2199	4,2228	4,2256	4,2285	4,2313	4,2342
950	4,2370	4,2398	4,2427	4,2455	4,2484	4,2512	4,2541	4,2569	4,2597	4,2626
960	4,2654	4,2682	4,2711	4,2739	4,2767	4,2796	4,2824	4,2852	4,2880	4,2908
970	4,2937	4,2965	4,2993	4,3021	4,3049	4,3078	4,3106	4,3134	4,3162	4,3190
980	4,3218	4,3246	4,3274	4,3302	4,3330	4,3358	4,3386	4,3414	4,3442	4,3470
990	4,3498	4,3526	4,3554	4,3582	4,3610	4,3638	4,3666	4,3694	4,3722	4,3750
1000	4,3778	4,3805	4,3833	4,3861	4,3889	4,3917	4,3944	4,3972	4,4000	4,4028
1010	4,4055	4,4083	4,4111	4,4138	4,4166	4,4194	4,4222	4,4249	4,4277	4,4305
1020	4,4332	4,4360	4,4387	4,4415	4,4443	4,4470	4,4498	4,4525	4,4553	4,4580
1030	4,4603	4,4635	4,4663	4,4690	4,4718	4,4745	4,4773	4,4800	4,4827	4,4855
1040	4,4882	4,4910	4,4937	4,4964	4,4992	4,5019	4,5046	4,5074	4,5101	4,5128
1050	4,5156	4,5183	4,5210	4,5237	4,5264	4,5292	4,5319	4,5346	4,5373	4,5400
1060	4,5428	4,5455	4,5482	4,5509	4,5536	4,5563	4,5590	4,5618	4,5645	4,5672
1070	4,5699	4,5726	4,5753	4,5780	4,5807	4,5834	4,5861	4,5888	4,5915	4,5942
1080	4,5969	4,5996	4,6023	4,6050	4,6076	4,6103	4,6130	4,6157	4,6184	4,6211
1090	4,6236	4,6264	4,6291	4,6318	4,6345	4,6372	4,6398	4,6425	4,6452	4,6478
1100	4,6505	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Таблица 1.7. Отношение W_1 для медных термопреобразователей сопротивления с $W_{100} = 1,4280$

$t, ^\circ\text{C}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
-200	0,1216	—	0,1542	0,1500	0,1459	0,1419	0,1378	0,1338	0,1297	—
-190	0,1627	0,1585	0,1973	0,1929	0,1885	0,1842	0,1798	0,1755	0,1712	0,1256
-180	0,2061	0,2017	0,2417	0,2372	0,2327	0,2283	0,2238	0,2194	0,2149	0,1670
-170	0,2508	0,2462	0,2871	0,2826	0,2780	0,2735	0,2689	0,2644	0,2599	0,2165
-160	0,2962	0,2917	0,3327	0,3281	0,3236	0,3190	0,3145	0,3099	0,3053	0,2553
-150	0,3418	0,3372	0,3782	0,3737	0,3692	0,3646	0,3600	0,3555	0,3509	0,3008
-140	0,3873	0,3828	0,4238	0,4187	0,4143	0,4098	0,4053	0,4009	0,3964	0,3464
-130	0,4321	0,4276	0,4686	0,4635	0,4590	0,4545	0,4500	0,4455	0,4410	0,3919
-120	0,4769	0,4725	0,5135	0,5082	0,5037	0,4993	0,4948	0,4903	0,4859	0,4365
-110	0,5216	0,5171	0,5581	0,5528	0,5483	0,5439	0,5394	0,5350	0,5305	0,4814
-100	0,5661	0,5617	0,6027	0,5974	0,5927	0,5882	0,5838	0,5794	0,5749	0,5260
-90	0,6103	0,6059	0,6469	0,6416	0,6366	0,6322	0,6279	0,6235	0,6191	0,5705
-80	0,6542	0,6498	0,6908	0,6855	0,6805	0,6761	0,6717	0,6673	0,6630	0,6147
-70	0,6979	0,6936	0,7346	0,7293	0,7241	0,7197	0,7154	0,7110	0,7067	0,6586
-60	0,7415	0,7371	0,7781	0,7728	0,7675	0,7632	0,7588	0,7545	0,7502	0,7023
-50	0,7848	0,7805	0,8215	0,8162	0,8108	0,8065	0,8022	0,7979	0,7935	0,7458
-40	0,8281	0,8238	0,8648	0,8595	0,8540	0,8497	0,8454	0,8410	0,8367	0,7892
-30	0,8712	0,8669	0,9079	0,9026	0,8970	0,8927	0,8884	0,8841	0,8798	0,8324
-20	0,9142	0,9099	0,9509	0,9456	0,9400	0,9357	0,9314	0,9271	0,9228	0,8755
-10	0,9572	0,9529	0,9939	0,9886	0,9829	0,9786	0,9743	0,9700	0,9658	0,9185
0	1,0000	0,9957	1,0367	1,0314	1,0257	1,0214	1,0171	1,0128	1,0085	0,9615
10	1,0428	1,0385	1,0795	1,0742	1,0685	1,0642	1,0599	1,0557	1,0514	1,0043
20	1,0856	1,0813	1,1223	1,1170	1,1113	1,1070	1,1028	1,0985	1,0942	1,0471
30	1,1284	1,1241	1,1651	1,1598	1,1541	1,1498	1,1456	1,1413	1,1370	1,0900
40	1,1712	1,1669	1,2079	1,2026	1,1969	1,1926	1,1884	1,1841	1,1798	1,1327
50	1,2140	1,2098	1,2508	1,2455	1,2397	1,2354	1,2312	1,2269	1,2226	1,1755

-130	0,4800	0,4759	0,4718	0,4676	0,4635	0,4594	0,4552	0,4511	0,4470	0,4428
-120	0,5211	0,5170	0,5129	0,5088	0,5047	0,5006	0,4964	0,4923	0,4882	0,4841
-110	0,5619	0,5578	0,5538	0,5497	0,5456	0,5415	0,5374	0,5333	0,5292	0,5252
-100	0,6025	0,5985	0,5944	0,5904	0,5863	0,5822	0,5782	0,5741	0,5700	0,5660
-90	0,6430	0,6390	0,6349	0,6309	0,6268	0,6228	0,6187	0,6147	0,6106	0,6066
-80	0,6833	0,6792	0,6752	0,6712	0,6672	0,6631	0,6591	0,6551	0,6511	0,6470
-70	0,7233	0,7193	0,7153	0,7113	0,7073	0,7033	0,6993	0,6953	0,6913	0,6873
-60	0,7633	0,7593	0,7553	0,7513	0,7473	0,7433	0,7393	0,7353	0,7313	0,7273
-50	0,8031	0,7991	0,7951	0,7911	0,7872	0,7832	0,7792	0,7752	0,7713	0,7673
-40	0,8427	0,8388	0,8348	0,8308	0,8269	0,8229	0,8189	0,8150	0,8110	0,8070
-30	0,8822	0,8783	0,8743	0,8704	0,8664	0,8625	0,8585	0,8546	0,8506	0,8467
-20	0,9216	0,9177	0,9137	0,9093	0,9059	0,9019	0,8980	0,8940	0,8901	0,8862
-10	0,9609	0,9569	0,9530	0,9491	0,9452	0,9412	0,9373	0,9334	0,9295	0,9255
0	1,0000	0,9961	0,9922	0,9883	0,9844	0,9804	0,9765	0,9726	0,9687	0,9648
10	1,0390	1,0351	1,0312	1,0273	1,0234	1,0195	1,0156	1,0117	1,0078	1,0039
20	1,0779	1,0739	1,0699	1,0659	1,0619	1,0579	1,0539	1,0499	1,0459	1,0419
30	1,1167	1,1127	1,1087	1,1047	1,1007	1,0967	1,0927	1,0887	1,0847	1,0807
40	1,1554	1,1514	1,1474	1,1434	1,1394	1,1354	1,1314	1,1274	1,1234	1,1194
50	1,1940	1,1900	1,1860	1,1820	1,1780	1,1740	1,1700	1,1660	1,1620	1,1580
60	1,2324	1,2284	1,2244	1,2204	1,2164	1,2124	1,2084	1,2044	1,2004	1,1964
70	1,2707	1,2667	1,2627	1,2587	1,2547	1,2507	1,2467	1,2427	1,2387	1,2347
80	1,3089	1,3049	1,3009	1,2969	1,2929	1,2889	1,2849	1,2809	1,2769	1,2729
90	1,3470	1,3430	1,3390	1,3350	1,3310	1,3270	1,3230	1,3190	1,3150	1,3110
100	1,3850	1,3810	1,3770	1,3730	1,3690	1,3650	1,3610	1,3570	1,3530	1,3490
110	1,4229	1,4189	1,4149	1,4109	1,4069	1,4029	1,3989	1,3949	1,3909	1,3869
120	1,4606	1,4566	1,4526	1,4486	1,4446	1,4406	1,4366	1,4326	1,4286	1,4246
130	1,4982	1,4942	1,4902	1,4862	1,4822	1,4782	1,4742	1,4702	1,4662	1,4622
140	1,5358	1,5318	1,5278	1,5238	1,5198	1,5158	1,5118	1,5078	1,5038	1,4998
150	1,5731	1,5691	1,5651	1,5611	1,5571	1,5531	1,5491	1,5451	1,5411	1,5371

$t, ^\circ\text{C}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
160	1,6104	1,6142	1,6179	1,6216	1,6253	1,6290	1,6327	1,6365	1,6402	1,6439
170	1,6476	1,6513	1,6550	1,6587	1,6624	1,6661	1,6698	1,6735	1,6772	1,6809
180	1,6846	1,6883	1,6920	1,6957	1,6994	1,7031	1,7068	1,7105	1,7142	1,7179
190	1,7216	1,7253	1,7290	1,7326	1,7363	1,7401	1,7437	1,7474	1,7510	1,7547
200	1,7584	1,7621	1,7657	1,7694	1,7731	1,7768	1,7804	1,7841	1,7878	1,7914
210	1,7951	1,7988	1,8024	1,8061	1,8097	1,8134	1,8171	1,8207	1,8244	1,8280
220	1,8317	1,8353	1,8390	1,8426	1,8463	1,8499	1,8536	1,8572	1,8609	1,8645
230	1,8632	1,8718	1,8754	1,8791	1,8827	1,8863	1,8900	1,8936	1,8972	1,9009
240	1,9045	1,9081	1,9118	1,9154	1,9190	1,9226	1,9263	1,9299	1,9335	1,9371
250	1,9407	1,9444	1,9480	1,9516	1,9552	1,9588	1,9624	1,9660	1,9696	1,9733
260	1,9769	1,9805	1,9841	1,9877	1,9913	1,9949	1,9985	2,0021	2,0057	2,0093
270	2,0129	2,0165	2,0201	2,0236	2,0272	2,0308	2,0344	2,0380	2,0416	2,0452
280	2,0488	2,0523	2,0559	2,0595	2,0631	2,0667	2,0702	2,0738	2,0774	2,0810
290	2,0845	2,0881	2,0917	2,0952	2,0988	2,1024	2,1059	2,1095	2,1131	2,1166
300	2,1202	2,1237	2,1273	2,1309	2,1344	2,1380	2,1415	2,1451	2,1486	2,1522
310	2,1557	2,1593	2,1628	2,1664	2,1699	2,1735	2,1770	2,1805	2,1841	2,1876
320	2,1912	2,1947	2,1982	2,2018	2,2053	2,2088	2,2124	2,2159	2,2194	2,2229
330	2,2265	2,2300	2,2335	2,2370	2,2406	2,2441	2,2476	2,2511	2,2546	2,2581
340	2,2617	2,2652	2,2687	2,2722	2,2757	2,2792	2,2827	2,2862	2,2897	2,2932
350	2,2967	2,3002	2,3037	2,3072	2,3107	2,3142	2,3177	2,3212	2,3247	2,3282
360	2,3317	2,3352	2,3387	2,3422	2,3456	2,3491	2,3526	2,3561	2,3596	2,3631
370	2,3665	2,3700	2,3735	2,3770	2,3804	2,3839	2,3874	2,3909	2,3943	2,3978
380	2,4013	2,4047	2,4082	2,4117	2,4151	2,4186	2,4220	2,4255	2,4290	2,4324
390	2,4359	2,4393	2,4428	2,4462	2,4497	2,4531	2,4566	2,4600	2,4635	2,4669

400	2,4704	2,4738	2,4773	2,4807	2,4841	2,4876	2,4910	2,4945	2,4979	2,5013
410	2,5048	2,5082	2,5116	2,5150	2,5185	2,5219	2,5253	2,5288	2,5322	2,5356
420	2,5390	2,5424	2,5459	2,5493	2,5527	2,5561	2,5595	2,5629	2,5664	2,5698
430	2,5732	2,5766	2,5800	2,5834	2,5868	2,5902	2,5936	2,5970	2,6004	2,6038
440	2,6072	2,6106	2,6140	2,6174	2,6208	2,6242	2,6276	2,6310	2,6343	2,6377
450	2,6411	2,6445	2,6479	2,6513	2,6547	2,6580	2,6614	2,6648	2,6682	2,6715
460	2,6749	2,6783	2,6817	2,6850	2,6884	2,6918	2,6951	2,6985	2,7019	2,7052
470	2,7086	2,7120	2,7153	2,7187	2,7220	2,7254	2,7288	2,7321	2,7355	2,7388
480	2,7422	2,7455	2,7489	2,7522	2,7556	2,7589	2,7623	2,7656	2,7689	2,7723
490	2,7756	2,7790	2,7823	2,7856	2,7890	2,7923	2,7956	2,7990	2,8023	2,8056
500	2,8090	2,8123	2,8156	2,8189	2,8223	2,8256	2,8289	2,8322	2,8355	2,8389
510	2,8422	2,8455	2,8488	2,8521	2,8554	2,8587	2,8621	2,8654	2,8687	2,8720
520	2,8736	2,8766	2,8819	2,8852	2,8885	2,8918	2,8951	2,8984	2,9017	2,9050
530	2,9083	2,9116	2,9149	2,9181	2,9214	2,9247	2,9280	2,9313	2,9346	2,9379
540	2,9411	2,9444	2,9477	2,9510	2,9533	2,9575	2,9608	2,9641	2,9674	2,9706
550	2,9739	2,9772	2,9804	2,9837	2,9870	2,9902	2,9935	2,9968	3,0000	3,0033
560	3,0065	3,0098	3,0131	3,0163	3,0196	3,0228	3,0261	3,0293	3,0326	3,0358
570	3,0391	3,0423	3,0456	3,0488	3,0520	3,0553	3,0585	3,0618	3,0650	3,0682
580	3,0715	3,0747	3,0779	3,0812	3,0844	3,0876	3,0909	3,0941	3,0973	3,1005
590	3,1038	3,1070	3,1102	3,1134	3,1167	3,1199	3,1231	3,1263	3,1295	3,1327
600	3,1359	3,1392	3,1424	3,1456	3,1488	3,1520	3,1552	3,1584	3,1616	3,1648
610	3,1680	3,1712	3,1744	3,1776	3,1808	3,1840	3,1872	3,1904	3,1936	3,1968
620	2,1999	3,2031	3,2063	3,2095	3,2127	3,2159	3,2191	3,2222	3,2254	3,2286
630	3,2318	3,2349	3,2381	3,2413	3,2445	3,2476	3,2508	3,2540	3,2572	3,2603
640	3,2635	3,2666	3,2698	3,2730	3,2761	3,2793	3,2825	3,2856	3,2888	3,2919
650	3,2951	3,2982	3,3014	3,3045	3,3077	3,3108	3,3140	3,3171	3,3203	0,3234
660	3,3266	3,3297	3,3328	3,3360	3,3391	3,3423	3,3454	3,3485	3,3517	3,3548
670	3,3579	3,3611	3,3642	3,3673	3,3704	3,3736	3,3767	3,3798	3,3829	3,3861

$t, ^\circ\text{C}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
680	3,3892	3,3923	3,3954	3,3985	3,4016	3,4048	3,4079	3,4110	3,4141	3,4172
690	3,4203	3,4234	3,4265	3,4296	3,4327	3,4358	3,4389	3,4420	3,4451	3,4482
700	3,4513	3,4544	3,4575	3,4606	3,4637	3,4668	3,4699	3,4730	3,4760	3,4791
710	3,4822	3,4853	3,4884	3,4915	3,4945	3,4976	3,5007	3,5038	3,5069	3,5099
720	3,5130	3,5161	3,5191	3,5222	3,5253	3,5283	3,5314	3,5345	3,5375	3,5406
730	3,5437	3,5467	3,5498	3,5528	3,5559	3,5590	3,5620	3,5651	3,5681	3,5712
740	3,5742	3,5773	3,5803	3,5834	3,5864	3,5895	3,5925	3,5955	3,5986	3,6016
750	3,6047	3,6077	3,6107	3,6138	3,6168	3,6198	3,6229	3,6259	3,6289	3,6319
760	3,6350	3,6380	3,6410	3,6440	3,6471	3,6501	3,6531	3,6561	3,6591	3,6622
770	3,6652	3,6682	3,6712	3,6742	3,6772	3,6802	3,6832	3,6863	3,6893	3,6923
780	3,6953	3,6983	3,7013	3,7043	3,7073	3,7103	3,7133	3,7163	3,7193	3,7222
790	3,7252	3,7282	3,7312	3,7342	3,7372	3,7402	3,7432	3,7461	3,7491	3,7521
800	3,7551	3,7581	3,7610	3,7640	3,7670	3,7700	3,7729	3,7759	3,7789	3,7819
810	3,7848	3,7878	3,7908	3,7937	3,7967	3,7997	3,8026	3,8056	3,8085	3,8115
820	3,8145	3,8174	3,8204	3,8233	3,8263	3,8292	3,8322	3,8351	3,8381	3,8410
830	3,8440	3,8469	3,8498	3,8528	3,8557	3,8587	3,8616	3,8645	3,8675	3,8704
840	3,8734	3,8763	3,8792	3,8821	3,8851	3,8880	3,8909	3,8939	3,8968	3,8997
850	3,9026	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Таблица 1.9. Отношение W , для медных термопреобразователей сопротивления с $W_{100}=1,4260$

$t, ^\circ\text{C}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
—50	0,7870	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—40	0,8296	0,8253	0,8211	0,8168	0,8126	0,8083	0,8040	0,7998	0,7955	0,7913

-30	0,8722	0,8679	0,8637	0,8594	0,8552	0,8509	0,8466	0,8424	0,8381	0,8339
-20	0,9148	0,9105	0,9063	0,9020	0,8978	0,8935	0,8892	0,8850	0,8807	0,8765
-10	0,9574	0,9531	0,9489	0,9446	0,9404	0,9361	0,9318	0,9278	0,9233	0,9191
-	1,0000	0,9957	0,9915	0,9872	0,9830	0,9787	0,9744	0,9702	0,9659	0,9617
0	1,0000	1,0043	1,0085	1,0128	1,0170	1,0213	1,0256	1,0298	1,0341	1,0383
10	1,0426	1,0469	1,0511	1,0554	1,0596	1,0639	1,0682	1,0724	1,0767	1,0809
20	1,0852	1,0895	1,0937	1,0980	1,1022	1,1065	1,1108	1,1150	1,1193	1,1235
30	1,1278	1,1321	1,1363	1,1406	1,1448	1,1491	1,1534	1,1576	1,1619	1,1661
40	1,1704	1,1747	1,1789	1,1832	1,1874	1,1917	1,1960	1,2002	1,2045	1,2087
50	1,2130	1,2173	1,2215	1,2258	1,2300	1,2343	1,2386	1,2428	1,2471	1,2513
60	1,2556	1,2599	1,2641	1,2684	1,2726	1,2769	1,2812	1,2854	1,2897	1,2939
70	1,2982	1,3025	1,3067	1,3110	1,3152	1,3195	1,3238	1,3280	1,3323	1,3365
80	1,3408	1,3451	1,3493	1,3536	1,3578	1,3621	1,3664	1,3706	1,3749	1,3791
90	1,3834	1,3877	1,3919	1,3962	1,4004	1,4047	1,4090	1,4132	1,4175	1,4217
100	1,4260	1,4303	1,4345	1,4388	1,4430	1,4473	1,4516	1,4558	1,4601	1,4643
110	1,4686	1,4729	1,4771	1,4814	1,4856	1,4899	1,4942	1,4984	1,5027	1,5069
120	1,5112	1,5155	1,5197	1,5240	1,5282	1,5325	1,5368	1,5410	1,5452	1,5495
130	1,5538	1,5581	1,5623	1,5666	1,5708	1,5751	1,5794	1,5836	1,5879	1,5921
140	1,5964	1,6007	1,6049	1,6092	1,6134	1,6177	1,6220	1,6262	1,6305	1,6347
150	1,6390	1,6433	1,6475	1,6518	1,6560	1,6603	1,6646	1,6688	1,6731	1,6773
160	1,6816	1,6859	1,6901	1,6944	1,6986	1,7029	1,7072	1,7114	1,7157	1,7199
170	1,7242	1,7285	1,7327	1,7370	1,7412	1,7455	1,7498	1,7540	1,7583	1,7625
180	1,7668	1,7711	1,7753	1,7796	1,7838	1,7881	1,7924	1,7966	1,8009	1,8051
190	1,8094	1,8137	1,8179	1,8222	1,8264	1,8307	1,8350	1,8392	1,8435	1,8477
-200	1,8520	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Т а б л и ц а 1.10. Технические характеристики

Тип	Пределы измерения, °С	Номинальная статическая характеристика преобразования	Условное давление среды, МПа	Показатель тепловой инерции, с, не более
ТСП-0987	—50 ÷ 100	100П	—	120
ТСМ-0987	—50 ÷ 100	50М		
ТСП-1187	—50 ÷ 200	50П, 100П	32	8—120
	—200 ÷ 500			
ТСМ-1187	—50—180	50М, 100М		
ТСП-1287	—220 ÷ 200	50П, 100П	25	8
	—220 ÷ 500			
ТСП-0481	0—400	50П	—	60
ТСП-4054	13—523К	100П	Вакуум до 10^{-10} мм рт. ст.	5
ТСП-0181	13,81—373К	100П	1,0	5,0
ТСП-185*	0—200	100П	—	60
ТСП-195	10—200	Нестандартная	—	35
ЭЧП-0183	—260 ÷ 1100	1П, 5П, 10П, 50П, 100П, 500П	—	3

термопреобразователей сопротивления

Длина погружаемой части, м	Материал защитной арматуры	Крепление	Примечание
0,08	12X18H10T	—	Для измерения температуры воздуха в рабочих помещениях
0,08; 0,1; 0,12; 0,16 0,2; 0,25; 0,32; 0,4 0,5; 1,25; 2,0	12X18H10T, 10X17H13M2T 08X13, BT1-0	M20×1,5	Для жидких и газообразных сред с агрессивными примесями во взрывоопасных зонах. Вибростойкий, сейсмостойкий
0,08; 0,1; 0,12; 0,16 0,2; 0,25; 0,32; 0,4; 0,5	12X18H10T	M20×1,5	Для жидких и газообразных сред
0,12; 0,16; 0,25; 0,32	—	—	Для металлических частей химоборудования
0,08	Медь МБ-А	—	Для измерения в вакуумных установках
0,04	—	Штуцер M16×1	Для измерения температуры криогенных сред. Предел допускаемой основной погрешности ±0,1; ±0,2К
0,9; 1,09; 1,25; 1,46; 2,15; 2,54 3,1; 3,8; 4,7; 5,7	12X18H10T 08X18H12Б 10X17H13M2T	—	Для жидких и газообразных сред
0,12; 0,2; 0,25	12X18H10T	—	Для воды при скорости до 6 м/с
От 20 до 125	Без арматуры	—	Для измерения твердых сыпучих и газообразных сред. Виброустойчивый

Тип	Пределы измерения, °C	Номинальная статическая характеристика преобразования	Условное давление среды, МПа	Показатель теп- ловой инерции, с, не более
ТСП-276*	0—120	Гр. 21	—	20
ТСП-0281*	—50 ÷ 120	50П	0,4	10
ТСМ-0281*		50М		
ТСП-310М*	—50 ÷ 200	100П	—	25
ТСП-365-01	—2 ÷ 32	Индивидуальная	60	0,5
ТСПН-0381*	13,81—273,15 К	100П	—	5,0
ТСЛ-591*	—200 ÷ 50	100П	—	80
ТСП-713*	—50 ÷ 500	100П	—	20

Длина погружаемой части, м	Материал защитной арматуры	Крепление	Примечание
0,06; 0,1; 0,16; 0,2; 0,25; 0,32; 0,4	Медь М1	Штуцер М33×2	Для измерения температуры подшипников
0,06; 0,08; 0,1; 0,12; 0,16 0,2; 0,25 0,32; 0,4	Медь М1	С упорным выплетом и пружи- ным при- жимом	Для измерения температуры твердых тел. Герметичный
5,6; 6,3	Алюминиевый сплав АД-1	—	Для специальных жидких и газообразных сред. Средний срок службы 6 лет
0,12	12Х18Н10Т	—	Для измерения температуры морской воды. Ударопрочный, ударостойкий
0,063	—	—	Образцовый термомпреобразователь сопротивления. Предел допускаемой основной погрешности $\pm 0,04\text{K}$
0,04	Алюминий Д16Т или латунь ЛС-59	Штуцер М27×2	Для измерения в трубопроводах. Виброустойчивый. Длина кабеля 500 мм
0,08; 0,1; 0,12 0,16; 0,2; 0,25 0,32; 0,4; 0,5 1,0	12Х18Н10Т	Штуцер М20×1,5	Для жидких и газообразных сред

Тип	Пределы измерения, °C	Номинальная статическая характеристика преобразования	Условное давление среды, МПа	Показатель тепловой инерции, с, не более
ТСП-723М*	-50 ÷ 200	100П	—	20
ТСП-763*	0—100	Гр. 21	—	80
ТСП-0879 (одинарный и двойной)	-50...600 -200...600 -260...600	50П, 100П	0,4; 4; 6,4 и 25,5	40
ТСМ-0879	-50 ÷ 200	50М 100М		
ТСП-0879-01	-50 ÷ 300	50П, 100П	0,4 и 4	9; 20 30 и 40
ТСМ-0879-01		50М 100М		20
ТСП-0979	0—120	50П	—	9
ТСМ-0979	-40 ÷ 120	50М		

Длина погружаемой части, м	Материал защитной арматуры	Крепление	Примечание
3,55; 4; 4,5; 5; 5,6; 6,3; 7,1; 8	12X18H10T	—	Для жидких и газообразных сред
0,06; 0,08; 0,1 0,12; 0,2; 0,25	Медь М1	Штуцер М33×2	Для измерения температуры подшипников
0,12; 0,16; 0,2; 0,25; 0,32; 0,4; 0,5; 0,63; 0,8; 1; 1,25; 1,6 2; 2,5; 3,15	X23Ю5; 12X18H10T; 08X13	Установка в гнездо, штуцер М20×1,5	Для жидких и газообразных сред, Головка водозащищенная. Виброустойчивый
0,06; 0,08; 0,1 0,12; 0,16; 0,2 0,25; 0,32; 0,5	08X13; 12X18H10T	Установка в гнездо, штуцер М20×1,5, фланец	
То же, кроме 0,06		Штуцер М20×1,5	
0,02	Латунь Л63 или Л96	Накидная гайка М8×1, накидная гайка М12×1,5	Для измерения температуры малогабаритных подшипников. Без головки, герметичный, виброустойчивый. Длина кабеля 0,12; 0,5; 0,63; 0,8; 1; 1,6; 2 и 2,6 м
0,02; 0,03			

Тип	Пределы измерения, °С	Номинальная статическая характеристика преобразования	Условное давление среды, МПа	Показатель тепловой инерции, с, не более
ТСП-5075*	—50 ÷ 400	100П	18	17
ТСП-5076*				
ТСП-5081-01*	—50 ÷ 200	100П	32	9
ТСП-7115*	—2 ÷ 40 —60 ÷ 60	500П	6,4	10 или 30
ТСП-8032*	0—200	Нестандартная и 100П	—	45

Длина погружаемой части, м	Материал защитной арматуры	Крепление	Примечание
0,8; 1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,15; 3,55; 4; 4,5; 5; 5,6; 6,3; 7,1; 8; 9; 10; 11,2; 12,5; 14; 16; 18; 20	12X18H10T	Штуцер M20×1,5	Для измерения температуры теплоносителя (вода с борной кислотой до 16 г/л и тиосульфатом натрия до 1 %), металлических поверхностей и бетонной защиты реактора. Виброустойчивый
0,08; 0,1; 0,12 0,16; 0,2; 0,25 0,32; 0,4; 0,5	08X13 12X18H10T 08X17H15M3T; сплав ВТ1-0	Штуцер M20×1,5	Для измерения температуры агрессивных сред во взрывоопасных помещениях всех классов. Скорость жидкости — до 3 м/с, газа — до 40 м/с
0,12	12X18H10T	Накидная гайка M20×1,5 или фланец	Для измерения температуры морской воды и атмосферного воздуха. Виброустойчивый, водозащищенный
0,2	Алюминиевый сплав САВ-1	—	Для измерения температуры в специальном кармане трубопровода. Виброустойчивый

Тип	Пределы измерения, °C	Номинальная статическая характеристика преобразования	Условное давление среды, МПа	Показатель тепловой инерции, с. не более
ТСП-8051*	-200 ÷ 500	100П	—	20
ТСП-8052	-200 ÷ 600	100П	0,16	10
ТСП-8053*	-50 ÷ 400	50П	9	7
ТСП-8054*				
ТСМ-275-01*	-50 ÷ 150	100М	6,4	600
ТСМ-277-01*	-50 ÷ 150	$R_0=200 \text{ Ом}$	6,4	600
ТСМ-364-01	0—150	50М	—	—

Длина погружаемой части, м	Материал защитной арматуры	Крепление	Примечание
0,12; 0,16; 0,2 0,25; 0,32; 0,4 0,5	12X18H10T 08X13	—	Для измерения температуры жидких и газообразных сред во взрывоопасных помещениях всех классов. Виброустойчивый, пылеводо-защищенный, взрывобезопасный
0,12; 0,16; 0,2 0,25; 0,32; 0,4; 0,63	08X18H10T	—	Для измерения температуры в испытательных камерах
0,1; 0,25; 0,32	08X18H10T	Штуцер 20×1,5	Для измерения температуры теплоносителя и конструкций реактора типа ВВЭР
		С замазкой	
0,1; 0,16; 0,2 0,25; 0,32	08X13	Штуцер M20×1,5	Для измерения температуры природного газа в газопроводах и технологических установках. Взрывобезопасный
0,1; 0,16; 0,2 0,25; 0,32		Штуцер M20×1,5	Взрывобезопасный. Для измерения температуры природного газа
0,06; 0,08 0,1; 0,12	12X18H10T	Штуцер M16×1,5	Для измерения температуры жидкостей и газов на тепловозе. Виброустойчивый, пыле-брызгозащищенный

Тип	Пределы измерения, °С	Номинальная статическая характеристика преобразования	Условное давление среды, МПа	Показатель тепловой инерции, с, не более
ТСМ-410М*	0—100	Гр. 23	—	80
ТСМ-4042*	—50 ÷ 150	Гр. 23	6,4	—
ТСМ-6114*	—50 ÷ 100	50М, Гр. 23	—	120
ДТВ-038*	30—150	Гр. 23	—	30
ДТВ-038М*	30—180	50М	—	20
ДТВ-040*	30—300	Гр. 21	—	30

Длина по- гружаемой части, м	Материал защитной арматуры	Крепление	Примечание
—	Пластикат поли- винилхлоридный	Спецчехол с последую- щей герме- тизацией	Для измерения температуры электролита
5; 7,1; 9 11,2; 15; 17	12X18H10T	Фланец с регулируемой глубиной по- гружения	Для измерения температуры неф- ти и нефтепродук- тов. Взрывобезо- пасный, виброус- тойчивый
—	12X18H10T	—	Для измерения температуры воз- духа в помещени- ях. Размеры 110× ×32×30 мм
Размеры 40×60× ×100 мм	Пресс-материал АГ-4В	—	Для измерения тем- ператур поверхно- сти металлических валков, вращаю- щихся со скоро- стью 1000 м/мин
Размеры 32×60× ×95 мм	Пресс-материал АГ-4В или АГ-4В-10	—	То же, вращаю- щихся со скоро- стью 150 м/мин, диаметром 200— 20 мм
Размеры 62×64× ×198 мм	12X18H10T	—	То же, вращаю- щихся со скоро- стью 200 м/мин

Тип	Пределы измерения, °С	Номинальная статическая характеристика преобразования	Условное давление среды, МПа	Показатель тепловой инерции, с, не более
ТСПУ-0183	$-200 \div 0$; $-25 \div 25$; $50-100$; $-50 \div 400$; $0-600$ класс точности 1,0	50П, 100П	С передвижным штуцером 0,25, с неподвижным штуцером 6,4	20, 40
	0—100; 0—200 класс точности 0,5			
	$-100 \div 50$; $0-400$ класс точности 0,25			
ТСМУ-0283	$0-50$; $-25-25$; $50-100$; $0-100$	50М	С передвижным штуцером 0,25, с неподвижным 6,4	20, 40
	0—200			

Технические характеристики выпускаемых термопреобразователей сопротивления приведены в табл. 1.10 и в [3].

К числу достоинств следует отнести высокую точность (меньшую, чем у стеклянных термометров, но большую, чем у термоэлектрических преобразователей и всех остальных контактных термопреобразователей и термометров) и стабильность характеристики преобразования, возможность измерять криогенные температуры (от -260°C).

К недостаткам следует отнести большие размеры чувствительного элемента, не позволяющие измерять температуру в точке объекта или измеряемой среды (диаметр чехла или чувствительного элемента 6—20 мм, длина 50—180 мм).

Длина погружаемой части, м	Материал защитной арматуры	Крепление	Примечание
0,1; 0,12; 0,16; 0,2; 0,25; 0,32; 0,4; 0,63; 0,8; 1,0	12X18H10T	—	Термопреобразователь с унифицированным выходным сигналом 0—5 или 4—20 мА. При давлении 25 и 50 МПа используются защитные гильзы. Для диапазона 0—400 °С головка термопреобразователя выносная, длина кабеля 1500 мм
0,1; 0,12; 0,16; 0,2; 0,25; 0,32; 0,4; 0,63; 0,8; 1,0	12X18H10T	Класс точности 1,0	Термопреобразователь с унифицированным выходным сигналом 0—5 или 4—20 мА. При давлении 25 и 50 МПа используются защитные гильзы
		Класс точности 0,5	

1.5. Термоэлектрические преобразователи

Принцип действия основан на зависимости термо-ЭДС от значений температур мест соединения двух разнородных проводников. Термоэлектрические преобразователи имеют очень широкий диапазон измерения — от —200 до 2200 °С (кратковременно до 2500 °С), могут измерять температуру в точке объекта или измеряемой среды, имеют малые габаритные размеры — от 0,5 мм (большие диаметры чехлов определяются требованиями механической и термической прочности). Термоэлектрические преобразователи отличаются достаточно высокой точностью и стабильностью характеристик преобразования, хотя они и уступают немного по этим показателям термопреобразователям сопротивления,

К числу недостатков следует отнести необходимость применения специальных термоэлектродных проводов для подключения преобразователей к прибору и необходимость стабилизации или автоматического введения поправки на температуру свободных концов.

Термоэлектрические преобразователи изготавливаются в соответствии с основными параметрами, приведенными в табл. 1.11.

Термо-ЭДС и пределы допускаемой основной погрешности должны соответствовать [11]. Номинальные статические характеристики преобразования стандартных термоэлектрических преобразователей при температуре свободных концов 0°C приведены в табл. 1.12—1.17 и в [11]. В табл. 1.18 приведены формулы для вычисления пределов допускаемых отклонений термо-ЭДС от номинального значения. В табл. 1.19 приведены аппроксимирующие полиномы номинальных статических характеристик.

Конструктивное выполнение термопреобразователей определяется условиями их применения. Термоэлектроды, как правило, соединяют сваркой или пайкой серебряным или оловянным припоем. Это соединение образует рабочий спай термопреобразователя. По всей остальной длине термоэлектроды изолированы друг от друга. При невысоких температурах (до $100\text{--}150^{\circ}\text{C}$) возможно применение любой изоляции (эмаль, лак и т. д.). При более высоких температурах применяют трубки (соломка) или бусы из фарфора. При температурах более 1300°C применяют трубки и бусы из оксида алюминия, окиси магния, окиси бериллия, двуокиси тория и двуокиси циркония. В большинстве случаев изолированные термоэлектроды помещают в защитный чехол с головкой. Такой чехол предохраняет термоэлектроды от вредного воздействия измеряемой среды, а головка упрощает соединение термоэлектродов с удлиняющими или соединительными проводами.

Термоэлектрические преобразователи выпускаются следующих исполнений: погружаемые и поверхностные; стационарные, переносные, разового применения, многократного применения, кратковременного применения; обыкновенные, водозащищенные, взрывобезопасные, защищенные от агрессивных сред и других внешних воздействий; негерметичные и герметичные; малой (МИ), средней (СИ) и большой (БИ) инерционности; обыкновенные и виброустойчивые; одинарные, двойные и тройные — три чувствительных элемента (спая) в одном корпусе (чехле); односторонние и многозонные; с открытым спаем, с закрытым (изолированным или неизолированным) спаем. Возможно различное сочетание этих исполнений.

Основные технические характеристики выпускаемых термоэлектрических преобразователей приведены в табл. 1.20.

Кроме термоэлектрических преобразователей, описанных в табл. 1.20, выпускаются кабельные термоэлектрические преобразователи, которые могут входить как составная часть в другие термопреобразователи, например ТХК-2077, но могут использоваться и как самостоятельные термопреобразователи [11]. Технические характеристики кабельных термопреобразователей приведены в табл. 1.21.

Таблица 1.11. Основные параметры термоэлектрических преобразователей

Тип термопреобразователя	Условное обозначение номинальной статической характеристики преобразования по ГОСТ 3044—84 (по СТ СЭВ 1059—78)	Материал термоэлектродов	Диапазон длительности измерения температуры, °С	Допускаемая кратковременная температура, °С
ТВР	ВР 5/20—1 (А)	Вольфрамрений (5 % рения) — вольфрамрений (20 % рения)	0—2200	2500
ТПР	ПР 30/6 (В)	Платинородий (30 % родия) — платинородий (6 % родия)	300—1600	1800
ТПП	ПП (S)	Платинородий (10 % родия) — платина	0—1300	1600
ТХА	ХА (К)	Хромель-алюмель	—200 ÷ 1000	1300
ТХК	ХК (L)	Хромель-копель	—200 ÷ 600	800
ТМК	МК (М)	Медь-копель	—200 ÷ 100	100

Примечание. Ориентировочный состав материалов термоэлектродов: хромель Т — НХ9,5 (90,5 % Ni; 9,5 % Cr); алюминель-НМцАК2-2.1 (94,5 % Ni+5,5 % Al, Si, Mn, Co); копель-МНМц43-0,5 (56 % Cu+44 % Ni).

Таблица 1.12. Номинальная статическая характеристика преобразования ВР(А)-1

Температура рабочего конца, °С	Термо-ЭДС, мВ, для температуры, °С									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0,000	0,012	0,024	0,036	0,048	0,060	0,072	0,085	0,097	0,109
10	0,121	0,134	0,146	0,158	0,171	0,183	0,196	0,208	0,221	0,233
20	0,246	0,258	0,271	0,284	0,296	0,309	0,322	0,335	0,348	0,360
30	0,373	0,386	0,399	0,412	0,425	0,438	0,451	0,464	0,477	0,490
40	0,504	0,517	0,530	0,543	0,556	0,570	0,583	0,596	0,610	0,623
50	0,637	0,650	0,663	0,677	0,690	0,704	0,718	0,731	0,745	0,758
60	0,772	0,786	0,799	0,813	0,827	0,841	0,855	0,868	0,882	0,896
70	0,910	0,924	0,938	0,952	0,966	0,980	0,994	1,008	1,022	1,036
80	1,050	1,064	1,079	1,093	1,107	1,121	1,135	1,150	1,164	1,178*
90	1,193	1,207	1,221	1,236	1,250	1,265	1,279	1,293	1,308	1,322
100	1,337	1,352	1,366	1,381	1,395	1,410	1,425	1,439	1,454	1,469
110	1,483	1,498	1,513	1,528	1,542	1,557	1,572	1,587	1,602	1,617
120	1,632	1,646	1,661	1,676	1,691	1,706	1,721	1,736	1,751	1,766
130	1,781	1,796	1,812	1,827	1,842	1,857	1,872	1,887	1,902	1,918
140	1,933	1,948	1,963	1,979	1,994	2,009	2,025	2,040	2,055	2,071
150	2,086	2,101	2,117	2,132	2,148	2,163	2,178	2,194	2,209	2,225
160	2,240	2,256	2,272	2,287	2,303	2,318	2,334	2,349	2,365	2,381
170	2,396	2,412	2,428	2,443	2,459	2,475	2,490	2,506	2,522	2,538
180	2,553	2,569	2,585	2,601	2,617	2,632	2,648	2,664	2,680	2,696
190	2,712	2,728	2,743	2,759	2,775	2,791	2,807	2,823	2,839	2,855
200	2,871	2,887	2,903	2,919	2,935	2,951	2,967	2,983	2,999	3,015
210	3,032	3,048	3,064	3,080	3,096	3,112	3,128	3,144	3,161	3,177
220	3,193	3,209	3,225	3,242	3,258	3,274	3,290	3,306	3,323	3,339
230	3,355	3,372	3,388	3,404	3,420	3,437	3,453	3,469	3,486	3,502
240	3,518	3,535	3,551	3,568	3,584	3,600	3,617	3,633	3,650	3,666
250	3,682	3,699	3,715	3,732	3,748	3,765	3,781	3,798	3,814	3,831

260	3,847	3,864	3,830	3,897	3,913	3,930	3,946	3,963	3,979	3,996
270	4,012	4,029	4,046	4,062	4,079	4,095	4,112	4,129	4,145	4,162
280	4,178	4,195	4,212	4,228	4,245	4,262	4,278	4,295	4,312	4,328
290	4,345	4,362	4,378	4,395	4,412	4,428	4,445	4,462	4,479	4,495
300	4,512	4,529	4,545	4,562	4,579	4,596	4,612	4,629	4,646	4,663
310	4,680	4,696	4,713	4,730	4,747	4,763	4,780	4,797	4,814	4,831
320	4,848	4,864	4,881	4,898	4,915	4,932	4,949	4,965	4,982	4,999
330	5,016	5,033	5,050	5,067	5,083	5,100	5,117	5,134	5,151	5,168
340	5,185	5,202	5,218	5,235	5,252	5,269	5,286	5,303	5,320	5,337
350	5,354	5,371	5,388	5,404	5,421	5,438	5,455	5,472	5,489	5,506
360	5,523	5,540	5,557	5,574	5,591	5,608	5,625	5,642	5,659	5,676
370	5,693	5,710	5,727	5,744	5,761	5,778	5,794	5,811	5,828	5,845
380	5,862	5,879	5,896	5,913	5,930	5,947	5,964	5,981	5,998	6,015
390	6,032	6,049	6,066	6,083	6,100	6,117	6,135	6,152	6,169	6,186
400	6,203	6,220	6,237	6,254	6,271	6,288	6,305	6,322	6,339	6,356
410	6,373	6,390	6,407	6,424	6,441	6,458	6,475	6,492	6,509	6,526
420	6,543	6,560	6,577	6,594	6,611	6,628	6,646	6,663	6,680	6,697
430	6,714	6,731	6,748	6,765	6,782	6,799	6,816	6,833	6,850	6,867
440	6,884	6,901	6,918	6,935	6,952	6,970	6,987	7,004	7,021	7,038
450	7,055	7,072	7,089	7,106	7,123	7,140	7,157	7,174	7,191	7,208
460	7,225	7,242	7,260	7,277	7,294	7,311	7,328	7,345	7,362	7,379
470	7,396	7,413	7,430	7,447	7,464	7,481	7,498	7,515	7,532	7,549
480	7,567	7,584	7,601	7,618	7,635	7,652	7,669	7,686	7,703	7,720
490	7,737	7,754	7,771	7,788	7,805	7,822	7,839	7,856	7,873	7,890
500	7,908	7,925	7,942	7,959	7,976	7,993	8,010	8,027	8,044	8,061
510	8,078	8,095	8,112	8,129	8,146	8,163	8,180	8,197	8,214	8,231
520	8,248	8,265	8,282	8,299	8,316	8,333	8,350	8,367	8,384	8,401
530	8,418	8,435	8,452	8,469	8,486	8,503	8,520	8,537	8,554	8,571
540	8,588	8,605	8,622	8,639	8,656	8,673	8,690	8,707	8,724	8,741
550	8,758	8,775	8,792	8,809	8,826	8,843	8,860	8,877	8,894	8,911
560	8,928	8,945	8,962	8,979	8,996	8,013	9,030	9,047	9,064	9,081

Термо-ЭДС, мВ, для температуры, °С		Температура рабочего конца, °С									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
570	9,098	9,115	9,132	9,149	9,165	9,182	9,199	9,216	9,233	9,250	
580	9,267	9,284	9,301	9,318	9,335	9,352	9,369	9,386	9,403	9,419	
590	9,436	9,453	9,470	9,487	9,504	9,521	9,538	9,555	9,572	9,589	
600	9,605	9,622	9,639	9,656	9,673	9,690	9,707	9,724	9,741	9,757	
610	9,774	9,791	9,808	9,825	9,842	9,859	9,876	9,892	9,909	9,926	
620	9,943	9,960	9,977	9,994	10,010	10,027	10,044	10,061	10,078	10,095	
630	10,111	10,128	10,145	10,162	10,179	10,196	10,212	10,229	10,246	10,263	
640	10,281	10,296	10,313	10,330	10,347	10,364	10,380	10,397	10,414	10,431	
650	10,448	10,464	10,481	10,498	10,515	10,531	10,548	10,565	10,582	10,599	
660	10,615	10,632	10,649	10,666	10,682	10,699	10,716	10,733	10,749	10,766	
670	10,783	10,799	10,816	10,833	10,850	10,866	10,883	10,900	10,916	10,933	
680	10,950	10,967	10,983	11,000	11,017	11,033	11,050	11,067	11,083	11,100	
690	11,117	11,134	11,150	11,167	11,184	11,200	11,217	11,234	11,250	11,267	
700	11,283	11,300	11,317	11,333	11,350	11,367	11,383	11,400	11,417	11,433	
710	11,450	11,466	11,483	11,500	11,516	11,533	11,550	11,566	11,583	11,599	
720	11,616	11,632	11,649	11,666	11,682	11,699	11,715	11,732	11,749	11,765	
730	11,782	11,798	11,815	11,831	11,848	11,864	11,881	11,898	11,914	11,931	
740	11,947	11,964	11,980	11,997	12,013	12,030	12,046	12,063	12,079	12,096	
750	12,112	12,129	12,145	12,162	12,178	12,195	12,211	12,228	12,244	12,261	
760	12,277	12,294	12,310	12,327	12,343	12,359	12,376	12,392	12,409	12,425	
770	12,442	12,458	12,475	12,491	12,507	12,524	12,540	12,557	12,573	12,589	
780	12,606	12,622	12,639	12,655	12,671	12,688	12,704	12,721	12,737	12,753	
790	12,770	12,786	12,802	12,819	12,835	12,852	12,868	12,884	12,901	12,917	
800	12,933	12,950	12,966	12,982	12,999	13,015	13,031	13,048	13,064	13,080	

830	13,422	13,438	13,454	13,470	13,487	13,503	13,519	13,535	13,551	13,568
840	13,584	13,600	13,616	13,632	13,649	13,665	13,681	13,697	13,713	13,729
850	13,746	13,762	13,778	13,794	13,810	13,826	13,842	13,859	13,875	13,891
860	13,907	13,923	13,939	13,955	13,971	13,988	14,004	14,020	14,036	14,052
870	14,068	14,084	14,100	14,116	14,132	14,148	14,164	14,181	14,197	14,213
880	14,229	14,245	14,261	14,277	14,293	14,309	14,325	14,341	14,357	14,373
890	14,389	14,405	14,421	14,437	14,453	14,469	14,485	14,501	14,517	14,533
900	14,549	14,565	14,581	14,597	14,613	14,629	14,645	14,661	14,676	14,692
910	14,708	14,724	14,740	14,756	14,772	14,788	14,804	14,820	14,836	14,852
920	14,867	14,883	14,899	14,915	14,931	14,947	14,963	14,979	14,994	15,010
930	15,026	15,042	15,058	15,074	15,089	15,105	15,121	15,137	15,153	15,169
940	15,184	15,200	15,216	15,232	15,248	15,263	15,279	15,295	15,311	15,327
950	15,342	15,358	15,374	15,390	15,405	15,421	15,437	15,453	15,468	15,484
960	15,500	15,515	15,531	15,547	15,563	15,578	15,594	15,610	15,625	15,641
970	15,657	15,672	15,688	15,704	15,720	15,735	15,751	15,767	15,782	15,798
980	15,813	15,829	15,845	15,860	15,876	15,892	15,907	15,923	15,938	15,954
990	15,970	15,985	16,001	16,016	16,032	16,048	16,063	16,079	16,094	16,110
1000	16,125	16,141	16,157	16,172	16,188	16,203	16,219	16,234	16,250	16,265
1010	16,281	16,296	16,312	16,327	16,343	16,358	16,374	16,389	16,405	16,420
1020	16,436	16,451	16,467	16,482	16,498	16,513	16,529	16,544	16,559	16,575
1030	16,590	16,606	16,621	16,637	16,652	16,667	16,683	16,698	16,714	16,729
1040	16,744	16,760	16,775	16,790	16,806	16,821	16,837	16,852	16,867	16,883
1050	16,898	16,913	16,929	16,944	16,959	16,975	16,990	17,005	17,020	17,036
1060	17,051	17,066	17,082	17,097	17,112	17,127	17,143	17,158	17,173	17,189
1070	17,204	17,219	17,234	17,249	17,265	17,280	17,295	17,310	17,326	17,341
1080	17,356	17,371	17,386	17,402	17,417	17,432	17,447	17,462	17,477	17,493
1090	17,508	17,523	17,538	17,553	17,568	17,584	17,599	17,614	17,629	17,644
1100	17,659	17,674	17,689	17,704	17,720	17,735	17,750	17,765	17,780	17,795
1110	17,810	17,825	17,840	17,855	17,870	17,885	17,900	17,915	17,930	17,945
1120	17,960	17,975	17,990	18,005	18,020	18,035	18,050	18,065	18,080	18,095
1130	18,110	18,125	18,140	18,155	18,170	18,185	18,200	18,215	18,230	18,245

Термо-ЭДС, мВ, для температуры, °С

Температура рабочего конца, °С	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1140	18,260	18,275	18,290	18,305	18,319	18,334	18,349	18,364	18,379	18,394
1150	18,409	18,424	18,438	18,453	18,468	18,483	18,498	18,513	18,528	18,542
1160	18,557	18,572	18,587	18,602	18,617	18,631	18,646	18,661	18,676	18,690
1170	18,705	18,720	18,735	18,750	18,764	18,779	18,794	18,809	18,823	18,838
1180	18,853	18,868	18,882	18,897	18,912	18,926	18,941	18,956	18,970	18,985
1190	19,000	19,015	19,029	19,044	19,059	19,073	19,088	19,102	19,117	19,132
1200	19,146	19,161	19,176	19,190	19,205	19,219	19,234	19,249	19,263	19,278
1210	19,292	19,307	19,322	19,336	19,351	19,365	19,380	19,394	19,409	19,423
1220	19,438	19,453	19,467	19,482	19,496	19,511	19,525	19,540	19,554	19,569
1230	19,583	19,598	19,612	19,626	19,641	19,655	19,670	19,684	19,699	19,713
1240	19,728	19,742	19,756	19,771	19,785	19,800	19,814	19,829	19,843	19,857
1250	19,872	19,886	19,900	19,915	19,929	19,944	19,958	19,972	19,987	20,001
1260	20,015	20,030	20,044	20,058	20,073	20,087	20,101	20,115	20,130	20,144
1270	20,158	20,173	20,187	20,201	20,215	20,230	20,244	20,258	20,272	20,287
1280	20,301	20,315	20,329	20,343	20,358	20,372	20,386	20,400	20,414	20,429
1290	20,443	20,457	20,471	20,485	20,500	20,514	20,528	20,542	20,556	20,570
1300	20,584	20,599	20,613	20,627	20,641	20,655	20,669	20,683	20,697	20,711
1310	20,725	20,739	20,754	20,768	20,782	20,796	20,810	20,824	20,838	20,852
1320	20,866	20,880	20,894	20,908	20,922	20,936	20,950	20,964	20,978	20,992
1330	21,006	21,020	21,034	21,048	21,062	21,076	21,090	21,104	21,117	21,131
1340	21,145	21,159	21,173	21,187	21,201	21,215	21,229	21,243	21,257	21,270
1350	21,284	21,298	21,312	21,326	21,340	21,354	21,367	21,381	21,395	21,409
1360	21,423	21,437	21,450	21,464	21,478	21,492	21,506	21,519	21,533	21,547
1370	21,561	21,574	21,588	21,602	21,616	21,629	21,643	21,657	21,671	21,684
1380	21,698	21,712	21,725	21,739	21,753	21,767	21,780	21,794	21,808	21,821
1390	21,835	21,849	21,862	21,876	21,889	21,903	21,917	21,930	21,944	21,958

1400	21,971	21,985	21,998	22,012	22,026	22,039	22,053	22,066	22,080	22,093
1410	22,107	22,121	22,134	22,148	22,161	22,175	22,188	22,202	22,215	22,229
1420	22,242	22,256	22,269	22,083	22,296	22,310	22,323	22,337	22,350	22,364
1430	22,377	22,391	22,404	22,417	22,431	22,444	22,458	22,471	22,485	22,498
1440	22,511	22,525	22,538	22,552	22,565	22,578	22,592	22,605	22,618	22,632
1450	22,645	22,658	22,672	22,685	22,698	22,712	22,725	22,738	22,752	22,766
1460	22,778	22,792	22,805	22,818	22,831	22,845	22,858	22,871	22,884	22,898
1470	22,911	22,924	22,937	22,951	22,964	22,977	22,990	22,003	23,017	23,030
1480	23,043	23,056	23,069	23,083	23,096	23,109	23,122	23,135	23,148	23,162
1490	23,175	23,188	23,201	23,214	23,227	23,240	23,253	23,267	23,280	23,293
1500	23,306	23,319	23,332	23,345	23,358	23,371	23,384	23,397	23,410	23,423
1510	23,436	23,449	23,462	23,475	34,488	23,501	23,514	23,527	23,540	23,553
1520	23,566	23,579	23,592	23,605	23,618	23,631	23,644	23,657	23,670	23,683
1530	23,696	23,709	23,722	23,735	23,748	23,760	23,773	23,786	23,799	23,812
1540	23,825	23,838	23,851	23,863	23,876	23,889	23,902	23,915	23,928	23,940
1550	23,953	23,966	23,979	23,992	24,004	24,017	24,030	24,043	24,056	24,068
1560	24,081	24,094	24,107	24,119	24,132	24,145	24,158	24,170	24,183	24,196
1570	20,209	24,221	24,234	24,247	24,259	24,272	24,285	24,297	24,310	24,323
1580	24,335	24,348	24,361	24,373	24,386	24,399	24,411	24,424	24,437	24,449
1590	24,462	24,474	24,487	24,500	24,512	24,525	24,537	24,550	24,562	24,575
1600	24,588	24,600	24,613	24,625	24,638	24,650	24,663	24,675	24,688	24,700
1610	24,713	24,725	24,738	24,750	24,763	24,775	24,788	24,800	24,813	24,825
1620	24,838	24,850	24,862	24,875	24,887	24,900	24,912	24,925	24,937	24,949
1630	24,962	24,974	24,987	24,999	25,011	25,024	25,036	25,048	25,061	25,073
1640	25,085	25,098	25,110	15,122	25,135	25,147	25,159	25,172	25,184	25,196
1650	25,209	25,221	25,233	25,245	25,258	25,270	25,282	25,295	25,307	25,319
1660	25,331	25,343	25,356	25,368	25,380	25,392	25,405	25,417	25,429	25,441
1670	25,453	25,466	25,478	25,490	25,502	25,514	25,526	25,539	25,551	25,563
1680	25,575	25,587	25,599	25,611	25,623	25,636	25,648	25,660	25,672	25,684
1690	25,696	25,708	25,720	25,732	25,744	25,756	25,768	25,780	25,792	25,804

Термо-ЭДС, мВ, для температуры, °С

Температура рабочего конца, °С	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1700	25,816	25,828	25,841	25,853	25,865	25,877	25,889	25,901	25,912	25,924
1710	25,936	25,948	25,960	25,972	25,984	25,996	26,008	26,020	26,032	26,044
1720	26,056	26,068	26,080	26,092	26,104	26,115	26,127	26,139	26,151	26,163
1730	26,175	26,187	26,199	26,210	26,222	26,234	26,246	26,258	26,270	26,281
1740	26,293	26,305	26,317	26,329	26,340	26,352	26,364	26,376	26,388	26,399
1750	26,411	26,423	26,435	26,446	26,458	26,470	26,482	26,493	26,505	26,517
1760	26,528	26,540	26,552	26,563	26,575	26,587	26,599	26,610	26,622	26,634
1770	26,645	26,657	26,668	26,680	26,692	26,703	26,715	26,727	26,738	26,750
1780	26,761	26,773	26,785	26,796	26,808	26,819	26,831	26,842	26,854	26,866
1790	26,877	26,889	26,900	26,912	26,923	26,935	26,946	26,958	26,969	26,981
1800	26,992	27,004	27,015	27,027	27,038	27,050	27,061	27,073	27,084	27,096
1810	27,107	27,118	27,130	27,141	27,153	27,164	27,175	27,187	27,198	27,210
1820	27,221	27,232	27,244	27,255	27,267	27,278	27,289	27,301	27,312	27,323
1830	27,335	27,346	27,357	27,369	27,380	27,391	27,402	27,414	27,425	27,436
1840	27,448	27,459	27,470	27,481	27,493	27,504	27,515	27,526	27,538	27,549
1850	27,560	27,571	27,583	27,594	27,605	27,616	27,627	27,639	27,650	27,661
1860	27,672	27,683	27,694	27,706	27,717	27,728	27,739	27,750	27,761	27,772
1870	27,783	27,795	27,806	27,817	27,828	27,839	27,850	27,861	27,872	27,883
1880	27,894	27,905	27,916	27,927	27,938	27,949	27,961	27,972	27,983	27,994
1890	28,005	28,016	28,027	28,038	28,049	28,059	27,070	28,081	28,092	28,103
1900	28,114	28,125	28,136	28,147	28,158	28,169	27,180	28,191	28,202	28,213
1910	28,223	28,234	28,245	28,256	28,267	28,278	28,289	28,300	28,310	28,321
1920	28,332	28,343	28,354	28,365	28,375	28,386	28,397	28,408	28,419	28,429
1930	28,440	28,451	28,462	28,472	28,483	28,494	28,505	28,515	28,526	28,537
1940	28,548	28,558	28,569	28,580	28,591	28,601	28,612	28,623	28,633	28,644
1950	28,655	28,665	28,676	28,687	28,697	28,708	28,719	28,729	28,740	28,750

1960	28,761	28,772	28,782	28,793	28,803	28,814	28,825	28,835	28,846	28,856
1970	28,867	28,877	28,888	28,898	28,909	28,920	28,930	28,941	28,951	28,962
1980	28,972	28,983	28,993	29,004	29,014	29,024	29,035	29,045	29,056	29,066
1990	29,077	29,087	29,098	29,108	29,118	29,129	29,139	29,150	29,160	29,170
2000	29,181	29,191	29,202	29,212	29,222	29,233	29,243	29,253	29,264	29,274
2010	29,284	29,295	29,305	29,315	29,325	29,336	29,346	29,356	29,367	29,377
2020	29,387	29,398	29,408	29,418	29,428	29,438	29,449	29,459	29,469	29,479
2030	29,490	29,500	29,510	29,520	29,530	29,541	29,551	29,561	29,571	29,581
2040	29,591	29,601	29,612	29,622	29,632	29,642	29,652	29,662	29,672	29,682
2050	29,693	29,703	29,713	29,723	29,733	29,743	29,753	29,763	29,773	29,783
2060	29,793	29,803	29,813	29,823	29,833	29,843	29,853	29,863	29,873	29,883
2070	29,893	29,903	29,913	29,923	29,933	29,943	29,953	29,963	29,973	29,983
2080	29,992	30,002	30,012	30,022	30,032	30,042	30,052	30,062	30,072	30,081
2090	30,091	30,101	30,111	30,121	30,131	30,140	30,150	30,160	30,170	30,180
2100	30,189	30,199	30,209	30,219	30,229	30,238	30,248	30,258	30,268	30,277
2110	30,287	30,297	30,306	30,316	30,326	30,336	30,345	30,355	30,365	30,374
2120	30,384	30,394	30,403	30,413	30,423	30,432	30,442	30,451	30,461	30,471
2130	30,480	30,490	30,500	30,509	30,519	30,528	30,538	30,547	30,557	30,566
2140	30,576	30,586	30,595	30,605	30,614	30,624	30,633	30,643	30,652	30,662
2150	30,671	30,681	30,690	30,700	30,709	30,719	30,728	30,737	30,747	30,756
2160	30,766	30,775	30,785	30,794	30,803	30,813	30,822	30,831	30,841	30,850
2170	30,860	30,869	30,878	30,888	30,897	30,906	30,916	30,925	30,934	30,944
2180	30,953	30,962	30,971	30,981	30,990	30,999	31,009	31,018	31,027	31,036
2190	31,046	31,055	31,064	31,073	31,082	31,092	31,101	31,110	31,119	31,128
2200	31,138	31,147	31,156	31,165	31,174	31,183	31,193	31,202	31,211	31,220
2210	31,229	31,238	31,247	31,256	31,265	31,274	31,284	31,293	31,302	31,311
2220	31,320	31,329	31,338	31,347	31,356	31,365	31,374	31,383	31,392	31,401
2230	31,410	31,419	31,428	31,437	31,446	31,455	31,464	31,473	31,482	31,491
2240	31,500	31,509	31,517	31,526	31,535	31,544	31,553	31,562	31,571	31,580
2250	31,589	31,597	31,606	31,615	31,624	31,633	31,642	31,650	31,659	31,668
2260	31,677	31,686	31,695	31,703	31,712	31,721	31,730	31,738	31,747	31,756

Температура рабочего конца, °C	Термо-ЭДС, мВ, для температуры, °C									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2270	31,765	31,773	31,782	31,791	31,800	31,808	31,817	31,826	31,834	31,843
2280	31,852	31,860	31,869	31,878	31,886	31,895	31,904	31,912	31,921	31,930
2290	31,938	31,947	31,956	31,964	31,973	31,981	31,990	31,999	31,007	32,016
2300	32,024	32,033	32,041	32,050	32,059	32,067	32,076	32,084	32,093	32,101
2310	32,110	32,118	32,127	32,135	32,144	32,152	32,161	32,169	32,178	32,186
2320	32,194	32,203	32,211	32,220	32,228	32,237	32,245	32,254	32,262	32,270
2330	32,279	32,287	32,295	32,304	32,312	32,321	32,329	32,337	32,346	32,354
2340	32,362	32,371	32,379	32,387	32,396	32,404	32,412	32,421	32,429	32,437
2350	32,445	32,454	32,462	32,470	32,479	32,487	32,495	32,503	32,512	32,520
2360	32,528	32,536	32,545	32,553	32,561	32,569	32,577	32,586	32,594	32,602
2370	32,610	32,618	32,626	32,635	32,643	32,651	32,659	32,667	32,675	32,684
2380	32,692	32,700	32,708	32,716	32,724	32,732	32,740	32,748	32,757	32,765
2390	32,773	32,781	32,789	32,797	32,805	32,813	32,821	32,829	32,837	32,845
2400	32,853	32,861	32,869	32,877	32,885	32,893	32,901	32,909	32,917	32,925
2410	32,933	32,941	32,949	32,957	32,965	32,973	32,981	32,989	32,997	33,005
2420	33,013	33,021	33,029	33,037	33,045	33,053	33,061	33,069	33,077	33,084
2430	33,092	33,100	33,108	33,116	33,124	33,132	33,140	33,148	33,155	33,163
2440	33,171	33,179	33,187	33,195	33,203	33,210	33,218	33,226	33,234	33,242
2450	33,250	33,258	33,265	33,273	33,281	33,289	33,297	33,304	33,312	33,320
2460	33,328	33,336	33,343	33,351	33,359	33,367	33,375	33,382	33,390	33,398
2470	33,406	33,413	33,421	33,429	33,437	33,444	33,452	33,460	33,468	33,475
2480	33,483	33,491	33,499	33,506	33,514	33,522	33,530	33,537	33,545	33,553
2490	33,561	33,568	33,576	33,584	33,591	33,599	33,607	33,615	33,622	33,630
2500	33,638	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Т а б л и ц а 1.13. Номинальная статическая характеристика преобразования ПР (D

Температура рабо- чего конца, °С	Термо-ЭДС, мВ, для температуры, °С									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
300	0,431	0,434	0,437	0,440	0,443	0,446	0,449	0,452	0,455	0,458
310	0,462	0,465	0,468	0,471	0,474	0,477	0,481	0,484	0,487	0,490
320	0,494	0,497	0,500	0,503	0,507	0,510	0,513	0,517	0,520	0,523
330	0,527	0,530	0,533	0,537	0,540	0,544	0,547	0,550	0,554	0,557
340	0,561	0,564	0,568	0,571	0,575	0,578	0,582	0,585	0,589	0,592
350	0,596	0,599	0,603	0,606	0,610	0,614	0,617	0,621	0,625	0,628
360	0,632	0,636	0,639	0,643	0,647	0,650	0,654	0,658	0,661	0,665
370	0,669	0,673	0,677	0,680	0,684	0,688	0,692	0,696	0,699	0,703
380	0,707	0,711	0,715	0,719	0,723	0,727	0,730	0,734	0,738	0,742
390	0,746	0,750	0,754	0,758	0,762	0,766	0,770	0,774	0,778	0,782
400	0,786	0,790	0,794	0,799	0,803	0,807	0,811	0,815	0,819	0,823
410	0,827	0,832	0,836	0,840	0,844	0,848	0,853	0,857	0,861	0,865
420	0,870	0,874	0,878	0,882	0,887	0,891	0,895	0,900	0,904	0,908
430	0,913	0,917	0,921	0,926	0,930	0,935	0,939	0,943	0,948	0,952
440	0,957	0,961	0,966	0,970	0,975	0,979	0,984	0,988	0,993	0,997
450	1,002	1,006	1,011	1,015	1,020	1,025	1,029	1,034	1,039	1,043
460	1,048	1,052	1,057	1,062	1,066	1,071	1,076	1,081	1,085	1,090
470	1,095	1,100	1,104	1,109	1,114	1,119	1,123	1,128	1,133	1,138
480	1,143	1,148	1,152	1,157	1,162	1,167	1,172	1,177	1,182	1,187
490	1,192	1,197	1,202	1,206	1,211	1,216	1,221	1,226	1,231	1,236
500	1,241	1,246	1,252	1,257	1,262	1,267	1,272	1,277	1,282	1,287
510	1,292	1,297	1,303	1,308	1,313	1,318	1,323	1,328	1,334	1,339
520	1,344	1,349	1,354	1,360	1,365	1,370	1,375	1,381	1,386	1,391
530	1,397	1,402	1,407	1,413	1,418	1,423	1,429	1,434	1,439	1,445
540	1,450	1,456	1,461	1,467	1,472	1,477	1,483	1,488	1,494	1,499

Температура рабочего конца, °C	Термо-ЭДС, мВ, для температуры, °C									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
550	1 505	1 510	1 516	1 521	1 527	1 532	1 538	1 544	1 549	1 555
560	1 560	1 566	1 571	1 577	1 583	1 588	1 594	1 600	1 605	1 611
570	1 617	1 622	1 628	1 634	1 639	1 645	1 651	1 657	1 662	1 668
580	1 674	1 680	1 686	1 691	1 697	1 703	1 709	1 715	1 720	1 726
590	1 732	1 738	1 744	1 750	1 756	1 762	1 767	1 773	1 779	1 785
600	1 791	1 797	1 803	1 809	1 815	1 821	1 827	1 833	1 839	1 845
610	1 851	1 857	1 863	1 869	1 875	1 882	1 888	1 894	1 900	1 906
620	1 912	1 918	1 924	1 931	1 937	1 943	1 949	1 955	1 961	1 968
630	1 974	1 980	1 986	1 993	1 999	2 005	2 011	2 018	2 024	2 030
640	2 036	2 043	2 049	2 055	2 062	2 068	2 074	2 081	2 087	2 094
650	2 100	2 106	2 113	2 119	2 126	2 132	2 139	2 145	2 151	2 158
660	2 164	2 171	2 177	2 184	2 190	2 197	2 203	2 210	2 216	2 223
670	2 230	2 236	2 243	2 249	2 256	2 263	2 269	2 276	2 282	2 289
680	2 296	2 302	2 309	2 316	2 322	2 329	2 336	2 343	2 349	2 356
690	2 363	2 369	2 376	2 383	2 390	2 396	2 403	2 410	2 417	2 424
700	2 430	2 437	2 444	2 451	2 458	2 465	2 472	2 478	2 485	2 492
710	2 499	2 506	2 513	2 520	2 527	2 534	2 541	2 548	2 555	2 562
720	2 569	2 576	2 583	2 590	2 597	2 604	2 611	2 618	2 625	2 632
730	2 639	2 646	2 653	2 660	2 667	2 674	2 682	2 689	2 696	2 703
740	2 710	2 717	2 724	2 732	2 739	2 746	2 753	2 760	2 768	2 775
750	2 782	2 789	2 797	2 804	2 811	2 818	2 826	2 833	2 840	2 848
760	2 855	2 862	2 869	2 877	2 884	2 892	2 899	2 906	2 914	2 921
770	2 928	2 936	2 943	2 951	2 958	2 966	2 973	2 980	2 988	2 995
780	3 003	3 010	3 018	3 025	3 033	3 040	3 048	3 055	3 063	3 070
790	3 078	3 086	3 093	3 101	3 108	3 116	3 124	3 131	3 139	3 146

800	3,154	3,169	3,177	3,185	3,192	3,200	3,208	3,215	3,223
810	3,231	3,246	3,254	3,262	3,269	3,277	3,285	3,293	3,301
820	3,308	3,324	3,332	3,340	3,347	3,355	3,363	3,371	3,379
830	3,387	3,402	3,410	3,418	3,426	3,434	3,442	3,450	3,458
840	3,466	3,482	3,490	3,498	3,506	3,514	3,522	3,530	3,538
850	3,546	3,562	3,570	3,578	3,586	3,594	3,602	3,610	3,618
860	3,626	3,643	3,651	3,659	3,667	3,675	3,683	3,691	3,700
870	3,716	3,724	3,732	3,741	3,749	3,757	3,765	3,773	3,782
880	3,798	3,806	3,815	3,823	3,831	3,840	3,848	3,856	3,864
890	3,873	3,890	3,898	3,906	3,915	3,923	3,931	3,940	3,949
900	3,957	3,973	3,982	3,990	3,999	4,007	4,016	4,024	4,032
910	4,041	4,058	4,066	4,075	4,083	4,092	4,100	4,109	4,117
920	4,126	4,143	4,152	4,160	4,169	4,177	4,186	4,195	4,203
930	4,212	4,229	4,238	4,246	4,255	4,264	4,272	4,281	4,290
940	4,298	4,316	4,325	4,333	4,342	4,351	4,359	4,368	4,377
950	4,386	4,403	4,412	4,421	4,430	4,438	4,447	4,456	4,465
960	4,474	4,491	4,500	4,509	4,518	4,527	4,536	4,545	4,553
970	4,562	4,580	4,589	4,598	4,607	4,616	4,625	4,634	4,643
980	4,652	4,670	4,679	4,688	4,697	4,706	4,715	4,724	4,733
990	4,742	4,760	4,769	4,778	4,787	4,796	4,805	4,814	4,824
1000	4,833	4,851	4,860	4,869	4,878	4,887	4,897	4,906	4,915
1010	4,924	4,942	4,952	4,961	4,970	4,979	4,989	4,998	5,007
1020	5,016	5,035	5,044	5,053	5,063	5,072	5,081	5,090	5,100
1030	5,109	5,128	5,137	5,146	5,156	5,165	5,174	5,184	5,193
1040	5,202	5,221	5,231	5,240	5,249	5,259	5,268	5,278	5,287
1050	5,297	5,316	5,325	5,334	5,344	5,353	5,363	5,372	5,382
1060	5,391	5,410	5,420	5,429	5,439	5,449	5,458	5,468	5,477
1070	5,487	5,506	5,516	5,525	5,535	5,544	5,554	5,564	5,573
1080	5,583	5,602	5,612	5,621	5,631	5,641	5,651	5,660	5,670
1090	5,680	5,699	5,709	5,718	5,728	5,738	5,748	5,757	5,767

Температура рабочего конца, °C	Термо-ЭДС, мВ, для температуры, °C									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1100	5,777	5,787	5,796	5,806	5,816	5,826	5,836	5,845	5,855	5,865
1110	5,875	5,885	5,895	5,904	5,914	5,924	5,934	5,944	5,954	5,964
1120	5,973	5,983	5,993	6,003	6,013	6,023	6,033	6,043	6,053	6,063
1130	6,073	6,083	6,093	6,102	6,112	6,122	6,132	6,142	6,152	6,162
1140	6,172	6,182	6,192	6,202	6,212	6,223	6,233	6,243	6,253	6,263
1150	6,273	6,283	6,293	6,303	6,313	6,323	6,333	6,343	6,353	6,364
1160	6,374	6,384	6,394	6,404	6,414	6,424	6,435	6,445	6,455	6,465
1170	6,475	6,485	6,496	6,506	6,516	6,526	6,536	6,547	6,557	6,567
1180	6,577	6,588	6,598	6,608	6,618	6,629	6,639	6,649	6,659	6,670
1190	6,680	6,690	6,701	6,711	6,721	6,732	6,742	6,752	6,763	6,773
1200	6,783	6,794	6,804	6,814	6,825	6,835	6,846	6,856	6,866	6,877
1210	6,887	6,898	6,908	6,918	6,929	6,939	6,950	6,960	6,971	6,981
1220	6,991	7,002	7,012	7,023	7,033	7,044	7,054	7,065	7,075	7,086
1230	7,096	7,107	7,117	7,128	7,138	7,149	7,159	7,170	7,181	7,191
1240	7,202	7,212	7,223	7,234	7,245	7,255	7,265	7,276	7,286	7,297
1250	7,308	7,318	7,329	7,339	7,350	7,361	7,371	7,382	7,393	7,403
1260	7,414	7,425	7,435	7,446	7,457	7,467	7,478	7,489	7,500	7,510
1270	7,521	7,532	7,542	7,553	7,564	7,575	7,585	7,596	7,607	7,618
1280	7,628	7,639	7,650	7,661	7,671	7,682	7,693	7,704	7,715	7,725
1290	7,736	7,747	7,758	7,769	7,780	7,790	7,801	7,812	7,823	7,834
1300	7,845	7,855	7,866	7,877	7,888	7,899	7,910	7,921	7,932	7,943
1310	7,953	7,964	7,975	7,986	7,997	8,008	8,019	8,030	8,041	8,052
1320	8,063	8,074	8,085	8,096	8,107	8,118	8,128	8,139	8,150	8,161
1330	8,172	8,183	8,194	8,205	8,216	8,227	8,238	8,249	8,261	8,272
1340	8,283	8,294	8,305	8,316	8,327	8,338	8,349	8,360	8,371	8,382

1350	8,393	8,404	8,415	8,426	8,437	8,449	8,460	8,471	8,482	8,493
1360	8,504	8,515	8,526	8,538	8,549	8,560	8,571	8,582	8,593	8,604
1370	8,616	8,627	8,638	8,649	8,660	8,671	8,683	8,694	8,705	8,716
1380	8,727	8,738	8,750	8,761	8,772	8,783	8,795	8,806	8,817	8,828
1390	8,839	8,851	8,862	8,873	8,884	8,896	8,907	8,918	8,929	8,941
1400	8,952	8,963	8,974	8,986	8,997	9,008	9,020	9,031	9,042	9,053
1410	9,065	9,076	9,087	9,099	9,110	9,121	9,133	9,144	9,155	9,167
1420	9,178	9,189	9,201	9,212	9,223	9,235	9,246	9,257	9,269	9,280
1430	9,291	9,303	9,314	9,326	9,337	9,348	9,360	9,371	9,382	9,394
1440	9,405	9,417	9,428	9,439	9,451	9,462	9,474	9,485	9,497	9,508
1450	9,519	9,531	9,542	9,554	9,565	9,577	9,588	9,599	9,611	9,622
1460	9,634	9,645	9,657	9,668	9,680	9,691	9,703	9,714	9,726	9,737
1470	9,749	9,760	9,772	9,783	9,794	9,806	9,817	9,828	9,840	9,852
1480	9,863	9,875	9,886	9,898	9,909	9,921	9,933	9,944	9,956	9,967
1490	9,979	9,991	10,002	10,014	10,025	10,036	10,048	10,059	10,071	10,082
1500	10,094	10,106	10,117	10,129	10,140	10,152	10,163	10,175	10,187	10,198
1510	10,210	10,221	10,233	10,244	10,256	10,268	10,279	10,291	10,302	10,314
1520	10,325	10,337	10,349	10,360	10,372	10,383	10,395	10,407	10,418	10,430
1530	10,441	10,453	10,465	10,476	10,488	10,500	10,511	10,523	10,534	10,546
1540	10,558	10,569	10,581	10,593	10,604	10,616	10,627	10,639	10,651	10,663
1550	10,674	10,685	10,697	10,709	10,721	10,732	10,744	10,756	10,767	10,779
1560	10,790	10,802	10,814	10,825	10,837	10,849	10,860	10,872	10,884	10,895
1570	10,907	10,919	10,930	10,942	10,954	10,965	10,977	10,989	11,000	11,012
1580	11,024	11,035	11,047	11,059	11,070	11,082	11,094	11,105	11,117	11,129
1590	11,141	11,152	11,164	11,176	11,187	11,199	11,211	11,222	11,234	11,246
1600	11,257	11,269	11,281	11,292	11,304	11,316	11,328	11,339	11,351	11,363
1610	11,374	11,386	11,398	11,409	11,421	11,433	11,444	11,456	11,468	11,480
1620	11,491	11,503	11,515	11,526	11,538	11,550	11,561	11,573	11,585	11,597
1630	11,608	11,620	11,632	11,643	11,655	11,667	11,678	11,690	11,702	11,714

Температура рабо- чего конца, °С	Термо-ЭДС, мВ, для температуры, °С									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1640	11,725	11,737	11,749	11,760	11,772	11,784	11,795	11,807	11,819	11,830
1650	11,842	11,854	11,866	11,877	11,889	11,901	11,912	11,924	11,936	11,947
1660	11,959	11,971	11,983	11,994	12,006	12,018	12,029	12,041	12,053	12,064
1670	12,076	12,088	12,099	12,111	12,123	12,134	12,146	12,158	12,170	12,181
1680	12,193	12,205	12,216	12,228	12,240	12,251	12,263	12,275	12,286	12,298
1690	12,310	12,321	12,333	12,345	12,456	12,368	12,380	12,391	12,403	12,415
1700	12,426	12,438	12,450	12,461	12,473	12,485	12,496	12,508	12,520	12,531
1710	12,543	12,555	12,566	12,578	12,590	12,601	12,613	12,624	12,636	12,648
1720	12,659	12,671	12,683	12,694	12,706	12,718	12,729	12,741	12,752	12,764
1730	12,776	12,787	12,799	12,811	12,822	12,834	12,845	12,857	12,869	12,880
1740	12,892	12,903	12,915	12,927	12,938	12,950	12,961	12,973	12,985	12,996
1750	13,008	13,019	13,031	13,043	13,054	13,066	13,077	13,089	13,100	13,112
1760	13,124	13,135	13,147	13,158	13,170	13,181	13,193	13,204	13,216	13,228
1770	13,239	13,251	13,262	13,274	13,285	13,297	13,308	13,320	13,331	13,343
1780	13,354	13,366	13,378	13,389	13,401	13,412	13,424	13,435	13,447	13,458
1790	13,470	13,481	13,493	13,504	13,516	13,527	13,539	13,550	13,562	13,573
1800	13,585	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Таблица 1.14. Номинальная статическая характеристика преобразования ПП (S)

Температура рабочего конца, °С	Термо-ЭДС, мВ, для температуры, °С									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0,000	0,005	0,011	0,016	0,022	0,027	0,033	0,038	0,044	0,050
10	0,055	0,061	0,067	0,072	0,078	0,084	0,090	0,095	0,101	0,107
20	0,113	0,119	0,125	0,131	0,137	0,142	0,148	0,154	0,161	0,167

30	0,173	0,179	0,185	0,191	0,197	0,203	0,210	0,216	0,222	0,228
40	0,235	0,241	0,247	0,254	0,260	0,266	0,273	0,279	0,286	0,292
50	0,299	0,305	0,312	0,318	0,325	0,331	0,338	0,345	0,351	0,358
60	0,365	0,371	0,378	0,385	0,391	0,398	0,405	0,412	0,419	0,425
70	0,432	0,439	0,446	0,453	0,460	0,467	0,474	0,481	0,488	0,495
80	0,502	0,509	0,516	0,523	0,530	0,537	0,544	0,551	0,558	0,566
90	0,573	0,580	0,587	0,594	0,602	0,609	0,616	0,623	0,631	0,638
100	0,645	0,653	0,660	0,667	0,675	0,682	0,690	0,697	0,704	0,712
110	0,719	0,727	0,734	0,742	0,749	0,757	0,764	0,772	0,780	0,787
120	0,795	0,802	0,810	0,818	0,825	0,833	0,841	0,848	0,856	0,864
130	0,872	0,879	0,887	0,895	0,903	0,910	0,918	0,926	0,934	0,942
140	0,950	0,957	0,965	0,973	0,981	0,989	0,997	1,005	1,013	1,021
150	1,029	1,037	1,045	1,053	1,061	1,069	1,077	1,085	1,093	1,101
160	1,109	1,117	1,125	1,133	1,141	1,149	1,158	1,166	1,174	1,182
170	1,190	1,198	1,207	1,215	1,223	1,231	1,240	1,248	1,256	1,264
180	1,273	1,281	1,289	1,297	1,306	1,314	1,322	1,331	1,339	1,347
190	1,356	1,364	1,373	1,381	1,389	1,398	1,406	1,415	1,423	1,432
200	1,440	1,448	1,457	1,465	1,474	1,482	1,491	1,499	1,508	1,516
210	1,525	1,534	1,542	1,551	1,559	1,568	1,576	1,585	1,594	1,602
220	1,611	1,620	1,628	1,637	1,645	1,651	1,663	1,671	1,680	1,689
230	1,698	1,706	1,715	1,724	1,732	1,741	1,750	1,759	1,767	1,776
240	1,785	1,794	1,802	1,811	1,820	1,829	1,838	1,846	1,855	1,864
250	1,873	1,882	1,891	1,899	1,920	1,917	1,926	1,935	1,944	1,953
260	1,962	1,971	1,979	1,988	1,997	2,006	2,015	2,024	2,033	2,042
270	2,051	2,060	2,069	2,078	2,087	2,096	2,105	2,114	2,123	2,132
280	2,141	2,150	2,159	2,168	2,177	2,186	2,195	2,204	2,213	2,222
290	2,232	2,241	2,250	2,259	2,268	2,277	2,286	2,295	2,304	2,314
300	2,323	2,332	2,341	2,350	2,359	2,368	2,378	2,387	2,396	2,405
310	2,414	2,424	2,433	2,442	2,451	2,460	2,470	2,479	2,488	2,497
320	2,506	2,516	2,525	2,534	2,543	2,553	2,562	2,571	2,581	2,590

Температура рабочего конца, °C	Термо-ЭДС, мВ, для температуры, °C									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
330	2,599	2,608	2,618	2,627	2,636	2,646	2,655	2,664	2,674	2,683
340	2,692	2,702	2,711	2,720	2,730	2,739	2,748	2,758	2,767	2,776
350	2,786	2,795	2,805	2,814	2,823	2,833	2,842	2,852	2,861	2,870
360	2,880	2,889	2,899	2,908	2,917	2,927	2,936	2,946	2,955	2,965
370	2,974	2,984	2,993	3,003	3,012	3,022	3,031	3,041	3,050	3,059
380	3,069	3,078	3,088	3,097	3,107	3,117	3,126	3,136	3,145	3,155
390	3,164	3,174	3,183	3,193	3,202	3,212	3,221	3,231	3,241	3,250
400	3,260	3,269	3,279	3,288	3,298	3,308	3,317	3,327	3,337	3,346
410	3,356	3,365	3,375	3,384	3,394	3,404	3,413	3,423	3,433	3,442
420	3,452	3,462	3,471	3,481	3,491	3,500	3,510	3,520	3,529	3,539
430	3,549	3,558	3,568	3,578	3,587	3,597	3,607	3,616	3,626	3,636
440	3,645	3,655	3,665	3,675	3,684	3,694	3,704	3,714	3,723	3,733
450	3,743	3,752	3,762	3,772	3,782	3,791	3,801	3,811	3,821	3,831
460	3,840	3,850	3,860	3,870	3,879	3,889	3,899	3,909	3,919	3,928
470	3,938	3,948	3,958	3,968	3,977	3,987	3,997	4,007	4,017	4,027
480	4,036	4,046	4,056	4,066	4,076	4,086	4,095	4,105	4,115	4,125
490	4,135	4,145	4,155	4,164	4,174	4,184	4,194	4,204	4,214	4,224
500	4,234	4,243	4,253	4,263	4,273	4,283	4,293	4,303	4,313	4,323
510	4,333	4,343	4,352	4,362	4,372	4,382	4,392	4,402	4,412	4,422
520	4,432	4,442	4,452	4,462	4,472	4,482	4,492	4,502	4,512	4,522
530	4,532	4,542	4,552	4,562	4,572	4,582	4,592	4,602	4,612	4,622
540	4,632	4,642	4,652	4,662	4,672	4,682	4,692	4,702	4,712	4,722
550	4,732	4,742	4,752	4,762	4,772	4,782	4,792	4,802	4,812	4,822
560	4,832	4,842	4,852	4,862	4,872	4,883	4,893	4,903	4,913	4,923
570	4,933	4,943	4,953	4,963	4,973	4,984	4,994	5,004	5,014	5,024
580	5,034	5,044	5,054	5,065	5,075	5,085	5,095	5,105	5,115	5,125

590	5,136	5,146	5,156	5,166	5,176	5,186	5,197	5,207	5,217	5,227
600	5,237	5,247	5,258	5,268	5,278	5,288	5,298	5,309	5,319	5,329
610	5,339	5,350	5,360	5,370	5,380	5,391	5,401	5,411	5,421	5,431
620	5,442	5,452	5,462	5,473	5,483	5,493	5,503	5,514	5,524	5,534
630	5,544	5,555	5,565	5,575	5,586	5,596	5,606	5,617	5,627	5,637
640	5,648	5,658	5,668	5,679	5,689	5,700	5,710	5,720	5,730	5,740
650	5,751	5,761	5,771	5,782	5,792	5,803	5,813	5,824	5,834	5,845
660	5,855	5,866	5,876	5,887	5,897	5,907	5,918	5,928	5,939	5,949
670	5,960	5,970	5,980	5,991	6,001	6,012	6,022	6,033	6,043	6,054
680	6,064	6,075	6,085	6,095	6,106	6,117	6,127	6,138	6,148	6,159
690	6,169	6,180	6,190	6,201	6,211	6,222	6,232	6,242	6,253	6,264
700	6,274	6,285	6,295	6,306	6,316	6,327	6,338	6,348	6,359	6,369
710	6,380	6,390	6,401	6,412	6,422	6,433	6,443	6,454	6,465	6,475
720	6,486	6,496	6,507	6,518	6,528	6,539	6,549	6,560	6,571	6,581
730	6,592	6,603	6,613	6,624	6,635	6,645	6,656	6,667	6,677	6,688
740	6,699	6,709	6,720	6,731	6,741	6,752	6,763	6,773	6,784	6,795
750	6,805	6,816	6,827	6,837	6,848	6,859	6,870	6,880	6,891	6,902
760	6,913	6,923	6,934	6,945	6,956	6,966	6,977	6,988	6,999	7,009
770	7,020	7,031	7,042	7,053	7,063	7,074	7,085	7,096	7,107	7,117
780	7,128	7,139	7,150	7,161	7,171	7,182	7,193	7,204	7,215	7,225
790	7,236	7,247	7,258	7,269	7,279	7,290	7,301	7,312	7,323	7,334
800	7,345	7,356	7,367	7,377	7,388	7,399	7,410	7,421	7,432	7,443
810	7,454	7,465	7,476	7,486	7,497	7,508	7,519	7,530	7,541	7,552
820	7,563	7,574	7,585	7,596	7,607	7,618	7,629	7,640	7,651	7,661
830	7,672	7,683	7,694	7,705	7,716	7,727	7,738	7,749	7,760	7,771
840	7,782	7,793	7,804	7,815	7,826	7,837	7,848	7,859	7,870	7,881
850	7,892	7,904	7,915	7,926	7,937	7,948	7,959	7,970	7,981	7,992
860	8,003	8,014	8,025	8,036	8,047	8,058	8,069	8,081	8,092	8,103
870	8,114	8,125	8,136	8,147	8,158	8,169	8,180	8,192	8,203	8,214
880	8,225	8,236	8,247	8,258	8,270	8,281	8,292	8,303	8,314	8,325
890	8,336	8,348	8,359	8,370	8,381	8,392	8,404	8,415	8,426	8,437

Температура рабочего конца, °C	Термо-ЭДС, мВ, для температуры, °C									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
900	8,448	8,460	8,471	8,482	8,493	8,504	8,516	8,527	8,538	8,549
910	8,560	8,572	8,583	8,594	8,605	8,617	8,628	8,639	8,650	8,662
920	8,673	8,684	8,695	8,707	8,718	8,729	8,741	8,752	8,763	8,774
930	8,786	8,797	8,808	8,820	8,831	8,842	8,854	8,865	8,876	8,888
940	8,899	8,910	8,922	8,933	8,944	8,956	8,967	8,978	8,990	9,001
950	9,012	9,024	9,035	9,047	9,058	9,069	9,081	9,092	9,103	9,115
960	9,126	9,138	9,149	9,160	9,172	9,182	9,195	9,206	9,217	9,229
970	9,240	9,252	9,263	9,275	9,286	9,298	9,309	9,320	9,332	9,343
980	9,355	9,366	9,378	9,389	9,401	9,412	9,424	9,435	9,447	9,458
990	9,470	9,481	9,493	9,504	9,516	9,527	9,539	9,550	9,562	9,573
1000	9,585	9,596	9,608	9,619	9,631	9,642	9,654	9,665	9,677	9,689
1010	9,700	9,712	9,723	9,735	9,746	9,758	9,770	9,781	9,793	9,804
1020	9,816	9,828	9,839	9,851	9,862	9,874	9,886	9,897	9,909	9,920
1030	9,932	9,944	9,955	9,967	9,979	9,990	10,002	10,013	10,025	10,037
1040	10,048	10,060	10,072	10,083	10,095	10,107	10,118	10,130	10,142	10,154
1050	10,165	10,177	10,188	10,200	10,212	10,224	10,235	10,247	10,259	10,271
1060	10,282	10,294	10,306	10,318	10,329	10,341	10,353	10,364	10,376	10,388
1070	10,400	10,411	10,423	10,435	10,447	10,459	10,470	10,482	10,494	10,506
1080	10,517	10,529	10,541	10,553	10,565	10,576	10,588	10,600	10,612	10,624
1090	10,635	10,647	10,659	10,671	10,683	10,694	10,706	10,718	10,730	10,742
1100	10,754	10,766	10,777	10,789	10,801	10,813	10,825	10,836	10,848	10,860
1110	10,872	10,884	10,896	10,908	10,919	10,931	10,943	10,955	10,967	10,979
1120	10,991	11,003	11,014	11,026	11,038	11,050	11,062	11,074	11,086	11,098
1130	11,110	11,121	11,133	11,145	11,157	11,169	11,181	11,193	11,205	11,217
1140	11,229	11,241	11,252	11,264	11,276	11,288	11,300	11,312	11,324	11,336
1150	11,348	11,360	11,372	11,384	11,396	11,408	11,420	11,432	11,443	11,455

1160	11,467	11,479	11,491	11,503	11,515	11,527	11,539	11,551	11,563	11,575
1170	11,587	11,599	11,611	11,623	11,635	11,647	11,659	11,671	11,683	11,695
1180	11,707	11,719	11,731	11,743	11,755	11,767	11,779	11,791	11,803	11,815
1190	11,827	11,839	11,851	11,863	11,875	11,887	11,899	11,911	11,923	11,935
1200	11,947	11,959	11,971	11,983	11,995	12,007	12,019	12,031	12,043	12,055
1210	12,067	12,079	12,091	12,103	12,116	12,128	12,140	12,152	12,164	12,176
1220	12,188	12,200	12,212	12,224	12,236	12,248	12,260	12,272	12,284	12,296
1230	12,308	12,320	12,332	12,345	12,357	12,369	12,381	12,393	12,405	12,417
1240	12,429	12,441	12,453	12,465	12,477	12,489	12,501	12,514	12,526	12,538
1250	12,550	12,562	12,574	12,586	12,598	12,610	12,622	12,634	12,647	12,659
1260	12,671	12,683	12,695	12,707	12,719	12,731	12,743	12,755	12,767	12,780
1270	12,792	12,804	12,816	12,828	12,840	12,852	12,864	12,876	12,888	12,901
1280	12,913	12,925	12,937	12,949	12,961	12,973	12,985	12,997	13,010	13,022
1290	13,034	13,046	13,058	13,070	13,082	13,094	13,107	13,119	13,131	13,143
1300	13,155	13,167	13,179	13,191	13,203	13,216	13,228	13,240	13,252	13,264
1310	13,276	13,288	13,300	13,313	13,325	13,337	13,349	13,361	13,373	13,385
1320	13,397	13,410	13,422	13,434	13,446	13,458	13,470	13,482	13,495	13,507
1330	13,519	13,531	13,543	13,555	13,567	13,579	13,592	13,604	13,616	13,628
1340	13,640	13,652	13,664	13,677	13,689	13,701	13,713	13,725	13,737	13,749
1350	13,761	13,774	13,786	13,798	13,810	13,822	13,834	13,846	13,859	13,871
1360	13,883	13,895	13,907	13,919	13,931	13,943	13,956	13,968	13,980	13,992
1370	14,004	14,016	14,028	14,040	14,053	14,065	14,077	14,089	14,101	14,113
1380	14,125	14,138	14,150	14,162	14,174	14,186	14,198	14,210	14,222	14,235
1390	14,247	14,259	14,271	14,283	14,295	14,307	14,319	14,332	14,344	14,356
1400	14,368	14,380	14,392	14,404	14,416	14,429	14,441	14,453	14,465	14,477
1410	14,489	14,501	14,513	14,525	14,538	14,550	14,565	14,574	14,586	14,598
1420	14,610	14,622	14,635	14,647	14,659	14,671	14,683	14,695	14,707	14,719
1430	14,731	14,744	14,756	14,768	14,780	14,792	14,804	14,816	14,828	14,840
1440	14,852	14,865	14,877	14,889	14,901	14,913	14,925	14,937	14,949	14,961
1450	14,973	14,985	14,998	15,010	15,022	15,034	15,046	15,058	15,070	15,082

Термо-ЭДС, мВ, для температуры, °С

Температура рабочего конца, °С	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1460	15,094	15,106	15,118	15,130	15,143	15,155	15,167	15,179	15,191	15,203
1470	15,215	15,227	15,239	15,251	15,263	15,275	15,287	15,299	15,311	15,324
1480	15,336	15,348	15,360	15,372	15,384	15,396	15,408	15,420	15,432	15,444
1490	15,456	15,468	15,480	15,492	15,504	15,516	15,528	15,540	15,552	15,564
1500	15,576	15,589	15,601	15,613	15,624	15,637	15,649	15,661	15,673	15,685
1510	15,697	15,709	15,721	15,733	15,745	15,757	15,769	15,781	15,793	15,805
1520	15,817	15,829	15,841	15,853	15,865	15,877	15,889	15,901	15,913	15,925
1530	15,937	15,949	15,961	15,973	15,985	15,997	16,009	16,021	16,033	16,045
1540	16,057	16,069	16,080	16,092	16,104	16,116	16,128	16,140	16,152	16,164
1550	16,176	16,188	16,200	16,212	16,224	16,236	16,248	16,260	16,272	16,284
1560	16,296	16,308	16,319	16,331	16,343	16,355	16,367	16,379	16,391	16,403
1570	16,415	16,427	16,439	16,451	16,462	16,474	16,486	16,508	16,510	16,522
1580	16,534	16,546	16,558	16,569	16,581	16,593	16,605	16,617	16,629	16,641
1590	16,653	16,664	16,676	16,688	16,700	16,712	16,724	16,736	16,747	16,759
1600	16,771									

Таблица 1.15. Номинальная статическая характеристика преобразования ХА (К)

Температура рабо- чего конца, °С	Термо-ЭДС, мВ, температура, °С									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
-200	-5,892	—	—	—	—	—	—	—	—	—
-190	-5,730	-5,747	-5,764	-5,780	-5,796	-5,812	-5,828	-5,844	-5,860	-5,876
-180	-5,550	-5,568	-5,586	-5,604	-5,622	-5,640	-5,658	-5,676	-5,694	-5,712

—170	—5,354	—5,374	—5,394	—5,414	—5,434	—5,454	—5,474	—5,493	—5,512	—5,531
—160	—5,142	—5,164	—5,186	—5,207	—5,228	—5,249	—5,270	—5,291	—5,312	—5,333
—150	—4,914	—4,937	—4,960	—4,983	—5,006	—5,029	—5,052	—5,075	—5,098	—5,120
—140	—4,670	—4,695	—4,720	—4,745	—4,770	—4,794	—4,818	—4,842	—4,866	—4,890
—130	—4,410	—4,436	—4,462	—4,488	—4,514	—4,540	—4,566	—4,592	—4,618	—4,644
—120	—4,138	—4,166	—4,194	—4,221	—4,248	—4,275	—4,302	—4,329	—4,356	—4,383
—110	—3,852	—3,881	—3,910	—3,939	—3,968	—3,997	—4,026	—4,054	—4,082	—4,110
—100	—3,553	—3,583	—3,613	—3,643	—3,673	—3,703	—3,733	—3,763	—3,793	—3,823
—90	—3,242	—3,274	—3,305	—3,336	—3,367	—3,398	—3,429	—3,460	—3,491	—3,522
—80	—2,920	—2,953	—2,986	—3,018	—3,050	—3,082	—3,114	—3,146	—3,178	—3,210
—70	—2,586	—2,620	—2,654	—2,688	—2,722	—2,755	—2,788	—2,821	—2,854	—2,887
—60	—2,243	—2,278	—2,313	—2,348	—2,382	—2,416	—2,450	—2,484	—2,518	—2,552
—50	—1,889	—1,925	—1,961	—1,997	—2,033	—2,068	—2,103	—2,138	—2,173	—2,208
—40	—1,527	—1,564	—1,601	—1,637	—1,673	—1,709	—1,745	—1,781	—1,817	—1,853
—30	—1,157	—1,194	—1,231	—1,268	—1,305	—1,342	—1,379	—1,416	—1,453	—1,490
—20	—0,777	—0,815	—0,853	—0,891	—0,929	—0,967	—1,005	—1,043	—1,081	—1,119
—10	—0,392	—0,431	—0,470	—0,509	—0,548	—0,587	—0,625	—0,663	—0,701	—0,739
0	—0,000	—0,040	—0,080	—0,119	—0,158	—0,197	—0,236	—0,275	—0,314	—0,353
0	0,000	0,039	0,079	0,119	0,158	0,198	0,238	0,277	0,317	0,357
10	0,397	0,437	0,477	0,517	0,557	0,597	0,637	0,677	0,718	0,758
20	0,798	0,838	0,879	0,919	0,960	1,000	1,041	1,081	1,122	1,162
30	1,203	1,244	1,285	1,325	1,366	1,407	1,448	1,489	1,529	1,570
40	1,611	1,652	1,693	1,734	1,776	1,817	1,858	1,899	1,940	1,981
50	2,022	2,064	2,105	2,146	2,188	2,229	2,270	2,312	2,353	2,394
60	2,436	2,477	2,519	2,560	2,601	2,643	2,684	2,726	2,767	2,809
70	2,850	2,892	2,933	2,975	3,016	3,058	3,100	3,141	3,183	3,224
80	3,266	3,307	3,349	3,390	3,432	3,473	3,515	3,556	3,598	3,639
90	3,681	3,722	3,764	3,805	3,847	3,888	3,930	3,971	4,012	4,054
100	4,095	4,137	4,178	4,219	4,261	4,302	4,343	4,384	4,426	4,467
110	4,508	4,549	4,590	4,632	4,673	4,714	4,755	4,796	4,837	4,878
120	4,919	4,960	5,001	5,042	5,083	5,124	5,164	5,205	5,246	5,287

Температура рабочего конца, °C	Термо-ЭДС, мВ, температура, °C									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
130	5,327	5,368	5,409	5,450	5,490	5,531	5,571	5,612	5,652	5,693
140	5,733	5,774	5,814	5,855	5,895	5,936	5,976	6,016	6,057	6,097
150	6,137	6,177	6,218	6,258	6,298	6,338	6,378	6,419	6,459	6,499
160	6,539	6,579	6,619	6,659	6,699	6,739	6,779	6,819	6,859	6,899
170	6,939	6,979	7,019	7,059	7,099	7,139	7,179	7,219	7,259	7,299
180	7,338	7,378	7,418	7,458	7,498	7,538	7,578	7,618	7,658	7,697
190	7,737	7,777	7,817	7,857	7,897	7,937	7,977	8,017	8,057	8,097
200	8,137	8,177	8,217	8,257	8,297	8,337	8,377	8,417	8,457	8,497
210	8,537	8,577	8,617	8,657	8,697	8,737	8,777	8,817	8,857	8,898
220	8,938	8,978	9,018	9,058	9,099	9,139	9,179	9,220	9,260	9,300
230	9,341	9,381	9,421	9,462	9,502	9,543	9,583	9,624	9,664	9,705
240	9,745	9,786	9,826	9,867	9,907	9,948	9,989	10,029	10,070	10,111
250	10,151	10,192	10,233	10,274	10,315	10,355	10,396	10,437	10,478	10,519
260	10,560	10,600	10,641	10,682	10,723	10,764	10,805	10,846	10,887	10,928
270	10,969	11,010	11,051	11,093	11,134	11,175	11,216	11,257	11,298	11,339
280	11,381	11,422	11,463	11,504	11,546	11,587	11,628	11,669	11,711	11,752
290	11,793	11,835	11,876	11,911	11,959	12,000	12,042	12,083	12,125	12,166
300	12,207	12,249	12,290	12,332	12,373	12,415	12,456	12,498	12,539	12,581
310	12,623	12,664	12,706	12,747	12,789	12,831	12,872	12,914	12,955	12,997
320	13,039	13,080	13,122	13,164	13,205	13,247	13,289	13,331	13,372	13,414
330	13,456	13,497	13,539	13,581	13,623	13,665	13,706	13,748	13,790	13,832
340	13,874	13,915	13,957	13,999	14,041	14,083	14,125	14,167	14,208	14,250
350	14,292	14,334	14,376	14,418	14,460	14,502	14,544	14,586	14,628	14,670
360	14,712	14,754	14,796	14,838	14,880	14,922	14,964	15,006	15,048	15,090
370	15,132	15,174	15,216	15,258	15,300	15,342	15,384	15,426	15,468	15,510

380	15,552	15,594	15,636	15,679	15,721	15,763	15,805	15,847	15,889	15,931
390	15,974	16,016	16,058	16,100	16,142	16,184	16,227	16,269	16,311	16,353
400	16,395	16,438	16,480	16,522	16,564	16,607	16,649	16,691	16,733	16,776
410	16,818	16,860	16,902	16,945	16,987	17,029	17,072	17,114	17,156	17,199
420	17,241	17,283	17,326	17,368	17,410	17,453	17,495	17,537	17,580	17,622
430	17,664	17,707	17,749	17,792	17,834	17,876	17,919	17,961	18,004	18,046
440	18,088	18,131	18,173	18,216	18,258	18,301	18,343	18,385	18,428	18,470
450	18,513	18,555	18,598	18,640	18,683	18,725	18,768	18,810	18,853	18,895
460	18,938	18,980	19,023	19,065	19,108	19,150	19,193	19,235	19,278	19,320
470	19,363	19,405	19,448	19,490	19,533	19,576	19,618	19,661	19,703	19,746
480	19,788	19,831	19,873	19,916	19,959	20,001	20,044	20,086	20,129	20,172
490	20,214	20,257	20,299	20,342	20,385	20,427	20,470	20,512	20,555	20,598
500	20,640	20,683	20,725	20,768	20,811	20,853	20,896	20,938	20,981	21,024
510	21,066	21,109	21,152	21,194	21,237	21,280	21,322	21,365	21,407	21,450
520	21,493	21,535	21,578	21,621	21,663	21,706	21,749	21,791	21,834	21,876
530	21,919	21,962	22,004	22,047	22,090	22,132	22,175	22,218	22,260	22,303
540	22,346	22,388	22,431	22,473	22,516	22,559	22,601	22,644	22,687	22,729
550	22,772	22,815	22,857	22,900	22,942	22,985	23,028	23,070	23,113	23,156
560	23,198	23,241	23,284	23,326	23,369	23,411	23,454	23,497	23,539	23,582
570	23,624	23,667	23,710	23,752	23,795	23,837	23,880	23,923	23,965	24,008
580	24,050	24,093	24,136	24,178	24,221	24,263	24,306	24,348	24,391	24,434
590	24,476	24,519	24,561	24,604	24,646	24,689	24,731	24,774	24,817	24,859
600	24,902	24,944	24,987	25,029	25,072	25,114	25,157	25,199	25,242	25,284
610	25,327	25,369	25,412	25,454	25,497	25,539	25,582	25,624	25,666	25,709
620	25,751	25,794	25,836	25,879	25,921	25,964	26,006	26,048	26,091	26,133
630	26,176	26,218	26,260	26,303	26,345	26,387	26,430	26,472	26,515	26,557
640	26,599	26,642	26,684	26,726	26,769	26,811	26,853	26,896	26,938	26,980
650	27,022	27,065	27,107	27,149	27,192	27,234	27,276	27,318	27,361	27,403
660	27,445	27,487	27,529	27,572	27,614	27,656	27,698	27,740	27,783	27,825
670	27,867	27,909	27,951	27,993	28,035	28,078	28,120	28,162	28,204	28,246

Температура рабочего конца, °C	Термо-ЭДС, мВ, температура, °C									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
680	28,288	28,330	28,372	28,414	28,456	28,498	28,540	28,583	28,625	28,637
690	28,709	28,751	28,793	28,835	28,877	28,919	28,961	29,002	29,044	29,086
700	29,128	29,170	29,212	29,254	29,296	29,338	29,380	29,422	29,464	29,505
710	29,547	29,589	29,631	29,673	29,715	29,756	29,798	29,840	29,882	29,924
720	29,965	30,007	30,049	30,091	30,132	30,174	30,216	30,257	30,299	30,341
730	30,383	30,424	30,466	30,508	30,549	30,591	30,632	30,674	30,716	30,757
740	30,799	30,840	30,882	30,924	30,965	31,007	31,048	31,090	31,131	31,173
750	31,214	31,256	31,297	31,339	31,380	31,422	31,463	31,504	31,546	31,587
760	31,629	31,670	31,712	31,753	31,794	31,836	31,877	31,918	31,960	32,001
770	32,042	32,084	32,125	32,166	32,207	32,249	32,290	32,331	32,372	32,414
780	32,455	32,496	32,537	32,578	32,619	32,661	32,702	32,743	32,784	32,825
790	32,866	32,907	32,948	32,990	33,031	33,072	33,113	33,154	33,195	33,236
800	33,277	33,318	33,359	33,400	33,441	33,482	33,523	33,564	34,604	33,645
810	33,686	33,727	33,768	33,809	33,850	33,891	33,931	33,972	34,013	34,054
820	34,095	34,136	34,176	34,217	34,258	34,299	34,339	34,380	34,421	34,461
830	34,502	34,543	34,583	34,624	34,665	34,705	34,746	34,787	34,827	34,868
840	34,909	34,949	34,990	35,030	35,071	35,111	35,152	35,192	35,233	35,273
850	35,314	35,354	35,395	35,435	35,476	35,516	35,557	35,597	35,637	35,678
860	35,718	35,758	35,799	35,839	35,880	35,920	35,960	36,000	36,041	36,081
870	36,121	36,162	36,202	36,242	36,282	36,323	36,363	36,403	36,443	36,483
880	36,524	36,564	36,604	36,644	36,684	36,724	36,764	36,804	36,844	36,885
890	36,925	36,965	37,005	37,045	37,085	37,125	37,165	37,205	37,245	37,285
900	37,325	37,365	37,405	37,445	37,484	37,524	37,564	37,604	37,644	37,684
910	37,724	37,764	37,803	37,843	37,883	37,923	37,963	38,002	38,042	38,082
920	38,122	38,162	38,201	38,241	38,281	38,320	38,360	38,400	38,439	38,479

930	38,519	38,558	38,598	38,638	38,677	38,717	38,756	38,796	38,836	38,875
940	38,915	38,954	38,994	39,033	39,073	39,112	39,152	39,191	39,231	39,270
950	39,310	39,349	39,388	39,428	39,467	39,507	39,546	39,585	39,625	39,664
960	39,703	39,743	39,782	39,821	39,861	39,900	39,939	39,979	40,018	40,057
970	40,096	40,136	40,175	40,214	40,253	40,292	40,332	40,371	40,410	40,449
980	40,488	40,527	40,566	40,605	40,645	40,684	40,723	40,762	40,801	40,840
990	40,879	40,918	40,957	40,996	41,035	41,074	41,113	41,152	41,191	41,230
1000	41,269	41,308	41,347	41,385	41,424	41,463	41,502	41,541	41,580	41,619
1010	41,657	41,696	41,735	41,774	41,813	41,851	41,890	41,929	41,968	42,006
1020	42,045	42,084	42,123	42,161	42,200	42,239	42,277	42,316	42,355	42,393
1030	42,432	42,470	42,509	42,548	42,586	42,625	42,663	42,702	42,740	42,779
1040	42,817	41,856	42,894	42,933	42,971	43,010	43,048	43,087	43,125	43,164
1050	43,202	43,240	43,279	43,317	43,356	43,394	43,432	43,471	43,509	43,547
1060	43,585	43,624	43,662	43,700	43,739	43,777	43,815	43,853	43,891	43,930
1070	43,968	44,006	44,044	44,082	44,121	44,159	44,197	44,235	44,273	44,311
1080	44,349	44,387	44,425	44,463	44,501	44,539	44,577	44,615	44,653	44,691
1090	44,729	44,767	44,805	44,843	44,881	44,919	44,957	44,995	45,033	45,070
1100	45,108	45,146	45,184	45,222	45,260	45,297	45,335	45,373	45,411	45,448
1110	45,486	45,524	45,561	45,599	45,637	45,675	45,712	45,750	45,787	45,825
1120	45,863	45,900	45,938	45,975	46,013	46,051	46,088	46,126	46,163	46,201
1130	46,238	46,275	46,313	46,350	46,388	46,425	46,463	46,500	46,537	46,575
1140	46,612	46,649	46,687	46,724	46,761	46,799	46,836	46,873	46,910	46,948
1150	46,985	47,022	47,059	47,096	47,134	47,171	47,208	47,245	47,282	47,319
1160	47,356	47,393	47,430	47,467	47,504	47,541	47,578	47,615	47,652	47,689
1170	47,726	47,763	47,800	47,837	47,874	47,911	47,948	47,985	48,021	48,058
1180	48,095	48,132	48,169	48,205	48,242	48,279	48,316	48,352	48,389	48,426
1190	48,462	48,499	48,536	48,572	48,609	48,645	48,682	48,718	48,755	48,792
1200	48,828	48,865	48,901	48,937	48,974	49,010	49,047	49,083	49,120	49,156
1210	49,192	49,229	49,265	49,301	49,338	49,374	49,410	49,446	49,483	49,519

Температура рабочего конца, °С	Термо-ЭДС, мВ, температура, °С									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1220	49,555	49,591	49,627	49,663	49,700	49,736	49,772	49,808	49,844	49,880
1230	49,916	49,952	49,988	50,024	50,060	50,096	50,132	50,168	50,204	50,240
1240	50,276	50,311	50,347	50,383	50,419	50,455	50,491	50,526	50,562	50,598
1250	50,633	50,669	50,705	50,741	50,776	50,812	50,847	50,883	50,919	50,954
1260	50,990	51,025	51,061	51,096	51,132	51,167	51,203	51,238	51,274	51,309
1270	51,344	51,380	51,415	51,450	51,486	51,521	51,556	51,592	51,627	51,662
1280	51,697	51,733	51,768	51,803	51,838	51,873	51,908	51,943	51,979	52,014
1290	52,049	52,084	52,119	52,154	52,189	52,224	52,259	52,294	52,329	52,364
1300	52,398	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Таблица 1.16. Номинальная статическая характеристика преобразования ХК (L)

Температура рабочего конца, °С	Термо-ЭДС, мВ, для температуры, °С									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
-200	-9,488	—	—	—	—	—	—	—	—	—
-190	-9,202	-9,232	-9,261	-9,290	-9,319	-9,348	-9,376	-9,405	-9,432	-9,460
-180	-8,894	-8,926	-8,957	-8,989	-9,020	-9,051	-9,082	-9,112	-9,143	-9,173
-170	-8,562	-8,596	-8,630	-8,664	-8,697	-8,731	-8,764	-8,796	-8,829	-8,861
-160	-8,207	-8,244	-8,280	-8,316	-8,352	-8,387	-8,423	-8,458	-8,493	-8,527
-150	-7,831	-7,869	-7,908	-7,946	-7,984	-8,022	-8,059	-8,096	-8,134	-8,170
-140	-7,433	-7,473	-7,514	-7,554	-7,594	-7,634	-7,674	-7,713	-7,753	-7,792
-130	-7,014	-7,057	-7,099	-7,142	-7,184	-7,226	-7,268	-7,309	-7,351	-7,392
-120	-6,575	-6,620	-6,665	-6,709	-6,753	-6,797	-6,841	-6,884	-6,928	-6,971
-110	-6,117	-6,164	-6,210	-6,257	-6,303	-6,349	-6,394	-6,440	-6,485	-6,530
-100	-5,641	-5,689	-5,737	-5,786	-5,834	-5,881	-5,929	-5,976	-6,023	-6,070

-90	-5,146	-5,196	-5,246	-5,296	-5,346	-5,396	-5,445	-5,494	-5,543	-5,592
-80	-4,634	-4,686	-4,738	-4,790	-4,841	-4,892	-4,943	-4,994	-5,045	-5,096
-70	-4,106	-4,160	-4,213	-4,266	-4,319	-4,372	-4,425	-4,478	-4,530	-4,582
-60	-3,562	-3,617	-3,672	-3,727	-3,782	-3,836	-3,890	-3,945	-3,999	-4,052
-50	-3,003	-3,059	-3,116	-3,172	-3,228	-3,284	-3,340	-3,396	-3,451	-3,507
-40	-2,429	-2,487	-2,545	-2,603	-2,660	-2,718	-2,775	-2,832	-2,889	-2,946
-30	-1,841	-1,901	-1,960	-2,019	-2,078	-2,137	-2,196	-2,254	-2,313	-2,371
-20	-1,240	-1,301	-1,361	-1,422	-1,482	-1,542	-1,602	-1,662	-1,722	-1,782
-10	-0,626	-0,688	-0,750	-0,812	-0,873	-0,935	-0,996	-1,057	-1,118	-1,179
0	0	-0,063	-0,126	-0,189	-0,252	-0,315	-0,377	-0,440	-0,502	-0,564
0	0	0,063	0,127	0,190	0,254	0,318	0,381	0,445	0,509	0,574
10	0,638	0,702	0,767	0,832	0,896	0,961	1,026	1,091	1,157	1,222
20	1,287	1,353	1,418	1,484	1,550	1,616	1,682	1,748	1,815	1,881
30	1,947	2,014	2,081	2,148	2,214	2,282	2,349	2,416	2,483	2,551
40	2,618	2,686	2,753	2,821	2,889	2,957	3,025	3,094	3,162	3,230
50	3,299	3,367	3,436	3,505	3,574	3,643	3,712	3,781	3,850	3,920
60	3,989	4,059	4,128	4,198	4,268	4,338	4,408	4,478	4,548	4,619
70	4,689	4,760	4,830	4,901	4,972	5,042	5,113	5,184	5,255	5,327
80	5,398	5,469	5,541	5,612	5,684	5,756	5,828	5,899	5,971	6,043
90	6,116	6,188	6,260	6,333	6,405	6,478	6,550	6,623	6,696	6,769
100	6,842	6,915	6,988	7,061	7,135	7,208	7,281	7,355	7,429	7,502
110	7,576	7,650	7,724	7,798	7,872	7,946	8,021	8,095	8,169	8,244
120	8,318	8,393	8,468	8,543	8,618	8,693	8,768	8,843	8,918	8,993
130	9,069	9,144	9,220	9,295	9,371	9,446	9,522	9,598	9,674	9,750
140	9,826	9,902	9,979	10,055	10,131	10,208	10,284	10,361	10,438	10,514
150	10,591	10,668	10,745	10,822	10,899	10,976	11,054	11,131	11,208	11,286
160	11,363	11,441	11,519	11,596	11,674	11,752	11,830	11,908	11,986	12,064
170	12,142	12,221	12,299	12,377	12,456	12,534	12,613	12,692	12,770	12,849
180	12,928	13,007	13,086	13,165	13,244	13,323	13,403	13,482	13,561	13,641
190	13,720	13,800	13,879	13,959	14,039	14,119	14,199	14,278	14,359	14,439

Температура рабочего конца, °С	Термо-ЭДС, мВ, для температуры, °С									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
200	14,519	14,599	14,679	14,759	14,840	14,920	15,001	15,081	15,162	15,243
210	15,323	15,404	17,485	15,566	15,647	15,728	15,809	15,890	15,971	16,053
220	16,134	16,215	16,297	16,378	16,460	16,541	16,623	16,705	16,787	16,868
230	16,950	17,032	17,114	17,196	17,278	17,360	17,443	17,525	17,607	17,690
240	17,772	17,855	17,937	18,020	18,102	18,185	18,268	18,350	18,433	18,516
250	18,599	18,682	18,765	18,848	18,931	19,015	19,098	19,181	19,265	19,348
260	19,431	19,515	19,598	19,682	19,766	19,849	19,933	20,017	20,101	20,184
270	20,268	20,352	20,436	20,520	20,605	20,689	20,773	20,857	20,941	21,026
280	21,110	21,194	21,279	21,363	21,448	21,533	21,617	21,702	21,787	21,871
290	21,956	22,041	22,126	22,211	22,296	22,381	22,466	22,551	22,636	22,721
300	22,806	22,892	22,977	23,062	23,148	23,233	23,318	23,404	23,489	23,575
310	23,661	23,746	23,832	23,918	24,003	24,089	24,175	24,261	24,346	24,432
320	24,518	24,604	24,690	24,776	24,862	24,949	25,035	25,121	25,207	25,293
330	25,380	25,466	25,552	25,639	25,725	25,811	25,898	25,984	26,071	26,157
340	26,244	26,330	26,417	26,504	26,590	26,677	26,764	26,851	26,937	27,024
350	27,111	27,198	27,285	27,372	27,459	27,546	27,633	27,720	27,807	27,894
360	27,981	28,068	28,155	28,242	28,330	28,417	28,504	28,591	28,679	28,766
370	28,853	28,941	29,028	29,115	29,203	29,290	29,378	29,465	29,553	29,640
380	29,728	29,815	29,903	29,990	30,078	30,165	30,253	30,341	30,428	30,516
390	30,604	30,691	30,779	30,867	30,955	31,042	31,130	31,218	31,306	31,394
400	31,482	31,569	31,657	31,745	31,833	31,921	32,009	32,097	32,185	32,273
410	32,361	32,449	32,537	32,625	32,713	32,801	32,889	32,977	33,065	33,153
420	33,241	33,329	33,417	33,505	33,593	33,681	33,770	33,858	33,946	34,034
430	34,122	34,210	34,298	34,387	34,475	34,563	34,651	34,739	34,828	34,916
440	35,004	35,092	35,180	35,269	35,357	35,445	35,533	35,621	35,710	35,798
450	35,886	35,974	36,063	36,151	36,239	36,327	36,416	36,504	36,592	36,681

460	36,769	36,857	36,945	37,034	37,122	37,210	37,298	37,387	37,475	37,563
470	37,652	37,740	37,828	37,916	38,005	38,093	38,181	38,269	38,358	38,446
480	38,534	38,622	38,711	38,799	38,887	38,975	39,064	39,152	39,240	39,328
490	39,417	39,505	39,593	39,681	39,770	39,858	39,946	40,034	40,122	40,211
500	40,299	40,387	40,475	40,563	40,652	40,740	40,828	40,916	41,004	41,092
510	41,181	41,269	41,357	41,445	41,533	41,621	41,709	41,798	41,886	41,974
520	42,062	42,150	42,238	42,326	42,414	42,502	42,591	42,679	42,767	42,855
530	42,943	43,031	43,119	43,207	43,295	43,383	43,471	43,559	43,647	43,735
540	43,823	43,911	43,999	44,087	44,175	44,263	44,351	44,439	44,527	44,615
550	44,703	44,791	44,879	44,967	45,054	45,142	45,230	45,318	45,406	45,494
560	45,582	45,670	45,758	45,846	45,933	46,021	46,109	46,197	46,285	46,373
570	46,461	46,548	46,636	46,724	46,812	46,900	46,987	47,075	47,163	47,251
580	47,339	47,426	47,514	47,602	46,690	47,777	47,865	47,953	48,041	48,129
590	48,216	48,304	48,392	48,479	48,567	48,655	48,743	48,830	48,918	49,006
600	49,094	49,181	49,269	49,357	49,444	49,532	49,620	49,707	49,795	49,883
610	49,971	50,058	50,146	50,234	50,321	50,409	50,497	50,584	50,672	50,760
620	50,847	50,935	51,023	51,110	51,198	51,286	51,373	51,461	51,549	51,636
630	51,724	51,812	51,899	51,987	52,074	52,162	52,250	52,337	52,425	52,513
640	52,600	52,688	52,776	52,863	52,951	53,039	53,126	53,214	53,301	53,389
650	53,477	53,564	53,652	53,740	53,827	53,915	54,003	54,090	54,178	54,265
660	54,353	54,441	54,528	54,616	54,704	54,791	54,879	54,966	55,054	55,142
670	55,229	55,317	55,405	55,492	55,580	55,667	55,755	55,843	55,930	56,018
680	56,106	56,193	56,281	56,368	56,456	56,544	56,631	56,719	56,806	56,894
690	56,981	57,069	57,157	57,244	57,332	57,419	57,507	57,594	57,682	57,769
700	57,857	57,944	58,032	58,119	58,207	58,294	58,382	58,469	58,557	58,644
710	58,732	58,819	58,907	58,994	59,081	59,169	59,256	59,344	59,431	59,518
720	59,606	59,693	59,780	59,867	59,955	60,042	60,129	60,216	60,303	60,391
730	60,478	60,565	60,652	60,739	60,826	60,913	61,000	61,087	61,174	61,261
740	61,348	61,435	61,522	61,608	61,695	61,782	61,869	61,955	62,042	62,129
750	62,215	62,302	62,388	62,475	62,561	62,647	62,734	62,820	62,906	62,992

Температура рабочего конца, °С	Термо-ЭДС, мВ, для температуры, °С									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
760	63,079	63,165	63,251	63,337	63,423	63,509	63,594	63,680	63,766	63,852
770	63,937	64,023	64,108	64,194	64,279	64,364	64,449	64,535	64,620	64,705
780	64,789	64,874	64,959	65,044	65,128	65,213	65,297	65,381	65,466	65,550
790	65,634	65,718	65,802	65,885	65,969	66,053	66,136	66,219	66,303	66,386
800	66,469	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Таблица 1.17. Номинальная статистическая характеристика преобразования МК (М)

Температура рабочего конца, °С	Термо-ЭДС, мВ, для температуры, °С									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
—200	—6,153	—5,993	—6,011	—6,029	—6,047	—6,065	—6,083	—6,101	—6,119	—6,136
—190	—5,975	—5,801	—5,821	—5,841	—5,861	—5,880	—5,899	—5,918	—5,937	—5,956
—180	—5,781	—5,593	—5,614	—5,635	—5,656	—5,677	—5,698	—5,719	—5,740	—5,761
—170	—5,572	—5,372	—5,395	—5,418	—5,440	—5,462	—5,484	—5,506	—5,528	—5,550
—160	—5,349	—5,135	—5,159	—5,183	—5,207	—5,231	—5,255	—5,279	—5,303	—5,326
—150	—5,111	—4,885	—4,911	—4,936	—4,961	—4,986	—5,011	—5,036	—5,061	—5,085
—140	—4,859	—4,620	—4,647	—4,674	—4,701	—4,728	—4,755	—4,781	—4,807	—4,833
—130	—4,593	—4,341	—4,369	—4,397	—4,425	—4,453	—4,481	—4,509	—4,537	—4,565
—120	—4,313	—4,050	—4,080	—4,110	—4,139	—4,168	—4,197	—4,225	—4,253	—4,284
—110	—4,020	—3,746	—3,777	—3,808	—3,839	—3,870	—3,900	—3,930	—3,960	—3,990
—100	—3,715	—3,428	—3,460	—3,492	—3,524	—3,556	—3,588	—3,620	—3,652	—3,684
—90	—3,396	—3,099	—3,132	—3,165	—3,198	—3,231	—3,264	—3,297	—3,330	—3,363
—80	—3,065	—	—	—	—	—	—	—	—	—

70	-2,722	-2,757	-2,792	-2,827	-2,861	-2,895	-2,929	-2,963	-2,997	-3,031
60	-2,367	-2,403	-2,439	-2,475	-2,511	-2,547	-2,582	-2,617	-2,652	-2,687
50	-2,000	-2,037	-2,074	-2,111	-2,148	-2,185	-2,222	-2,259	-2,295	-2,331
40	-1,622	-1,660	-1,698	-1,736	-1,774	-1,812	-1,850	-1,888	-1,926	-1,963
30	-1,232	-1,271	-1,310	-1,349	-1,388	-1,427	-1,466	-1,505	-1,544	-1,583
20	-0,832	-0,872	-0,912	-0,952	-0,992	-1,032	-1,072	-1,112	-1,152	-1,192
10	-0,421	-0,463	-0,504	-0,545	-0,586	-0,627	-0,668	-0,709	-0,750	-0,791
0	0,000	-0,043	0,085	0,127	0,169	0,211	-0,253	-0,295	-0,337	-0,379
0	0,000	0,043	0,086	0,129	0,172	0,215	0,258	0,301	0,344	0,387
10	0,431	0,475	0,519	0,563	0,607	0,651	0,695	0,739	0,783	0,827
20	0,872	0,917	0,962	1,007	1,052	1,097	1,142	1,187	1,232	1,277
30	1,323	1,369	1,415	1,461	1,507	1,553	1,599	1,645	1,691	1,737
40	1,783	1,830	1,877	1,924	1,971	2,018	2,065	2,112	2,159	2,206
50	2,253	2,300	2,347	2,395	2,443	2,491	2,539	2,587	2,635	2,683
60	2,731	2,779	2,827	2,875	2,923	2,971	3,019	3,068	3,117	3,166
70	3,215	3,264	3,313	3,362	3,411	3,460	3,509	3,559	3,609	3,659
80	3,709	3,759	3,809	3,859	3,909	3,959	4,009	4,059	4,109	4,160
90	4,211	4,262	4,313	4,364	4,415	4,466	4,517	4,568	4,619	4,670
100	4,721	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Т а б л и ц а 1.18. Формулы для вычисления пределов допускаемых отклонений термо-ЭДС термоэлектрических преобразователей от номинального значения

Условное обозначение номинальной статической характеристики преобразования	Диапазон измеряемых температур, °С	Предел допускаемого отклонения термо-ЭДС от номинального значения $\pm \Delta E$, мВ
ВР (А)-1	0—1000 1000—1800 1800—2500	0,080 0,080+3,80·10 ⁻⁵ (t—1000) 0,110+11,0·10 ⁻⁵ (t—1800)

Условное обозначение номинальной статической характеристики преобразования	Диапазон измеряемых температур, °C	Предел допускаемого отклонения термо-ЭДС от номинального значения $\pm \Delta E$, мВ
ПР (В)	300—1800	$0,009 \pm 3,4 \cdot 10^{-5} (t-300)$
ПП (S)	0—300 300—1600	$0,008 \pm 2,69 \cdot 10^{-5} (t-300)$ 0,008
ХА (K)	-200 ÷ 0 0—300 300—1300	$0,080 \pm 0,30 \cdot 10^{-3} (t+200)$ 0,140 $0,140 \pm 0,22 \cdot 10^{-3} (t-300)$
ХК (L)	-200 ÷ 0 0—300 300—800	$0,100 \pm 0,2 \cdot 10^{-3} (t+200)$ 0,140 $0,140 \pm 0,2 \cdot 10^{-3} t$ $0,200 \pm 0,52 \cdot 10^{-3} (t-300)$
МК (M)	-200 ÷ 0 0—100	$0,026 \pm 1,45 \cdot 10^{-4} (t+200)$ 0,055

Примечание. t — температура рабочего конца термопреобразователя.

Таблица 1.19. Аппроксимирующие полиномы номинальных статических характеристик преобразования

Условное обозначение номинальной статической характеристики преобразования	Диапазон измеряемых температур, °C	Аппроксимирующие полиномы и их коэффициенты
ВР (A)-1	0—2500	$E = \sum_{i=0}^8 A_i t^i, \text{ где } A_0 = 0; A_1 = 1,19737 \cdot 10^{-2}; A_2 = 1,64673 \cdot 10^{-5};$ $A_3 = -2,76110 \cdot 10^{-8}; A_4 = 2,73301 \cdot 10^{-11}; A_5 = -1,76069 \cdot 10^{-14};$

ПР (В)	300—1800	$A_6=6,94799 \cdot 10^{-18}; A_7=-1,51512 \cdot 10^{-21}; A_8=1,39270 \cdot 10^{-25}$ $E = \sum_{i=0}^8 A_i t^i$, где $A_0=0; A_1=-2,46746016 \cdot 10^{-4};$ $A_2=5,91021112 \cdot 10^{-5}; A_3=-1,43071234 \cdot 10^{-9}; A_4=2,15091497 \cdot 10^{-12};$ $A_5=-3,17578007 \cdot 10^{-15}; A_6=2,40103674 \cdot 10^{-18}; A_7=-9,99281481 \times$ $\times 10^{-22}; A_8=1,32995051 \cdot 10^{-25}$
ПП (S)	0—530,755	$E = \sum_{i=0}^6 A_i t^i$, где $A_0=0; A_1=5,39957823 \cdot 10^{-3}; A_2=1,25197700 \cdot 10^{-5};$ $A_3=-2,24482180 \cdot 10^{-8}; A_4=2,84521649 \cdot 10^{-11}; A_5=-2,24405845 \times$ $\times 10^{-14}; A_6=8,50541669 \cdot 10^{-15}$
	630,775—1064,43	$E = \sum_{i=0}^2 A_i t^i$, где $A_0=-2,98244816 \cdot 10^{-1}; A_1=8,23755282 \cdot 10^{-3};$ $A_2=1,64539099 \cdot 10^{-6}$
	1064,43—1600	$E = \sum_{i=0}^3 A_i \left(\frac{t-1365}{300} \right)^i$, где $A_0=1,39434387 \cdot 10^4; A_1=3,63986866;$ $A_2=-5,02812061 \cdot 10^{-3}; A_3=-4,24505464 \cdot 10^{-2}$
ХА (K)	-200÷0	$E = \sum_{i=0}^{10} A_i t^i$, где $A_0=0; A_1=3,9475433 \cdot 10^{-2}; A_2=2,7465251 \cdot 10^{-5};$ $A_3=-1,6565407 \cdot 10^{-7}; A_4=-1,5190912 \cdot 10^{-9}; A_5=-2,4881671 \cdot 10^{-12};$ $A_6=-2,4757918 \cdot 10^{-13}; A_7=-1,5585276 \cdot 10^{-15}; A_8=-5,9729921 \times$ $\times 10^{-13}; A_9=-1,2688801 \cdot 10^{-20}; A_{10}=-1,1382797 \cdot 10^{-23}$

Условное обозначение номинальной статической характеристики преобразования	Диапазон измерения температур, °С	Аппроксимирующие полиномы и их коэффициенты
ХА (K)	0—1300	$E = \sum_{i=0}^8 A_i t^i + 0,125 \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{t-127}{65} \right)^2 \right], \text{ где } A_0 = 1,8533063 \times 10^{-2}; A_1 = 3,8918345 \cdot 10^{-2}; A_2 = 1,6645154 \cdot 10^{-2}; A_3 = -7,8702374 \times 10^{-8}; A_4 = 2,2835786 \cdot 10^{-10}; A_5 = -3,5700231 \cdot 10^{-13}; A_6 = 2,9932909 \times 10^{-16}; A_7 = -1,2849849 \cdot 10^{-19}; A_8 = 2,2239974 \cdot 10^{-23}$
ХК (L)	—200 ÷ 800	$E = \sum_{i=0}^8 A_i t^i, \text{ где } A_0 = 0; A_1 = 6,32175 \cdot 10^{-2}; A_2 = 5,89073 \cdot 10^{-5}; A_3 = -8,03773 \cdot 10^{-7}; A_4 = 1,19515 \cdot 10^{-10}; A_5 = -2,46058 \cdot 10^{-14}; A_6 = -4,83261 \cdot 10^{-16}; A_7 = 2,23504 \cdot 10^{-19}; A_8 = -4,02693 \cdot 10^{-22}$
МК (M)	—200 ÷ 100	$E = \sum_{i=0}^3 A_i t^i, \text{ где } A_0 = 0; A_1 = 42,63 \cdot 10^{-2}; A_2 = 5,03 \cdot 10^{-2}; A_3 = -4,5 \cdot 10^{-3}$

Т а б л и ц а 1 20. Технические характеристики термоэлектрических преобразователей

Тип термо-преобразователя	Номинальная статическая характеристика преобразования	Диапазон измеряемых температур, °С	Основное давление среды, МПа	Показатель тепловой инерции, °С, не более	Длина погружаемой части, м	Материал защитной арматуры	Крепление	Примечание
ТВР-0687	ВР(А)—1	0—2250 0—1800	0,4 кПа	8; 30; 50	0,4; 0,5; 0,65; 0,72; 0,8; 0,9	Молибден	Спецкрепление	Для измерения температуры в водородных электропечах. Вероятность безотказной работы 0,99 в течение 100 ч. Виброустойчивый
ТВР-299*	ВР(А)—1	800—1950	—	Более 300	0,1; 0,12; 0,16	Корунд высколотный КВПТ	Спецкрепление	Для кратковременного измерения в печах с вольфрамовыми или молибденовыми нагревателями в аргоне при давлении 0,02—0,03 МПа или вакууме до 10 ⁻⁴ мм рт. ст. Виброустойчивый
ТВР-301-01 ПТВР-2	ВР(А)—1	1200—1550	—	2	1,150; 0,065	Трубка ТКЗ 138	Спецкрепление	Для измерения температуры чугуна сменным пакетом термопреобразователя. Виброустойчивый. Время измерения — не более 5 с, число измерений при смене пакетов — до 1500

Продолжение табл. 1.20

Тип термо-преобразователя	Номинальная статическая характеристика преобразования	Диапазон измеряемых температур, °С	Условное давление среды, МПа	Показатель тепловой инерции, °С, не более	Длина погружаемой части, м	Материал защитной арматуры	Крепление	Примечание
ТВР-0877*	ВР(А)—I	300—1800	0,4 кПа	10	0,16; 0,2; 0,25; 0,32; 0,4; 0,5	Молибден	Сальник уплотнение	Для измерения температуры в водородных электропечах. Виброустойчивый
ТВР-1338*	ВР(А)—I	300—1800	0,4 кПа	180	0,16; 0,2; 0,25; 0,32; 0,4; 0,5	То же	То же	Для измерения температуры в водородных печах в условиях увлажненного водорода. Виброустойчивый, влагозащищенный, водоохлаждаемый
ТВР-2085	ВР(А)—I	1300—2000	—	2	Длина в сборе 4; 4,5; 6	Кварцевое стекло и бумажная гильза	Спецкрепление	Для кратковременного измерения температуры расплавленной стали. Время измерения — не более 5 с. Вероятность безотказной работы за время измерения 0,92
ТПР-2085	ПР(В)	1300—1800						

ТПР-0483	ПР(В)	300—1600	—	180	1,58	Самосвязанный карбид кремния (СКК)	Спецкрепление	Для измерения температуры в аппаратах сжигания сероводорода. Виброустойчивый, водозащищенный
ТПР-0573	ПР(В)	300—1500	—	60	1,25; 1,6 2; 2,5	То же	То же	Для измерения температуры горячего дутья доменных печей и температуры купола воздухонагревателя. Вибропрочный, виброустойчивый, герметичный
ТПР-0679*	ПР(В)	300—1600	—	90	0,32; 0,5; 0,8 1; 1,25; 1,6; 2	Корунд или $Al_2O_3 + 1\% TiO_2$	Посадка в гнезда	Для измерения температуры в окислительных и нейтральных средах. Виброустойчивый, водозащищенный
ТПП-0679*	ПП(С)	0—1300						
ТПР-0679-01	ПР(В)	300—1600	—	5	0,04; 0,05; 0,06; 0,08; 0,1; 0,12; 0,16; 0,2; 0,25; 0,32; 0,4; 0,5; 0,63; 0,8; 1,0; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3, 15	Без арматуры	Без крепления	Для измерения температуры воздуха, инертных газов, не содержащих веществ, вступающих во взаимодействие с материалом термоэлектродов
ТПП-0679-01	ПП(С)	300—1300						

Продолжение табл. 1.20

Тип термостатического элемента	Номинальная статическая характеристика преобразования	Диапазон измеряемых температур, °С	Условное давление среды, МПа	Показатель тепловой инерции, °С, не более	Длина погружаемой части, м	Материал защитной арматуры	Крепление	Примечание
ТПР-0779*	ПР(В)	300—1600	—	60	0,4; 0,5; 0,63; 0,8; 1; 1,25; 1,6	Корунд высокоплотный КВП-4	Передвижной штуцер М39×2	Для измерения температуры водорода, оксида углерода, паров воды, выходящих углеводородов
ТПР-1273	ПР(В)	300—1300	—	60	0,8; 1; 1,25; 2; 2,5; 3,15; 4	ХН45Ю	Без штуцера или штуцер М33×2	Для измерения температуры насадки воздушного нагревателя на границе раздела диноса — каолина. Волокнистый
ТПР-1408М*	ПР(В)	1300—1800	—	5	60—160 мм	—	—	Для измерения температуры расплавленного металла контактным методом. ТПР-1408М — для электродуговых печей
ТПР-1418М*	ПР(В)		—	—	—	—	—	ТПР-1418М — для мартеновских печей. Для тельности погружения — до 20 с, число погружений 1500

ТХА-0179 одинарный и двойной	ХА(К)	-50 ÷ 600 -50 ÷ 900	0,4; 6,4	8; 20; 40; 60	0,01; 0,02; 0,04; 0,08; 0,1; 0,12; 0,16; 0,2; 0,25; 0,32; 0,4; 0,5; 0,63; 0,8; 1; 1,25; 1,6; 2	08X13 12X18H10T 08X20H14C2	Без штуце- ра и со штуцером M20×1,5	Для измерения темпера- туры газообразных и жидких сред, не разру- шающих защитную ар- матуру. Виброустойчи- вый. Четыре варианта исполнений
ТХК-0179 одинарный и двойной	ХК(Л)	-50 ÷ 600						
ТХА-0279*	ХА(К)	-50 ÷ 1000 -50 ÷ 800	0,25 4	180	0,16; 0,2; 0,32; 0,4; 0,8; 1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,15	X23H05 12X18H10T 08X13 12X18H10T	Штуцер M27×2	Для измерения темпера- туры газообразных и жидких сред, не разру- шающих защитную арма- туру. Виброустойчивый. Три варианта исполнения
ТХА-0279— —01*	ХА(К)	-50 ÷ 1000	—	Не норми- рован- ная	0,32; 0,4; 0,5; 0,63; 0,8; 1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,15	—	Без крепле- ния	Для измерения темпера- туры неагрессивных и аг- рессивных газообразных и жидких сред
ТХК-0279— —01*	ХК(Л)	-50 ÷ 600						
ТХК-0379— —01	ХК(Л)	-50 ÷ 400	—	5	0,01; 0,032; 0,06; 0,1; 0,12; 0,16; 0,2; 0,25; 0,32	12X18H10T	Штуцер M16×1,5	Для измерения темпера- тур корпусов и головок прессов для переработки пластмасс и резиновых смесей. Часть вариан- тов — коленчатые

Тип термо-преобразователя	Номинальная статическая характеристика преобразования	Диапазон измеряемых температур, °С	Условное давление среды, МПа	Показатель тепловой инерции, с, не более	Длина погружаемой части, м	Материал защитной арматуры	Крепление	Примечание
ТХА-0379-02 двойной и одинарный	ХА(К)	-50 ÷ 800	0,1	40	0,12; 0,16; 0,2; 0,25; 0,32; 0,4; 0,5; 0,63; 0,8	12Х18Н10Т	Цанговое крепление с помощью шулера М20×1,5	Для измерения температуры в системе электрообогрева. Виброустойчивый, водозащищенный
	ХК(Л)	-50 ÷ 600						
ТХК-379-03	ХК(Л)	-50 ÷ 200	4	10	1,0	20Х13; 40Х	Фланец	Для измерения температуры резиносмесей. Виброустойчивый, водозащищенный
ТХК-0379-04	ХК(Л)	-50 ÷ 200	0,6	5	0,06; 0,08; 0,1	12Х18Н10Т	Без крепления	Для измерения температуры пищевых изделий в паровых камерах. Виброустойчивый, водозащищенный
ТХК-0479	ХК(Л)	-50 ÷ 200	40	10	0,25	40Х	Фланец	Для измерения температуры в камере смешения резиносмесителя.

ТХК-0579	ХК(L)	-50 ÷ 520	0,1	Не пор-мирована	3-зон-ный—2,5; 3,15; 3,55; 4; 4,5; 5; 5,6; 4-зонный—3,55; 4; 4,5; 5; 5,6; 6,3; 5-зон-ный—4; 6-зон-ный—4,5; 5; 6,3; 7,1; 8; 10-зон-ный—3,55; 4; 4,5; 5,6; 6,3; 7,1; 8; 9	40X, 08X13	Фланец	Для измерения температуры в реакторах каталитического реформинга и гидроочистки нефтепродуктов. Водозащитный, виброустойчивый, многозонный	Виброустойчивый, водозащитный
ТХК-303	ХК(L)	0—600	—	2	0,13	—	—	Для кратковременных многократных измерений температуры жидкостей путем погружения на 5—10 мм. Виброустойчивый водозащитный	

Тип термопреобразователя	Номинальная статическая характеристика преобразователя	Диапазон измеряемых температур, °C	Условное давление среды, МПа	Показатель тепловой инерции, °C, не более	Длина поружаемой части, м	Материал защитной арматуры	Крепление	Примечание
ТХК-400У*	ХК(L)	0—600	4	60	0,08; 0,1; 0,12; 0,16; 0,25; 0,32	12Х18Н10Т	Скользящий штуцер М22×1,5	Для измерения температуры жидких и газообразных сред. Герметичный, виброустойчивый, вибропрочный, удароустойчивый, ударопрочный
ТХА-410*	ХА(K)	0—800	10	60	0,08; 0,1; 0,12; 0,16	10Х17Н13М2Т	Штуцер М27×2	Для измерения температуры выхлопных газов двигателей внутреннего сгорания. Виброустойчивый, вибропрочный, удароустойчивый
ТХК-582*	ХК(L)	0—300	—	5	0,5; 1	Медь М3	—	Для измерения температуры головки прядильной машины и в машине голячей вытяжки
ТХК-0672	ХК(L)	0—500	—	2	0,016	—	Штуцер М20×1,5 и М12×1,5	Для измерения температуры расплава полимеров

ТХА-775*	ХА(К)	0—800	16	25	0,2; 0,25; 0,32; 0,4; 0,5; 1,25; 2	12Х18Н10Т	Стационар- ный или по- движной штуцер М20×1,5, сваркой	Для измерения темпера- туры газов во взрыво- опасных помещениях. Виброустойчивый, с од- ним или двумя чувстви- тельными элементами
ТХК-775* одинарный и двойной	ХК(Л)	0—600	0,4; 6,4	20 25	0,2; 0,25; 0,32; 0,4; 0,5; 1,25; 2	12Х18Н10Т	Стационар- ный или по- движной штуцер М20×1,5	Для измерения темпера- туры газов во взрыво- опасных помещениях. Виброустойчивый, с од- ним или двумя чувстви- тельными элементами
ТХА-706-02 одинарный и двойной	ХА(К)	—50 ÷ 1000	1,6	60	0,32; 0,4; 0,5; 0,63; 0,8; 1; 1,25; 1,6; 2; 2,5	ХН45Ю	Штуцер М33×2	Для измерения темпе- ратур газов в доменном производстве, агрессив- ных сред во всех клима- тических районах суши. Герметичный, водозащи- щенный
ТХК-0806	ХК(Л)	0—500	0,25 и 4	20	0,5; 0,8; 1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,15	12Х18Н10Т 08Х13 15Х25Т	Штуцер М27×2 или без штуцера	Для измерения жидких и газообразных сред, не разрушающих защитную арматуру
ТХА-0806	ХА(К)	0—1000						
ТХК-803	ХК(Л)	0—500 0—200	—	3; 5	0,13	—	—	Для кратковременных измерений температуры поверхности твердых тел. Виброустойчивый, водозащищенный

Тип термо-преобразователя	Номинальная статическая характеристика преобразования	Диапазон измеряемых температур, °C	Условное давление среды, МПа	Показатель тепловой инерции, °C, не более	Длина поружкаемой части, м	Материал защитной арматуры	Крепление	Примечание
ТХК-920*	ХК(L)	0—600	10	60	0,08; 0,1; 0,12; 0,16	10X17H13M2T 12X18H10T	Штуцер M22 X 1,5	Для измерения температуры выхлопных газов двигателей. Виброустойчивый, вибропрочный, ударостойкий, герметичный водозащищенный
ТХА-1007	ХА(K)	0—600	0,1	40	3,55; 4; 4,5; 5; 5,6; 6,3; 7,1; 8; 9; 10	12X18H10T	Болты M12	Для измерения температуры лещадки доменной печи
ТХА-1073	ХА(K)	—50 ÷ 600	—	5	—	—	—	Для измерения температуры на взрывоопасных установках химической и нефтяной промышленности. Предел допускаемой основной погрешности $\pm 4,8^\circ\text{C}$ (ТХА-1073) и $\pm 4^\circ\text{C}$ (ТХК-1073)
ТХК-1073	ХК(L)							

ТХК-1172П	ХК(Л)	0—500	2,5 и 10	60	0,08; 0,1; 0,12; 0,16; 0,2; 0,25; 0,32; 0,4	12Х18Н10Т 12Х18Н10Т 10Х17Н13МТ	Штуцер М27×2	Для измерения температу- ры выхлопных газов двигателей. Вибро- и уда- ропрочный, герметичный, водозащитный
ТХА-1489	ХА(К)	0—1000	0,1	Не нор- миро- вана	1; 1,25; 2,6; 2; 2,5; 3,15; 3,55; 4; 4,5; 5; 5,6; 6,3; 7,1; 8; 9; 10; 11,2; 12,5; 14; 16; 18; 20	Без армату- ры	Без крепле- ния	Для измерения температу- ры в атмосфере чисто- го воздуха
ТХК-1489*	ХК(Л)	0—600						
ТХА-1085	ХА(К)	0—600	—	0,35	—	12Х18Н10Т	Штуцер с резьбой К1/2"	Для измерения температу- ры продуктов сгора- ния природного газа в магистральных трубопро- водах и компрессорных станциях
ТХА-1087	ХА(К)	0—800	6,3; 16	20	0,2; 0,25; 0,32; 0,5; 1,25; 2	12Х18Н10Т 10Х17Н13МТ	М20×1,5 или спец- ное крепление	Для измерения температу- ры азотоводородной смеси, продуктов сгора- ния природного газа, га- зообразного и жидкого аммиака, природного га- за, конвертированного газа, моноэтаноломино- вого раствора с приме- сями H ₂ S и SO ₂
ТХК-1087	ХК(Л)	0—300 0—600	0,4; 6,3 16; 20	8; 20; 25				

Тип термостатического преобразователя	Номинальная статическая характеристика преобразования	Диапазон измеряемых температур, °C	Условное давление среды, МПа	Показатель тепловой инерции, °C, не более	Длина погружаемой части, м	Материал защитной арматуры	Крепление	Примечание
ТХА-1387	ХА(К)	0—600 0—900	3; 30	3; 15	0,08; 0,1; 0,12; 0,16; 0,2; 0,32; 0,4; 0,5; 0,63; 0,8	ХН45Ю 12Х1МФ	M33×2	Для измерения постоянных и меняющихся температур в объектах теплоэнергетики (продуктов сгорания жидкого и газообразного топлива, перегретого пара)
ТХК-0487	ХК(Л)	30—350	—	20	—	08Х13	Спеикрепление	Для измерения температуры поверхности валков диаметром 100 мм и более, при линейной скорости 20 м/с
ТХА-1387	ХА(К)	0—900	0,4; 16 и 32	3	0,25; 0,32; 0,4; 0,5; 0,63; 0,8	ХН45Ю	Штуцер M33×2 или без штуцера	Для измерения циклически меняющейся и стационарной температуры в газо- и паротурбинных установках. Скорость изменения — до 150 °C/мин
		0—600	64	15	0,25; 0,32;	12Х18Н10Т		

ТХК-2175	ХК(L)	30—300	—	20	—	—	Для измерения температуры поверхности вращающихся валков диаметром 0,1 м, линейная скорость — до 200 м/мин		
ТХКП-XVIII	ХК(L)	0—400	—	40	2	08X13	Для измерения температуры поверхностей твердых тел в промышленных условиях		
ТХАУ-0383	ХА(K)	—50 ÷ 300	С перемещением штупера 0,25, с непостоянным движением 6,4	20, 40	0,1; 0,12; 0,16; 0,2; 0,5; 0,32; 0,4; 0,63; 0,8; 1,0	12X18H10T	Штуцер M20×1,5	Класс точности 2,0	Термопреобразователи с унифицированным выходным сигналом 0—5 или 4—20 мА. При давлении 25 и 50 МПа используются защитные гильзы
		—50 ÷ 600 —50 ÷ 800 —50 ÷ 1000		Класс точности 1,5					
		600—1300		50				0,32; 0,5; 0,8; 1,0; 1,25; 1,6; 2,0	
ТПУ-0483	ПП(S)	600—1300							

Т а б л и ц а 1.21. Технические характеристики кабельных термоэлектрических преобразователей

Основные параметры	Однозонный круглого постоянного сечения										Круглого сечения с утоненным рабочим участком		
	1,0	1,5	3,0	4,0	4,6	5,0	6,0	1,0	1,5	3,0	2		
Диаметр преобразователя, мм	1,0	1,5	3,0	4,0	4,6	5,0	6,0	1,0	1,5	3,0	2		
Число термоэлектродов	2										2		
Диаметр или размеры рабочего участка, мм	1,0	1,5	3,0	4,0	4,6	5,0	6,0	0,5	0,8	1,0	1,5	1,5	1,5
Диаметр или размеры термоэлектродов в рабочем участке, мм	0,20	0,27	0,65	0,85	0,75	0,90	1,08	0,093	0,14	0,20	0,27	0,27	0,27
Толщина обложки рабочего участка, мм	0,15	0,25	0,35	0,52	0,35	0,62	0,75	0,075	0,12	0,15	0,25	0,25	0,25
Длина общая или рабочего участка, м	10	50										2	
Число спаев	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Расстояние между спаями, м	—										—		

Диапазон длительно измеряемых температур, °С	КТХАС	—200 ÷ 650	—200 ÷ 700	—200 ÷ 900	—200 ÷ 650
	КТХАСп	—200 ÷ 750	—200 ÷ 800	—200 ÷ 900	—200 ÷ 750
	КТХКС	—200 ÷ 400	—200 ÷ 500	—200 ÷ 600	—200 ÷ 400
Максимальная кратковременно измеряемая температура, °С	КТХАС	1300			
	КТХАСп				
	КТХКС	800			

Продолжение табл. 1.21

Основные параметры	С плоским рабочим участком				Многоугольные
	1,5	2	1,0	3,0	6,0
Диаметр преобразователя, мм					
Число термоэлектродов	2				6
Диаметр или размеры рабочего участка, мм	2×0,8	2,3×0,5	2,8×0,3	1,15×0,8	1,8×0,3
Диаметр или размеры термоэлектродов в рабочем участке, мм	0,35×0,14	0,4×0,1	0,5×0,05	0,2×0,17	0,25×0,09
				0,37×0,06	0,40
					0,80

Продолжение табл. 1.21

Основные параметры		С плоскими рабочими участком						Многогозовые		
Толщина оболочки рабочего участка, мм		0,16	0,09	0,05	0,16	0,09	0,05	0,35	0,75	
Длина общая или рабочего участка, м		От 0,01 до 0,1						25		
Число спаев		1	1	1	1	1	1	3	5	
Расстояние между спаями, м		—						1,0 или 1,5		
Диапазон длительно измеряемых температур, °C	КТХАС	—200 ÷ 450						—200 ÷ 900		
	КТХАСп	—200 ÷ 500						—200 ÷ 1000		
	КТХКС	—200 ÷ 400						—200 ÷ 600		
Максимальная кратковременно измеряемая температура, °C	КТХАС	1000						1300		
	КТХАСп									
КТХКС		800						800		

1.6. Вспомогательные материалы и устройства

Защитные гильзы и чехлы. При использовании термоэлектрических преобразователей и термопреобразователей сопротивления при высоких давлениях и температурах применяют специальные защитные гильзы и чехлы из тугоплавких соединений. Выпускаются защитные гильзы модификации 5Ц4.819.015 на условное давление 25 МПа со штуцером М20×1,5 для термоэлектрических преобразователей ТХА-0179 и ТХК-0179, а также для термопреобразователей сопротивления ТСП-0879 и ТСМ-0879. Эти гильзы изготавливаются из сталей 08Х13 и 12Х18Н10Т на температуру от —200 до 600 °С и из стали 08Х20Н14С2 на температуру от —200 до 900 °С. Длины монтажной части различных модификаций: 0,08; 0,1; 0,12; 0,16; 0,2; 0,25; 0,32; 0,4; 0,5; 0,63; 0,8; 1; 1,25; 1,6 и 2 м.

Защитные гильзы модификации 5Ц4.819.016 выпускаются на условное давление 50 МПа со штуцером М33×2 для термоэлектрических преобразователей ТХА-0179 и ТХК-0179. Эти гильзы выпускаются из сталей 08Х13 и 12Х18Н10Т на температуру от —200 до 600 °С. Длины монтажной части: 0,12; 0,16; 0,2; 0,25 и 0,32 м.

При высокотемпературных технологических процессах для защиты термоэлектрических преобразователей от механических воздействий применяются чехлы из тугоплавких соединений. Технические характеристики этих защитных чехлов приведены в табл. 1.22.

Удлиняющие термоэлектродные провода. Для удлинения термоэлектродов термоэлектрического преобразователя и переноса свободных концов в место, удобное для стабилизации их температуры или введения поправки на ее отличие от 0 °С, применяются удлиняющие термоэлектродные провода. При удлинении термоэлектрического преобразователя такими проводами не возникает паразитной термо-ЭДС. В связи с тем что удлиняющие термоэлектродные провода часто прокладываются по технологическому оборудованию, в защитных трубах и т. д., когда имеет место большое число поворотов, изгибов, касаний металлических элементов, удлиняющие провода делаются многожильными, гибкими, в специальной изоляции, удобными для монтажа. Термо-ЭДС и обозначения удлиняющих термоэлектродных проводов приведены в табл. 1.23, технические характеристики их — в табл. 1.24 [12].

Вспомогательные устройства. *Коробки холодных спаев* предназначены для автоматического введения поправки на изменение термо-ЭДС вследствие изменения температуры окружающего воздуха. Они могут работать с одним или двумя термоэлектрическими преобразователями градуировок ХК, ХА и ПП. Коробка типа КХС применяется в схемах автоматического регулирования температуры. Значение медного компенсирующего сопротивления, приведенного к 20 °С, составляет для градуировки ХК $11,5 \pm 0,05$ Ом, для ХА — $5,1 \pm 0,05$ Ом, для ПП — $1,7 \pm 0,05$ Ом. Рассчитана для работы при температуре от 5 до 50 °С и влажности от 30 до 80 %.

Соединительные коробки предназначены для подключения свободных концов термоэлектрических преобразователей, выравнивания их температуры и выдачи информации о температуре внутри коробки. Соединительная коробка КС-545 предназначена для подключения восьми термопреобразователей в системах внутриреакторного контроля ВВЭР-1000; вибро-, тряскоустойчивая, тепло-, холодоустойчивая; работает при температуре окружающей среды от 40 до 60 °С.

Т а б л и ц а 1.22. Технические характеристики защитных чехлов из тугоплавких соединений

Материал чехла	Измеряемая среда	Марка чехла	Размеры чехла, мм		
			Длина	Наружный диаметр	Внутренний диаметр
Диборид циркония с молибденом	Сталь при $t \leq 1800^\circ\text{C}$. Чугун при $t \leq 1450^\circ\text{C}$. Науглероживающая и восстановительная газовая среда при $t \leq 2200^\circ\text{C}$	ДЦМ 150-14	150	14	7
		ДЦМ 150-18		18	11
		ДЦМ 150-22		22	13
		ДЦМ 250-22			
Диборид циркония с вольфрамом	Чугун $t \leq 1550^\circ\text{C}$. Науглероживающая и восстановительная газовая среда при $t \leq 2200^\circ\text{C}$	ДЦВ 150-14	150	14	7
		ДЦВ 150-18		18	11
		ДЦВ 250-22	250	22	13
		ДЦВ 500-22			
Дисилицид молибдена	Окислительная газовая среда при $t \leq 1700^\circ\text{C}$. Расплавленное стекло при	ДМ 150-14	150	14	9

$t < 1450^{\circ}\text{C}$	ДМ 250-18		18	13
		250		
	ДМ 500-18	500		
	ДМ 750-22	750	22	22
	ДМ 1000-22	1000		
Самосвязанный карбид кремния	СКК 250-22	250	22	13
	СКК 500-23	500	23	14
	СКК 500-25		25	16
	СКК 500-30		30	20
	СКК 750-25	750	25	16
	СКК 750-32		32	
	СКК 1000-30	1000	30	20
	СКК 1000-32		32	

Продукты горения твердых и газообразных топлив при $t \leq 1800^{\circ}\text{C}$. Криолитоглиноземистый расплав, алюминий, силумин, цинк, цинковые сплавы и шлаки при $t \leq 1000^{\circ}\text{C}$. Медь, медные сплавы при $t \leq 1200^{\circ}\text{C}$. Расплавы хлоридов при $t \leq 1000^{\circ}\text{C}$

Таблица 1.23. Термо-ЭДС и обозначения удлинителей термоэлектродных проводов

Обозначение пары	Металлы и сплавы	Расцветка	Температура, °C		Термо-ЭДС, мВ		Рекомендуемый термоэлектрический преобразователь, номинальная характеристика преобразования
			свободного конца	рабочего конца	номинальная	предельные отклонения	
ХК	Хромель — копель	Фиолетовая (черная) — желтая (оранжевая)			6,88	±0,20	ХК (L)
МК	Медь — копель	Красная (розовая) — желтая (оранжевая)			4,79	±0,10	МК (M)
М	Медь — константан	Красная (розовая) — коричневая	0	100	4,10	±0,15	ХА (K)
П	Медь — медноникелевый сплав ТП	Красная (розовая) — зеленая			0,64	±0,03	ГП (S)
М-МН	Медь-медноникелевый сплав МН — 2,4	Красная (розовая) — синяя (голубая)			1,40	±0,03	ВР (A)-1
МТ-НМ	Медь-титановый сплав — никель-медный сплав	Красная + зеленая на белом фоне — красная + синяя	100		4,10	±0,12	ХА (K)
			250		10,25	±0,12	
			300		12,21	±0,16	

МТ-платина	Медьтитановый сплав — платина	Красная + зеленая на белом фоне — без расцветки	0	100	1,20	$\pm 0,06$
				250	3,67	$\pm 0,06$
				300	4,62	$\pm 0,08$
НМ-платина	Никельмедный сплав — платина	Красная + синяя — без расцветки		100	2,90	$\pm 0,06$
				250	5,37	$\pm 0,06$
				300	7,59	$\pm 0,08$

Таблица 1.24. Технические характеристики удлиняющих термоэлектродных проводов

Марка провода	Характеристика провода	Область применения	Число жил и их сечение, мм ²	Число прово- лок в жиле и их диаметр, мм	Толщина изо- ляции, мм	Толщина обо- лочки, мм	Наружные про- меры, мм
ПТВ	Удлиняющий термоэлектрод- ный с поливинилхлоридной изоляцией	Сухие и сырые помещения, места с воздействием хими- ческой среды при темпера- туре от -40 до 70 °C	2×0,2	1×0,5	0,50	—	1,5×3,5
			2×1,0	1×1,13	1,0		3,1×6,8
			2×2,5	1×1,76			3,8×8,0

Марка провода	Характеристика провода	Область применения	Число жил и их сечение, мм ²	Число проволок в жиле и их диаметр, мм	Толщина изоляции, мм	Толщина оболочки, мм	Наружные размеры провода, мм
ПТГВ	То же, гибкий	То же, требования повышенной гибкости при монтаже	2×1,0	7×0,40	1,0	—	3,2×6,9
			2×1,5	7×0,50			3,5×7,5
			2×1,8	7×0,57			3,7×7,9
			2×2,5	7×0,67			4,0×8,5
ПТВО	Удлиняющий термостойкий с поливинилхлоридной изоляцией в поливинилхлоридной оболочке	Для прокладок в сухих и сырых помещениях, местах с воздействием химической среды, трубах при температуре -40 ÷ 70 °С, если требуется механическая прочность	2×2,5	1×1,76	0,6	0,6	4,8×7,7
ПТГВ	То же, гибкий	То же, требования повышенной гибкости	2×1,0	7×0,40	0,6	0,6	4,2×6,6
			2×1,5	7×0,50			4,5×7,2
			2×1,8	7×0,57			4,7×7,6
			2×2,5	7×0,67			5,0×8,2

ПТВП	Удлиняющий термозлектро- дный с поливинилхлорид- ной изоляцией в оплетке из стальной оцинкованной про- волоки	Для прокладок в помеще- ниях и установках, где тре- буется защита от механи- ческих воздействий	2×1,0	1×1,13	1,0	—	4,3×8,0
ПТП	Удлиняющий термозлект- родный с изоляцией из по- лиэтилентерефталатной пленки в общей оплетке из лавсановых нитей, пропи- танных клеом БФ	Для прокладок в помещени- ях и внутри приборов	2×1,5	7×0,5	0 10	0,08	2,7×4,5
			2×1,8	7×0,57			2,9×4,9
			2×2,5	7×0,67			3,2×5,5
ПТПЭ	То же, экранированный	То же, где требуется защи- та от внешних электромаг- нитных полей и механичес- ких воздействий	2×1,5	7×0,5	0,10	0,08	3,5×5,2
			2×1,8	7×0,57			3,7×5,7
			2×2,5	7×0,67			4,0×6,3
ПТПФ	Удлиняющий термозлект- родный с изоляцией из фто- ропластовой пленки в об- мотке и оплетке из стекло- нитей, пропитанных крем- нийорганическим лаком	Для прокладок в помеще- ниях и трубах при темпера- туре от -60 до 250 °С и кратковременно (не более 3 ч) до 400 °С в один цикл на- грева	1×0,5	7×0,30	0,24	0,16	2,2
			1×1,5	7×0,50			2,8
			1×2,5	19×0,40			3,3
			1×4,0	19×0,50			3,8

Продолжение табл. 1.24

Марка провода	Характеристика провода	Область применения	Число жил и их сечение, мм ²	Число проволок в жиле и их диаметр, мм	Толщина изоляции, мм	Толщина оболочки, мм	Наружные размеры провода, мм
ПТФЭ	То же, экранированный	То же, где требуется защита от внешних электромагнитных полей и механических воздействий	1×0,5	7×0,30	0,24	0,16	2,8
			1×1,5	7×0,50			3,4
			1×2,5	19×0,4			3,9
			1×4	19×0,50			4,4
ПТФДЭ	Два параллельно уложенных провода ПТФ в общей оплетке из медных луженых проводов	То же	2×0,5	7×0,30	0,24	0,16	3,0×5,2
			2×1,5	7×0,50			3,6×6,4
			2×2,5	19×0,40			4,0×7,4
			2×4,0	19×0,50			4,5×8,5

Соединительная коробка КС-513М предназначена для подключения 18 термопреобразователей ТХА-2076 или ТХК-2076 в системах контроля температуры на АЭС при температуре окружающей среды от 40 до 60° С. Коробка вибропрочная, тряскоустойчивая, герметичная, коррозионно-стойкая.

Переключатели точек измерения предназначены для поочередного подключения термоэлектрических преобразователей или термопреобразователей сопротивления к измерительному прибору. Переключение осуществляется путем перемещения П-образных подвижных щеток по неподвижным контактам. Неподвижные контакты расположены по четырем концентрическим окружностям. Переключатель типа ПТИ — М переключает цепи постоянного тока при напряжении до 24 В и силе тока до 0,1 А. К переключателю можно подключить до 20 первичных термопреобразователей. Температура окружающего воздуха — 40÷40 или —10÷45° С, относительная влажность — до 98 %.

Аппаратура температурной встроенной защиты типа АТВ-229. Предназначена для сигнализации о превышении температуры в любой из 10 контролируемых точек, а также для отключения контролируемой установки в случае необходимости. Диапазон контролируемых температур — от 24 до 131° С.

Питание — от сети переменного тока 220 или 380 В, потребляемая мощность 60 Вт. Длина встраиваемой части термопреобразователя 35, 50, 85, 100, 150, 200, 250 и 1035 мм.

Применяется для защиты от перегрева обмоток электромашин, подшипников и других частей установок и механизмов.

Термометры термоэлектрические цифровые переносные типа ТТЦ-1. Предназначены для эпизодических измерений температуры газообразных, жидких и сыпучих тел, а также поверхности твердых тел. Диапазоны измерения 0—100° С (ТТЦ-1), 0—200° С (ТТЦ-1-01), 0—600° С (ТТЦ-1-02). Пределы допускаемых значений основной погрешности: для ТТЦ-1 $\pm 0,06$ ° С, для ТТЦ-1-01 $\pm 0,5$ ° С и для ТТЦ-1-02 $\pm 0,5$ ° С.

1.7. Пирометры и пирометрические преобразователи

Принцип действия пирометров излучения и пирометрических преобразователей основан на зависимости параметров излучения от температуры измеряемого тела или среды. Пирометры и пирометрические преобразователи позволяют проводить измерение температуры бесконтактным методом, когда пирометр или пирометрический преобразователь расположен на расстоянии от объекта измерения и не искажает его температурное поле. По принципу действия пирометры и пирометрические преобразователи подразделяются на квазимонохроматические (яркостные), спектрального отношения (цветовые), полного излучения (радиационные) и частичного излучения.

В связи с тем что излучательные свойства реальных тел очень разнообразны и зависят от температуры, длины волны и состояния поверхности тел, градуировку пирометров излучения производят по излучению абсолютно черного тела. Поэтому при измерении температуры реальных тел пирометры излучения и пирометрические преобразователи дают значение условной или псевдотемпературы, которая носит соответственно названия яркостной, цветовой или радиационной температуры. Яркостная и радиационная температуры ниже действительной температуры тела. Цветовая температура может

быть ниже и выше действительной температуры тел, но она ближе к ней, чем яркостная или радиационная. Действительная температура тела может быть определена по условной температуре расчетным путем.

Связь показаний пирометра частичного излучения с действительной температурой тела может быть определена только экспериментально.

Пирометры излучения могут применяться для измерения температуры твердых и жидких тел, которые имеют непрерывный спектр излучения. Для измерения температуры газов и паров, имеющих линейчатые или полосовые спектры излучения, промышленные пирометры излучения, как правило, применены быть не могут. Возможно измерение температуры газа с применением промежуточного излучателя: помещением в газовый поток какого-либо твердого тела и последующим визированием его излучения.

Наибольшей чувствительностью обладают квазимонохроматические пирометры (спектральная энергетическая яркость при изменении температуры в 2 раза может измениться примерно в 60 000 раз), наименьшей чувствительностью — радиационные пирометры (полная энергия излучения пропорциональна четвертой степени температуры).

Наиболее простые по устройству и наиболее надежные — радиационные пирометры, наиболее сложные и менее надежные — пирометры спектрального отношения (цветовые).

На результаты измерения температуры пирометрами излучения влияет коэффициент излучения тел, который для одного и того же тела в зависимости от состояния поверхности может различаться в 2—3 раза. Методическая погрешность, вызываемая неточностью коэффициента излучения, имеет наибольшее значение у радиационных пирометров — она может достигать сотен градусов. Наименьшее значение эта погрешность имеет у пирометров спектрального отношения — она исчисляется десятками градусов.

Ослабление теплового излучения промежуточной средой, находящейся между объектом измерения и пирометром, влияет на результаты измерения всех пирометров. Однако степень этого влияния может быть различной. Например, запыленность и задымленность промежуточной среды в наибольшей степени влияет на показания пирометров полного или частичного излучения. Это объясняется тем, что частицы пыли, копоти рассеивают излучение, ослабляя практически все длины волн. Существенное влияние на показания пирометров полного излучения оказывают водяные пары и углекислый газ, находящиеся в промежуточной среде, причем, в области пропускания стеклянной и кварцевой оптики пирометров приходится несколько полос поглощения H_2O и CO_2 .

Влияние промежуточной среды на показания квазимонохроматических пирометров и пирометров спектрального отношения практически отсутствует. Исключение составляют случаи, когда спектры поглощения веществ, находящихся в промежуточной среде, совпадают с длинами волн, при которых проводятся измерения. На результаты измерения также будет оказывать влияние пыль с частицами размером меньшим, чем эффективная длина волны (0,65 или 0,45 мкм). Однако таких частиц, как правило, немного.

Для измерения яркостной температуры твердых и жидких тел малого размера применяется оптический микропирометр типа ВИМП-015 М. Пределы измерения 400—4000° С с поддиапазонами

Т а б л и ц а 1.25. Технические характеристики пирометрических преобразователей и пирометров
типа «Смотрич»

Тип, модификация	Диапазон измерения, °С	Условное обозначение номинальной статистической характеристики	Допускаемая основная погрешность, %	Эффективная длина волны, мкм	Показатель видирования	Время установления показаний, с	Примечание
Смотрич 1-1 Смотрич 1-2 Смотрич 1-3	01 100—200	1 РЧ-2	1,0; 1,5; 2,0 и 2,5	2,50	1:50	0,025; 0,5; 0,1 и 1	Функциональные особенности определяются составом отдельных блоков, входящих в комплект пирометра или пирометрического преобразователя
	02 150—350	1 РЧ-3,5		2,43	1:150		
	03 300—700	1 РЧ-7		2,34	1:150		
	04 500—1400	1 РЧ-14		2,21	1:300		
	05 50—200	2 РЧ-2		3,43	1:50		
	06 150—300	2 РЧ-3,5					
	07 300—700	2 РЧ-7					

Тип, модификация	Диапазон измерения, °С	Условное обозначение номинальной статистической характеристики	Допускаемая основная погрешность, %	Эффективная длина золны, мм	Показатель зирования	Время установления показаний, с	Примечание
Смотрич 2-1* Смотрич 2-2 Смотрич 2-3	01	30—150	1,0; 1,5; 2,0 и 2,5	—	1:25	0,25; 0,1; 1,0 и 2,5	Функциональные особенности определяются составом отдельных блоков, входящих в комплект пирометра или пирометрического преобразователя
	02	100—350			1:50		
	03	30—150		8,5	1:25		
	04	100—350					
	05	30—150		5,0			
	06	100—350					
	07	300—1100					
	08	1000—1400		1:50			
	09	1400—2200		1:100			

Смотрич 3-1* Смотрич 3-2 Смотрич 3-3	01	800—1200	1 ФЧ-12	1,0; 1,5 и 2,0	0,65	1:25 1:50 1:100 1:200	0,01 0,05; 0,1 и 1,0
	02	1000—1600	1 ФЧ-16				
	03	1200—1800	1 ФЧ-18				
	04	1400—2000	1 ФЧ-20				
	05	1700—2600	1 ФЧ-26				
	06	21—3500	1 ФЧ-35				
Смотрич-4П	01	0—100	—	2,0	2—9	1:15	2,5
	02	15—45		2,5	2—9	1:15	
	03	30—200		2,0	2—9	1:15	
	04	200—900		1,5	4,5—5,5	1:25	
	05	200—900		1,0	2—9	1:25	
	01	800—1500		1,0	0,8—1,8	1:250	1,0
Смотрич-5П	02	1000—1500		1,0	0,7—1,1	1:150	

Переносные приборы с цифровым отсчетом, введение поправки на коэффициент излучения, запоминание значений температуры

Таблица 1.26. Технические характеристики пиromетрических преобразователей и пиromетров спектрального отношения

Тип, модификация	Диапазон измерения, °C	Допускаемая основная погрешность, %	Время установления показаний, с	Показатель взвешивания	Условное обозначение статистической характеристики преобразования	Примечание
Веселка 1-1* 1-2* 1-3	1400—1600	0,6	0,5	1:50	—	Веселка 1-1 — пиromетрический преобразователь с ручным управлением, Веселка 1-2 — то же, с дистанционным управлением; Веселка 1-3 — пиromетр. Унифицированный выходной сигнал 0—5 мА
	1550—1800			1:100		
	1700—2000			1:200		
	1900—2300			1:250		
	2200—2600					
	2500—2800					
Веселка 4-1* 4-2* 4-3	1300—1800	0,6	0,05 — преобразователя; 2,5 — пиromетра	1:25	1 ФС-18	Веселка 4—1,5—1,6—1 — пиromетрические преобразователи спектрального отношения с унифицированным выходным сигналом. Веселка 4-2, 5-2, 6-2 — пиromетры спектрального отношения Веселка 4-3, 5-3, 6-3 — пиromетры и преобразователи спектрального отношения с
	1600—2200			1:50	1 ФС-22	
	2000—2800			1:100	1 ФС-28	
	2500—300			1:400	1 ФС-30	
	500—800			1:25	1 ДС-8	
	700—1100			1:50	1 ДС-11	
Веселка 5-1* 5-2*		1,5				
		1,0				

5-3	900—1400	1,0		1:100	1 ДС-14	унифицированным ным сигналом	выход-
Веселка 6-1* 6-2* 6-3	200—500	2,0		1:15	1 РС-5		
	300—700			1:25	1 РС-7		
	500—800	1,5		1:50	1 РС-8		
Спектропир 10-001	500—700	1 и 1,5	0,05	1:25	—	Стационарный преобразо- ватель с унифицированным выходным сигналом по току 0—5 мА, по напряжению 0— 0,1 и 0—10В	
	600—1000			1:50			
	900—1300			1:200			
	1200—2000						
	1800—2200			1:500			
	2000—2800						
Спектропир П1-001	800—1000	1,5	6 и 60	1:25	—	Переносной пирометр с ин- дикацией на цифровом таб- ло	
	900—1300						
	1200—1800			1:50			
П1-002							
П1-003							

Таблица 1.27. Технические характеристики пиromетрических преобразователей комплекса АПИР-С

Тип, модификация	Характеристики первичных преобразователей					Характеристики вторичных преобразователей		Основная погрешность комплекта преобразователей
	Диапазон измерения, °C	Рабочий спектральный диапазон, мкм	Условное обозначение номинальной статической характеристики преобразования	Показатель вызирования	Диаметр корпуса, мм	Условное обозначение номинальной характеристики преобразования	Диапазон измерения, °C	
ППТ-142	30—300	0,4—14	P-3	1:50	100	P-3-1 P-3-2 P-3-3	30—100 50—200 100—300	2,0
ППТ-131 ППТ-131-01	100—400 300—600	0,4—8	PФ-4А PФ-6А	1:15 1:25	50	PФ-4А-1 PФ-6А-1	100—400 300—600	2,5
ППТ-121 ППТ-131-03	400—1500	0,4—4	PK-15A	1:25 1:50	25 50	PK-15A-1 PK-15A-2 PK-15A-3	400—1000 600—1200 700—1500	2,0
ППТ-121-01 ППТ-131-05	900—2000	0,4—4	PK-20A	1:50 1:100	25 50	PK-20A-1 PK-20A-2	900—1800 1000—2000	2,0
ППТ-121-02 ППТ-131-07	1400—2500	0,4—2,5	PC-25A	1:50 1:100	25 50	PC-25A-1	1400—2500	2,0
ПЧД-121 ПЧД-131	800—1300	0,7—1,1	ДК-13	1:50 1:100	25 50	ДК-13-1	800—1300	2,0

Тип, модификация	Характеристики первичных преобразователей					Характеристики вторичных преобразователей		Основная погрешность комплекта преобразователей
	Диапазон измерения, °С	Рабочий спектральный диапазон, мм	Условное обозначение номинальной статической характеристики преобразования	Показатель визирования	Диаметр корпуса, мм	Условное обозначение номинальной статической характеристики преобразования	Диапазон измерения, °С	
ПЧД-121-01 ПЧД-131-01	1000—2000	0,7—1,1	ДК-20	1:100 1:200	25 50	ДК-20-1 ДК-20-2	1000—1600 1100—2000	1,5
ПЧД-121-02 ПЧД-131-02	1500—2500	0,7—1,1	ДК-25	1:200 1:300	25 50	ДК-25-1 ДК-25-2	1500—2200 2000—2500	1,5 2,0
ПЧД-121-03 ПЧД-131-03	450—750	0,8—1,8	ДГ-7,5	1:25 1:50	25 50	ДК-7,5-1	450—750	2,0
ПЧД-121-04 ПЧД-131-04	700—1100	0,8—1,8	ДГ-11	1:50 1:300	25 50	ДГ-11-1	700—1100	1,5
ПЧД-121-05 ПЧД-131-05	600—1300	0,8—1,8	ДГ-13	1:100 1:200	25 50	ДГ-13-1	600—1300	1,0
ПЧД-121-06 ПЧД-131-06	1100—1700	0,8—1,8	ДГ-17	1:200 1:300	25 50	ДГ-17-1	1100—1700	1,0

400—850, 800—1400, 1200—2000, 1800—4000° С и допускаемой основной погрешностью в зависимости от диапазона измерения ± 12 ; ± 14 ; ± 20 и ± 50 ° С. Минимальные размеры визируемого тела $0,1 \times 0,1$ мм. Номинальное расстояние до объекта 170 мм, показатель визирования (отношение диаметра объекта к расстоянию от объектива до измеряемого объекта) 1:1300. Эффективная длина волны в видимой части спектра $0,65 \pm 0,01$ мкм, в ближней инфракрасной области $1,02 \pm 0,03$ мкм.

Для измерения яркостной температуры в металлургии, машиностроении и других отраслях промышленности применяется промышленный переносной визуальный пирометр «Проминь». Пределы измерения 800—5000° С с поддиапазонами 800—1400, 1200—2000 1800—5000° С и допускаемой основной погрешностью ± 14 , ± 20 и ± 150 ° С. Показатель визирования 1:100. Эффективная длина волны $0,656 \pm 0,005$ мкм.

Пирометрические преобразователи и пирометры монохроматические и частичного излучения типа «Смотрич» предназначены для бесконтактного измерения и регулирования температуры в диапазоне 30—3500° С. Их технические характеристики приведены в табл. 1.25.

Пирометрические преобразователи и пирометры спектрального отношения (цветовые) предназначены для систем прецизионного регулирования и контроля цветовой температуры в различных отраслях промышленности при научных исследованиях. Их технические характеристики приведены в табл. 1.26.

Для бесконтактного измерения и регулирования температуры в промышленности выпускается агрегатный комплекс стационарных пирометрических преобразователей и пирометров (АПИР-С). В комплекс входят пирометрические преобразователи четырех типов-размеров (диаметр корпуса 13, 25, 50 и 100 мм) для преобразования энергии излучения в электрический сигнал (преобразователи полного излучения термоэлектрические ППТ и преобразователи частичного излучения фотодиодные ПЧД); вторичные измерительные преобразователи (ПВ) для преобразования сигналов от ППТ и ПЧД в унифицированный выходной токовый сигнал 0—5 или 4—20 мА или сигнал по напряжению 0—0,1 или 0—10 В. В ПВ могут входить блоки запоминания, индикации и линеаризации.

Вторичные измерительные преобразователи бывают двух модификаций — встраиваемые (ПВВ) и настенные (ПВН). Технические характеристики пирометрических преобразователей комплекса АПИР-С приведены в табл. 1.27.

Глава вторая

ИЗМЕРЕНИЕ ДАВЛЕНИЯ

2.1. Общие сведения об измерении давления

В соответствии с международной системой СИ за единицу измерения давления принят паскаль — Па (P_a), который равен давлению, создаваемому силой в один ньютон (Н), на площадь 1 м², На

многих отечественных предприятиях находятся в эксплуатации приборы, отградуированные в кгс/см², кгс/м², мм рт. ст., а в научных учреждениях — также приборы, отградуированные в барах. Кроме того, вместе с импортируемым оборудованием поступают приборы, отградуированные в фунтах на квадратный дюйм — (*psi*) и в фунтах на квадратный фут — (*psf*). Между паскалем и другими единицами существуют следующие соотношения: 1 кгс/см² = 98066,5 Па ≈ 0,1 МПа; 1 кгс/м² = 9,80665 Па; 1 мм рт. ст. = 133,322 Па; 1 бар = 10⁵ Па; 1 *psi* = 6896,38 Па; 1 *psf* = 47,837 Па.

2.2. Средства измерения давления

В соответствии с [13] различают следующие средства измерения давления: *манометр* — измерительный прибор или измерительная установка для измерения давления или разности давлений, в том числе: *манометр абсолютного давления* — для измерения давления, отсчитываемого от абсолютного нуля; *манометр избыточного давления* — для измерения разности между абсолютным давлением измеряемой среды и давлением окружающей среды, как правило, равным атмосферному; *вакуумметр* — для измерения давления разреженного газа; *мановакуумметр* — для измерения избыточного давления и давления разреженного газа; *дифференциальный манометр* — для измерения разности двух давлений. На практике манометры, предназначенные для измерения малых избыточных давлений (до 40 кПа или 4000 кгс/см²), называют *напоромерами*, для измерения малых разрежений — *тягомерами*, для измерения малых давлений и разрежений — *тягонапоромерами*.

По принципу действия различают следующие виды манометров: жидкостные (У-образные, колокольные, компрессионные и др.); грузопоршневые; деформационные (мембранные, сильфонные, трубчато-пружинные, с вялой мембраной); электрические (емкостные, пьезоэлектрические, сопротивления); ионизационные (электронные, магнитные электроразрядные, радиоизотопные); термокондуктометрические (терморезистивные, термоэлектрические); комбинированные (тензорезистивные — комбинация деформационного с плоской двухслойной мембраной и электрического тензосопротивления и др.).

Для измерения давления, разрежения и разности давлений в промышленных условиях наибольшее распространение получили деформационные манометры. Они охватывают диапазоны измерений от 0—160 Па до 0—1000 МПа. Они выпускаются показывающими и самопишущими. Кроме того, выпускаются измерительные преобразователи, которые линией связи соединены с показывающими вторичными приборами, расположенными на щитах управления. Диапазон измерения (разница между значениями давления, соответствующими верхнему и нижнему пределам измерения) манометров, вакуумметров и мановакуумметров определяется рядом 1; 1,6; 2,5; 4 и 6·10ⁿ, где *n* — любое целое положительное или отрицательное число. Для дифманометров вместо 6 берется 6,3.

Для уменьшения относительной погрешности измерения диапазон измерения прибора или измерительного преобразователя должен выбираться таким образом, чтобы номинальное давление было не менее $\frac{3}{4}$ диапазона измерения при мало меняющемся давлении и не менее $\frac{2}{3}$ в случае переменного давления,

Таблица 2.1. Технические характеристики манометров, мановакуумметров и вакуумметров образцовых и для точных измерений

Тип	Модель	Пределы измерения, МПа (кгс/см ²)	Класс точности	Диаметр корпуса, мм	Тип подсоединения, резьба штуцера	Примечание
МО	1227	От 0—0,1 до 0—2,5 (от 0—1 до 0—25)	0,15 и 0,25	250	Радиальное, М20 × 1,5	Шкала — 400 условных единиц; температура окружающей среды 5—45 °С, влажность 80 %
	1226	От 0—4 до 0—60 (от 0—40 до 0—600)				
	1227	—0,1—0 (—1—0)	0,25			
МО	11201	0—0,1 (0—1)	0,4	160	Радиальное, М20 × 1,5	Шкала — 250 условных единиц; температура окружающей среды 5—40 °С
	11202	От 0—0,16 до 0—6 (от 0—1,6 до 0—60)				
	11203	От 0—16 до 0—60 (от 0—100 до 0—600)				
	11201	—0,1—0 (—1—0)				
ВО						

МТИ (манометр)	1218	От 0—0,06 до 0—0,4 (от 0—0,6 до 0—4)	0,6 и 1
	1216	От 0—0,6 до 0—2,5 (от 0—6 до 0—25)	0,6 и 1
	1246	От 0—4 до 0—10 (от 0—40 до 0—100)	
	1232	От 0—16 до 0—60 (от 0—160 до 0—600)	
	1217	0—100; 0—160 (0—1000, 0—1600)	1
МТИ (манова- куумметр)	1218	От — 0,1—1—0,06 до —0,1—1—0,3 (от —1—0,6 до —1—3)	
	1216	От —0,1—0,5 до — 0,1—2,4 (от —1—5 до —1—24)	
ВТИ	1218	—0,06—0; —0,1—0 (—0,6—0; —1—0)	0,6 и 1

Т а б л и ц а 2.2. Технические характеристики общепромышленных показывающих манометров, мановакуумметров и вакуумметров

Тип	Пределы измерения, МПа	Класс точности	Диаметр корпуса, мм	Тип соединения и резьба штуцера	Примечание
МПЗ-У	От 0—0,06 до 0—60	1,5 и 2,5	100	Подсоединение радиальное и осевое, с фланцем и без фланца, резьба М20×1,5	Для измерения неагрессивных некристаллизующихся жидкостей, газа и пара, в том числе кислорода, ацетилена, хладонов 12, 13, 22, 142, 502. Приборы изготавливаются: с радиальным штуцером, с задним фланцем и без фланца; с осевым штуцером, с передним фланцем и без фланца. Приборы работают при отклонении от вертикали до 15°, выдерживают вибрацию частотой до 25 Гц и амплитудой до 0,1 м, при температуре окружающего воздуха —50 + +60 °С и влажности до 95 %
МПЗ-У (хладон)	0—2,5				
МП4-У	От 0—0,06 до 0—160	1 и 1,5	160		
ВПЗ-У	—0,06—0; —0,1—0	1,5 и 2,5	100		
ВП4-У		1 и 1,5	160		
МВПЗ-У	От —0,1—0,06 до —0,1—2,4	1,5 и 2,5	100	Радиальное без фланца	Для измерения давления (избыточного и вакуумметрического) газов, паров и жидкостей, не действующих агрессивно на
МВПЗ-У (хладон)	—0,1—1,5; —0,1—2,4				
МВП4-У	От —0,1—0,06 до —0,1—2,4	1 и 1,5	160		
ОБМ1-100*	От 0—0,1 до 0—6	2,5	100	Радиальное с фланцем	
ОБМ1-1006*					

медные сплавы. Приборы работают при отклонении от вертикали до 15° , при температуре $-50 \div +60^\circ\text{C}$ и влажности до 80 %. Приборы не могут работать в условиях тряски и вибрации. Штуцер с резьбой $M20 \times 1,5$

МОШ1-100*				Осевое	
ОВВ1-100*		$-0,1 \div 0$		Радиальное фланца	без
ОВВ1-1006*				Радиальное фланцем	с
ВОШ1-100*				Осевое	
ОВМВ1-100*		От $-0,1-2,4$	до	Радиальное фланца	без
ОВМВ1-1006*				Радиальное фланцем	с
МВОШ1-100*				Осевое	
МП		$0-0,6; 0-1; 0-1,6;$ $0-16$	1,5	Радиальное, $M20 \times 1,5$	
МП-2		$0-0,6; 0-1; 0-1,6$	2,5 1,5	Осевое, $M12 \times 1,5$	
МП-3		От $0-0,06$ до $0-60$	1,5	Радиальное и осевое, $M20 \times 1,5$	

Для измерения неагрессивных сред в установках железных дорог, метрополитена и трамваев. Приборы пылезащищенные, виброустойчивые. МП-2 служит для одновременного измерения давления в двух системах.

Продолжение табл. 2.2

Тип	Пределы измерения, МПа	Класс точ- ности	Диаметр корпуса, мм	Тип подсоединения и резьба штуцера	Примечание
					Пылебрызгозащитные. Тем- пература окружающей среды —50 ÷ +60 °С, влажность — до 95 %, вибрация с частотой до 25 Гц и амплитудой до 0,1 мм
МТП-160	От 0—0,06 до 0—160	1,5	160	Подсоединение ра- диальное и осевое, с фланцем и без фланца, М20×1,5	Для измерения давления (из- быточного и вакуумметриче- ского) жидкостей, паров и газов, в том числе кислорода. Температура окружающей сре- ды от —50 ÷ +60 °С, влаж- ность — до 95 %, вибрация с частотой до 25 Гц и амплиту- дой до 0,1 мм
ВТП-160	—0,06 ÷ 0; —0,1—0				
МВТП-160	От —0,1—0,06 до —0,1—2,4				
МТП-160А	От 0—0,6 до 0—60				
МВТП-160А	От —1—0,5 до —0,1— 2,4				
МТ-1	От 0—0,16 до 0—40 (для ацетилена 0— 0,4 и 0—4)	4	60	Радиальное фланца	Для измерения давления жид- ких и газообразных сред, не аг- рессивных к латуни, бронзе и припоям, в том числе кислоро- да и ацетилена. Температура окружающего воздуха —60 ÷ +60 °С, влажность — до 80 %.
МТ-2				Радиальное с зад- ним фланцем	

МТ-3 МТ-4	Штуцер с резьбой М12×1,5	Осовое с передним фланцем						
		Осовое без фланца						
СВ. 1903	модель	0—250; 0—400 0—600; 0—1000	1	250	Радiallyное, шту- цер М33×2			Для измерения давления взры- вобезопасных некристаллизу- ющихся жидкостей, нейтральных к сталям. Температура окружа- ющего воздуха 5—35 °С, влаж- ность — до 80 %
ТмМП-52М1	От —0,16—0 до —40—0 кПа	1,5	Длина шкалы 140 мм	Трубки с внутрен- ним 3 мм	Для измерения давления (из- быточного и вакуумметричес- кого) неагрессивных газов в химии, металлургии, энергетике и др. Температура окружа- ющего воздуха —50÷+70 °С, влажность — до 98 % при 35 °С			
НМП-52М1	От 0—0,16 до 0— 40 кПа							
ТНМП-52М1	От —0,08÷+0,08 до —20÷+20 кПа							
ТмМП-100М1	От —0,4÷0 до —40÷ 0 кПа	1,5 и 2,5	100	Трубки с внутрен- ним диаметром не менее 2,5 мм	Тягомеры ТмМП-100, напоро- меры НМП-100 и тягонапоро- меры ТНМП-100 предназна- чены для измерения давления (избыточного и вакуумметри- ческого) неагрессивных газов и воздуха. ДТмМП-100, ДНМП- 100 и ДТНМП-100 — дифма- нометры для измерения разно-			
ДТмМП-100М1								
НМП-100М1	От 0—0,4 до 0—40 кПа							
ДНМП-100М1								
ТНМП-100М1	От —0,2 ÷ +0,2 до —20÷+20 кПа							
ДТНМП-100М1								

Продолжение табл. 2.2

Тип	Пределы измерения, МПа	Класс точности	Диаметр корпуса, мм	Тип соединения и резьба штуцера	Примечание
МТП-100/1-ВУ*	От 0—0,1 до 0—60	2,5	100	Радиальное, М20×1,5	сти давлений. Температура окружающей среды —40 ÷ +50 °С, влажность 30 — 80 % (тропическое исполнение: температура —30 ÷ +55 °С и влажность до 98 % при 35 °С)
МТП-100/2-ВУ*					
МВТП-100/1-ВУ*	От —0,1 ÷ 0,06 до —0,1 ÷ 2,4				Для измерения давления жидкостей и газов, не агрессивных к медным сплавам и стали. Виброустойчивые. Температура окружающей среды —50 ÷ +60 °С при относительной влажности до 95 % при 35 °С (тропическое исполнение: температура —20 ÷ +55 °С и влажность до 98 % при 35 °С). Вибрация при частотах от 5 до 80 Гц с амплитудой 1,5 мм и ускорением до 15 м/с ²
МВТП-100/2-ВУ*					

МТПС _д -100-ОМ2	От 0—0,1 до 0—0,6	2,5	100	Радиальное фланцем и фланца М20×1,5	с без	Для измерения давления жидкостей, газов и водного пара в судовых установках, а также для измерения давления хладонов 12, 13, 22, 142, 502 и кислорода. Отклонение от вертикали — до 45°, виброустойчивы при частотах 5—30 Гц; температура окружающего воздуха —60÷65°С, относительная влажность — до 100 % при 35°С, устойчивы к морскому туману
ВТПС _д -100-ОМ2	От 0—1 до 0—60	1,5 и 2,5				
	—0,1÷0					
МВТПС _д -100-ОМ2	От —0,1÷0,06 до —0,1÷2,4	2,5				
МТП-1	От 0—0,1 до 0—40 (для ацетилен 0—0,4 и 0—4)	1,5; 2,5 и 4	60	Радиальное фланца	без	Штуцер М12×1,5. Для измерения давления жидкостей и газов, в том числе водорода, кислорода, ацетилена. Температура окружающей среды —60÷+60°С, влажность — до 98 %, вибрация с частотой до 25 Гц и амплитудой до 0,1 мм
МТП-2				Радиальное, задний фланец		
МТП-3				Осевое, передний фланец		
МТП-4				Осевое без фланца		

Продолжение табл. 2.2

Тип	Пределы измерения, МПа	Класс точности	Диаметр корпуса, мм	Тип соединения и резьба штуцера	Примечание
М1Д-1	0—0,16	2,5	40	Осевое М10×1	Для измерения давления неагрессивных жидкостей, газов и паров. Исполнение пылезащитное. Температура окружающего воздуха $-50 \div +60$ °С, относительная влажность 30—80 %
М1Д-2	0—0,2				
М1Д-3	0—0,25				
М1Д-4	0—0,4				
М1Д-5	0—0,6				
М1Д-6	0—1				
М1Д-7	0—1,6				
М1Д-8	0—2,5				
М1Д-9	0—4				
М1Д-10	0—6				
М1Д-11	0—10				
М1Д-12	0—16				
М1Д-13	0—25				

Таблица 2.3. Технические характеристики показывающих манометров, мановакуумметров и вакуумметров для специальных сред и условий

Тип	Пределы измерения, МПа	Класс точности	Диаметр корпуса, мм	Тип подсоединения и резьба штуцера	Примечание
ММП-160-Кс	От 0—0,1 до 0—2,5	1,5 и 2,5	160	Радиальное, или фланец с отверстием 81 мм	Для измерения давления агрессивных некристаллизующихся жидких и газообразных сред, в том числе вязких и загрязненных жидкостей. Температура окружающего воздуха —50÷+60 °С, влажность — до 95 % при 35 °С, при наклоне до 45° к вертикали
ВМП-160-Кс	—0,1÷0				
МВМП-160-Кс	От —0,1÷0,06 до —0,1—2,4				
ММ-40С1*	0—4	4	40	Осевое, М10×1,5	Для измерения давления кислорода в дыхательной аппаратуре. Температура окружающего воздуха —50÷+60 °С, влажность — до 95 % при 35 °С
ММ-40С2*	0—25				
613	0—0,25	4	40	Осевое, М10×0,75	Манометры с сильфонным разделителем и капиллярным трубопроводом длиной 1,2—12 м. Температура окружающего воздуха —50÷+160 °С, влажность — до 80 %
МТС-16У	0—1,6				

Тип	Пределы измерения, МПа	Класс точности	Диаметр корпуса, мм	Тип подсоединения и резьба штуцера	Примечание
МТП-60С	0—1,6	2,5	60	—	Температура —50 ÷ +50 °С, влажность — до 95 %
МВП4-СМ-Т	—0,1 ÷ 0,15; —0,1 ÷ 0,5	1,5 и 2,5	160	Радиальное М20 × 1,5	Для измерения давления аммиака с маслом, хладонов 12, 22 с маслом. Температура —50 ÷ +60 °С, влажность — до 80 %

Таблица 2.4. Технические характеристики показывающих, сигнализирующих манометров, мановакуумметров и вакуумметров

Тип	Пределы измерения, МПа	Класс точности	Диаметр корпуса, мм	Тип подсоединения и резьба штуцера	Примечание
ЭКМ-1У	От 0—0,1 до 0—10	1,5	160	Радиальное, М20 × 1,5	Для измерения давления жидких и газообразных сред, не агрессивных для медных сплавов и сталей, и сигнализации о достижении крайних значений рабочего давления или позиционного регулирования. Питание 220 В, разрывная мощность контактов
ЭКМ-2У	От 0—16 до 0—160				
ЭКМВ-1У	От —0,1 ÷ 0,06 до —0,1 ÷ 2,4				
ЭКВ-1У	—0,1 ÷ 0				

					10 В·А, температура 0---60 °С, влажность — до 80 %
					То же, что и ЭКМ, но во взрывоне- проницаемом корпусе
					Для измерения, сигнализации и пози- ционного регулирования давления жидкостей, газов и паров, не агрес- сивных к стали 08Х17Т и сплаву З6НХТЮ. Виброустойчивые, пыле- и брызгозащищенные
					То же, но виброустойчивые, коррози- онно-стойкие, взрывозащищенные

																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			</
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----

Манометры и измерительные преобразователи устанавливаются, как правило, вблизи точек измерения (отбора давления) в местах, удобных для обслуживания. Исключение составляют средства измерения давления систем внутриреакторного контроля и ряда других систем АЭС, которые располагаются на значительном расстоянии от точек отбора. При несоответствии уровней расположения точек отбора давления и манометров возможно возникновение систематической погрешности, вызванной давлением столба жидкости в импульсной линии. Установка манометров, отбор давления и прокладка импульсных линий регламентируются внутриведомственными нормами и типовыми чертежами. Эти документы устанавливают, как должны подключаться манометры и измерительные преобразователи к точкам отбора давления в зависимости от рода измеряемой среды, температуры, давления, диаметра трубопровода, степени запыленности, агрессивности, вязкости и других условий, которые оказывают влияние на нормальную работу всей установки для измерения давления.

В табл. 2.1 приведены технические характеристики образцовых приборов для измерения давления и разрежения и приборов для точных измерений.

Технические манометры выпускаются таких конструкций, которые позволяют крепить их на щитах, панелях или непосредственно на импульсных линиях. Различают следующие разновидности: с радиальным расположением подсоединительного штуцера без фланца для крепления и с задним фланцем, с осевым расположением подсоединительного штуцера с передним фланцем для крепления или без него. Технические характеристики общепромышленных показывающих манометров, в том числе варианты их крепления к щиту управления, приведены в табл. 2.2, а манометров для специальных сред и условий — в табл. 2.3. В табл. 2.4 представлены технические характеристики показывающих манометров с сигнализирующими или двухпозиционными регулирующими устройствами. Технические характеристики самопишущих регулирующих манометров даны в табл. 2.5.

В табл. 2.6 приведены технические характеристики преобразователей давления, в табл. 2.7 — технические характеристики самопишущих и показывающих дифманометров, а в табл. 2.8 — измерительных преобразователей разности давлений. В табл. 2.9 представлены технические характеристики измерительных преобразователей давления и разности давлений типа «Сапфир-22» различных типов и модификаций. Технические характеристики средств измерения давления всех типов приведены в [18].

2.3. Вспомогательные устройства к средствам измерения и регулирования давления, разрежения и разности давлений

Для предохранения внутренней полости чувствительного элемента от попадания измеряемой среды (агрессивной, горячей или кристаллизующейся), а также от попадания сред, несущих твердые частицы, или сред, из которых выпадают осадки, применяются разделительные сосуды и мембранные разделители (см. § 3.3). Разделители типов РМ 5319 и РМ 5320 рассчитаны на давление до 2,5 МПа (25 кгс/см²), а РМ 5321 и РМ 5322 — на давление 4—

Т а б л и ц а 2.5. Технические характеристики самопишущих и регулирующих манометров, мановакуумметров и вакуумметров

Тип	Пределы измерения, МПа	Класс точности	Число регистрируемых параметров	Тип привода диаграммы	Примечание
МТС-711	От 0—0,06 до 0—160	1	1	Синхронный микродвигатель	Для измерения избыточного и вакуумметрического давления неагрессивных газов, паров и жидкостей и непрерывной записи во времени на дисковой диаграмме. Питание напряжением 220 В, 50 Гц, или 240 В, 60 Гц. Время оборота диаграммы 24 ч, или по заказу 8 ч с электродвигателем, или 12 ч с часовым механизмом. Температура воздуха 5—60 °С, влажность — до 80 %. Самопишущие и регулирующие приборы имеют после цифрового обозначения индекс Р, выходной сигнал — пневматический, питание регулирующего узла — воздухом давлением 0,14 МПа. Остальные характеристики регулирующих приборов МТ-711Р, МТ-712Р, МВТ-711Р, МВТ-712Р, ВТ-711Р и ВТ-712Р идентичны характеристикам самопишущих приборов МТС-711, МТС-712, МВТС-711, МВТС-712, ВТС-711 и ВТС-712
МТ2С-711			2		
МТС-712			1	Часовой механизм	
МТ2С-712			2		
МВТС-711	От -0,1÷-0,06 до -0,1÷-2,4	—	1	Синхронный микродвигатель	
МВТ2С-711			2		
МВТС-712			1	Часовой механизм	
МВТ2С-712			2		
ВТС-711	-0,06÷0 -0,1—0	—	1	Синхронный микродвигатель	
ВТ2С-711			2		
ВТС-712			1	Часовой механизм	
ВТ2С-712			2		

Таблица 2.6. Технические характеристики преобразователей давления

Тип преобразователя	Модель	Наименование	Пределы измерения, МПа	Предел допускаемой основной погрешности, %	Выходной сигнал	Примечание
МПЭ-МИ*	—	Манометр	От 0—0,1 до 0—60	$\pm 0,6; \pm 1; \pm 1,5$	0—5; 0—20 и 4—20 мА постоянного тока	Питание 220 В, 50 Гц, потребляемая мощность 5 В·А, сопротивление нагрузки — до 1 кОм. Температура окружающей среды 5—60 °С, влажность — до 80 %. Время установления показаний 0,1 с
ИПД	89006	Манометр	0—0,006; 0—0,0063	$\pm 0,25$	Значение может быть изменено	Для измерения давления сред, коррозионно-стойких к стали 12Х18Н10Т и сплаву 36НХТЮ. Питание 220 В, 50 Гц, потребляемая мощность 12 В·А. Входное сопротивление измерительного прибора — не менее 20 МОм. Температура окружающего воздуха 10—35 °С, относительная влажность — до 80 %
			0—0,01	$\pm 0,15$		
			0—0,016	$\pm 0,1; \pm 0,15$		
			От 0—0,025 до 0—16	$\pm 0,06; \pm 0,1; \pm 0,15$		
	89008	Манометр	0—0,006; 0—0,0063 0—0,01	$\pm 0,25$ $\pm 0,15$		

		0—0,016	$\pm 0,1; \pm 0,15$	
		От 0—0,025 до 0—16	$\pm 0,06;$ $\pm 0,1; \pm 0,15$	
	Вакуумметр	$-0,01 \div 0;$ $-0,016 \div 0;$ $-0,025 \div 0;$ $-0,04 \div 0;$ $-0,06 \div 0;$ $-0,1 \div 0$	$\pm 0,15$	
ИПДЦ	89014 и 89018	Манометр	0—0,006; 0—0,0063	$\pm 0,25$
			0—0,01	$\pm 0,15$
			0—0,016	$\pm 0,1; \pm 0,15$
			От 0—0,025 до 0—16	$\pm 0,06;$ $\pm 0,1; \pm 0,15$
			От $-0,01 \div 0$ до $-0,06 \div 0$	$\pm 0,15$
	Вакуумметр	$-0,1—0$	$\pm 0,15;$ $\pm 0,25$	
ДДЧ	Манометр	От 0—0,1 до 0—160	$\pm 2,5$	2000— 3000 Гц

Комплекс, состоящий из ИПДЦ и цифрового вольтметра. Является образцовым средством измерения. Питание 220 В, 50 Гц; потребляемая мощность 27 В·А. Температура $23 \pm 5^\circ\text{C}$, влажность — до 80 %

Питание — от источника постоянного тока 12 В, потребляемая мощность 0,03 В·А, сопротивление нагрузки 1400 Ом

Продолжение табл. 2.6

Тип преобразователя	Модель	Наименование	Пределы измерения, МПа	Предел допускаемой основной погрешности, %	Выходной сигнал	Примечание
ДД	ДД-1	Дифференциатор давления для измерения скорости падения давления	0—0,1 МПа/с	±10	0—5; 0—20; 4—20 мА	Для измерения скорости изменения давления жидкостей, газов и паров неагрессивных к сплавам 36НХЮТ и 12Х18Н10Т. Максимальное рабочее давление 18 МПа, питание 220 В, 50 или 60 Гц, потребляемая мощность 8 В·А, сопротивление на грузки — до 1000 Ом. Время установления показаний 2 с, температура окружающего воздуха 5—60 °С, влажность — до 80 %, вибрация — до 0,2 мм при 30 Гц
	ДД-2,5		0—0,25 МПа/с			
	ДД-1Н	То же, для нарастания давления	0—0,1 МПа/с			
	ДД-2,5Н		0—0,25 МПа/с			
ДТ-2*	ДТ-2-50	Дифференциальный тягомер	0—0,5 кПа	—	0—10 мГн	Для измерения отклонений малых давлений, разрежений или разности двух давлений. Максимальное рабочее давление 0,05 МПа, температура среды — до 50 °С
	ДТ-2-100		0—1 кПа			
	ДТ-2-200		0—2 кПа			

	ДТ-2-300		0—3 кПа			питание 12 В, 50 или 60 Гц, температура воздуха 5—50 °С, влажность — до 80 %
13ДИ13	—	Манометр	От 0—0,01 до 0—6	$\pm 0,6; \pm 1$	0,02—0,1 МПа	Преобразователи давления (избыточного, вакуумметрического и абсолютного) в пневматический выходной сигнал. Питание воздухом давлением 0,14 МПа. Длина линии связи 150 м при 4 мм или 300 м при 6 мм. Температура окружающего воздуха от —50 до +80 °С, влажность — до 95 % при 35 °С
13ДИ30-К			От 0—0,6 до 0—6			
13ДИ14			От 0—10 до 0—100			
13ДВ13			От —0,01 ÷ 0 до —0,1 ÷ 0			
13ДИВ13	—	Мановакуумметр	От —0,005 ÷ 0,005 до —0,005 ÷ 0,05	$\pm 0,6; \pm 1$ $\pm 1,5$		Преобразователи давления (избыточного, вакуумметрического и абсолютного) в пневматический выходной сигнал. Питание воздухом давлением 0,14 МПа.
			От —0,1 ÷ 0,06 до —0,1 ÷ 2,4			
13ДА13			От 0—0,04 до 0—2,5			
13ДИ10	—	Манометр	От 0—0,4 до 0—10 КПа	$\pm 0,6; \pm 1$ $\pm 1,5$		
13ДИ30			От 0—0,01 до 0—10			
13ДИ40			От 0—10 до 0—100			

Продолжение табл. 2.6

Тип преобразователя	Модель	Наименование	Пределы измерения, МПа	Предел допускаемой основной погрешности, %	Выходной сигнал	Примечание
13ДА10	—	Манометр абсолютного давления	От 0—0,0025 до 0—0,04	±1; ±1,5	0,02—0,1 МПа	Длина линии передачи — до 300 м. Температура окружающего воздуха — от —50÷+80 °С, влажность — до 98 % при температуре до 35 °С и до 80 % при температуре выше 35 °С
13ДА30	—		От 0—0,04 до 0—2,5			
13ДВ10	—	Вакуумметр	От —0,4÷0 до —10÷0 КПа	±0,6; ±1; ±1,5		
13ДВ30	—		От —0,01÷0 до —0,1÷0			
13ДИВ10	—	Мановакуумметр	От —0,005÷0,005 до —0,1÷2,4	±0,6; ±1; ±1,5	0—5; 4—20 мА	Для измерения гелия, азота, нейтральных газов и жидкостей при температуре 4—300 К. Температура окружающего воздуха 5—50 °С, влажность — до 65 %. Питание 220 В, 50 Гц, потребляемая мощность 12 В·А
13ДИВ30	—					
Криос—ДА-10	—	Преобразователь абсолютного давления	0—1,0	±1		
Криос—ДА-11	—		0—2,5			

Таблица 2.7. Технические характеристики показывающих и самопишущих дифманометров

Тип	Наименование	Пределы измерения, кПа	Класс точности	Условное давление, МПа	Показатели функционирования	Примечание
МДФ1-100	Манометр дифференциальный	0—1000	1,5	1	Для одновременного измерения давления в двух различных системах и их разности	Температура окружающей среды 0—60 °С, влажность — до 80 %. Температура —50 ÷ 60 °С, влажность — до 80 %
МДП4-СМ-Т		—100 ÷ 900	1,5	—		
ДСП-160М	Перепадамеры и расходомеры	От 0—6,3 до 0—250	1 и 1,5	16	Показывающие	Температура — от —50 ÷ +90 °С, влажность — до 100 % при 35 °С. Температура —40 ÷ 70 °С, влажность — до 100 % при 35 °С. Питание 220, 240 или 36 В, частота 50 или 60 Гц, потребляемая мощность 1,5 В·А
ДСП-4Сг		От 0—40 до 0—630		32	Показывающие и сигнализирующие	
ДСП-71*	Расходомеры, перепадамеры и уровнемеры	От 0—6,3 до 0—250 на условное давление 16 МПа, от 0—40 до 0—630 на условное давление 32 МПа	1 и 1,5	16 и 32	Показывающие	Питание от сети переменного тока 220 В, 50 Гц, или 220, или 240 В, 50 или 60 Гц.
ДСП-71С*					Показывающие с электросигнальным устройством	

Продолжение табл. 2.7

Тип	Наименование	Пределы измерения, кПа	Класс точности	Условное давление, МПа	Показатели функционирования	Примечание
ДСП-71Пн*					Показывающие с пневматическим преобразователем	Давление воздуха питания 0,14 МПа, выходной сигнал 0,02—0,1 МПа. Пневматический сигнал передается на расстояние до 300 м. Температура окружающей среды — от $-50 \div +70^\circ\text{C}$ (ДСП-71): $-50 \div +50^\circ\text{C}$ (ДСП-71Ип, ДСП-71Сг) и $-10 \div 50^\circ\text{C}$ (остальные типы)
ДСП-71Ип*					Показывающие с интегратором	
ДСС-711	Расходомеры, перепладомеры и уровнемеры	От 0—6,3 до 0—250 на условное давление 16 МПа, от 0—40 до 0—630 на условное давление 32 МПа	1 и 1,5	16 и 32	Самопишущие с приводом диаграммы от электродвигателя	
ДСС-71Ипн					То же, что ДСС-711, но с интегратором	
ДСС-71Пг					То же, что ДСС-711, но с пневматическим регулирующим устройством	
ДСС-712М					Самопишущие с приводом диаграммы от часового механизма	

ДСС-712Рг			То же, что ДСС-712М, но с пневматическим регулирующим устройством
ДСС-711-2С	Дополнительная запись избыточного давления от 0—0,6 до 0—16 МПа (на условное давление 16 МПа); от 0—1,6 до 0—40 (на условное давление 32 МПа)		То же, что ДСС-711, но с дополнительной записью избыточного давления
ДСС-711Ин-2С			То же, что ДСС-711-2С, но с интегратором
ДСС-712-2С			То же, что ДСС-712М, но с дополнительной записью избыточного давления

Таблица 2.8. Технические характеристики измерительных преобразователей разности давлений

Тип	Модель	Пределы измерения, кПа	Предел допускаемой основной погрешности, %	Условное давление, МПа	Выходной сигнал	Примечание
ДМ-3583М	—	От 0—1,6 до 0—630	$\pm 1,5$	16	0—10 мГц	Температура —30÷50 °С, влажность — до 95 %, вибрация — до 0,1 мм при частоте до 25 Гц, переменные
ДМ-3583ФМ					10÷0÷10 мГц	

Тип	Мо- дель	Пределы измерения, кПа	Предел допускаемой основной погрешности, %	Условное давление, МПа	Выходной сигнал	Примечание
ДСЭТ-МИ*	—	От -1 ± 0 до $+4 \pm 0$	$\pm 0,6; \pm 1;$ $\pm 1,5$	0,1	0—5; 0—20; 4—20 мА	магнитные поля — до 400 А/м. Тип ДМ-3583ФМ работает с приборами ферродинамической системы
ДСЭН-МИ*		От 0—1 до 0—4				
ДСЭ-МИ*						
ДСЭР-М*						
ДМЭР-М*		От 0—4 до 0—1600		40	0—5 мА	Сильфонные дифманометры-поромеры (ДСЭТ-МИ), напоромеры (ДСЭН-МИ) и расходомеры (ДСЭР-М). Мембранные дифманометры-расходомеры (ДМЭР-М), уровнемеры (ДМЭУ-МИ). Питание 220 В, 50 или 60 Гц; или 240 В, 50 Гц; потребляемая мощность — не более 12 В·А, сопротивление нагрузки — до 2,5 кОм (0—5 мА) и до 1 кОм (0—20 и 4—20 мА). Температура воздуха — от 5 до 50 °С, влажность — до 95 % при 35 °С. Допустимая вибрация частотой до 30 Гц, амплитудой до 0,2 мм. Магнитные поля при 50 Гц до 400 А/м
ДМЭ-МИ*						
ДМЭУ-МИ*						

13ДД11

720	От 0—16 до 0—630	$\pm 0,6; \pm 1$	16	0,02—0,1 МПа	Давление питания воздуха 0,14 МПа. Максимальная длина линии связи 300 м. Температура окружающей среды $-50 \div +50^{\circ}\text{C}$
722	От 0—4 до 0—10		2,5		
728	От 0—16 до 0—160		40		
ДКО-3702	—	От 0—0,1 до 0—1	$\pm 1,5$	0,25	10—0—10 мГн

Таблица 2.9. Технические характеристики измерительных преобразователей типа «Сапфир-22»

Тип	Измери- тельный преобра- зователь	Мо- дель	Верхний предел или пределы измерения		Предел до- пускной по- грешности, %	Основное давление, МПа	Примечание
			кПа (кгс/м ²)	МПа (кгс/см ²)			
«Сапфир- 22ДА»	Абсолют- ного давления	2020	2,5 (250) и 4,0 (400)	—	$\pm 1,0$	—	Преобразователи типа «Сап- фир-22» предназначены для непрерывного преобразова- ния избыточного или абсо- лютного давления, разре- жения и разности давлений в токовый выходной сигнал дистанционной передачи 0— 5; 0—20 или 4—20 мА по- стоянного тока. Питание — от источника питания 42 В постоянного тока (4—20 мА) или 36 В постоянного тока (0—20) и 0—5 мА. Сопро- тивление нагрузки 2,5 кОм
		2030	От 6,0 (600) до 40 (4000)		$\pm 0,5$		
		2040	От 40 до 250	(От 0,4 до 2,5)			
		2050	—	От 0,4 до 2,5	$\pm 0,25;$		
		2051		(От 4 до 25)	$\pm 0,5$		
		2060		От 2,5 до 16 (От 25 до 160)			

Продолжение табл. 2.9

Тип	Измерительный преобразователь	Модель	Верхний предел или пределы измерения		Предел допускаемой погрешности, %	Условное давление, МПа	Примечание
			кПа (кгс/м²)	МПа (кгс/см²)			
«Сапфир-22ДИ»	Избыточного давления	2110	0,25 (25)	—	±1,0		(0—5 мА) или 1 кОм (0—20 и 4—20 мА). Потребляемая мощность 0,5—1,2 В·А. Каждый преобразователь имеет регулировку диапазона измерений и может быть настроен на любой диапазон, указанный для данной модели. Температура окружающей среды 1—50 °С (или 1—80 °С), влажность — до 95 ± 3 % при 35 °С. Преобразователь сейсмостойкий, выдерживает 9 баллов на отметке 20 м. Кроме указанных в таблице типов («Сапфир-22ДА», «Сапфир-22ДН»; «Сапфир-22ДВ»; «Сапфир-22ДД» и «Сапфир 22ДНВ») выпускаются дифманометры — уровнемеры «Сапфир-22ДГ» (по гидростатическому давлению), буйковые преобразователи уровня
			0,4 (40)		±0,5		
			От 0,6 (60) до 1,6 (160)		±0,25; ±0,5		
	2120	От 2,5 (250) до 6,0 (600)		±0,5			
		10 (1000)					
		6,0 (600); 25 (2500); 40 (4000)		±0,25; ±0,5			
	2130	10 (1000); 16 (1600)		±0,5			
2140	От 40 до 250	(От 0,4 до 2,5)	±0,25; ±0,5				
2150	—	От 0,4 до 2,5 (От 4 до 25)					

«Сапфир-22ДУ», а также преобразователи разности давлений кислородсодержащих сред «Сапфир-22К. Преобразователи могут выпускаться искробезопасного исполнения (Ex), взрывонепроницаемого исполнения (Вн) и для высокотемпературных сред (ВТ), например «Сапфир-22ДГ-Ex», «Сапфир-22ДД-Вн» и «Сапфир-22ДН-ВТ»

«Сапфир-22ДВ»	Разрежения	2151	—	±1	От 2,5 до 16 (От 25 до 160)
		2160			
		2161			
		2170			
		2171			
«Сапфир-22ДВ»	Разности давлений	2210	—0,25 (25)	—	От 16 (160) до 100 (1000)
		2220	От —0,4 (40) до —1,6 (160)		
		2230	От —2,5 (250) до —10 (1000)		
		2240	От —6 (600) до —40 (4000)		
		2240	От —40 до —100 (От 0,4 до 1,0)		
Сапфир-22ДД»	Разности давлений	2410	0,25 (25)	—	±0,5; ±1
		2420	От 0,4 (40) до 1,6 (160)		
		2420	От 1,0 (160) до 10 (1000)		
				±0,5; ±1	4

Продолжение табл. 2.9

Продолжение табл. 2.9

Тип	Измерительный преобразователь	Модель	Верхний предел или пределы измерения		Предел допускаемой погрешности, %	Основное давление, МПа	Примечание
			кПа (кгс/м²)	МПа (кгс/см²)			
		2430	От 6,3 (630) до 40 (4000)			16	
		2434	—	От 0,04 (0,4) до 0,25 (2,5)		40	
		2440				16	
		2444				40	
		2450				16	
		2460				25	
		«Сапфир-22ДГ»	Гидростатического давления (уровня)	2520	От 2,5 (250) до 10 (1000)	—	±0,25;
2530	От 6 (600) до 40 (4000)				±0,5		
2540	От 40 (4000) до 250 (25 000)						

	Разрежения, кПа (кгс/м ²)	Избыточного дав- ления кПа (кгс/м ²)	±1
2310	—0,125 (12,5)	+0,125 (12,5)	±1
	—0,2 (20) —0,3 (30)	+0,2 (20) +0,3 (30)	±0,5
	—0,5 (50) —0,8 (80)	+0,5 (50) +0,8 (80)	±0,25; ±0,5
2320	—1,25 (125)	+1,25 (125)	±0,25; ±0,5
	—2 (200); —3 (300); —5 (500)	+2 (200); +3 (300); +5 (500)	±0,5
2330	—3 (300); —5 (500); —8 (800); —12,5 (1250); —20 (2000)	+3 (300); +5 (500); +8 (800); +12,5 (1250); +20 (2000)	
2340	—20 (2000); —30 (3000); —50 (5000); —100 (10 000); —100 (10 000)	+20 (2000); +30 (3000); 50 (5000); +60 (6000); +150 (15 000)	
2350		+300 (30 000); +500 (50 000); +900 (90 000); +1500 (150 000); +2400 (240 000)	
2351	—100 (10 000)		

60 МПа (40—600 кгс/см²). Разделители РМ 5320 и РМ 5322 выполнены с открытой мембраной для кристаллизующихся, выделяющих осадки или несущих твердые взвешенные частицы сред. По специальному заказу сторона мембраны, соприкасающаяся с измеряемой средой, может быть покрыта пленкой фторопласта, а прокладка изготовлена из фторопласта.

Дополнительная погрешность измерения, вносимая разделителями, не должна превышать $\pm 1\%$.

Для очистки воздуха питания пневматических приборов и средств автоматизации от механических частиц, масла и влаги применяются воздушные фильтры. Технические характеристики фильтров приведены в табл. 2.10.

Т а б л и ц а 2.10. Технические характеристики фильтров воздуха

Тип	Максимальный расход, л/мин	Давление на входе, МПа		Потери давления, МПа	Степень очистки, %	Температура окружающего воздуха, °С
		максимальное	минимальное			
ФВ-1,6	26,6	0,6	0,3	0,02 при 0,3 МПа	99,95	—50 ÷ 50
ФВ-6	60	0,8	0,35	0,02 при 0,35 МПа		
ФВ-25	300					

Глава третья ИЗМЕРЕНИЕ РАСХОДА

3.1. Общие сведения об измерении расхода

Расходом называется количество вещества, проходящего в единицу времени через данный технологический трубопровод или через сечение данного технологического участка, канала. Различают объемный расход, например л/с, м³/ч и т. п., и массовый расход, например кг/мин, т/ч, г/с и т. п. Средства измерения расхода вещества называются расходомерами или преобразователями расхода, если они не имеют шкалы. Кроме расходомеров широко применяются счетчики количества, служащие для измерения количества вещества, прошедшего через счетчик за какой-то промежуток времени.

Некоторые приборы обеспечивают одновременное измерение расхода и количества, они называются расходомерами со счетчиком.

Самое широкое распространение среди средств измерения расхода получили расходомеры переменного перепада давления, которые используют зависимость перепада давления на сужающем устройстве, установленном в трубопроводе, от расхода. Расходомеры переменного перепада давления применяются для измерения средних и больших расходов — от 1 м³/ч и более в трубопроводах от 50 мм (в отдельных случаях от 12 мм) и более.

В химии часто применяются ротаметры, являющиеся наиболее распространенной разновидностью расходомеров постоянного перепада давления. Ротаметры могут измерять очень малые расходы различных сред, в том числе агрессивных.

Выпускаются электромагнитные расходомеры, основанные на зависимости ЭДС, возникающей при движении электропроводящей жидкости в магнитном поле, от расхода этой жидкости. Они применяются для измерения расхода электропроводящих сред в трубопроводах диаметром 2—3600 мм. Для трубопроводов больших диаметров выпускаются зондовые электромагнитные преобразователи, измеряющие скорость в одной или нескольких точках сечения, по которым определяется расход [15, 16].

Тахометрические расходомеры и счетчики количества используют зависимость частоты вращения тела, установленного в трубопроводе, от скорости движения среды или ее объема. Это наиболее точный метод измерения, который получил очень широкое распространение за рубежом для коммерческих расчетов. Погрешность таких расходомеров может быть не более 0,25 % для жидкостей и 0,5 % для газов. Однако почти все они имеют ограниченный срок службы. Исключения составляют шаровые расходомеры с гидродинамическим подвесом, но конструкция их ротора не обеспечивает пока высокой точности измерения. Остальные типы расходомеров имеют ограниченное применение.

3.2. Расходомеры с сужающими устройствами

Различают расходомеры со стандартными [16] и специальными [17] сужающими устройствами. Принципиальным преимуществом их по сравнению со всеми остальными расходомерами является возможность определить градуировочную характеристику расчетным путем. Для стандартных и специальных сужающих устройств должны быть соблюдены следующие условия измерения: движение потока до и после сужающего устройства должно быть стационарным; измеряемая среда должна заполнять все поперечное сечение трубопровода до и после сужающего устройства; во внутренней полости прямых участков трубопровода до и после сужающего устройства не должны скапливаться осадки в виде пыли, песка, металлических предметов и других загрязнений; на поверхности сужающего устройства не должны образовываться отложения, изменяющие его геометрию или конструктивные размеры. Кроме того, для стандартных сужающих устройств поток должен быть турбулентным и при прохождении через сужающее устройство среда не должна менять своего фазового состояния (жидкость не должна испаряться хотя бы частично, пар — конденсироваться и т. п.).

Для специальных сужающих устройств допускается наличие примесей другой фазы в измеряемой среде, не превышающих допускаемые значения, указанные в табл. 3.1.

Комплект для измерения расхода состоит из сужающего устройства, изготовленного и установленного в соответствии с [16] или [17], соединительных (импульсных) линий и дифференциального манометра-расходомера (см. § 2.2).

В табл. 3.2 приведены типоразмеры стандартных диафрагм камерных (ДК) и бескамерных (ДБ), а в табл. 3.3 и 3.4 — технические данные этих же диафрагм.

Таблица 3.1. Допускаемое относительное объемное содержание примесей в измеряемой среде для специальных сужающих устройств [17]*

Измеряемая среда	Примеси	Допускаемое содержание
Газ	Жидкие и твердые	$\eta = \frac{V_{\text{пр}}}{V_{\text{и.с}}} \leq 0,05 \frac{\rho}{\rho_{\text{пр}}}$
Жидкость	Газообразные	$\eta = \frac{V_{\text{пр}}}{V_{\text{и.с}}} \leq \frac{0,003}{1 - \frac{\rho_{\text{пр}}}{\rho}}$
	Твердые	$\eta = \frac{V_{\text{пр}}}{V_{\text{и.с}}} \leq \frac{0,003}{\left \frac{\rho_{\text{пр}}}{\rho} - 1 \right }$, но не более 0,0015

* Допускаемое относительное объемное содержание примесей для сегментных диафрагм указано ниже, на с. 163.

Условные обозначения вариантов соединения диафрагм с импульсными линиями, уравнительными конденсационными и уравнительными сосудами представлены в табл. 3.5. Камерные и бескамерные диафрагмы поставляются комплектно с дифманометрами. Диафрагмы в зависимости от разновидности соединений поставляются: с одной парой отбора с приваренными импульсными трубками (соединения 1—4, табл. 3.5); с одной парой отбора комплектно с уравнительными конденсационными сосудами (соединения 5—9); с одной парой отбора комплектно с импульсными трубками и уравнительными или разделительными сосудами (соединения 10—13); с несколькими парами отборов без импульсных трубок; с несколькими парами отборов комплектно с уравнительными конденсационными сосудами; с несколькими парами отборов комплектно с уравнительными сосудами.

При заказе указываются наименование и тип диафрагмы, условное давление, диаметр условного прохода, исполнение камер, материал диска, камер, сосудов и трубок, номер соединения, номер ГОСТ.

Стандартные сопла, сопла Вентури и трубы Вентури изготавливаются в соответствии с требованиями [16].

При выборе стандартных сужающих устройств необходимо учитывать следующие соображения: потери давления в сужающих устройствах, которые возрастают в следующей последовательности: труба Вентури, длинное сопло Вентури, короткое сопло Вентури, сопло, диафрагма; при одних и тех же значениях относительной площади m и перепада давления Δp и прочих равных условиях сопло позволяет измерять больший расход, чем диафрагма, и обеспечивает

Т а б л и ц а 3.2. Типоразмеры стандартных диафрагм

Условный проход, мм	Условное давление, МПа					
	0,25	0,6	1	1,6	2,5	4
50	—	ДК 6-50	—	ДК 16-50	ДК 25-50	ДК 40-50
65	—	ДК 6-65	—	ДК 16-65	ДК 25-65	ДК 40-65
80	—	ДК 6-80	—	ДК 16-80	ДК 25-80	ДК 40-80
100	—	ДК 6-100	—	ДК 16-100	ДК 25-100	ДК 40-100
125	—	ДК 6-125	—	ДК 16-125	ДК 25-125	ДК 40-125
150	—	ДК 6-150	—	ДК 16-150	ДК 25-150	ДК 40-150
200	—	ДК 6-200	—	ДК 16-200	ДК 25-200	ДК 40-200
250	—	ДК 6-250	—	ДК 16-250	ДК 25-250	ДК 40-250
300	—	ДК 6-300	—	ДК 16-300	ДК 25-300	ДК 40-300
350	—	ДК 6-350	—	ДК 16-350	ДК 25-350	ДК 40-350
400	ДБ 2,5-400	ДБ 6-400	ДБ 10-400	ДБ 16-400	ДБ 25-400	—
	—	ДК 6-400	—	ДК 16-400	ДК 25-400	ДК 40-400
500	ДБ 2,5-500	ДБ 6-500	ДБ 10-500	ДБ 16-500	ДБ 25-500	ДБ 40-500
	—	ДК 6-500	—	ДК 16-500	ДК 25-500	ДК 40-500
600	ДБ 2,5-600	ДБ 6-600	ДБ 10-600	ДБ 16-600	ДБ 25-600	ДБ 40-600
700	ДБ 2,5-700	ДБ 6-700	ДБ 10-700	ДБ 16-700	ДБ 25-700	ДБ 40-700
800	ДБ 2,5-800	ДБ 6-800	ДБ 10-800	ДБ 16-800	ДБ 25-800	—
1000	ДБ 2,5-1000	ДБ 6-1000	ДБ 10-1000	ДБ 16-1000	ДБ 25-1000	—
1200	ДБ 2,5-1200	ДБ 6-1200	ДБ 10-1200	ДБ 16-1200	ДБ 25-1200	—

Условный проход, мм	Условное давление, МПа					
	10	16	20	25	32	
50	ДК 100-50	ДБ 160-50	ДБ 200-50	ДБ 250-50	ДБ 320-50	
65	ДК 100-65	ДБ 160-65	ДБ 200-65	ДБ 250-65	ДБ 320-65	
80	ДК 100-80	ДБ 160-80	ДБ 200-80	ДБ 250-80	ДБ 320-80	
100	ДК 100-100	ДБ 160-100	ДБ 200-100	ДБ 250-100	ДБ 320-100	
125	ДК 100-125	ДБ 160-125	ДБ 200-125	ДБ 250-125	ДБ 320-125	
150	ДК 100-150	ДБ 160-150	ДБ 200-150	ДБ 250-150	ДБ 320-150	
200	ДК 100-200	ДБ 160-200	ДБ 200-200	ДБ 250-200	ДБ 320-200	
250	ДК 100-250	ДБ 160-250	ДБ 200-250	ДБ 250-250	ДБ 320-250	
300	ДК 100-300	ДБ 160-300	ДБ 200-300	ДБ 250-300	ДБ 320-300	
350	ДК 100-350	ДБ 160-350	ДБ 200-350	ДБ 250-350	ДБ 320-350	
400	— ДК 100-400	ДБ 160-400	ДБ 200-400	ДБ 250-400	ДБ 320-400	
500	—	—	—	—	—	
600	—	—	—	—	—	
700	—	—	—	—	—	
800	—	—	—	—	—	
1000	—	—	—	—	—	
1200	—	—	—	—	—	

Таблица 3.3. Технические характеристики камерных диафрагм

Условное давление, МПа	Диаметр ус- ловного про- хода, мм	Исполнение камер	Материал			
			диска	обозначе- ние	к камер, сосудов, трубок	обозначе- ние
0,6; 1,6; 2,5; 4	50—500	I — камера с вы- ступом; II — камера с вла- диной	Сталь 12X18H10T	б	Сталь 20	а
	Сталь 12X18H10T				б	
0,6; 1,6; 2,5 4; 10	50—400		Сталь 35	а	Сталь 35	а
			Сталь 12X18H10T	б	Сталь 12X18H10T	б
			Сталь 10X17H13M2T	в	Сталь 10X17H13M2T	в
10	50—400		Сталь 12X17	г	Сталь 12X17	г
0,6; 1,6; 2,5; 4	50—500	Сталь 12X18H10T	б	Сталь 20	а	
	50—400	Сталь 12X17	г			
10	50—400					

Таблица 3.4. Технические характеристики бескамерных диафрагм

Условное давление, МПа	Диаметр условного прохода, мм	Материал	
		диска	обозначе- ние
0,25; 0,6; 1; 1,6; 2,5	400—1200	Сталь 12X18H10T	б
4	500—700		
16; 20; 25; 32	50—400		
0,25; 0,6; 1; 1,6; 2,5	400—1000	Сталь 12X17	г
16; 20; 25; 32	50—400	Сталь 10X17H13M2T	в
0,25	400—1200	Сталь 12X17	г
0,6; 1; 1,6; 2,5	400—1000		

Таблица 3.5. Обозначения разновидностей соединений диафрагм с импульсными линиями, уравнительными конденсационными и уравнительными сосудами

Расположение трубопровода и направление потока	Измеряемая среда, разновидность соединения		
	Жидкость при $t < 120^\circ\text{C}$ или газ, соединение с им- пульсными труб- ками	Водяной пар, соединение с уравнитель- ными конден- сационными сосудами	Жидкость при $t > 120^\circ\text{C}$, соединение с уравнительны- ми сосудами
Горизонтальное, удален- ное от стены	1	5	10
Горизонтальное около стены, направление пото- ка слева направо	2	6	11
То же, направление по- тока справа налево	2	7	11
Вертикальное, направле- ние потока сверху вниз	3	8	12
Вертикальное, направле- ние потока снизу вверх	4	9	13

большую точность измерения, чем диафрагма, особенно при малых m ; изменение или загрязнение входного профиля сужающего устройства в процессе эксплуатации влияет на коэффициент расхода диафрагм больше, чем на коэффициент расхода сопла,

Специальные сужающие устройства изготавливаются в соответствии с требованиями [17]. Специальные сужающие устройства применяются на трубопроводах диаметром меньше 50 мм и при малых числах Рейнольдса (Re), что позволяет использовать их и для вязких жидкостей. В табл. 3.6 приведены допустимые области значений диаметров, относительных площадей и чисел Рейнольдса для специальных сужающих устройств.

При выборе специальных сужающих устройств необходимо учитывать следующие соображения: потеря давления в соплах при одних и тех же значениях m и Q меньше, чем в диафрагмах; при одних и тех же значениях m и Δp сопла позволяют измерять больший расход, чем диафрагмы; диафрагмы с входным конусом, сопла «четверть круга», двойные диафрагмы и цилиндрические сопла рекомендуются для измерения расхода сред при малых числах Рейнольдса, что имеет место в трубопроводах малого диаметра, при измерении вязких жидкостей и горячих газов; при измерении расхода загрязненных жидкостей и газов целесообразно применять сегментные диафрагмы, содержание жидкой фазы в газах при этом не должно превышать 0,4 ($\rho/\rho_{гр}$), а твердой фазы не более $\rho/\rho_{гр}$; для жидкостей, содержащих газовую фазу, измерение расхода возможно при $\Delta p/p \leq 0,04 + 4,8m^{0,4}$; износостойчивые диафрагмы (с входной и выходной коническими частями) целесообразно применять вместо стандартных диафрагм — это исключает износ входной кромки и увеличивает срок службы; стандартные диафрагмы для трубопроводов диаметром менее 50 мм целесообразно применять при измерении малых расходов газов (менее 50 м³/ч) и жидкостей (менее 5 м³/ч), обладающих кинематической вязкостью менее $1 \cdot 10^{-6}$ м²/с.

3.3. Вспомогательное оборудование для расходомеров с сужающими устройствами

Для того чтобы передать перепад давления от сужающего устройства к дифманометру без искажения, применяют различные типы вспомогательного оборудования. Например, при измерении расхода водяного пара импульсные линии, соединяющие сужающие устройства с дифманометром, заполнены конденсатом. Для того чтобы исключить влияние уровня и плотности конденсата в этих линиях на передаваемый перепад давления, необходимо поддерживать уровень конденсата в обеих линиях постоянным и одинаковым, а также обеспечивать равенство температур конденсата в обеих линиях. Для обеспечения постоянства уровня конденсата в импульсных линиях служат уравнительные конденсационные сосуды. Равенство температур обеспечивается прокладкой обеих импульсных линий в непосредственной близости одна от другой. Разновидности и технические характеристики уравнительных конденсационных сосудов различных видов исполнения приведены в табл. 3.7. Исполнения вида 1 и 5 — с прямой трубкой подсоединения к сужающему устройству, но сосуд исполнения 5 — малого размера. Исполнение 2 — с трубкой подсоединения, изогнутой вниз, исполнения 3 и 4 — с трубками, изогнутыми в разные стороны в горизонтальной плоскости. В табл. 3.8 приве-

Таблица 3.6. Допустимые значения диаметров трубопроводов, относительных площадей и чисел Рейнольдса для специальных сужающих устройств

Тип сужающего устройства	Диаметр трубопровода, мм	Относительная площадь	Граничное значение числа Рейнольдса	
			минимальное	максимальное
Диафрагмы с коническим входом	12,5—100,0	0,01—0,25	40—260	20 000—50 000
Цилиндрические сопла	25,0—100,0	0,01—0,49	500—5500	8000—200 000
Сопла «четверть круга»	25,0—100,0	0,05—0,49	2000—5000	35 000—200 000
Двойные диафрагмы	40,0—100,0	0,1—0,50	2500—10 000	50 000—350 000
Износоустойчивые диафрагмы (с коническим входом и выходом)	30,0—1000,0	0,05—0,64	20 000—290 000	10 ⁷
Сегментные диафрагмы	50,0—1000,0	0,10—0,5	5000—40 000	10 ⁶
Стандартные диафрагмы для трубопроводов с диаметром менее 50 мм	14,0—50,0	0,05—0,64	22 000—264 000	10 ⁷

Таблица 3.7. Технические характеристики уравнильных конденсационных сосудов

Тип	Условное давление, МПа	Вид исполнения	Материал	
			днищ и обечайки	обозначение
СКМ-40	4	1; 2; 3; 4; 5	Сталь 20	а
СКМ-100	10		Сталь 12Х18Н10Т	б
		1; 2; 3; 4; 5; 6	Сталь 20	а
СКМ-250	25	1; 2; 3; 4; 5	Сталь 12Х18Н10Т	б

Таблица 3.8. Технические характеристики уравнильных сосудов для расходомеров

Тип	Условное давление, МПа	Вид исполнения	Материал	
			днищ и обечайки	обозначение
СУМ-63-1	6,3	1	Сталь 35	а
СУМ-63-3		3	Сталь 12Х18Н10Т	б
СУМ-250-2	25	2		
СУМ-400-2	40			
СУМ-63	6,3	1,2	Сталь 20	а
		3	Сталь 12Х18Н10Т	б
		4	Сталь 20; 12Х18Н10Т	а, б
СУМ-250	25	2	Сталь 20	а
			Сталь 12Х18Н10Т	б
			Сталь 10Х17Н13М2Т	в
СУМ-400	40	2	Сталь 12Х18Н10Т	б

деды технические характеристики уравнильных сосудов, которые предназначены для исключения влияния плотности жидкости в импульсных линиях на показания дифманометра-расходомера. Объем вытесняемой из сосуда жидкости — не менее 250 см³. Исполнения сосудов вида 1 и 3 предусматривают присоединение штуцерами с прокладочным уплотнением, а исполнения вида 2 и 4 — присоединение штуцерами с уплотнением шаровой поверхности по конической. Исполнения вида 1 и 2 предусматривают нижнее и боковое подсоединение импульсных линий, исполнения вида 3 и 4 — только нижнее подсоединение.

В ряде случаев измерения давления и разности давлений возникает необходимость защитить дифманометры от воздействия агрессивных сред или при измерении вязких сред, например мазута, не допустить их попадания в импульсную линию. Для этого применяются разделительные сосуды или мембранные разделители. Технические характеристики разделительных сосудов приведены в табл. 3.9.

Т а б л и ц а 3.9. Технические характеристики разделительных сосудов

Тип	Условное давление, МПа	Вид исполнения	Материал	
			днищ и обечайки	обозначение
СРС-63-1-А	6,3	1	Сталь 20	а
СРС-250-2-А	25	2		
СРС-400-2-А	40			
СРС-63	6,3	1; 2		
		3; 4	Сталь 12Х18Н10Т	б
СРС-250	25	2; 4	Сталь 10Х17Н13М2Т	в
СРС-63	6,3		Сталь 20	а
СРС-250	25		Сталь 12Х18Н10Т	б
СРС-400	40		Сталь 20	а
			Сталь 12Х18Н10Т	б

Исполнения вида 1 и 2 предусматривают верхнее и нижнее подключение импульсных линий, а исполнения вида 3 и 4 — боковое подключение. Исполнения вида 1 и 3 — с прокладочным уплотнением присоединительных штуцеров, а исполнения вида 2 и 4 — с уплотнением шаровой поверхности по конической.

В табл. 3.10 приведены типы и основные конструктивные размеры уравнительных и разделительных сосудов. В табл. 3.11 даны технические характеристики мембранных разделителей, предназна-

Таблица 3.10. Типы и основные конструктивные размеры уравнительных и разделительных сосудов

Сосуд	Типоразмер сосуда	Условное давле- ние, МПа	Объем вытесняе- мой жидкости, см³	Исполнение	Внутренний диа- метр, мм	Габаритные раз- меры, мм		
						Высота	Ширина	Длина
Уравни- тельный малый	СУМ-63-1	6,3	250	1	90	252	133	148
	СУМ-63-3			3			165	
	СУМ-63-2			2		318	199	
	СМ-63-4			4			165	
	СУМ-250-2	25	2	318	205	154		
	СУМ-400-2	40	2	328	224	173		
Раздели- тельный средний	СРС-63-1	6,3	470	1	90	350	222	148
	СРС-63-2			2		482		
	СРС-63-3			3		414	190	
	СРС-63-4			4			256	
	СРС-250-2	25		2		482	228	154
	СРС-250-4			4		414	262	
	СРС-400-2	40		2		492	247	173
	СРС-400-4			4		424	281	
Раздели- тельный малый	СРМ-400-2	40	90	2	35	442	174	100
	СРМ-400-4			4		374	208	

Таблица 3.11. Технические характеристики мембранных разделителей

Тип, модель	Измеряемое давление, МПа	Размеры, мм	Примечание
PM 5319	До 2,5	145×78	Для кристаллизующихся сред, выделяющих осадки и несущих взвешенные частицы, применяются разделители моделей 5320 и 5322. По особому заказу стороны мембраны, соприкасающаяся со средой, может быть покрыта пленкой фторопласта. Комплекты приборов с разделителями заполняются полиэтилсилоксановой жидкостью ПЭС-2. При температуре среды, выходящей за пределы рабочего диапазона, но не более 100 °С, прибор комплектуется соединительным гибким рукавом модели 55004
PM 5320		135×30	
PM 5321	4—60	100×38	
PM 5322		100×38	

ченных для работы в комплекте со средствами, измеряющими давление агрессивных, горячих, кристаллизующихся сред, а также сред, выделяющих осадки или несущих взвешенные твердые частицы.

3.4. Ротаметры

Ротаметры получили широкое распространение в химической промышленности, в лабораторных и полупромышленных установках для измерения расхода жидкостей и газов. Градуировка ротаметра производится по воде или воздуху. Поэтому применение их на других средах требует переградуировки или корректировки градуировочной характеристики. Шкала ротаметров практически равномерная.

Ротаметры обязательно должны устанавливаться вертикально, а поток должен быть направлен снизу вверх. Типоразмеры ротаметров и их технические характеристики приведены в табл. 3.12 и в [18].

Ротаметры типа РМ, РМФ по ГОСТ 13045—81 предназначены для измерения объемного расхода плавноточащихся однородных потоков чистых и слабозагрязненных жидкостей и газов с дисперсными включениями инородных частиц. Индекс в типе ротаметра указывает измеряемую среду: Ж — жидкость, Г — газ. Ротаметры типа РЭ служат для измерения и преобразования расхода в электрический унифицированный выходной сигнал, причем модель РЭ имеет пылебрызгозащищенное исполнение, а РЭВ — взрывозащищенное исполнение. Ротаметры типа РП, РПФ и РПО служат для измерения расхода и преобразования его в унифицированный пневмати-

Т а б л и ц а 3.12. Технические характеристики ротаметров

Ротаметр	Тип	Верхний предел измерения, м³/ч		Диаметр условного прохода, мм	Предел допускаемой основной погрешности, %	Параметры из-меряемой среды		Вид присоединения	Габарит-ные раз-меры	Примечание
		по воде	по воздуху			Температура, °C	Давление, МПа			
Стекланный с местными показаниями	РМ-А-0,0025Ж	0,0025	—	3	±4	+5÷+50	0,6	Резьбовое с конической бой 1/8"	160×35×40	Материал плавков: 12Х18Н9Т ГОСТ 5632—72; дюралиминий по ГОСТ 4784—74*, АГ-4В по ГОСТ 20437—75*, збонит по ГОСТ 2748—77*, титан ВТ-1-0 по ОСТ 190013—81
	РМ-А-0,0040Ж	0,0040								
	РМ-А-0,0063Ж	0,0063								
	РМ-А-0,063Г	—	0,063							
	РМ-А-0,100Г		0,100							
	РМ-А-0,160Г		0,160							
	РМ-А-0,250Г		0,250							

продолжение табл. 9.12

Ротаметр	Тип	Верхний предел измерения, м³/ч		Диаметр условного прохода, мм	Предел допускаемой основной погрешности, %	Параметры измеряемой среды		Вид присоединения	Габаритные размеры	Примечание		
		по воде	по воздуху			Температура, °C	Давление, МПа					
Стеклянный с местными показаниями	РМ-0,016Ж	0,016	—	6	±2,5	+5÷+50	0,6	Ниппельное, под шланг Ø 11,5 мм, штуцер с резьбой М10×1	370× ×27,7× ×27,7	Материал плавков: 12Х18Н9Т по ГОСТ 5632—72; дюралюминий по ГОСТ 4784—74; АГ-4В по ГОСТ 20437—75*; эбонит по ГОСТ 2748—77*; титан ВТ-1-0 по ОСТ 190013—81		
	РМ-0,025Ж	0,025										
	РМ-0,040Ж	0,040										
	РМ-0,25Г	—	0,25									
	РМ-0,40Г		0,40									
	РМ-0,63Г		0,63									
	РМ-0,16Ж	0,16	—	15	±2,5			Фланцевое, наружный диаметр	95×104× ×104			

Стекланный циальный	РМ-0,25Ж	0,25	40	6	±2,5	-30÷100	0,6	Ниппельное, под шланг Ø 11,5 мм	410× ×27,7× ×27,7	Материал по- плавка — пласт-4
	РМ-0,4Ж	0,40								
	РМ-2,5Г	2,5								
	РМ-4Г	4,0								
	РМ-6,3Г	6,3								
	РМ-1,6Ж	1,6								
	РМ-2,5Ж	2,5	40	6	±2,5	-30÷100	0,6	Ниппельное, под шланг Ø 11,5 мм	410× ×27,7× ×27,7	Материал по- плавка — пласт-4
	РМ-25Г	25								
	РМ-40Г	40								
Стекланный циальный	РМФ-0,016Ж	0,016	40	6	±2,5	-30÷100	0,6	Ниппельное, под шланг Ø 11,5 мм	410× ×27,7× ×27,7	Материал по- плавка — пласт-4
	РМФ-0,4Г	0,4								
	РМФ-0,63Г	0,63								

Ротаметр	Тип	Верхний предел измерения, м³/ч		Диаметр условного прохода, мм	Предел допускаемой основной погрешности, %	Параметры измеряемой среды		Вид присоединения	Габаритные размеры	Примечание	
		по воде	по воздуху			Температура, °C	Давление, МПа				
Материал плавка—фторопласт-4	РМФ-0,1Ж	0,10	—	15	±2,5	—30÷100	0,6	Нипельное, под шланг Ø 22 мм (для РМФ-0,1Ж—фланцевое)	43×43×500		
	РМФ-0,16Ж	0,16	—	4	6,3						130×130×825
	РМФ-0,25Ж	0,25									
	РМФ-0,4Ж	0,40									
	РМФ-4Г	—									
	РМФ-6,3Г	6,3									
	РМФ-1,6Ж	1,6	—	40	—						

Электрический общепромышлен- ный РЭ и РЭВ	РМФ-2,5Ж	2,5																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
---	----------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Ротаметр	Тип	Верхний предел измерения, м³/ч		Диаметр условного прохода, мм	Предел допускаемой основной погрешности, %	Параметры измеряемой среды		Вид присоединения	Габаритные размеры	Примечание
		по воде	по воздуху			Температура, °C	Давление, МПа			
Электрический общепромышленный РЭ и РЭВ	РЭ-0,63Ж	0,63	—	25	±2,5	—40÷70	6,4	Фланцевое	465×202× ×136-- для РЭ; 455×198× ×136-- для РЭВ	Материал — сталь 12Х18Н9Т по ГОСТ 5632—72
	РЭ-1Ж	1,0	—	40	—	—	—			
	РЭ-1,6Ж	1,6	—	—	—	—	—			
	РЭ-2,5Ж	2,5	—	—	—	—	—			
	РЭ-4Ж	4,0	—	—	—	—	—			
	РЭ-6,3Ж	6,3	—	70	—	—	—			
	РЭ-10Ж	10	—	—	—	—	—			
	—	—	—	—	—	—	—		564×311× ×232-- для РЭ; 552×311× ×232-- для РЭВ	

Пневматический общепромыш- ленный РП	РЭ-16Ж	16	—	100	±2,5	—40÷150	6,4
	РП-0,16Ж	0,16	—	15	±1,5	—	1,6
	РП-0,25Ж	0,25		25	±1,5		
	РП-0,4Ж	0,40			±1,5		
	РП-0,63Ж	0,63		40	±1,5		
	РП-1Ж	1,0		70	—	—	—
	РП-1,6Ж	1,5					
	РП-2,5Ж	2,5					
	РП-4Ж	4,0	—	—	—	—	—
	РП-6,3Ж	6,3					
	РП-10Ж	10	—	—	—	—	—

Материал по-
плавка — сталь
12Х18Н9Т по
ГОСТ 5632-72

464×220×
×196

464×220×
×217

464×220×
×250

Ротаметр	Тип	Верхний предел измерения, м³/ч		Диаметр условного прохода, мм	Предел допускаемой основной погрешности, %	Параметры измеряемой среды		Вид присоединения	Габаритные размеры	Примечание
		по воде	по воздуху			Температура, °С	Давление, МПа			
Пневматический общепромышленный РП	РП-16Ж	16	—	100	±1,5	—40÷150	1,5	Фланцевое	454×245×301	Материал — сталь 12Х18Н9Т по ГОСТ 5632-72
	РПФ-0,63Ж	0,63	—	25	±2,5	5÷100	1,6		347×220×200	Материал — фторопласт-4 по ГОСТ 10007-80 для агрессивных сред, нейтральных фторопласту-4
Пневматический с фторопластовым покрытием РПФ	РПФ-1Ж	1,0	—	40	±2,5	5÷100	1,6	Фланцевое	347×220×238	Материал — фторопласт-4 по ГОСТ 10007-80 для агрессивных сред, нейтральных фторопласту-4
	РПФ-1,6Ж	1,6	—	40	±2,5	5÷100	1,6		347×220×238	Материал — фторопласт-4 по ГОСТ 10007-80 для агрессивных сред, нейтральных фторопласту-4
	РПФ-2,5Ж	2,5	—	40	±2,5	5÷100	1,6		347×220×238	Материал — фторопласт-4 по ГОСТ 10007-80 для агрессивных сред, нейтральных фторопласту-4
	РПФ-4Ж	4,0	—	40	±2,5	5÷100	1,6		347×220×238	Материал — фторопласт-4 по ГОСТ 10007-80 для агрессивных сред, нейтральных фторопласту-4
	РПФ-6,3Ж	6,3	—	70	±2,5	5÷100	1,6		347×220×238	Материал — фторопласт-4 по ГОСТ 10007-80 для агрессивных сред, нейтральных фторопласту-4

	РПФ-10Ж	10		100			
	РПФ-16Ж	16					
Пневматический с обогревом РПО	РПО-0,16Ж	0,16	—	15	±2,5	5—150	6,4
	РПО-0,25Ж	0,25			±1,5		
	РПО-0,4Ж	0,40					
	РПО-0,63Ж	0,63		25			
	РПО-1Ж	1,0					
	РПО-1,6Ж	1,6		40			
	РПО-2,5Ж	2,5					
	РПО-4Ж	4,0					
	РПО-6,3Ж	6,3		70			1,6

442×283× ×245	Материал по- плавка — сталь 10Х17Н13М2Г. Для кристалли- зующихся жид- костей и распла- вов, нейтраль- ных к стали 10Х17Н13М2Г	454×220× ×205
464×220× ×225		
464×220× ×257		

Продолжение табл. 3.12

Ротаметр	Тип	Верхний предел измерения, м³/ч		Диаметр условного прохода, мм	Предел допускаемой основной погрешности, %	Параметры измеряемой среды		Вид присоединения	Габаритные размеры	Примечание
		по воде	по воздуху			Температура, °С	Давление, МПа			
Индикатор расхода ротаметрический, футерованный фторопластом	РПО-10Ж	10	—	—	±1,5	5—150	1,6	Фланцевое	347 X200 X X220	Материал поплавка — фторопласт-4. Для сред, нейтральных к фторопласту-4
	РПО-16Ж	16	—	100	—	—	—			
	РПФ-И-0,1Ж	0,10	—	10	—	5—100	1,6			
	РПФ-И-0,16Ж	0,16	—	15	—	—	—			
	РПФ-И-0,25Ж	0,25	—	—	—	—	—			
	РПФ-И-0,4Ж	0,40	—	—	—	—	—			

Фугерован фото-
роплатом-4. Пи-
тание измери-
тельного преоб-
разователя 24 В
переменного тока
частотой 50 Гц,
вторичного при-
бора типа КСДЗ
220 В, 50 Гц

ВИР-0,063Ж	0,063	—	25	2,5	—40÷100	1,6	Фланец	231×197× ×157
ВИР-0,1Ж	0,1							
ВИР-0,25Ж	0,25							279×197× ×153
ВИР-0,4Ж	0,4							
ВИР-0,63Ж	0,63							
ВИР-1,0Ж	1,0		40					330×213× ×179
ВИР-1,6Ж	1,6							
ВИР-4Ж	4,0		50					392×225× ×188
ВИР-10Ж	10		80					517×225× ×228
ВИР-16Ж	16							
ВИР-40Ж	40		125					556×280× ×280

Продолжение табл. 3.12

Рогаметр	Тип	Верхний предел измерения, м ³ /ч		Диаметр условного прохода, мм	Предел допускаемой основной погрешности, %	Параметры измеряемой среды		Вид присоединения	Габаритные размеры	Примечание
		по воде	по воздуху			Температура, °C	Давление, МПа			
Рогаметр электрический из нержавеющей стали ЭРНС	ЭРНС-0,063ЖУ2	0,063	—	15	2,5	—40 ÷ +110	1,6 и 6,3	Фланец	262×210× ×147	Преобразователь выполнен из стали 12Х18Н10Т. Питание второго прибора тя на КСД 220 В, 50 Гц, измерительного преобразователя 24 В, 50 Гц, ВРБ 0,9 за 1000 ч
	ЭРНС-0,1ЖУ2	0,1	—	—	—	—	—		—	
	ЭРНС-0,25ЖУ2	0,25	—	25	—	—	—	—	258×220× ×167	
	ЭРНС-0,4ЖУ2	0,4	—	—	—	—	—	—	—	
	ЭРНС-0,63	0,63	—	—	—	—	—	—	—	
	ЭРНС-1,0ЖУ2	1,0	—	—	—	—	—	—	—	
	ЭРНС-1,6ЖУ2	1,6	—	—	—	—	—	—	—	
	ЭРНС-2,5ЖУ2	2,5	—	40	—	—	—	—	272×233× ×187	

Ротаметр элект- рический спец- альный РЭВС	ЭРНС-4,0ЖУ2	4,0	—	2,5	—40÷112	2,5	Ротаметрическая трубка и подла- вок выполнены из титана. Пито- чис 20 В, 50 Гц. Выходные сиг- налы 0—5 мА, 0—100 мВ или 0— 20 Гц, ВБР 0,8 за 1000 ч
	ЭРНС-6,3ЖУ2	6,3					
	ЭРНС-10ЖУ2	10,0					
	ЭРНС-16ЖУ2	16,0					
	ЭРНС-25ЖУ2	25,0					
	ЭРНС-40ЖУ2	40,0					
Ротаметр элект- рический спец- альный РЭВС	РЭВС-0,63ЖУ1	0,63	—	25	—40÷112	2,5	Ротаметрическая трубка и подла- вок выполнены из титана. Пито- чис 20 В, 50 Гц. Выходные сиг- налы 0—5 мА, 0—100 мВ или 0— 20 Гц, ВБР 0,8 за 1000 ч
	РЭВС-1,6ЖУ1	1,6					
	РЭВС-2,5ЖУ1	2,5					
	РЭВС-4ЖУ1	4,0					
	РЭВС-6,3ЖУ1	6,3					
	РЭВС-10ЖУ1	10,0					
Ротаметр элект- рический спец- альный РЭВС	РЭВС-16ЖУ1	16,0	—	70	—40÷112	2,5	Ротаметрическая трубка и подла- вок выполнены из титана. Пито- чис 20 В, 50 Гц. Выходные сиг- налы 0—5 мА, 0—100 мВ или 0— 20 Гц, ВБР 0,8 за 1000 ч
	РЭВС-25ЖУ1	25,0					
	РЭВС-40ЖУ1	40,0					
	РЭВС-0,63ЖУ1	0,63					
	РЭВС-1,6ЖУ1	1,6					
	РЭВС-2,5ЖУ1	2,5					
Ротаметр элект- рический спец- альный РЭВС	РЭВС-4ЖУ1	4,0	—	100	—40÷112	2,5	Ротаметрическая трубка и подла- вок выполнены из титана. Пито- чис 20 В, 50 Гц. Выходные сиг- налы 0—5 мА, 0—100 мВ или 0— 20 Гц, ВБР 0,8 за 1000 ч
	РЭВС-6,3ЖУ1	6,3					
	РЭВС-10ЖУ1	10,0					
	РЭВС-16ЖУ1	16,0					
	РЭВС-25ЖУ1	25,0					
	РЭВС-40ЖУ1	40,0					
Ротаметр элект- рический спец- альный РЭВС	РЭВС-0,63ЖУ1	0,63	—	150	—40÷112	2,5	Ротаметрическая трубка и подла- вок выполнены из титана. Пито- чис 20 В, 50 Гц. Выходные сиг- налы 0—5 мА, 0—100 мВ или 0— 20 Гц, ВБР 0,8 за 1000 ч
	РЭВС-1,6ЖУ1	1,6					
	РЭВС-2,5ЖУ1	2,5					
	РЭВС-4ЖУ1	4,0					
	РЭВС-6,3ЖУ1	6,3					
	РЭВС-10ЖУ1	10,0					
Ротаметр элект- рический спец- альный РЭВС	РЭВС-16ЖУ1	16,0	—	150	—40÷112	2,5	Ротаметрическая трубка и подла- вок выполнены из титана. Пито- чис 20 В, 50 Гц. Выходные сиг- налы 0—5 мА, 0—100 мВ или 0— 20 Гц, ВБР 0,8 за 1000 ч
	РЭВС-25ЖУ1	25,0					
	РЭВС-40ЖУ1	40,0					
	РЭВС-0,63ЖУ1	0,63					
	РЭВС-1,6ЖУ1	1,6					
	РЭВС-2,5ЖУ1	2,5					
Ротаметр элект- рический спец- альный РЭВС	РЭВС-4ЖУ1	4,0	—	150	—40÷112	2,5	Ротаметрическая трубка и подла- вок выполнены из титана. Пито- чис 20 В, 50 Гц. Выходные сиг- налы 0—5 мА, 0—100 мВ или 0— 20 Гц, ВБР 0,8 за 1000 ч
	РЭВС-6,3ЖУ1	6,3					
	РЭВС-10ЖУ1	10,0					
	РЭВС-16ЖУ1	16,0					
	РЭВС-25ЖУ1	25,0					
	РЭВС-40ЖУ1	40,0					

ческий выходной сигнал. Потери давления по воде — не более 0,01 МПа, а по газу — 0,005 МПа. Ротаметры типа ВИР предназначены для измерения расхода агрессивных и кристаллизующихся жидкостей; поплавков и внутренняя поверхность ротаметра футерованы фторопластом-4 или изготовлены из него. Ротаметр типа ЭРНС выполнен из нержавеющей стали и предназначен для измерения агрессивных жидкостей, не воздействующих на нержавеющую сталь. Ротаметр типа РЭВС выполнен из титана и предназначен для измерения жидкостей, не оказывающих коррозионного воздействия на титан. Измерительные преобразователи ВИР, ЭРНС и РЭВС можно применять во взрывоопасных помещениях, вторичные приборы должны устанавливаться вне взрывоопасного помещения.

3.5. Электромагнитные расходомеры

Электромагнитные расходомеры предназначены для измерения расхода растворов и пульп с удельной электрической проводимостью 10^{-3} — 10 См/м.

Отличительной особенностью является почти полная независимость показаний от наличия в жидкости пузырьков газа и твердых частиц. Получили широкое распространение в химической промышленности. Выпускаются электромагнитные расходомеры ИР-61 и «Индукция-61» с внешним магнитным полем и электромагнитные расходомеры с внутренним магнитным полем типа ЭРИС и ПСГ. В расходомерах ЭРИС расход определяется по сигналу с зонда, расположенного в потоке, методом «площадь — скорость», а в расходомерах ПСГ — методом «площадь — скорость — градиент». Технические характеристики электромагнитных расходомеров приведены в табл. 3.13 и [18].

Таблица 3.13. Технические характеристики электромагнитных расходомеров

Тип расходомера	Условный диаметр, мм	Пределы измерения, м ³ /ч	Предел допускаемой основной погрешности, %	Параметры измеряемой среды	
				Давление, МПа	Температура, °С
«Индукция-61»	100, 125, 150, 200	От 0—32 до 0—400	±1; 1,5	0,25	—40÷150
ИР-61	10, 15, 25, 50, 80, 100, 150, 200, 300	От 0—0,32 до 0—1000	±1	2,5	—40÷150
4РИМ	50, 70, 80, 100, 125, 150, 200	От 0—8 до 0—400	±1,5	0,6	5—100
ЭРИС	400, 500, 600, 800, 1000	От 0—400 до 0—12 500	±2,5	0,6	0—80
ПСГ	1200—3600	От 0—1 до 0—100	±1,5	0,1	0—50

3.6. Тахометрические и другие расходомеры

Объемные и тахометрические расходомеры и счетчики количества получили широкое распространение в системах водоснабжения, для измерения расхода и количества мазута и других вязких и агрессивных сред в различных технологических установках. Различают шестеренчатые, лопастные, камерные, ротационные и другие объемные счетчики количества. Если счетчик снабжен устройством для измерения частоты вращения шестерни, лопастей или ротора, то он может быть использован и как расходомер, например СМ2.

Технические характеристики счетчиков и расходомеров для агрессивных и вязких сред приведены в табл. 3.14 и [18]. Скоростные счетчики количества и расходомеры (крыльчатые и турбинные) применяются, как правило, для измерения расхода воды или газа. Их технические характеристики приведены в табл. 3.15 и [18].

В шариковых тахометрических расходомерах расход определяется по частоте вращения шара специально закрученным потоком жидкости. Отличительной особенностью шариковых расходомеров является длительный срок службы. Их технические характеристики приведены в табл. 3.16 и [18].

Особое место занимает шариковый расходомер с гидродинамическим подвесом типа ШРГП. В этом расходомере шар свободно уравнивается в определенном сечении расходомера по оси потока и вращается в подвешенном состоянии с частотой, пропорциональной потоку. Срок службы такого расходомера — не менее 8 лет и довольно высокий класс точности — 1, который может быть повышен.

Кроме рассмотренных выше расходомеров начат выпуск и осваиваются новые типы расходомеров. К ним относятся вихревые расходомер типа ВИР, струйные расходомеры РАСТР, ПРКЖ, расходомеры тепловые, ультразвуковые и корреляционные. Технические характеристики некоторых из них приведены в табл. 3.17.

3.7. Рекомендации по выбору средств измерения расхода

Среди средств измерения расхода наибольшее распространение получили сужающие устройства. Главное их преимущество по сравнению с другими расходомерами заключается в возможности определения градуировочной характеристики (номинальной статической характеристики преобразования) расчетным путем.

Характеристики всех остальных преобразователей расхода определяются экспериментальным путем. Сужающие устройства с рассчитанной характеристикой могут быть применены в трубопроводах диаметром от 50 (иногда менее) мм и более в широком диапазоне температур и давлений. Кроме того, ограничен диапазон измерения как относительный $Q_{\max}/Q_{\min} < 3 \div 4$, так и абсолютный в связи с уменьшением Re менее $Re_{\text{грав}}$. Возникают большие сложности применения сужающих устройств для измерения расхода газа при больших $\Delta p/p$, когда с изменением расхода существенно меняется коэффициент расширения.

Ротаметры — достаточно надежные и неприхотливые в эксплуатации средства измерения. Они имеют практически линейную шкалу, просты, дешевы и достаточно точны (погрешность не превышает

Т а б л и ц а 3.14. Технические характеристики счетчиков количества и расходомеров для агрессивных и вязких сред

Тип счетчика или расходомера	Измеряемая среда	Диаметр условного прохода	Номинальный расход, м³/ч		Предел допускаемой относительной погрешности, %	Параметры измеряемой среды		Потери давления, МПа
			при $\mu = (0,55 \div 1,1) \times 10^{-6}$ м²/с	при $\mu = (60 \div 300) \times 10^{-6}$ м²/с		Давление, МПа	Температура, °С	
Шестеренчатые счетчики ШЖУ-25П-16 ШЖУ-25-16 ШЖУ-25М-16-01	Неагрессивные жидкости с вязкостью $(0,55 \div 300) \times 10^{-6}$ м²/с	25	3,0	2,2	$\pm 0,25$; $\pm 0,5$	1,6	$-40 \div 60$ 5—40	0,05
			3,0	2,5				
			—	0,6				
ШЖУ-40С-6 ШЖУ-40С-6-01	То же до $2000 \cdot 10^{-6}$ м²/с	40	17,0	11,0	$\pm 0,5$	0,6	$-40 \div 60$ 15—100	—
ШЖО-60-16 ШЖО-40-16	Застывающие неагрессивные жидкости	60 40	17,0 8,5	11,0 5,0		1,6	20—180	0,5

ШЖАО-60-16	Застывающие жидкости	60	17,0	11,0			
ШЖАО-40-16		40	8,5	5,0			
ШЖУА-40-16	Незастывающие агрессивные жидкости	40	17,0	11,0			—40÷50
ШЖУА-65-16		65					
ТМ2С-10/64	Мазут	10	0,24—1,2	—	—	6,4	50—125
ТМ2С-32/64		32	3,2—16				
Лопастные счетчики	Неагрессивные жидкости с вязкостью (0,55÷300) × × 10 ⁻⁶ м ² /с	100	70	45	0,5	1,0	—50÷50
ЛЖ-100-10		150	70	45			
ЛЖ-100П-64			180	110			
ЛЖ-150П-64					0,25	6,4	—40÷60

Продолжение табл. 3.14

Тип счетчика или расходомера	Измеряемая среда	Диаметр условного прохода, мм	Номинальный расход, м³/ч		Предел допускаемой относительной погрешности, %	Параметры измеряемой среды		Потери давления, МПа
			при $\mu = (0,55 \div 1,1) \times 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$	при $\mu = (60 \div 300) \times 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$		Давление, МПа	Температура, °С	
Камерные счетчики	Мазут с вязкостью от 20 до $120 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ и другие неагрессивные вязкие жидкости, обладающие смазывающей способностью	15	7,5—50 л/ч		1; 2	2,0	10—120	0,07
СМО-50					2; 2,5			
СМ2-50			15—100 л/ч		1,0; 2,0			0,12
СМО-100					2,0; 2,5			
СМ2-100			30—200 л/ч		1,0; 1,5			
СМО-200					2,0; 2,5			
СМ2-200								

СМО-400
СМ2-400
СМО-1000
СМ2-1000
СМО-2000
СМ2-2000
СМО-4000
СМ2-4000

	60—400 л/ч	1,0; 1,5 2,0; 2,5
32	150—1000 л/ч	0,6; 1,0
		1,5; 2,0
	300—2000 л/ч	0,6; 1,0
		1,5; 2,0
	600—4000 л/ч	0,6; 1,0
		1,5; 2,0

Таблица 3.15. Технические характеристики скоростных и объемных расходомеров и счетчиков газа и воды

Тип расходомера или счетчика	Измеряемая среда	Диаметр услов- ного прохода, мм	Расход, м³/ч			Предел допускаемой основной погрешно- сти, %	Параметры измеряемой среды		Потери давле- ния, МПа
			Мини- мальный	Номи- нальный	Макси- мальный		Давление, МПа	Темпе- ратура, °С	
Ротационный объ- емный РГ-40 РГ-100 РГ-250 РГ-400 РГ-600 РГ-1000	Неагрессивные, очищенные горю- чие газы (природ- ный, доменный, коксовый, генера- торный и др.)	40	4	40	48	±2,5	0,1	5—50	0,0003
		65	10	100	120	± 2 при $Q = (0,1 \div 0,2) Q_{\text{макс}}$ $\pm 1,5$ при $Q = (0,2 \div 1) \times Q_{\text{макс}}$			
		100	25	250	300				
		100	40	400	480				
		150	60	600	720				
		200	100	1000	1200				
Тахометрический турбинный «ТУР- ГАС» ПРГ-100 ПРГ-200	Природный газ, воздух и инертные газы с плотностью не менее 0,7 кг/м³	65	—	—	100	±1; ±1,5	0,6	0—50	—
		80			200				

[illegible]

Таблица 3.16. Технические характеристики тахометрических шариковых расходомеров

Тип расходомера	Измеряемая среда	Диапазон измерения, м³/ч	Предел допускаемой основной погрешности, %	Параметры измеряемой среды		Потери давления, МПа	Примечание
				Давление, МПа	Температура, °С		
«Шторм-32М»*	Вода	8—50	$\pm 1,5$ при $Q = (0,2—1) Q_{\text{макс}}$; $\pm 2,5$ в остальном диапазоне	10	2—285	До 0,1	Обеспечивает измерение в 32 каналах
«Шторм-50М»	Жидкость	2,5—600	$\pm 1,5; \pm 3$	—	—	—	—
ШРТ-0,1	Бидистиллят, дистиллят и вода	0,025—0,1	$\pm 1,5$	2,5	5—100	До 0,05	Средний срок службы 6 лет. Вероятность безотказной работы 0,95. Диаметр условного прохода — от 3 до 25 мм
ШРТ-0,16		0,04—0,16					
ШРТ-0,25		0,062—0,25					
ШРТ-0,4		0,1—0,4					
ШРТ-0,6		0,15—0,6					
ШРТ-1,0		0,25—1,0					
ШРТ-1,6		0,4—1,6					
ШРТ-2,5		0,62—2,5					

ШРТ-4	1—4							
ШРТ-6	1,5—6							
ШРТ-10	2,5—10							
«Сатурн-32В»	От 0—2,5 до 0—4	Вода	$\pm 1,5$ при $Q = (0,3 \div 1) Q_{\text{макс}}$; $\pm 2,5$ при $Q = (0,2 \div 0,3) Q_{\text{макс}}$	6,4	5—100	—	—	Средний срок службы 8 лет. Вероятность безотказной работы 0,97
«Сатурн-40В»	От 0—4 до 0—10							
«Сатурн-50В»	От 0—8 до 0—63							
«Сатурн-100В»	От 0—40 до 0—125							
«Сатурн-125В»	От 0—80 до 0—200							
«Сатурн-150В»	От 0—160 до 0—400							
«Сатурн-175В»	От 0—100 до 0—600				0,6			
ШРГП	Жидкость	± 1	10	2—285	—	—	—	—
	2—8							

Таблица 3.17. Технические характеристики расходомеров новых типов

Наименование и тип расходомера	Измеряемая среда	Диапазон измерения, м³/ч	Предел допускаемой основной погрешности, %	Параметры измеряемой среды	
				Давление, МПа	Температура
<i>Вихревые</i>	Вода	От 3,2—32 до 5—50	±1,5	0,25	—50÷+400 или 5—95 °С
ВИР-50		От 5—50 до 10—100			
ВИР-70		От 10—100 до 20—200	±1		
ВИР-100					
ВИР-150	От 20—200 до 40—400				
<i>Струйные</i>	Жидкость с вязкостью 2·10 ⁻⁶ м²/с	10—10 000 л/ч	±1	—	—
РАСТР					
ПРКЖ-Г	Гелий	10—40; 30—100; 80—250; 200—500 л/ч	±2,5	0,03—0,1	2,5—5 К
ПРКЖ-А	Азот	30—100; 80—250; 200—800 л/ч	—	0,03—3,3	—
<i>Корреляционные</i>	Пульпа, нефтепродукты	—	±0,5; ±1; ±1,5	—	—

Ультразвуковые «Расход 4.3»	Алкилфенольные и сульфатные при- садки	100—800 и 500—3000 л/ч	±1,5	0,6	3—120 °C
	Бензин	0—200 м³/ч	±1,0	2,5	До 120 °C
	Нефтепродукты	0—5; 0—10 и 0—25 м³/ч	±1,0	2,5	До 100 °C
	Жидкие углеводо- роды	10—100 л/ч	±1,0	10	До 10 °C
	Битум и гудрон	10—100 м³/ч	±5,0	1,6	150—300 °C
Тепловые ТИМР-Г	Водород, углево- дородные газы	100—1000 л/ч	±2,5	32	—10 ÷ +45 °C
	Жидкие нефтепро- дукты	50—500 мл/ч	±1,0	32	20—35 °C
	Водород, газы нефтепереработки	1—30 л/ч	±1,0	32	20—35 °C
«Микропоток-1»	Водород, жидкие и газообразные нефтепродукты	Газ 50—200 и 100— 1000 л/ч; жидкость 50—500 мл/ч	±2,5	32	5—45 °C
РТ					

1—1,5 %). Однако они требуют обязательной вертикальной установки при направлении потока снизу вверх.

Электромагнитные расходомеры с внешним магнитным полем не изменяют проходное сечение трубопровода и могут быть использованы для измерения загрязненных, многофазных сред, таких как пульпы, агрессивные жидкости с твердыми кристаллами и газовыми включениями. Они имеют достаточно высокую точность (погрешность 1—1,5 %). Их показания практически не зависят от изменения свойств измеряемой среды. Но они могут измерять только электропроводящие среды (удельная электрическая проводимость — более 10^{-3} См/м). Однако конструктивные и схемные трудности электромагнитных расходомеров с внешним магнитным полем не позволяют применять их на трубопроводах больших диаметров.

Зондовые электромагнитные преобразователи типа ЭРИС могут применяться в трубопроводах больших диаметров, но эти зонды нужно располагать в потоке и затем вычислять расход по скорости, измеренной зондом (или зондами) в месте их установки с учетом эпюры скоростей. Электромагнитные преобразователи расхода также имеют ограничения по температуре (до 150 °С) и по давлению (до 2,5 МПа).

Счетчики количества различных вариантов находят применение для определения количества жидкости или газа, поступивших в объект или установку за произвольный отрезок времени. Некоторые из них, например СМ2, могут быть одновременно расходомерами. Ряд счетчиков имеют очень высокий класс (0,25), например ЛЖ-100П и ЛЖ-150П, и могут применяться для измерения очень вязких (до $300 \cdot 10^{-6}$ м²/с) и агрессивных жидкостей. Однако в связи с конструктивными особенностями они не применяются на трубопроводах диаметром более 150 мм для жидкостей и более 200 мм для газов.

Тахометрические расходомеры в настоящее время являются наиболее точными средствами измерения. Однако пока выпускаемые в СССР тахометрические расходомеры газа «Тургас» имеют класс точности 1 (лучшие зарубежные 0,5), а тахометрические расходомеры жидкости «Шторм» ШРТ и «Сатурн» — класс точности 1,5 (лучшие зарубежные 0,25). Несколько выше класс точности у специализированного тахометрического расходомера типа ШРГП с гидродинамически подвешенным ротором. Его класс 1. Этот расходомер принципиально лучше всех зарубежных тахометрических расходомеров. И если разработчики решат проблему воспроизводимости при изготовлении ротора за счет применения технологически простых форм, например простого шара, то класс его может быть приближен к лучшим зарубежным. Его устройство устраняет главный недостаток всех тахометрических расходомеров — ограниченный срок службы опор — и позволяет считать расходомер этого типа одним из самых перспективных для точного измерения расхода жидкостей.

На предприятиях нефтехимической промышленности получили некоторое распространение ультразвуковые и тепловые расходомеры. Главным преимуществом ультразвуковых расходомеров является полная герметичность измерительных преобразователей, класс точности 1—1,5. Тепловые расходомеры применяют в основном для измерения микрорасходов от десятков миллилитров в час до сотен литров в час.

СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ УРОВНЯ ЖИДКОСТИ И СЫПУЧИХ ТЕЛ

4.1. Общие сведения об измерении уровня

Уровень является одним из важных параметров в ряде технологических процессов. В химической промышленности измерение уровня составляет до 40 % всех измерений. Условия измерения самые разнообразные — кипящие жидкости при высоких давлениях и температурах (барабаны энергоблоков, выпарные установки и др.), агрессивные жидкости (кислоты, щелочи, жидкий хлор и др.), неагрессивные жидкости в емкостях высотой 20 м и более.

Наибольшее распространение для измерения уровня жидкостей получили гидростатический и поплавковый методы измерения. Несколько меньше распространены буйковые и емкостные методы. Акустический, индуктивный, высокочастотный и другие методы получили ограниченное распространение. Очень широко распространены сигнализаторы и реле уровня, которые могут срабатывать с погрешностью в доли миллиметра при достижении уровнем жидкости чувствительного элемента.

Измерение уровня сыпучих тел затруднено в первую очередь тем, что в различных точках емкости или бункера сыпучие материалы могут иметь различный уровень. Кроме того, ряд методов, например гидростатический, практически не могут быть использованы для измерения уровня сыпучих веществ.

Все методы измерения уровня жидкости и сыпучих тел перечислены с указанием принципа действия в [19].

4.2. Гидростатические уровнемеры

Принцип действия основан на измерении гидростатического давления жидкости, зависящего от высоты ее уровня. Как правило, гидростатическое давление жидкости измеряют при помощи дифференциальных манометров, которые располагаются ниже резервуара, сосуда, в котором измеряют уровень. В этом случае возникает влияние столба и плотности жидкости в импульсных линиях на результаты измерения. Чтобы исключить это влияние, необходимо применять уравнильные сосуды, которые поддерживают постоянным уровень жидкости в уравнительном сосуде относительно резервуара, в котором проводится измерение уровня. Схемы подключения дифманометров и уравнильных сосудов к резервуарам при измерении уровня гидростатическим методом приведены в [20]. Для защиты внутренних полостей дифференциальных манометров от непосредственного воздействия измеряемых агрессивных сред, а также для предотвращения попадания в импульсные трубки вязких и кристаллизующихся сред применяются разделительные сосуды и мембранные разделители. Схемы подключения дифманометров, уравнильных и разделительных сосудов при измерении уровня в резервуарах приведены в [20]. Типы и технические характеристики уравнильных сосудов даны

в табл. 4.1. Дополнительная погрешность в процентах измеряемого перепада давления (уровня жидкости), вносимая сосудами, может быть вычислена из выражения

$$\delta H = \frac{4 V g (\rho_3 - \rho_n)}{\pi d_c^2 (\rho_1 - \rho_2)},$$

где V — объем жидкости, перешедшей из сосуда в дифманометр при изменении перепада от нуля до $p_1 - p_2$, м³; g — ускорение свободного падения, м/с²; ρ_3 — плотность жидкости, заполняющей сосуд (уравнительный или разделительный), кг/м³; ρ_n — плотность измеряемой среды, кг/м³; d_c — внутренний диаметр сосуда, м; $p_1 - p_2$ — максимальный перепад давления, кгс/м² (Па).

Таблица 4.1. Технические характеристики уравнительных сосудов для измерения уровня

Модель	Условное давление, МПа	Пределы измерения, мм	Материал днищ и обечайки	ТУ
5412 5424 5423	16	±500 ±315 ±200	Сталь 20	ТУ 25.02.460—73
П-198 П-234		±315 ±500		ТУ 25.02.14—1969—76Е
Уравнительный сосуд	25	±200 ±500	Сталь 12Х18Н10Т	—
		±800 ±1250 ±315		

При измерении уровня воды в барабанах паровых котлов и других энергоустановках применяются специализированные уравнительные сосуды. Сосуд 5423 имеет пределы измерения ±200 мм, сосуды 5424 и П-198 ±315 мм, а сосуды 5412 и П-234 — ±500 мм. Все они выпускаются на условное давление 16 МПа. Кроме того, выпускаются уравнительные сосуды, не имеющие специальной маркировки на пределы измерения ±200; ±315; ±500; ±800 и ±1250 мм на условное давление 25 МПа.

Разновидностью гидростатических уровнемеров являются пневмометрические или барботажные уровнемеры. Принцип их действия основан на уравнивании гидростатического давления измеряемой жидкости давлением воздуха или другого газа, барботирующего через слой жидкости. Преимуществом этого метода является практически полная его независимость от температурных режимов импульсных линий. В связи с тем что плотность воздуха или газа в импульсных линиях на 2—3 порядка меньше плотности жидкости, можно не учитывать изменение плотности этого воздуха или газа. В качестве вспомогательных средств этот метод требует редукторов для

питания системы воздухом или газом и специально рассчитанных дроссельных шайб, устанавливаемых на линиях подвода воздуха или газа. К недостаткам следует отнести не очень большое число объектов или процессов, в которых подача малого количества воздуха или газа ($0,2-0,5 \text{ м}^3/\text{ч}$) не повлияет на технологический процесс.

Для измерения вязких и кристаллизующихся сред выпускаются уровнемеры, измеряющие гидростатическое давление на сильфон или мембрану, помещенные в измеряемую среду. Класс точности уровнемеров УВС-М и УВКС-1 2,5. Измеряемая среда может иметь температуру до 220°C при давлении от $-0,098$ до $\pm 1,6 \text{ МПа}$, плотность от 800 до 1400 кг/м^3 и вязкость до $10 \text{ Па}\cdot\text{с}$.

4.3. Поплавковые и буйковые уровнемеры

В поплавковых уровнемерах уровень определяется по положению поплавка, частично погруженного в жидкость. Как правило, положение такого поплавка в сосуде определяется по ленте или тросу, прикрепленным к поплавку. Выпускается поплавковый уровнемер с пружинным натяжением металлической ленты типа УДУ-10. Технические данные этих уровнемеров приведены в табл. 4.2 и [18]. Следует отметить высокий класс уровнемера — основная погрешность $\pm 4 \text{ мм}$, что соответствует для диапазона измерения $0-20 \text{ м}$ классу 0,02.

Уровнемеры УДУ-10 могут работать в комплекте с дистанционной приставкой УДУ-16 и пультом контроля и сигнализации типа ПКС-2 М, которые позволяют осуществлять измерение уровня опросным методом в 20 резервуарах.

Поплавковый уровнемер У6М-ВЗГ предназначен для измерения уровня в сосудах под давлением до $1,6 \text{ МПа}$, диапазон измерения $0-3 \text{ м}$.

Принцип действия буйковых уровнемеров основан на измерении действующей на боек выталкивающей силы, зависящей от степени погружения буйка в жидкость, т. е. от уровня жидкости. Измерение выталкивающей силы производится по уравновешивающему усилию, развиваемому устройством обратной связи.

Различают электросиловые и пневмосиловые устройства обратной связи с электрическим (УБ-Э) или пневматическим (УБ-П) унифицированным выходным сигналом. Технические характеристики буйковых уровнемеров приведены в табл. 4.3 и [18], а размеры буйков — в табл. 4.4. Буйковые уровнемеры с электрическим выходным сигналом выпускаются также в искробезопасном исполнении типа УБ-ЭИ на верхние пределы измерения $0,4-6,0 \text{ м}$. Остальные характеристики идентичны приведенным в табл. 4.3 для УБ-Э. Еще одна разновидность уровнемеров сочетает положительные качества буйковых (работа практически при любых давлениях) и поплавковых (большой диапазон измерения — до $0-20 \text{ м}$) уровнемеров. Чувствительным элементом является цилиндрический боек, глубина погружения которого в жидкость поддерживается постоянной.

Применение дискретных или цифровых систем дистанционной передачи позволяет принципиально повысить точность измерения.

Разновидности такого типа уровнемеров и их технические характеристики приведены в табл. 4.3.

Таблица 4.2. Технические характеристики поплавковых уровнемеров

Тип уровне- мера	Пределы измере- ния, м	Предел допускаемой основной погрешности, %	Измеряемая среда	Параметры измеряемой среды				Примечание
				Темпера- тура, °С	Давление, МПа	Плотность, кг/м³	Вяз- кость, м²/с	
УДУ-10	0-12; 0-20	± 4 мм	Нефть и нефте- продукты	-50÷ +50	-0,0015÷ +0,003	700-1200	—	Выпускаются для наземных (вертикальных и горизонтальных) и подводных резервуаров, а также для понтонов или плавающих крыш. ВБР 0,9 за 2000 ч
УП1, УП2	0-1,6; 0-2; 0-2,5; 0-3	±1	Нефтепродукты, сжиженные газы и другие некон- сущиеся и не- полимеризую- щиеся жидкости, нейтральные к стали 12Х18Н9Т	-40÷ +100	1,8	400-900 и 800-1800	1× 10 ⁻⁴	Визуальный отсчет ВБР 0,8 за 8000 ч
УП1, УП2		±1 при мест- ном отсчете; ±1,5 по вы- ходному си- гналу						С пневматической дистан- ционной передачей ВБР 0,8 за 5000 ч
УПЭ1, УПЭ2								С дифференциально-транс- форматорной дистанцион- ной передачей. ВБР 0,8 за 5000 ч
УПЗ, УП4	0-6; 0-8; 0-10; 0-12	±0,6 при местном от- счете; ±1,5 по выходно- му сигналу			0,04	500-1800		Визуальный отсчет
УПЗ, УП4								С пневматической дистан- ционной передачей

УПЭЗ, УПЭ4

УПЭ3, УПЭ4							С дифференциально-трансформаторной дистанционной передачей, ВБР 0,9 за 2000 ч
УПЭ1	0-1,6; 0-2	±1 по показывающему устройству	Жидкие нефтепродукты	-40 ÷ +100	1,6	400-1800	С токовым выходным сигналом 0-5 мА ВРБ 0,8 за 2000 ч. Все уровнемеры УП1, УП2, УП3, УП4, УП11, УП12, УП13, УП14, УПЭ1, УПЭ2, УПЭ3, УПЭ4, УПЭ11, УПЭ12 — взрывобезопасного исполнения
УПЭ2	0-2,5; 0-3	±1,5 по выходному сигналу					
УПЦ1	0-6; 0-8 0-10; 0-12	± 10 мм	Жидкие нефтепродукты	-40 ÷ +100	2,5	400-1800	Дискретная система дистанционной передачи с цифровым отсчетным устройством ВБР 0,9 за 2000 ч
УЦП-2М	0-2; 0-3; 0-4; 0-6; 0-8; 0-10	±1	Нефтепродукты в закрытых судах	-40 ÷ +100	2,5	450-900	Пневматический выходной сигнал
ДИПОЛЬ-1	0-1; 0-1,6; 0-2,5	±50 мм	Нефтепродукты	До 300	6,4	600-1200	Визуальный местный отсчет, ВБР 0,8 за 2000 ч
УЭД-8М	0-20	±5 мм	Жидкие нефтепродукты	-40 ÷ +100	1,6	500-1200	Выходной сигнал — электрический код, устройство цифровой индикации составляется по индивидуальным заказам. Испытание — взрывобезопасное
УЭД-9	0-16	±4 мм	Сжиженные газы	—	2,5	—	

Т а б л и ц а 4.3. Технические характеристики буйковых уровнемеров

Тип уронемера	Пределы измерения, м	Предельная относительная погрешность, %	Измеряемая среда	Параметры измеряемой среды				Примечание
				Температура, °C	Давление, МПа	Вязкость, м²/с	Плотность, кг/м³	
УБ-Э	0—0,02; 0—0,04; 0—0,06; 0—0,08; 0—0,1; 0—0,25; 0—0,4; 0—0,6; 0—0,8; 0—1; 0—1,6; 0—2; 0—2,5; 0—3; 0—4; 0—6; 0—8; 0—10; 0—16 (уровнемеры УБ-ПА, УБ-ПБ, УБ-ПВ, УБ-ПГ на пределе измерения)	±1; ±1,5	Однородные, не кристаллизующиеся и не выпадающие в осадок жидкости	—40 ÷ +100	10; 16	—	600—2500	Выходной электрический сигнал уровнемеров УБ-Э, УБ-ЭА, УБ-ЭБ, УБ-ЭВ, УБ-ЭГ 0—5 и 4—20 мА. Выходной пневматический сигнал уровнемеров УБ-П, УБ-ПА, УБ-ПБ, УБ-ПВ, УБ-ПГ, УБ-ПМ, УБ-ПММ 0,02—0,1 МПа, ВБР 0,94 за 2000 м
УБ-П							450—2500	
УБ-ЭА				100—400	6,4		600—2500	
УБ-ПА				—200 ÷ —40			450—2500	
УБ-ЭБ				—400 ÷ +200	4,0		600—2500	
УБ-ПБ							450—2500	
УБ-ЭВ							660—2500	
УБ-ПВ					6,4		450—250	
УБ-ЭГ							600—2500	

УБ-ПГ						10		400—450
УБ-ПМ								122—400
УБ-ПВМ						4,0		
УБК-1	0—0,8	±2	Конденсат ного пара	бодя-	330	14	$80 \cdot 10^{-6}$ Па·с	640 Выходной сигнал пневматический 0,02—0,1 МПа. ВБР 0,8 за 1000 ч
ДБУ-1	0—0,4; 0—0,6; 0—0,8; 0—1; 0—1,6; 0—2; 0—4; 0—6	±2,5	Агрессивные жид- кости (углекислоты, кислоты и т. д.)		5—230	1,6	$1000 \cdot 10^{-6}$ Па·с	700—1410 Выходной сигнал пневматический 0,02—0,1 МПа. ВБР 0,9 за 2000 ч

Таблица 4.4. Параметры буйков уровнемеров УБ-Э и УБ-П

Верхние пределы измерения, м	Диаметр буйка, мм	Длина буйка, м	Число секций составного буйка	Длина секций составного буйка	Верхние пределы измерения, м	Диаметр буйка, мм	Длина буйка, м	Число секций составного буйка	Длина секций составного буйка, м
Уровнемеры типа УБ-Э, УБ-П, УБ-ЭА, УБ-ПА, УБ-ЭБ, УБ-ПБ, УБ-ЭВ, УБ-ГВ, УБ-ЭГ, УБ-ПГ									
0,02 и 0,04	140	0,04	—	—	20	14	2,0	—	—
0,06; 0,08	80	0,1	—	—	2,5	14	2,5	2	2; 0,5
0,1		3,0			3,0		2	2; 1	
0,25	45	4,0			4,0		3	2; 1,1	
0,4		6,0			8	6,0	3	2	
0,6	28	8,0			8	8,0	4	2	
0,8		10,0				10,0	5	2	
1,0		1,0			16,0	6	16,0	10	1,6
1,6	16	1,6							

Уровнемеры типа УБ-ПМ, УБ-ПВМ

0,6	60	0,6	—	—	2,0	30	2,0	—	—
0,8		0,8	—	—	2,5	30	2,5		
1,0		1,0			3,0		3,0		
1,6	30	1,6			4,0		4,0	2	2

Кроме уровнемеров выпускается много разновидностей буйковых и поплавковых сигнализаторов уровня. Например, буйковые сигнализаторы типа СУ1 имеют 12 модификаций, а поплавковые сигнализаторы СУ2 и СУ3 — 36 модификаций. Они рассчитаны на работу при давлении до 6,4 МПа, температуре $-150 \div 200^\circ\text{C}$, вязкости до $10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$ и плотности жидкости 300—1800 кг/м³. Погрешность срабатывания контактов $\pm 5 \div \pm 10 \text{ мм}$.

4.4. Емкостные уровнемеры

Принцип действия основан на зависимости электрической емкости преобразователя от высоты уровня жидкости или сыпучего материала в этом преобразователе. Емкостные преобразователи уровнемера представляют собой два электрода, которые конструктивно выполняются в виде коаксиальных цилиндров (жестких и гибких), стальных лент, тросиков или проводов. Для измерения уровня электропроводящих сред один из электродов покрывается электроизоляцией — как правило, фторопластом. Для уменьшения влияния изменения диэлектрической проницаемости среды в первичном преобразователе кроме измерительного располагается еще вспомогательный, компенсационный преобразователь, который всегда полностью погружен в измеряемую среду и емкость которого зависит от диэлектрической проницаемости измеряемой среды. Технические характеристики емкостных уровнемеров типа ДУЕ-1 приведены в табл. 4.5 и [18]. Классы точности преобразователей этого типа 0,5; 1 и 1,5. Выходные сигналы 0—5; 0—20 и 4—20 мА. Выпускается также вариант емкостного уровнемера для работы во взрывоопасных помещениях типа ДУЕ-ИВ. Они предназначены для работы в сосудах под давлением до 32 МПа, при температуре измеряемой среды $-40 \div 80^\circ\text{C}$, ее электрической проводимости не менее 10^{-5} См/м , диэлектрической проницаемости не менее 14 и вязкости не более 0,01 Па·с. Для электропроводных сред с изоляцией одного из электродов СФ, ПОФС, ПОФТ — стержневые, ПОФ, ПСФ, ПТФ — U-образные провода. Для неэлектропроводных сред КНД — коаксиальные трубы и ТНТ — тросовые, с компенсационной частью (КНД-К, ТНТ-К), с проходом через вакуумную зону (КНД-З; ТНТ-З) или горловину сосуда Дьюара (КНД-Д).

Емкостные индикаторы уровня типа ЭИУ-2 применяются для контроля уровня невзрывоопасных сред. Технические характеристики емкостных преобразователей уровня приведены в табл. 4.6 и [18].

Система унифицированных сигнализаторов уровня типа СУС предназначена для контроля уровня (в одной или двух точках) жидких и сыпучих (кусковых и порошкообразных) электропроводных и неэлектропроводных сред и уровня раздела жидкостей с резко различающимися диэлектрическими проницаемостями, например вода — масло, под атмосферным или избыточным давлением.

В табл. 4.7 и [18] приведены технические характеристики первичных преобразователей СУС и параметров контролируемой среды. Сигнализаторы различаются конструкцией первичного преобразователя и имеют единый вторичный преобразователь. Принцип действия основан на изменении входного импеданса высокочастотного резонансного колебательного контура при воздействии контролируемой среды на емкостный или индуктивный чувствительный элемент. Сигнализаторы выпускаются в обычном, взрывозащищенном (И) и мор-

Таблица 4.5. Основные технические характеристики емкостных преобразователей уровня типа ДУЕ-1

Модификация первичного преобразо- вателя	Конструктив- ное исполне- ние чувстви- тельного элемента	Параметры изме- ряемой среды		Диапазон измере- ния, м	Измеряемая среда
		Дав- ление, МПа	Темпера- тура, °С		
ПП-0-111	КНД, КНД-К	До 2,5	-60÷100	От 0—0,4 до 0—4	Керосин, бензин, масла, четырех- хлористый угле- род с относи- тельной диэлект- рической прони- цаемостью $\epsilon =$ =1,6÷5
	ТНТ, ТНТ-К			От 0—2,5 до 0—25	Масла, керосин, нефтепродукты с $\epsilon = 2,5 + 8$
	ПСФ			От 0—0,4 до 0—2,5	Вода, водные растворы, спирт- ы, ацетоны и дру- гие слабоагресси- вные жидкости
	ПТФ			От 0—1,6 до 0—25	Растворы солей, кислот, щелочей и другие агрес- сивные жидко- сти
	ПОФ			От 0—0,4 до 0—1,6	
	СФ				
ПП-0-112	Все вышеука- занные конст- руктивные исполнения	До 2,5	5—250	Диапазоны измерения и изме- ряемые среды, соответствую- ющие конструктивным испол- нениям	
ПП-0-211		До 10	-60÷100		
ПП-0-212		До 10	5—250		
ПП-0-414	ПСФ	0	-10÷40	0—1	Вода, водные растворы, спирт- ы, ацетон и другие слабоаг- рессивные жид- кости
ПП-0-424	ПТФ		5—25	От 0—2,5 до 0—20	
ПП-0-415	КНД, КНД-3, КНД-К, КНД-3-К	До 0,6	-259÷ -60	0,1; 0—1,6; 0—2,5; 0—4	Криогенные жид- кости с относи- тельной диэлект- рической прони- цаемостью $\epsilon =$ =1,2÷1,4
	КНД-Д	0		0—0,2; 0—0,4; 0—0,6	
	ТНТ, ТНТ-К, ТНТ-3, ТНТ-3-К	До 0,6		0—6 и 0—10	
ПП-0-416	ПОФС	До 0,6	0—80	0—0,6	Концентрирован- ная азотная кис- лота, сильноаг- рессивная
ПП-0-417	ПОФТ		110—134		

Таблица 4.6 Технические характеристики емкостных преобразователей индикаторов уровня типа ЭИУ-2

Конструкция емкостного преобразователя	Верхние пределы измерения, м	Электроизоляционное покрытие электрода	Характеристики измеряемой среды			
			Давление, МПа	Температура, °С	Физическое состояние	Электрическая проводимость
Стержневой	1; 1,6; 2; 2,5	Резиновая трубка	2,5	0—50	Жидкость	Электропроводная
		Фторопласт		—40 ÷ 200		
Пластиначатый	1; 1,6; 2,5	Без покрытия		—40 ÷ 200	Жидкость или сыпучий материал с постоянной влажностью	Неэлектропроводная ($\epsilon = 2 \div 20$)
Кабельный	3; 4; 6; 10	Полиэтилен	1,0	—40 ÷ 80	Жидкость	Электропроводная
Тросовый	4; 6; 10; 16; 20	Без покрытия	2,5	—40 ÷ 200	Жидкость или сыпучий материал с постоянной влажностью	Неэлектропроводная ($\epsilon \leq 5$)

Таблица 4.7. Технические характеристики первичных преобразователей сигнализаторов уровня типа СУС

Тип и исполнение		Тип чувствительного элемента	Длина погружаемой части, м	Наименование, физическое состояние, электрические свойства среды	Параметры контролируемой среды					
Сигнализатор	Первичный преобразователь				Температура, °С	Давление, МПа	Динамическая вязкость, Па·с	Диэлектрическая проводимость	Удельная электрическая проводимость, См/м	Размеры гравиты (куска), мм
СУС-11	ПП-07-1	Плоский	—	Зерно и продукты его переработки, кусковая, сыпучая неэлектропроводная (угольная пыль и сыпучие материалы)	—30÷100	—	—	—	—	—
	ПП-07-2				—	—	—	2—10	—	До 150
	ПП-12				0—130	—	—	2,6	—	—
СУС-13	ПП-02	Стержневой изолированный	0,1; 0,25; 0,6; 1,0; 1,6; 2,0	Жидкая электропроводная	—100÷250	2,5	0,015	—	0,001	—
СУС-13И	ПП-02-И				—	—	—	—	—	—
СУС-130М	ПП-020М	Стержневой изолированный	0,1; 0,25	Морская вода и соляные растворы	—4÷50	2,5	0,015	—	0,001	—
СУС-13	ПП-04				—20÷40	0,25	0,015	—	0,001	—
СУС-13И	ПП-04И		0,1; 0,25; 0,6; 1,0; 1,6; 2,0	Жидкая электропроводная	—	—	—	—	—	—
СУС-130М	ПП-040М				—4÷40	0,25	0,015	—	0,001	—

СУС-13	ПП-10	0,19; 0,27; 0,37	Стержневая и формовочная смеси	5—50	0,6	—	—	—
СУС-14Р (уровень раздела сред)	ПП-02И	0,25	Жидкая, верхняя фаза — сжиженные газы, нефтепро- дукты, нижняя фаза — во- да, водные растворы	0—100	4,0	0,0005	Верхняя фаза 1,0	Нижняя фаза 0,01
СУС-14	ПП-01	0,1; 0,25 0,6; 1,0 1,6; 2,0	Жидкая, сыпучая неэлект- ропроводная	—100÷250	2,5	0,015	20,0	—
СУС-14И	ПП-01И	0,12	Техническая дробь	—100÷100	2,5	0,015	20,0	5
СУС-14	ПП-11			5—100	0,6	—	—	4
СУС-15	ПП-03	0,25; 0,5; 1,0; 1,6; 2,0	Жидкая, сыпучая неэлект- ропроводная	0—100	0,25	0,015	2,0	5
СУС-15И	ПП-03И							
СУС-16	ПП-05	0,1; 0,25; 0,6	Жидкая неэлектропроводная	—100÷100	6,4	0,015	1,4	—
СУС-16И	ПП-05И			—100÷150	4			
СУС-16	ПП-13			—100÷250	2,5			
СУС-16	ПП-06	0,1; 0,25 0,6		—100÷100	6,4	0,015	2,0	—
СУС-16И	ПП-06И			—100÷150	4			
СУС-16	ПП-14			—100÷250	2,5			

Тип и исполнение		Тип чувствительного элемента	Длина поружаемой части, м	Наименование, физическое состояние, электрические свойства среды	Параметры контролируемой среды					
Сигнализатор уроне	Первичный преобразователь				Температура, °C	Давление, МПа	Динамическая вязкость, Па·с	Диэлектрическая проводимость, См/м	Удельная электрическая проводимость, См/м	Размеры графитовых электродов, мм
СУС-160М	ПП-16И	Плоский	0,1	Нефтепродукты — вода	0—80	0,6	0,0064	2,0	0,001	—
	ПП-20И		0,1; 0,25	Масло, топливо	5—50	—	—	—	—	50
СУС-170М	ПП-150М	Плоский	—	Рыба и продукты ее переработки (кусковая)	5—100	0,1	—	—	—	—
СУС-18	—		—	Сыпучая (фалафос, каолин, сульфатол, аэросил). Скорость изменения 10 мм/с	—30÷50	0,1	—	2,8—7,3	—	0,0001
СУС-21	ПП-08		—	Сыпучая, кусковая электропроводная	—30÷50	—	—	—	20	150
СУС-22	ПП-09	Плоский	—	Кусковая (руда) электропроводная	0—130	—	—	—	20	150
СУС-23	ПП-09		—	Сыпучая (руда) электропроводная	0—130	—	—	—	20	150

ском (ОМ) исполнениях. Погрешность срабатывания СУС — от ± 10 до ± 30 мм. Вероятность безотказной работы в течение 2000 ч равна 0,98, а для исполнения ОМ в течение 5000 ч — 0,95. Средний срок службы СУС — не менее 8 лет.

4.5. Высокочастотные и другие уровнемеры и сигнализаторы уровня

Принцип действия высокочастотных уровнемеров типа РУМБ-БК-М основан на измерении времени распространения ультразвуковых колебаний в металлическом стержне-волноводе от нулевой отметки на нижнем конце преобразователя уровня до поплавка. Уровнемер предназначен для измерения уровня нефтепродуктов в нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности, в том числе высоковязких и коагулирующих сред.

Первичный преобразователь уровнемера РУМБ-БК-М предназначен для работы в жидких средах с плотностью 500—1200 кг/м³. Верхние пределы измерения 0,4; 0,6; 1,0; 1,6; 2,5; 3 4; 6; 10; 12 и 16 м. Основная погрешность $\pm 0,5\%$ для верхних пределов измерения от 4 до 16 м, $\pm 1\%$ для верхних пределов измерения от 1 до 4 м и $\pm 1,5\%$ для остальных пределов измерения. Рабочее давление 16 МПа (верхние пределы измерения 0,4—1,6 м), 6,4 МПа (верхние пределы измерения 1,6—2,5 м) и 2,5 МПа (верхние пределы измерения 3—16 м), температура измеряемой среды — $100 \div 80^\circ\text{C}$ [18].

Уровнемер высокочастотный бесконтактный следящий типа Руда-Лот предназначен для дистанционного измерения уровня мелкодисперсных (пыль, порошок и др.) сыпучих материалов с размером частиц до 5 мм, проводников и диэлектриков с диэлектрической проницаемостью насыпной массы не менее 1,8. Первичный преобразователь представляет собой барабан с мерной лентой, на конце которой расположен чувствительный элемент. Электромеханический привод вращает барабан до тех пор, пока расстояние между поверхностью сыпучих материалов и чувствительным элементом не установится вполне определенным. Верхние пределы измерения 6, 10, 16 и 20 м для жидких и сыпучих сред и 25, 30, 35 и 40 м только для сыпучих материалов. Класс точности 0,5, температура измеряемой среды — $50 \div 150^\circ\text{C}$, давление в объекте — до 0,6 МПа [18].

Акустический уровнемер типа «Эхо-5» предназначен для бесконтактного измерения уровня сыпучих и кусковых материалов с размером гранул или кусков от 5 до 300 мм, а также жидких сред; в том числе вязких, налипающих, выпадающих в осадок. Принцип действия основан на локацию уровня звуковыми импульсами, проходящими через газовую среду и отражающимися от границы раздела сред газ — измеряемая среда. Верхние пределы измерения 0,4; 0,6; 1; 4; 6; 10; 16; 20 и 30 м. Класс точности 1,5. Температура измеряемой среды — $50 \div 120^\circ\text{C}$ для сыпучих тел и $40 \div 170^\circ\text{C}$ для жидких сред, давление в объекте до 4 МПа [18].

Сигнализатор уровня «Эхо-5С» по принципу действия и параметрам измеряемой среды аналогичен «Эхо-5». Погрешность срабатывания для диапазонов сигнализации 1—2,5; 2,5—4; 4—6; 6—10; 10—16; 16—20 и 20—30 м соответственно составляет $\pm 0,04$; $\pm 0,1$; $\pm 0,2$; $\pm 0,3$; $\pm 0,35$; $\pm 0,4$; $\pm 0,6$ м [18].

Индуктивный уровнемер «Квант-10» предназначен для измерения уровня жидкометаллического теплоносителя в ядерных энерге-

тических установках. Диапазоны измерения от 0—455 до 0—5200 мм. Основная погрешность $\pm 2,5$ и ± 4 %. Параметры контролируемой среды: удельное сопротивление — не более 0,2 мкОм·м, давление — до 1,5 МПа, температура — до 550 °С. Вероятность безотказной работы 0,9 в течение 8000 ч. Средний срок службы — не менее 10 лет [18].

«Квант-11-П» имеет диапазон измерения 0—3000 мм, основная погрешность ± 50 мм, давление среды 2,45 МПа, температура 220 °С, содержание пара при температуре насыщения 3—5 %.

4.6. Выбор метода измерения уровня

Главным преимуществом гидростатического и пневмометрического методов является возможность определять градуировочную характеристику расчетным путем. Но она будет справедливой, если состав, температура и давление измеряемой среды, которые определяют ее плотность, остаются неизменными. К плюсам пневмометрического метода можно добавить его практическую независимость от температурного режима импульсных линий и отсутствие уравнительных сосудов. Но пневмометрический метод может быть применен только в том случае, если технологический процесс допускает подачу в сосуд, в котором измеряется уровень, небольшого (до 1—5 л/ч) количества воздуха или другого газа.

Поплавковые уровнемеры являются одним из наиболее точных, надежных и практически независимых от свойств измеряемой среды средств измерения. Однако при давлениях более 5—6 МПа практически невозможно создать поплавков, который плавал бы на поверхности. Кроме того, осадки и другие отложения могут существенно исказить показания или даже сделать уровнемер неработоспособным, потопив поплавок.

Буйковые уровнемеры могут работать при высоких давлениях и температурах. Но изменение температуры и в меньшей степени давления может изменить плотность среды таким образом, что погрешность будет заметной. Например, изменение температуры от 100 до 80 °С при давлении 5 МПа вызовет дополнительную погрешность в 1,4 %. С увеличением температуры эта погрешность увеличится и изменение температуры от 200 до 180 °С при том же давлении вызовет погрешность 2,5 %. Кроме того, так же как в поплавковых уровнемерах, осадки и отложения на буйке вызывают существенные погрешности.

Высокочастотный уровнемер РУМБ-БК-М фактически также является поплавковым уровнемером, только положение поплавка определяется по времени распространения ультразвуковых колебаний в волноводе. Поэтому он имеет в основном те же преимущества и недостатки, что и поплавковые уровнемеры.

Принципиально более совершенным и независимым от свойств измеряемой среды является высокочастотный уровнемер Руда-Лот. Его чувствительный элемент располагается на определенном расстоянии от поверхности измеряемой среды (жидкой или сыпучей), а положение его определяется механическим путем. Поэтому класс точности 0,5 или даже более.

Акустические уровнемеры — невысокого класса (1—1,5) и не могут работать под давлением. Но они не накладывают никаких ограничений на род измеряемой среды или ее свойства.

Индуктивные уровнемеры имеют низкий класс точности (1,5—2,5) и могут применяться только для жидких металлов.

ИЗМЕРЕНИЕ СОСТАВА ГАЗОВЫХ СМЕСЕЙ

5.1. Общие сведения об измерении состава газовых смесей

Большинство газоанализаторов выпускаются для измерения одного или нескольких определенных компонентов газовой смеси. К ним относятся термокондуктометрические, термохимические, оптико-акустические, термомагнитные и ряд других газоанализаторов. Эти газоанализаторы применяются для измерения малых, средних и больших концентраций анализируемых компонентов. Для них часто требуется специальная подготовка (удаление некоторых компонентов) для создания псевдобинарной по свойствам газовой смеси.

Для измерения микроконцентрации определенного компонента применяются фотоколориметрические, хемилюминесцентные, резонансного поглощения и некоторые другие газоанализаторы.

Особое место среди анализаторов занимают хроматографы и масс-спектрометры. Они позволяют проводить как качественный, так и количественный анализ состава газовых смесей, в том числе измерять очень малые концентрации (до 10^{-3} %). Масс-спектрометры выпускаются в основном лабораторного типа, а хроматографы — как лабораторного, так и промышленного типа. Время анализа в промышленных хроматографах может достигать 15—20 мин и более.

5.2. Термокондуктометрические и термохимические газоанализаторы

В термокондуктометрическом газоанализаторе используют отличие теплопроводности анализируемого компонента от теплопроводности других компонентов. Строго говоря, для этого необходимо, чтобы теплопроводности всех остальных компонентов были практически равны, т. е. чтобы по теплопроводности смесь была близкой к бинарной. Для этого часто требуется специальная подготовка смеси: удаление (поглощение или сжигание) неанализируемых компонентов, которые могут существенно повлиять на результаты измерения. Технические характеристики термокондуктометрических газоанализаторов приведены в табл. 5.1 и [21].

Термохимические газоанализаторы применяются для анализа горючих компонентов газовой смеси. Поэтому они очень широко применяются в качестве сигнализаторов наличия горючих компонентов или для сигнализации о наличии взрывоопасных смесей, например в помещениях. Выпускаемые сигнализаторы реагируют на более чем 100 наименований горючих газов, паров и их смесей. Технические характеристики термохимических газоанализаторов приведены в табл. 5.1 и [21].

5.3. Термомагнитные газоанализаторы

Работа термомагнитных газоанализаторов основана на движении в неоднородном магнитном поле при наличии температурного градиента парамагнитных частиц — молекул кислорода и оксидов азота. Это явление называется термомагнитной конвекцией. Газоанализа-

Таблица 5.1. Технические характеристики термокондуктометрических и термохимических газоанализаторов и сигнализаторов

Тип	Измеряемый компонент	Диапазон измерения, %	Предел допускаемой основной погрешности, %	Измеряемая среда	Примечание
ТП-2221М*	CO ₂	0—10; 0—20; 0—30; 0—40	±2,5	Бинарные смеси повышенной влажности, содержащие CO ₂ и N ₂ , или многокомпонентные сухие смеси	Вероятность безотказной работы (ВБР) в течение 1000 ч — не менее 0,85. Средний срок службы 6 лет
ТП-5501-1*	H ₂	0—1	±10	Бинарные смеси: водород — азот, воздух, аргон или углерод; метан — воздух, диоксид углерода — азот. Температура 5—50 °С; давление 100 ± ±30 кПа; относительная влажность 90 % при температуре 5—20 °С; содержание пыли, смол и механических примесей 0,001 г/м ³ ; содержание сероводорода и аммиака 0,01 г/см ³	ВБР не менее 0,86 за 2000 ч. Средний срок службы 8 лет. Чистое запаздывание — до 5 с, время установления показаний до 110 с
		0—2; 0—3 0—5; 0—10; 0—20; 0—60; 0—160; 50—100 60—100; 80—100; 90—100; 95—100	±4 ±2,5		
	CO ₂	0—10; 0—20; 0—30; 0—40;			

		50—100; 80—100; 90—100; 95—100			
	CH ₄	0—100	±2,5		
ТП-7101М* — те- чешкаатель	Не или другие га- зы	Порог чувствительности 1,8·10 ⁻⁵ м ³ ·мкм/с при температуре 20±5 °С и влажности 30—80 %; 3,6·10 ⁻⁵ м ³ ·мкм/с при температуре 10±5 и 35± ±10 °С и влажности 30—60 %			ВБР не менее 0,9 за 1000 ч. Запаздыва- ние — не более 1,5 с
«Диск-101»	H ₂	0—1	±10	Смесь H ₂ с NH ₃	
«Диск-102»	NH ₃	30—90	±4	Смесь NH ₃ с N ₂ + H ₂	
«Диск-103»	Ag	0—20	±4	Смесь Ag с N ₂ , воздух, O ₂	
«Диск-104»	Ag	0—40	±4		
«Диск-106»	Ag	60—100	±4		
«Диск-107»	SO ₂	0—10	±2,5	Смесь SO ₂ с N ₂ или воз- духом, CO ₂ до 1 %, CO до 10 %	
«Диск-108»	SO ₂	0—20	±4	То же, но CO ₂ до 3 % без CO	

Продолжение табл. 5.1

Тип	Измеряемый компонент	Диапазон измерения, %	Предел допускаемой основной погрешности, %	Измеряемая среда	Примечание
«Диск-201»	H ₂	0—5	±4	Смесь H ₂ , Ar и N ₂ ; H ₂ до 5 % и N ₂ до 15 %	
	Ar	80—100	±5		
«Диск-301»	NH ₃	0—15	±4	Смесь NH ₃ , H ₂ и N ₂ ; NH ₃ до 15 %, H ₂ 50—80 %	
	H ₂	50—80	±4		
«Диск-302»	NH ₃	0—25	±4	Смесь NH ₃ , H ₂ , N ₂ ; NH ₃ до 25 %, H ₂ 50—80 %	
	H ₂	50—80	±4		
«Щит-2»	Горючие газы, пары и их смеси наименований	5—50 % НПВ	±8 % НПВ	Воздух во взрывоопасных помещениях всех классов и емкостях	Сигнализаторы одно- и пятиканальные
СГГ-1 — сигнализатор дозврывоопасных концентраций	CH ₄	20±5 % НКПВ (нижнего концентрационного предела воспламенения)	—	Метан и пропан-бутановая смесь в воздухе. Температура измеряемой среды —30÷+40 °С (СГГ-1 и СГГ-2), —50÷+40 °С (СГГ-3); относительная влажность — до 98 %	Наработка на отказ 20 000 ч. Работоспособен при вибрации с частотой 25 Гц и амплитудой до 0,1 мм, напряженность внешних магнитных по-

		наемости
	C_3H_8	(22±5) % НКПВ
	C_4H_{10}	(24±5) % НКПВ
СТГ-2	До 62 горючих газов, паров и их смесей	от (10—5) % НКПВ до (45±5) % НКПВ
СТГ-3	Метан, этан, пропан, бутан, пентан, гексан и их смеси	От 10—5 НКПВ до 30±5 % НКПВ
СТМ-1Д — сигнализатор девятиканальный с конвекционно-диффузионной подачей измеряемой среды	До 114 горючих газов, паров и их смесей, взрывоопасных I—III категорий	От 10—5 до 45±5 % НКПВ
СТМ-1П — то же с принудительной подачей измеряемой среды		

лей — до 400 А/м; напряженность электрического переменного поля — до 10 кВ/м

при 25 °С; атмосферное давление 84—106,7 кПа

ВБР 0,93 в течение 1000 ч; средний срок службы 8 лет; вибрация — не более 0,1 мм с частотой 25 Гц; напряженность внешних магнитных полей — не более 400 А/м; напряженность внешнего электрического поля до 50 кВ/м

Температура измеряемой среды —30÷50 °С с конвекционно-диффузионной подачей и 5—50 °С с принудительной подачей измеряемой среды; относительная влажность — до 98 % при температуре 25 °С

Тип	Измеряемый компонент	Диапазон измерения, %	Предел допускаемой основной погрешности, %	Измеряемая среда	Примечание
СТМ-2Д — то же, что СТМ-1Д, но одноканальный					
СТМ-2П — то же, что СТМ-1П, но одноканальный					
СВК-3М1 — сигнализатор дозирования опасных концентраций	Горючие газы, пары и их смеси	Горючие газы, пары и их смеси 5—50 % НКПВ	30+19 —24 НКПВ	Температура измеряемой среды 5—50 °С; расход 16±1,5 л/ч; содержание механических примесей 0,001 г/см ³	ВБР 0,92 в течение 1000 ч; средний срок службы 8 лет
		Водородо-воздушные смеси 5—20 % НКПВ	12,5±5,5 % НКПВ		
СТХ-3 — сигнализатор токсичных веществ	Горючие газы, пары и их смеси 95 наименований	5—50 % НКПВ	±(27,5 ÷ 22,5) % НКПВ	Воздух помещений	ВБР 0,95 в течение 2000 ч; быстроедействие 20 с

ВБР 0,9 в течение
10000 ч; быстродейст-
вие 40 с

СТХ-5А — сигна- лизатор термохи- мический	Горючие газы, па- ры и их смеси 15 наименований	—	$\pm (16 \div 10) \%$ НПВ	—
СТХ-7	Этиловый спирт, бензин «Галоша»	10—50 % НПВ	$(38,5 \pm 11,5) \%;$ $(37,5 \pm 12,5) \%$ НПВ	Горючие вещества в воз- духе при температуре 140—170 °С (этиловый спирт), 50—100 % (бен- зин «Галоша») и 25— 200 остальные
	Ксилол, сольвент, толуол, уайт-спи- рит, этилцелло- золь, диметалфор- мамид		$(36 \pm 14) \%$ НПВ по уайт-спирит- ту	
СВИП-1	Горючие газы, па- ры и их смеси 52 наименований	20 % НПВ	$\pm 10 \%$ НПВ	Воздух рабочих помеще- ний
ПСИ-1				
ГТХ-1-11	O ₂	0—1	± 4	Водород электролити- ческий
ГТХ-1-21	H ₂	0—2	± 4	Кислород электролити- ческий

Метод искусственно
го воспламенения

Т а б л и ц а 5.2. Технические характеристики термомагнитных газоанализаторов на кислород

Тип	Диапазон измерения, % O_2	Предел допускаемой основной погрешности, %	Измеряемая среда	Примечание
МН 5130-1*; МН 5130-2	0—0,5	± 10	Невзрывоопасные смеси O_2-N_2 с содержанием H_2 до 1,2 %; CH_4 до 1,2 %; CO до 15 %	ВБР 0,9 в течение 2000 ч; средний срок службы 8 лет; безотрадное действие 120 с
	0,1; 0—2	± 5		
	0—5; 0—10; 0—21; 0—50; 0—80; 50—160	± 2		
	80—100	$\pm 2,5$		
МН 5130 М	90—100	$\pm 2,5$	Газовая смесь O_2-N_2-Ar (Ar до 10 или 2 %), содержание пыли, смол и механических примесей — до 0,001 г/м ³ ; коррозионно-активных примесей — до 0,01 г/м ³ ; температура 5—50 °С; избыточное давление 1—50 кПа, влагосодержание — до 0,5 г/м ³	ВБР 0,82 в течение 2000 ч; средний срок службы 6 лет
	98—100	± 5		

МН 5106-2	0—1; 0—2	±5	Дымовые газы котельных установок	ВБР 0,85 в течение 2000 ч; средний срок службы 6 лет
	0—5; 0—10	±2		
МН 5121	15—30	±3	Воздух	Средний ресурс 10 000 ч
МН 5122-1	15—30	±4	Воздух или газовая среда, содержащая O ₂ , N ₂ и CO ₂	ВБР 0,9 в течение 1000 ч; средний срок службы 6 лет
ГТМК-16	От 0—1 до 0—100	±4	Газовые смеси бинарные и тройные	ВБР 0,95 в течение 1000 ч; срок службы 8 лет
		±2		
«Оскар»*	0—1; 0—2; 0—5	±4	Газовые смеси любых сочетаний	ВБР 0,9 в течение 2000 ч; срок службы 8 лет
	0—10; 0—20; 0—25 0—40; 0—50; 0—100	±2,5		

торы, использующие магнитные свойства газов другим образом, в СССР не выпускаются.

Изменения температуры, давления и расхода анализируемой газовой смеси могут оказывать влияние на результаты измерения, причем это влияние может быть существенным. Например, дополнительная погрешность может достигать 0,1 % на 1 °C изменения температуры, 0,1 % на каждый 1 % изменения атмосферного давления относительно градуировочного значения. Технические характеристики термоманнитных газоанализаторов приведены в табл. 5.2 и [26].

5.4. Оптические газоанализаторы

К оптическим газоанализаторам отнесены такие, принцип действия которых основан на особенностях поглощения — излучения отдельных компонентов газовой смеси. К ним относятся оптико-акустические, фотоколориметрические, хемилюминесцентные, резонансного поглощения и некоторые другие.

В оптико-акустических газоанализаторах для анализа многоатомных газов используются свойства анализируемых газов поглощать лучистую энергию при определенных длинах волн, соответствующих их полосам спектра поглощения.

Энергия, излучаемая источником, поступает импульсами (поток излучения прерывается механически) в измерительную камеру и затем в приемник излучения, в котором происходит изменение давления, преобразуемое в колебания микрофонного чувствительного элемента. Амплитуда колебаний зависит от концентрации анализируемого компонента в измерительной камере. Технические характеристики оптико-акустических газоанализаторов приведены в табл. 5.3 и [21].

В хемилюминесцентных газоанализаторах используется зависимость интенсивности люминесцентного излучения, возникающего в результате химической реакции анализируемого компонента с другим реагентом, например реакции озона с этиленом от концентрации этого компонента. Эти газоанализаторы применяются для измерения очень малых концентраций таких компонентов, как озон, оксиды азота и др. Технические характеристики газоанализаторов этого типа приведены в табл. 5.3.

Лазерный газоанализатор ЛГА использует особенности поглощения метаном излучения при длине волны, совпадающей с одной из длин волн спектра излучения метана. Технические характеристики газоанализатора приведены в табл. 5.3 и [21].

5.5. Электрохимические газоанализаторы

К электрохимическим газоанализаторам относятся такие, в которых выходной сигнал зависит от электрохимических явлений, протекающих в электродных системах при наличии анализируемого компонента. Из электрохимических наибольшее распространение получили вольтамперметрические и кулонометрические газоанализаторы.

В вольтамперметрических газоанализаторах значение тока в электродной цепи зависит от содержания деполаризующего компонента, например кислорода, в щелочном гальваническом элементе. Технические характеристики вольтамперметрических (гальванических) газоанализаторов (ГЛ 5108, 151 ЭХ 02 и унифицированный ряд газоаналитической техники) приведены в табл. 5.4 и [21].

Таблица 5.3. Технические характеристики оптических газоанализаторов

Тип	Анализируемый компонент	Диапазоны измерения, %	Предел допускаемой основной погрешности, %	Измеряемая среда	Примечание
ГИАМ-1	CO	От 0—40 до 0—160 мг/м ³	±5	Воздух	Наработка на отказ 4500 ч; средний срок службы 6 лет
ГИАМ-10	CO	0,5; 0—15 г/м ³	±10	Газовая смесь с температурой 70—500 °С, влажность — до 240 г/м ³ , пыль — до 100 г/м ³	Средний срок службы 8 лет
	NO	0—1; 0—2 г/м ³			
	SO ₂	От 0—2 до 0—20 г/м ³			
ГАК-1	H ₂	0—5; 0—10 0—20	±2,5	Колошниковый газ доменных печей	Наработка на отказ для каналов CO и CO ₂ — не менее 1500 ч, для канала H ₂ 2000 ч
	CO	От 0—1 до 0—100			
	CO ₂				

Тип	Анализируемый компонент	Диапазоны измерения, %	Предел допускаемой основной погрешности, %	Измеряемая среда	Примечание
АСГА-Т	СО	От 0—0,05 до 0—10	±5	Выхлопные газы двигателей; температура — до 200 °С, влагосодержание до 135 г/м³, расход 0,9—2,4 л/мин	Наработка на отказ 4000 ч; средний срок службы 6 лет
	СО ₂	0—5; 0—10	±2,5		
	NO _x	От 0—0,005 до 0—5	±4		
	C _n H _m	От 0—0,005 до 0—5	±20		
652ХЛ-03	O ₃	От 0—0,05 до 0—1,5 мг/м³	±15	Атмосферный воздух: температура —40÷40 °С, влажность 30—98 % и 95±3 % при 35 °С; СО — до 200 мг/м³, C _n H _m — до 50 мг/м³, Н ₂ S — до 1 мг/м³, пыль — до 10 мг/м³, SO ₂ — до 10 мг/м³	ВБР 0,8 за 1000 ч; средний срок службы 6 лет
			±5		
			±20		
645ХЛ-03	O ₂	От 0—0,25 до 0—7,5 мг/м³	±20		
	NO _x		±30		

667ФФ-03	SO ₂	0—0,5; 0—1,5; 0—5 мг/м ³	±20	Атмосферный воздух	Средний срок службы 8 лет
ГХЛ-201	NO	0—0,03; 0—0,15	±15	Выбросы ТЭС и других предприятий. Температура 5—50 °С, вла-га — до 35 г/м ³ . CO, H ₂ , CH ₄ до 1 %, CO ₂ 6—16 %, O ₂ — до 10 %, O ₂ — до 0,0001 %, пыль — до 5 мг/м ³	ВБР 0,8 за 10 000 ч; средний срок службы 6 лет
ЛГА	CH ₄	От 0—0,001 до 0—1	±50	Измерение утечек газо-проводов по содержанию метана в воздухе. Темпе-ратура —10÷40 °С, дав-ление 90—104 кПа	ВБР 0,88 за 500 ч; сред-ний срок службы 6 лет
УФА-1	Cl ₂	0—5; 0—10; 0—100	±4	Газовые смеси хлорид-ных производств	Ультрафиолетовый ана-лизатор
ГИК-3	CH ₄ , H ₂ , CO ₂	0—3; 0—2; 0—1	±0,2 % CH ₄ , H ₂ или CO ₂	Воздух помещений и на-ружных установок, име-ющих взрывоопасность по газовоздушным сме-сям	Интерферометрический метод измерения
ИФАН-1	CO	0—0,005	±10	Азотоводородная смесь	Инфракрасный оптико-акустический анализатор
ИФАН-2	CO ₂	0—0,005	±10	Конвертированный газ	

Продолжение табл. 5.3

Тип	Анализируемый компонент	Диапазоны измерения, %	Предел допускаемой основной погрешности, %	Измеряемая среда	Примечание
ИФАН-3	CO	0—0,005	±10	Воздух производственных помещений	
«Кедр-01»	C ₂ H ₂	0—0,5	±6	Технологические газовые смеси производства ацетилена, аммиака и метанола	Опτικο-акустический анализатор
«Кедр-02»	C ₂ H ₂	0—10	±4		
«Кедр-03»	CH ₄	0—1	±4		
«Кедр-04»	CH ₄	0—2	±4		
«Кедр-05»	CH ₄	0—5	±4		
«Кедр-06»	CH ₄	0—10	±4		
«Кедр-07»	CH ₄	0—20	±4		
«Кедр-08»	CO ₂	0—0,05	±10		
«Кедр-09»	CO ₂	0—0,5	±6		
«Кедр-10»	CO ₂	0—2	±4		

«Кедр-11»	CO ₂	0—5	±4		
«Кедр-12»	CO ₂	0—10	±4		
«Кедр-13»	CO ₂	0—20	±4		
«Кедр-14»	CO	0—1	±4		
«Кедр-15»	CO	0—5	±4		
«Кедр-16»	CO	0—10	±4		
«Кедр-17»	CO	0—20	±4		
«Кедр-18»	CO	0—50	±4		
«Сирена»	H ₂ S (сероводород)	0—3; 0—10; 0—30 мг/м ³	±20	Воздух производственных помещений	Фотоколориметрический. Взрывобезопасное исполнение
«Сирена-2»	NH ₃ (аммиак)	0—30 мг/м ³	±20		
«Сирена-4»	COCl ₂ (фосген)	0—1 мг/м ³	±20		
«Свет»	N ₂	0—1·10 ⁻¹ ; 0—1·10 ⁻² ; 0—2·10 ⁻³ ; 0—1·10 ⁻³	±10 ±10 ±25 ±25	N ₂ в Ag	Оптический промышленный газоанализатор
«Платан-1»	Арсин	0—2 мг/м ³ каждые 0,2 мг/м ³	±25	Воздух рабочих помещений	Хемилюминесцентный газоанализатор

Таблица 5.4. Технические характеристики электрохимических газанализаторов

Тип	Анализируемый компонент	Диапазон измерения	Предел допускаемой основной погрешности, %	Измеряемая среда	Примечание
ГЛ 5108	O ₂	От 0—0,0005 до 0—0,05 %	±10	Газы: азот, аргон, гелий, водород, этилен и т. д. Температура 10—35 °С, давление 0,45—0,50 кПа, влажность 95 %	ВБР 0,98 за 100 ч
	O ₂	От 0—2 до 0—25 %	±4; ±2	Отходящие газы промышленных установок и энергоблоков	ВБР 0,9 за 2000 ч
Унифицированный ряд газоаналитической техники	O ₂	0—30 %	±0,3	Воздух помещений, открытых и замкнутых экологических систем	Наработка на отказ 6000 ч; срок службы 1 год
	H ₂	0—4 %	±5		
	H ₂	0—20 мг/м³	±20		
	SO ₂	0—20 мг/м³			
«Атмосфера-1М»	SO ₂	0—0,5; 0—2; 0—10 мг/м³	±20	Атмосферный воздух и воздух помещений, температура 0—50 °С, давление 90—105 кПа, влажность 30—90 %	Наработка на отказ 1500 ч; средний срок службы 6 лет
	H ₂ S	0—0,05; 0—0,5 мг/м³	±50		

«Атмосфера- ИМ»	Cl ₂	0—2; 0—1 мг/м ³	±20	Воздух и атмосферный воздух —40 ÷ +40 °С, влажность 30—98 %, содержание агрессивных примесей: O ₂ — до 10; O ₃ — до 1,25; NO _x — до 7,5; CO — до 200 мг/м ³ ; пыль — до 10 мг/м ³	ВБР 0,87 за 1000 ч; средний срок службы 6 лет
	O ₈	0—0,1; 0—0,5 мг/м ³			
323 ИН-01*	C _n H _m	0—50; 0—250 мг/м ³	±10	±15	
	C _n H _m CH ₄ C _n H _m —CH ₄	0—5; 0—15; 0—50 мг/м ³			
«Нитрон»	NO ₂	0—5 мг/м ³	±20	Воздух с содержанием аммиака и аминов, паров органических соединений, спиртов, кислот и др.	Взрывозащитное исполнение
«Гамма-М»	C ₈ H ₈ (стирол)	0—12; 0—30; 0—60 мг/м ³	±20	Воздух	
	C ₆ H ₆ (бензол)	0—9; 0—22,5; 0—45 мг/м ³			
	C ₂ H ₃ Cl (хлористый винил)	0—28; 0—70; 0—140 мг/м ³			
	C ₂ H ₄ Cl ₂ (дихлорэтан)	0—27; 0—67,5; 0—135 мг/м ³			

Продолжение табл. 5.4

Тип	Анализируемый компонент	Диапазон измерения	Предел допускаемой основной погрешности, %	Измеряемая среда	Примечание
«Графит»	Угледороды (по углероду)	0—100 г/м ³ углерода в водород	±6	CH ₄ , C ₂ H ₆ , C ₃ H ₈ , C ₄ H ₁₀ и изо-C ₄ H ₁₀ — до 18,6 % в пересчете на CH ₄ , водород — все остальное	—
СДК-3 (сигнализатор)	130 взрывоопасных веществ	5—40 % НПВ (14,2 % НПВ по метану)	+3,9 ÷ —3,5 % по метану	Воздух помещений с содержанием Cl ₂ , паров HCl и серосодержащих веществ	—
ГДРП	O ₂	0—0,1; 0—0,2; 0—0,5; 0—1	±10	Газовые смеси, не содержащие электрохимически активных газов	Обыкновенное исполнение
		0—2	±5		
ГКП-1	SO ₂ (сернистый ангидрид)	0—1; 0—2; 0—5; 0—10 мг/м ³	±20	Воздух	

«Палладий-М»	СО	0—40 мг/м³	±10	Воздух рабочих помещений, где массовая концентрация Н ₂ 1 мг/м³ и непредельных углеводородов 10 мг/м³	Кулонометрический газоанализатор одно-, трех- и шестиканальный в обычном и взрывобезопасном исполнении
«Озон-4»	О ₃	0—25; 0—50 г/м³	±2 г/м³	Озонообразующие и озонкислородные газовые смеси	—
«Родонит»	О ₂	1·10 ⁻⁶ —100	±10 ÷ ±2,5	Инертные газы, азот и углекислый газ	Электрохимический газоанализатор
«Аметист»	О ₂	0—5·10 ⁻⁴ ; 0—1·10 ⁻³	±10	Водород, азот, водородные смеси водорода с инертными газами	То же, но взрывозащищенное исполнение
Мигдаль»	HCN (синильная кислота)	0—1,5 мг/м³	±10	Воздух рабочих помещений	Электрохимический газоанализатор с числом каналов 1—12
«Циркон-М»	О ₂	1·10 ⁻⁶ —100	±2,5 ÷ 10		
«Лазурит»	О ₂ , Н ₂ , Н ₂ О	0—0,001; 0—0,002; 0—0,005; 0—0,1; 0—0,02; 0—0,05; 0—0,1	±6; ±4	Азот и инертные газы при производстве О ₂ и Н ₂ , защитная атмосфера при полимеризации, термообработке и сварке	

В кулонометрических газоанализаторах содержание анализируемого компонента определяется по количеству электричества, израсходованного при электролизе вещества, соединяющегося с анализируемым компонентом без остатка. Значение тока, при котором обеспечивается нейтрализация раствора с анализируемым компонентом, и служит мерой концентрации этого компонента. Технические характеристики этих газоанализаторов («Атмосфера-1М»; «Атмосфера-11М») приведены в табл. 5.4 и [21].

К электрохимическим может быть отнесен и пламенно-ионизационный газоанализатор, в котором концентрация анализируемого комплекса определяется по ионизационному току, образующемуся в водородном пламени вследствие ионизации молекул органических соединений. Технические характеристики пламенно-ионизационных газоанализаторов 323 ИН-01 и 623 ИН-02 приведены в табл. 5.4 и [21].

5.6. Хроматографические и другие газоанализаторы

Хроматографы относятся к анализаторам, которые могут проводить одновременно качественный и количественный анализ газообразных и жидких сред. Принцип действия основан на разделении газовых смесей на отдельные компоненты при движении вдоль поверхности сорбента, последующей идентификации компонентов и определении их содержания в смеси. Этот метод может быть использован для определения содержания любых газов и широкого класса жидких сред, в том числе сжиженных газов. Метод способен определять содержание отдельных компонентов до 10^{-5} — 10^{-6} %. Хроматографы — приборы периодического действия с временем анализа 10—20 мин. Однако по всем другим показателям они не имеют конкурирующих методов газового анализа. Большинство хроматографов является универсальными приборами, область применения которых и состав анализируемых компонентов определяются газом-носителем, сорбентом, заполняющим разделительную колонку, и температурным режимом этой колонки. Технические характеристики выпускаемых хроматографов приведены в табл. 5.5. Хроматографы других типов, которые приведены в [21, 22], имеют специальное назначение и поэтому на предприятиях и в организациях энергетической, химической и других отраслей промышленности не применяются.

Кроме хроматографов качественный и количественный анализ одновременно могут проводить масс-спектрометры с разделением ионов по времени пролета. Однако это значительно более сложные, чем хроматографы, установки, которые, как правило, для непрерывной работы непригодны [21, 22].

5.7. Вспомогательные устройства к газоанализаторам

При отборе и передаче к газоанализатору проба газа должна пройти предварительную подготовку: должна быть очищена от механических и агрессивных примесей, охлаждена или нагрета до требуемой температуры, должны быть стабилизированы определенные значения давления и расхода и т. д. Для этого применяются специальные вспомогательные устройства (табл. 5.6),

Т а б л и ц а 5.5. Технические характеристики хроматографов

Тип	Особенности конструкции	Область применения	Чувствительность	Среднее квадратическое отклонение, %	Примечание
Нефтехим* СКЭП	Пять модификаций: ВКГ — с дозатором газовых и паровых проб от двух потоков; ВКГ-1 — то же от одного потока; ВКЖ — с дозатором жидких проб; ВКГР и ВКЖР — с выходным сигналом для системы регулирования (унифицированный электрический или пневматический). Имеет два терморегулятора и программатор для управления процессом, четыре разделительные колонки. Взрывобезопасное исполнение	Для определения состава многокомпонентных смесей газов, паров и жидкостей при температуре раздельных колонок до 200 °С	С газом-носителем гелием по пропану — 10 ³ мВ·см ³ /мг, с азотом по ундекану — 20 мВ×× см ³ /мг	±1 % для газовых, ±1,5 % для жидкостных	Промышленный хроматограф: дрейф нуля 0,02 мВ/ч, с автоматической установкой нуля — менее 0,01 мВ. Объем проб газов и паров 0,5; 1; 2 и 4 мл, жидкостей 0,004; 0,008 и 0,032 мл. ВБР 0,8 за 1000 ч
Нефтехром	Взрывобезопасное исполнение	Для определения состава органических соединений, смесей углеводородов	—	±1	—

Продолжение табл. 55

Тип	Особенности конструкции	Область применения	Чувствительность	Среднее квадратическое отклонение, %	Примечание
Газохром-3101	Портативный; неавтоматический ввод пробы, три разделительные колонки	Для определения состава продуктов сгорания на ТЭС, в промышленных печах и других топливосжигающих установках, а также для других анализов состава газов	Порог чувствительности: по водороду — 0,0005 %, по CO — 0,001 %, по CH ₄ — 0,001 %; по O ₂ — 0,02 %; по CO ₂ — 0,1 %	Сходимость по временам удерживания — 1 %, по высотам пику — 2,5 %	Дрейф нуля 6 % за час. ВБР 0,8 за 630 ч, срок службы — 6 лет
ЛХМ-80*	Лабораторный, для массовых анализов, пять разновидностей детекторов, восемь модификаций хроматографов, ручной и автоматический дозаторы и интегратор для расфитровки хроматограмм. Газоадсорбирующая или газокиндостная хроматография при изотермическом или линейном меняющемся режиме разделительных колонок	Для анализа газообразных и жидких соединений в химической, газовой, пищевой промышленности, в сельском хозяйстве и медицине	Порог чувствительности по пропану: до 10 ⁻¹¹ % для пламенно-ионизационного детектора (ДИП) и до 10 ⁻⁸ % — для детектора по теплопроводности (ДТП)	Уровень шумов — до 1 %	ВБР 0,8 за 1000 ч, срок службы — 8 лет

«Цвет-500»	Хроматограф газовый лабораторный, автоматический, с интегратором для расшивки хроматограмм, изотермический или программируемый режим работы — $99 \pm 399^\circ \text{C}$	Для качественного и количественного анализа смесей веществ с температурой кипения до 400°C	Порог чувствительности по углеводородам с ДПИ — $2 \times 10^{-6} \%$, с ДПИ — $7 \times 10^{-4} \%$	± 1	
«Цвет-500М»	То же, но с микропроцессором для расчета концентраций двумя способами	То же	То же	± 1	
«Цвет-2000»	Хроматограф газовый лабораторный, автоматический с микро-ЭВМ для расчета концентраций, управления режимами, автоматического усреднения и коррекции данных	То же	То же		

Тип	Особенности конструкции	Область применения	Чувствительность	Среднее квадратическое отклонение, %	Примечание
ХПУ-2	Хроматограф промышленный, унифицированный, автоматический. Взрывозащищенное исполнение	Для анализа сложных органических и неорганических смесей с температурой кипения до 250 °С	Порог чувствительности по СО с ДИП $1.5 \cdot 10^{-4}$ %, с ДТП $1.5 \cdot 10^{-1}$ %	± 1 для газов и ± 2.5 для жидкостей	
«Микрохром-1121»	Промышленный хроматограф 3 моделей: 1121-1 — базовая модель для анализа жидких проб; 1121-2 — для анализа проб в газовой и паровой фазах; 1121-3 — для анализа проб в газовой и паровой фазах с разделением на несколько колонках, автоматически коммутируемых в процессе анализа, отбор последовательно из нескольких (до 4) потоков. Взрывозащитное исполнение	Для автоматического контроля и регулирования технологических процессов нефтехимических предприятий	100 мВ·см³/мг (по пропану); 50 мВ·см³/мг (по додекану)	± 0.75 для газов и ± 1.25 для жидкостей	Промышленный хроматограф: дрейф нуля 0,02 мВ/ч, с автоматической установкой — 0,01 мВ/ч; объем проб газов 0,063; 0,125; 0,25; 0,5; 1,0 см³; объем проб жидкостей 0,002; 0,004; 0,008 и 0,016 см³

Т а б л и ц а 5.6. Технические характеристики вспомогательных устройств подготовки проб для анализа газов

Наименование и тип устройства	Назначение	Краткая техническая характеристика
Газозаборное устройство ГЗУ-2	Отбор пробы газа и очистка его от пыли перед подачей в газоанализатор	Температура газа 100—600 °С, относительная влажность — до 80 %, давление — до 0,01 МПа. Запыленность пробы — до 120 г/м ³ . Запыленность газа после ГЗУ-2 — не более 2 г/м ³ при расходе 200 л/ч. Перепад давления на ГЗУ-2 0,01 кПа (10 кгс/м ²) при расходе 200 л/ч
Газоочистное устройство ГОУ-1	Очистка пробы газа от вредных примесей	Устройство, состоящее из двух линий фильтров, соединенных последовательно и заполненных твердыми поглотителями. Объем фильтров — от 0,3 до 1 л. Тип поглотителя определяется потребителем в зависимости от условий применения и удаляемых примесей. Запаздывание газоанализатора за счет газоочистного устройства 20 с при расходе газа 200 л/ч (300 с при расходе 14 л/ч)
Газоочистное устройство ГОУ-2		То же, но фильтры заполнены жидкими поглотителями, объем фильтров 0,2—0,5 л
Фильтр ФПЦ-1-160	Удаление механических примесей из газовой смеси	Давление газа на входе — до 16 МПа (160 кгс/см ²), степень очистки 99,5 %. Максимальное содержание механических примесей 2 г/м ³ , размер частиц — не менее 100 мкм

Наименование и тип устройства	Назначение	Краткая техническая характеристика
Фильтры: ФПЦ-1-4-1 ФПЦ-1-4-2 ФПЦ-1-4-3	Удаление, механических примесей из газовой смеси	Давление газа на входе 0,4 МПа (4 кгс/см ²), степень очистки 99,5 %. Максимальное содержание механических примесей: ФПЦ-1-4-1 — 2 г/м ³ , частицы до 10 мкм; ФПЦ-1-4-2 — 0,1 г/м ³ , частицы до 15 мкм; ФПЦ-1-4-3 — 2 г/м ³ , частицы до 100 мкм. Фильтрующие элементы изготовлены из стеклоткани (ФПЦ-1-4-1), ткани (ФПЦ-1-4-2) и керамики (ФПЦ-1-4-3)
Электрофильтр ЭФ-6У4	Электростатическая непрерывная очистка от примесей, находящихся во взвешенном состоянии (мелкодисперсная пыль, туман, кислот, аэрозоли) в пробоотборных системах газоанализаторов	Степень очистки 98 %, содержание примесей — до 8 г/м ³ . Расход газа — до 250 л/ч, температура газа 1—50 °С, влажность — не более 6,8 г/м ³ , давление газовой смеси — 20÷30 кПа, давление продувки 0,14—0,25 МПа
Фильтры физико-химические ионообменные: ФХИ-10	Для очистки газовых смесей от: щелочных газов (аммиака, фосфина)	Давление газовой смеси в фильтре — до 250 кПа. Габаритные размеры, мм: 38×120
ФХИ-10-01	кислотных газов (SO ₂ , Cl, HCl, NO ₂ , HF, H ₂ S)	

ФХИ-25	щелочных газов	45×160
ФХИ-25-01	кислых газов	
ФХИ-50	щелочных газов	55×170
ФХИ-50-01	кислых газов	
ФХИ-100	щелочных газов	65×170
ФХИ-100-01	кислых газов	
ФХИ-10-02	H ₂ S в SO ₂	38×120
ФХИ-10-03	SO ₂ в H ₂ S	
ФХИ-25-02	H ₂ S в SO ₂	45×160
ФХИ-25-03	SO ₂ в H ₂ S	
ФХИ-50-02	H ₂ S в SO ₂	55×170
ФХИ-50-03	SO ₂ в H ₂ S	
ФХИ-100-02	H ₂ S в SO ₂	65×170
ФХИ-100-03	SO ₂ в H ₂ S	

Наименование и тип устройства	Назначение	Краткая техническая характеристика
Холодильник-фильтр ХГФ-1	Охлаждение пробы газа, конденсация влаги и грубая очистка от механических примесей	Температура газа в точке отбора — до 600 °С, температура после холодильника 20 °С, температура охлаждающей воды — не более 18 °С. Расход газа — до 200 л/ч, запыленность газа — до 10 г/м³, размер частиц — до 0,5 мм, давление газа — до 0,01 МПа (1000 кгс/м²)
Холодильник ХГ	Охлаждение газовой пробы и конденсация влаги	Охлаждение до 20 °С и полная конденсация влаги при расходе газа до 250 л/ч и температуре в точке отбора до 200 °С
Сборник конденсата СК-1	Сбор и ручной периодический слив конденсата	Вместимость 0,5 л. Температура газовой среды 1—50 °С, давление 0,02—16 МПа, запыленность — не более 2 г/м³
Сборник конденсата СК-2	Сбор и автоматический отвод конденсата	
Сборник конденсата СК-3	Сбор и ручной периодический слив конденсата	Вместимость 0,1 л. Давление газовой смеси 0,02—0,25 МПа, температура 1—50 °С, запыленность — не более 2 г/м³
Сборник конденсата СК-4	Сбор и автоматический отвод конденсата	Вместимость 0,5 л. Давление газовой смеси 0,02—0,25 МПа, температура 1—50 °С, запыленность отсутствует

Автоматическое поддержание давления газа в линии «после себя»

Стабилизатор давления газа
СДГ-1

Давление на входе 0,16—1 МПа, давление на выходе 0,025—0,1 МПа, расход газа 1—60 л/ч. Коэффициент стабилизации — не менее 50. Отклонение давления на выходе при изменении расхода 10 л/ч — не более 0,001 МПа

Стабилизатор давления газа
СДГ-3

Давление на входе 0,6—1 МПа, давление на выходе 0,1—0,5 МПа, расход газа 0,2—60 л/ч. Коэффициент стабилизации — не менее 50. Отклонение давления на выходе при изменении расхода на 10 л/ч — не более 0,001 МПа

Стабилизатор давления газа
за СДГ-5

При давлении на входе 0,16—1,6 МПа давление на выходе 0,025—0,1 МПа, коэффициент стабилизации — не менее 100. При давлении на входе 1,6—16 МПа давление на выходе 0,06—0,16 МПа, коэффициент стабилизации — не менее 150. Отклонение давления на выходе — не более 0,001 МПа при изменении расхода на 10 л/ч

Стабилизатор давления газа
за СДГ-6

Давление на входе 1—40 МПа, давление на выходе 0,025—0,1 МПа. Расход газа 25—250 л/ч, коэффициент стабилизации — не менее 2000. Отклонение давления — не более 0,001 МПа при изменении расхода на 10 л/ч

Стабилизатор давления газа
за СДГ-111

Давление на входе 0,16—1,2 МПа (1,6—12 кгс/см²). Коэффициент стабилизации — не менее 100. Расход газа 1—200 (СДГ-111А), 1—600 (СДГ-111Г) и 1—200 л/ч (СДГ-111Д)

Продолжение табл. 5.6

Наименование и тип устройства	Назначение	Краткая техническая характеристика
Стабилизатор давления газа СДГ-116	Автоматическое поддержание давления газа в линии «до себя»	Стабилизируемое давление 0,01—0,1 МПа, расход газа (по воздуху) 3—200 л/ч
Стабилизатор высокого давления газа СВДГ	Автоматическое поддержание давления газа в линии «после себя»	Давление на входе 1,6—16 МПа (16—160 кгс/см ²), давление на выходе 0,5—10 МПа (5—100 кгс/см ²). Расход газа 1—150 л/ч. Коэффициент стабилизации — не менее 50
Стабилизатор перепада давления СПД-11	Стабилизация перепада давления газа относительно давления в линии «после себя» в системах газового анализа и в газоанализаторах	Давление на входе 0—1 МПа, опорное давление в линии «после себя» 0—0,06 МПа. Стабилизиремый перепад давления от —0,02 до +0,03 МПа. Расход при перепаде давления Δp от 0,02 до 0,06 МПа 1—60 л/ч, при $\Delta p=0,06$ 1—250 л/ч. Коэффициент стабилизации — не менее 50, при $\Delta p=$ — 0,06 — не менее 100
Стабилизатор перепада давления СПД-16	Стабилизация перепада давления газа относительно опорного давления в линии «до себя» в системах газового анализа и в газоанализаторах	Давление на входе от —0,02 до +0,09 МПа, опорное давление в линии «после себя» 0—0,06 МПа. Стабилизиремый перепад давления — от —0,02 до +0,03 МПа. Расход при перепаде давления Δp от 0,02 до 0,06 МПа 1—60 л/ч, при $\Delta p=$ — 0,06 1—250 л/ч. Коэффициент стабилизации — не менее 50, при $\Delta p=0,06$ — не менее 100

Стабилизатор перепада давления газа СПД-21

Стабилизация перепада давления газа относительного опорного давления в линии «после себя» в системах газового анализа

Давление на входе 0,005—0,06 МПа (0,05—0,6 кгс/см²), опорное давление 0—0,025 МПа (0—0,25 кгс/см²), стабилизируемый перепад давления на мембране 0,01—0,004 МПа (0,01—0,04 кгс/см²). Расход газа 1—250 л/ч. Коэффициент стабилизации 50

Стабилизатор расхода газа СРГ-21

Поддержание объемного расхода газа в системах газового анализа и газоанализаторах

Давление на входе 0,02—0,16 МПа, давление на выходе 0—0,003 МПа. Отклонение расхода от установившегося значения — не более $\pm 2\%$

Стабилизатор расхода газа СРГ-22

То же, но отклонение расхода не более $\pm 3\%$

Стабилизатор расхода газа СРГ-23

Расход по воздуху для СРГ-23А, СРГ-23Б, СРГ-23В, СРГ-23Г, СРГ-23Д, СРГ-23Е, СРГ-23Ж, СРГ-23И, СРГ-23К, СРГ-23Л, СРГ-23М соответственно равен 1; 1,6; 1,5; 4; 6; 10; 16; 25; 40; 60; 200 л/ч. Давление на входе 0,004—0,04 МПа, давление на выходе 0,02—0,04 МПа, отклонение расхода от номинального — не более $\pm 2,5\%$

Стабилизатор расхода газа СРГ-28

Расход по воздуху для СРГ-28А; СРГ-28Б; СРГ-28В; СРГ-28Г; СРГ-28Д; СРГ-28Е; СРГ-28Ж; СРГ-28И; СРГ-28К; СРГ-28Л соответственно равен 1; 1,6; 2,5; 4; 6; 10; 16; 25; 40; 50 л/ч. Давление на входе $0 \pm 0,005$ МПа, давление на выходе $-0,02 \div -0,04$ МПа, отклонение расхода от номинального — не более $\pm 2,5\%$

Наименование и тип устройства	Назначение	Краткая техническая характеристика
Побудитель расхода газа (струйный) ПЭП-3-4015	Транспортировка проб газовых смесей через газоанализаторы под действием ежектурирующего потока газа	Обеспечивает разрежение в газовой линии не менее 40 кПа при расходе 180 л/ч. Давление воздуха питания 140 кПа, расход 1,2 м³/ч
Побудитель расхода газа (мембранный) ПМП-2-4025		Разрежение в газовой линии — не менее 40 кПа при расходе 300 л/ч. Давление питания 118 кПа
Переключатель газовый автоматический ГП-1	Подача проб анализируемого газа из шести точек отбора на один анализатор (сигнализатор)	Давление газа — до 14,7 кПа, разрежение — до 29 кПа, расход газа от каждой точки — не более 200 л/ч. Время срабатывания каждого клапана 60, 120 и 180 с (в зависимости от модификации)
Нагнетатель универсальный пневматический УПН-1	Подача проб газа или жидкостей в датчики автоматических анализаторов	Обеспечивает: нагнетание газа при атмосферном давлении на входе не менее 0,015 МПа при расходе не менее 250 л/ч; подачу жидкости не менее 50 л/ч при давлении 0,1 МПа и гидростатическом разрежении на всасе не более 1 м. Расход воздуха на нагнетатель — не более 6 м³/ч

В месте отбора пробы устанавливают в случае необходимости газозаборное устройство типа ГЗУ-2 с керамическим фильтром и экраном. Кроме керамического по линии подачи газа к газоанализатору могут устанавливаться фильтры предварительной очистки ФП и тонкой очистки (или контрольные) ФК. ФП осуществляют очистку от крупнодисперсной пыли. При этом содержание пыли снижается до $0,001 \text{ г/м}^3$. ФП может работать при температуре до 50°C . ФК в качестве фильтрующего элемента использует фланель. Он предназначен для улавливания случайных частиц и контроля за чистотой газовой смеси.

Для очистки от агрессивных примесей — сероводорода и тумана щелочи — применяют газоочистные устройства типа ГОУ-1 с твердыми поглотителями. Давление смеси $0,01 \text{ МПа}$, температура $10\text{—}45^\circ\text{C}$. Газоочистные устройства ГОУ-2 с жидкими поглотителями применяют для удаления из газовой смеси паров серной кислоты, хлора, сернистого газа и аммиака. Давление смеси $0,01 \text{ МПа}$, температура $5\text{—}45^\circ\text{C}$, содержание пыли — до 5 г/м^3 , влагосодержание — до 70 г/м^3 .

Для охлаждения газовой смеси и снижения ее влагосодержания применяется водоохлаждаемый холодильник типа ХК. Расход газовой смеси через него — до 10 л/мин , давление газовой смеси — до $2,5 \text{ МПа}$. Расход воды — не менее 80 л/мин , давление — до 1 МПа , температура 18°C . Температура газовой смеси на входе — до 600 , на выходе 40°C .

Для охлаждения газовой смеси до 2°C и уменьшения влагосодержания до $5,6 \text{ г/м}^3$ применяются термоэлектрические холодильники с водяным охлаждением типа ХТЭ-1. Расход газовой смеси 4 л/мин , давление $0,15 \text{ МПа}$. Расход воды — не менее 16 л/мин , давление 1 МПа , температура 25°C . Температура газовой смеси на входе 60°C , влагосодержание — до 130 г/м^3 .

Для поддержания заданного давления газовой смеси применяется регулятор давления типа РД-1. Давление газовой смеси на входе $0,09\text{—}3 \text{ МПа}$, давление на выходе $0,08\text{—}0,01 \text{ МПа}$, расход газа $0,5 \text{ л/мин}$, температура газа $5\text{—}50^\circ\text{C}$.

Для поддержания постоянного расхода анализируемой газовой смеси применяется регулятор расхода типа РР-4. При давлении газа на входе $0,02\text{—}0,2 \text{ МПа}$ регулятор обеспечивает расход $0,5 \pm 0,025 \text{ л/мин}$. Температура газа $5\text{—}50^\circ\text{C}$.

Иногда применяются комплексы устройств для контроля и регулирования давления и расхода анализируемой газовой смеси, ее очистки от механических и агрессивных примесей и осушки. Эти комплексы выполнены в виде единых блоков.

Для прососа анализируемой газовой смеси через газоанализатор применяются воздушные эжекторы типа ВЭЖ2, побудители расхода, выполненные в виде ротационных насосов с электроприводом типа ПР-3 или ПР-7, и другие устройства.

ИЗМЕРЕНИЕ СОСТАВА И СВОЙСТВ ЖИДКОСТЕЙ, ГАЗОВ, СЫПУЧИХ И ТВЕРДЫХ ТЕЛ

6.1. Общие сведения об измерении состава и свойств жидкостей

При работе мощных энергоблоков и их вспомогательного оборудования возникает необходимость измерения солесодержания, электрической проводимости, концентрации растворов, концентрации водородных ионов pH , ионов натрия pNa , содержания кислорода, борной кислоты и других параметров, характеризующих работу энергоблока в целом или отдельных его частей, причем в различных участках технологической схемы эти параметры могут иметь существенно различное значение, например солесодержание питательной воды и непрерывной продувки котла.

В химических процессах также возникает необходимость измерения концентрации растворов, электрической проводимости и других параметров, но численные значения их могут отличаться на порядки от тех, которые имеют место в энергоблоках. Поэтому часто одинаковые по назначению и даже по принципу измерения приборы или первичные преобразователи могут существенно различаться своим устройством и измерительной схемой в зависимости от области их применения.

6.2. Кондуктометрические анализаторы

Кондуктометрические анализаторы предназначены для определения концентрации солей в растворах по электрической проводимости. При малых концентрациях зависимость электрической проводимости от концентрации практически линейна. Часто при малых концентрациях определяют электрическую проводимость раствора с несколькими солями и условно приводят концентрацию смеси к концентрации $NaCl$. Такие приборы называются солемерами.

Для измерения электрической проводимости обычно используют электролитическую измерительную ячейку с двумя или более электродами, заполненную анализируемым раствором. При электрической проводимости $1-10^{-6}$ См/см применяются безэлектродные первичные преобразователи с измерительной ячейкой с жидкостным витком, заполненным анализируемым раствором. В таких преобразователях отсутствует гальванический контакт измерительной схемы с анализируемым раствором и практически исключено влияние электрохимических процессов на результаты измерения. Технические характеристики кондуктометрических анализаторов приведены в табл. 6.1 и [21].

Т а б л и ц а 6.1. Технические характеристики кондуктометрических анализаторов

Тип	Измеряемая величина	Диапазоны измерения, См/см	Предел допускаемой основной погрешности, %	Область применения, измеряемая среда	Примечание
АКК-201	Электрическая проводимость	От 10^{-7} — 10^{-8} до 10^{-3} — 10^{-2}	$\pm 2,5$	Тепловые электростанции и другие установки. Обессоленная вода, растворы кислот, щелочей и солей, сточные воды в процессах ионообменной очистки. Температура раствора 10—100 °С, давление — до 0,5 МПа	Наработка на отказ 12 000 ч. Модификация АКК-201-01 — обычное АКК-201-02 — взрывозащищенное исполнение
АКК-201-М (вместо АКК-201)					ВБР 0,73 за 2000 ч
АКК-202		10^{-2} — 1	$\pm 2,5$	Растворы кислот, щелочей и солей чистые и загрязненные. Температура раствора — до 100 °С, давление — до 0,7 МПа	ВБР 0,87 за 2000 ч. Наработка на отказ 13 000 ч. Виброустойчивое исполнение
АКК-М-01		От 10^{-8} — 10^{-7} до 10^{-3} — 10^{-2}	± 2	Обессоленная вода, растворы слабых электролитов	ВБР 0,82 за 2000 ч. Наработка на отказ 12 000 ч

Продолжение табл. 6.1

Тип	Измеряемая величина	Диапазоны измерения, См/см	Предел допускаемой основной погрешности, %	Область применения, измеряемая среда	Примечание
АКК-М-02	Электрическая проводимость	10 ⁻² — 1	±2	Растворы электролитов	ВБР 0,82 за 2000 ч. Наработка на отказ 12 000 ч
САР1-11 САР1-21 САР1-01	Содержание условное по NaCl	25—250 мг/л	±4 при 20 °С и ±6 при 5—35 °С	Непрерывная продукция паровых котлов, испарительного охлаждения доменных печей, очистки сточных вод в металлургии, химии и других отраслях. Для САР1-11 и САР1-12 температура раствора — до 290 °С, давление — до 16,5 МПа, для остальных модификаций 100—170 °С и до 1 МПа	В комплект входят: первичный преобразователь, измерительный преобразователь, аналого-цифровой преобразователь, нормирующий преобразователь, цифропечатающее устройство и самопишущий потенциометр
САР3-01 САР5-01		50—500 100—1000 мг/л			
САР1-12 САР1-22 САР1-02		250—2500 мг/л			
САР3-02 САР5-02		500—5000 1000—10 000 мг/л			
СККТ СКПВ СКПП	Содержание условное по NaCl	0—200 мкг/кг	±4	Вода пароводяного тракта энергоблоков с котлами на давление не менее 10 МПа. Давление и температура измеряемой среды: для СККТ 0,2—3,5 МПа и 60 °С; для СКПВ	ВБР 0,85 за 1000 ч; средний срок службы 6 лет. В комплект солеметров входит концентратор пробы с 3- или 10-ступенчатым дросселем

УСКМ	Удельное электрическое сопротивление	10—400 кОм·см	Погрешность сигнализации $\pm 3\%$	Теплоэнергетические установки и общепромышленные объекты. Температура измеряемого раствора 2—100 °С, давление 10 МПа	ВБР 0,8 за 2500 ч; средний срок службы 10 лет. Датчик прочный
СКМ	Содержание условное по NaCl	От 0,1—2 до 200—4000 мг/л	± 6	Теплоэнергетические установки стационарные и судовые. Температура раствора — до 280 °С, давление — до 10 МПа	ВРБ 0,92 за 1000 ч. Датчики прочные и погружные
РЭС-106	Содержание условное по NaCl	0—4 мг/кг	± 4	Теплоэнергетические установки. Насыщенный пар при давлении до 11 МПа	ВБР 0,8 за 1000 ч; срок службы 6 лет

СКМ выпускается 33 модификаций: СКМ 101—114 — одноточечные; СКМ 201—214 — двухточечные; СКМ 401—414 — четырехточечные; СКМ 601—614 — шеститочечные; СКМ 101, 201, 401, 601, 102, 202—604 — на температуру измеряемой среды 2—40 или 20—100 °С; СКМ 111, 211, 411, 611, 112, 212—614 — на температуру измеряемой среды 100—280 °С; СКМ 101, 201, 401, 601, 111, 211, 411, 611 — на диапазон 0,1—2 мг/л; СКМ 102, 202, 402, 602, 112, 212, 412, 612 — на диапазоны 0,2—4; 0,5—10; 1—20 мг/л; СКМ 103, 203, 403, 603, 113, 213, 413, 613 — на диапазоны 2—40 или 5—100 мг/л; СКМ 104, 204, 404, 604, 114, 214, 414, 614 — на диапазоны 20—400, 50—1000 и 200—4000 мг/л.

Тип	Измеряемая величина	Диапазоны измерения, См/см	Предел допускаемой основной погрешности, %	Область применения, измеряемая среда	Примечание
АК-310	Электрическая проводимость	0—1; 0—10; 0—100 мкСм/см	± 5	Теплоэнергетические установки. Солеотделение в паре, питательной и химически обессоленной воде и в конденсате турбин. Давление измеряемой среды 0,1 МПа	ВБР 0,95 за 500 ч
АК-215 (взамен АК-310)		От 0—0,05 до 0—500 мкСм/см	± 4	Питательная и обессоленная вода, конденсат энергоустановок	ВБР 0,8 за 2000 ч, наработка на отказ 13 000 ч
АК-212		От 0—0,1 до 0—100 мкСм/см	± 4	Рабочая среда второго контура АЭС	ВБР 0,9 за 2000 ч
АНК-201М		0,2—7 мСм/см	± 6	Растворы минеральных удобрений	ВБР 0,74 за 2000 ч, наработка на отказ 12 000 ч
КС-211		0—100 мкСм/см	± 6	Сигнализатор истощения анодных фильтров в системах химоводоочистки энергоблоков ТЭС. Температура среды 20—40 °С	—

ИФК-201	0,01—0,1; 0,1—1 мСм/см	±5	Индикатор истощения Н-катионитных фильтров в системах химводоочистки энергоблоков ТЭС. Температура среды 20—40 °С, давление до 1 МПа.	ВБР 0,84 за 2000 ч, наработка на отказ 13000 ч, ИФК-201-01 проточного типа, ИФК-201-02 — магистрального типа
КЛ-3 «Импульс»	1·10 ⁻⁴ —1·10 ⁻³ ; 1·10 ⁻³ —1·10 ⁻² ; 1·10 ⁻² —1·10 ⁻¹ — для погружного преобразователя; 0,1—1; 1—10; 10—100 — для заправляемого преобразователя	±0,5	Растворы в лабораторных исследованиях	—
КВА-3М1	0—1·10 ⁻³ (при поддиапазона)	±2,5	Особо чистая вода	Имеет перестраиваемую сигнализацию в пределах диапазона измерения
КВМ-1М (многоточечный)	0—1·10 ⁻³	±2,5		
ДКБ-1М1	3,8—7	±1,5	Олеум	Первичный преобразователь проточного типа

Продолжение табл. 6.1

Тип	Измеряемая величина	Диапазоны измерения, См/см	Предел допускаемой основной погрешности, %	Область применения, измеряемая среда	Примечание
КВЧ-2-В3	Электрическая проводимость	5—15; 10—20; 15—25; 20—30; 30—50; 50—70; 70—80 при температуре 10—40 °С и 70—90 °С	±4	Солевые суспензии на калийных обогатительных фабриках на температуры среды 15—35; 10—40 и 75—105 °С	Высокочастотный кондуктометр. Датчики прочного и погружного типов
КВЧ-3	Концентрация соляной кислоты	2—15 %; 25—37 %	±6; ±2,5	Водный раствор соляной кислоты при 10—40 °С	Измерительный преобразователь прочного исполнения
КВЧ-5	Электрическая проводимость	6,7—22,8 (99,5—95 % на H_2SO_4); 21,15—24,95 (96—93 % H_2SO_4) 30,8—40,7 (78—72 % H_2SO_4); 45—56,87 (70—65 % H_2SO_4)	±2,5	Серная кислота в сернокислотных производствах при 55±15 °С	Измерительные преобразователи погружного и прочного типов
КВЧ-6		20—30	±2,5	Пульпы в экстракторах фосфорной кислоты (производство дигидратное и	

Продолжение табл. 6.1

Тип	Измеряемая величина	Диапазоны измерения, См/см	Предел допустимой основной погрешности, %	Область применения, измеряемая среда	Примечание
КНЧ-1М-12	H_2SiF_6	1—5 %	± 6	Водный раствор при температуре 30—60 °С	Низкочастотный кондуктометр. Датчики проточного и погружного типов
КНЧ-1М-13		3—8 %			
КНЧ-1М-14		8—14 %			
КНЧ-1М-15	H_2SO_4	3—10 %	$\pm 2,5$	Водный раствор при температуре 15—45 °С	
КНЧ-1М-16		10—27 %			
КНЧ-1М-17		54—58 %	± 1		
СЭ-3М	Электрическая проводимость	0,09—11	± 3	Водные растворы кислот, щелочей и солей	Трехпозиционный сигнализатор. Датчики проточного и погружного типов. Ширина зоны сигнализации регулируемая, но определяется модификацией сигнализатора

6.3. Потенциометрические анализаторы

Потенциометрические анализаторы предназначены для определения концентрации ионов водорода, натрия и других элементов в растворах. Принцип действия основан на зависимости поверхностного потенциала измерительного электрода от активной концентрации ионов. Для измерения поверхностного потенциала в раствор кроме измерительного помещают также вспомогательный (сравнительный) электрод, потенциал которого не зависит от концентрации. В настоящее время благодаря созданию ионоселективных электродов возможно измерение концентрации H^+ , Na^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , I^- , CN^- , SCN^- , S^{--} , Br^- , Cl^- , NH_4^+ , Ag^+ , K^+ , NO_3^- и других ионов, а также окислительно-восстановительного потенциала.

Активная концентрация ионов в растворах, как правило, выражается в единицах десятичного логарифма: $pH = -\lg a_{H^+}$, $pNa = -\lg a_{Na^+}$ и т. д. Например, в чистой воде при $22^\circ C$ концентрация ионов водорода составляет 10^{-7} г-ион/л, откуда $pH = -\lg 10^{-7} = 7$. При растворении в воде щелочи число ионов водорода уменьшается и pH раствора возрастает. Аналогично и с концентрацией других ионов.

В связи с тем что внутреннее сопротивление электродной системы может достигать 1000 МОм, необходимо очень строгое соблюдение требований нормативно-технической документации по монтажу, наладке и эксплуатации потенциометрических анализаторов. Технические характеристики pH - и pX -метров приведены в табл. 6.2, характеристики электродов — в табл. 6.3 и [21].

Для измерения концентрации ионов измерительные и вспомогательные электроды при помощи арматуры оформляются в чувствительные элементы. По конструктивному выполнению арматуры чувствительные элементы подразделяются на проточные, погружные и магистральные. Проточные чувствительные элементы имеют измерительную ячейку с электродами, через которую протекает анализируемая среда. Погружные чувствительные элементы выполнены таким образом, чтобы можно было погружать в технологические аппараты измерительный и вспомогательный электроды. Магистральные чувствительные элементы предназначены для монтажа в разрыв технологического трубопровода. Характеристики наиболее распространенных чувствительных элементов приведены в табл. 6.4. Чувствительные элементы комплектуются измерительными электродами типа ЭСП-01-14 (pH 0—14 и температура раствора 25 — $100^\circ C$) и ЭСП-04-14 (pH 0—12 и температура раствора 0 — $40^\circ C$) и вспомогательными электродами ЭХСВ-1 или ЭВП-08.

Водородная характеристика преобразования электродов проверяется по специальным растворам [23].

6.4. Анализаторы водорода, кислорода, хлора и других газов в жидкостях

Для непрерывного определения концентрации водорода, растворенного в конденсате перегретого пара и характеризующего коррозию поверхностей котла, применяются анализаторы водорода. В основу работы этих приборов положено различие в теплопроводностях водорода и кислорода и зависимость парциального давления водорода в кислородо-водородной смеси над конденсатом от концентрации

Т а б л и ц а 6.2. Технические характеристики погениометрических анализаторов

Тип	Измеряемая величина	Диапазоны измерения	Предел допускаемой основной погрешности, %	Область применения, измеряемая среда	Примечание
pH-201	pH	4—14; 8,5—9,5; 8,5—11; 6,5—11,5 pH	$\pm 0,05$ pH	Системы контроля водного режима и водоподготовки энергоблоков. Температура измеряемой среды 5—50 °С, давление — до 0,6 МПа	ВБР 0,73 за 2000 ч, наработка на отказ 12 000 ч. Комплект состоит из датчика магистрального типа ДМ-5М, преобразователя П-201 и самопишущего потенциометра КСП-2
pH-220	pH	1—14 pH	$\pm 0,1$ pH	Технологические водные растворы. Температура измеряемой среды — до 150 °С, давление — до 0,6 МПа	Наработка на отказ 12 000 ч; срок службы 10 лет; pH-202.1 с погружным датчиком ДПГ-4М, pH-202.2 с магистральным датчиком ДМ-5М
pH-125	pH, Eh, t °С	В диапазоне 3—9 pH 0—4, 4—8, 8—12 pH 0—12 pH В диапазоне Eh 0±1200 мВ	$\pm 0,03$ pH $\pm 0,04$ pH $\pm 0,2$ pH ± 30 мВ	Анализ водных растворов методом отбора проб. Предназначен для измерения концентрации водородных ионов pH, окислительно-восстановительного потенциала Eh и температуры раствора	В комплект входят электроды ЭСЛ-15-11, ЭСЛ-45-11, ЭПЛ-02, ВВЛ-1М4, ЭСКЛ-08, ЭПКЛ-03

				0±400, 800—1200, 400—800 мВ	±10 мВ	
				В диапазоне 0—40 °С	±2 °С	
				0—100 °С	±4 °С	
pNa-201	pNa, мкг Na ⁺ /л	5—8,36 ед. рNa; 0,1—100 мкг Na ⁺ /л	±0,05 мкг Na ⁺ /л	Теллоэнергетические и промышленные установки. Питательная и обес-солённая вода, конденсат котлов и турбин. Температура раствора в ячейке 38±2 °С, рН раствора 10,3±0,3 ед. рН		
pNa-205 (взамен рNa-201)	pNa	5,36—8,36 ед. рNa 0,1—100 мкг Na ⁺ /л	±0,05 рNa	Наработка на отказ 2500 ч. В комплекте иономерный анализатор рNa-201, самопишущий миллиамперметр КСУ-2, преобразователь П-201		
СИ-1М2 сигнализатор цианидов	рCN	10,5—12,5 рН	±0,2 рН	Наработка на отказ 5000 ч		
СХ-1М2 сигнализатор хрома	рCr	±100; ±200 мВ	±6; ±12 мВ	ВБР 0,63 за 2000 ч. В комплект входят электрод ЭЧПг-2М1 и преобразователь П-205		
АХП-205	рCl	1,5—3,5 рCl	±4	Измерение хлор-ионов в поверхностных и сточных водах, в системах регенерации качества воды. Температура воды в ячейке 35±2 °С		
				Наработка на отказ 5000 ч; средний срок службы 6 лет. В комплект входят хлоридометр АХП-205, преобразователь П-201, самопишущий миллиамперметр КСУ-2		

**Т а б л и ц а 6.3. Технические характеристики электродов
потенциометрических анализаторов**

Тип электрода	Измеряемая величина	Диапазон измерения	Параметры измеряемой среды		Электрическое сопротивление электрода при 20 °С, МОм	Материал электрода, соприкасающийся с измеряемой средой	Примечание
			Температура, °С	Давление, МПа			
ЭСЛ-11Г-04	pH	—0,5÷12,6	20—100	—	500±250	Стекло УСТ (№ 23)	Лабораторные электроды
ЭСЛ-11Г-05							
ЭСЛ-15-11	pH		15—100		50±40	Стекло № 20	
ЭСЛ-41Г-04	pH	0—12,6	0—40				
ЭСЛ-41Г-05							
ЭСЛ-43-07	pH						
ЭСЛ-45-07	pH	0—12					
ЭСЛ-45-08							
ЭСЛ-45-11							
ЭСЛ-51Г-04	pNa	0,2—3,5	0—60		20—200	Стекло № 73	
ЭСЛ-51Г-05							

ЭСЛ-51-07	pNa	—0,5÷4	0—100			
	pAg	0,3—5				
ЭСЛ-63-07	pH	0—14	25—100	До 0,6	500±250	Стекло УСТ (№ 23)
ЭСЛ-91-07	pK	0—3,5	0—80		5—35	
	pNH ₄	0—3				Стекло № 26
ЭСП-01-14	pH	0—14	25—10	До 0,6	500±250	Стекло УСТ
ЭСП-02-14	pH	—0,05 ÷ 12	15—80		400±200	Стекло КСТ
ЭСП-04-14	pH	0—12	0—40		50±40	Стекло № 20
ЭСП-05-06	pNa	—0,5÷4	0—110		20—200	Стекло № 73
ЭСП-11-17	pH	0—10				
ЭСП-12-17	pH	0—14				
ЭСП-13-17	pH	—0,5÷12				
ЭСП-14Г-10	pH	0—14	25—100		500±250	Стекло УСТ
ЭСП-31-06	pH	0—11	70—150		5—50	Стекло № 121
ЭСП-44Г-10	pH	0—12	0—40		50±40	Стекло № 20

Промышленные электроды. Нара- ботка на отказ 9500 ч
--

Промышленные
электроды. Нара-
ботка на отказ
9500 ч

Тип электрода	Измеряемая величина	Диапазон измерения	Параметры измеряемой среды		Электрическое сопротивление электрода при 20 °С, МОм	Материал электрода, соприкасающийся с измеряемой средой	Примечания
			Температура, °С	Давление, МПа			
ЭПВ-1	мВ	Определяется вторичным прибором	0—150	До 2	1·10 ⁻⁶	Платина, впаиваемая в стекло	Промышленные электроды. Нарботка на отказ 9500 ч
ЭА-2	рS	1—18,5	0—60	—	0,015	Сернистое серебро в винилласте	
ЭО-01	мВ	100—1200	0—60		0,03—5,0	Стекло № 232	Лабораторно-промышленные электроды
ЭТП-02	мВ	Определяется вторичным прибором	0—100		0,001	Стекло, покрытое платиной	
ЭСС-01	рS	0—18,7	20—90			Стекло с сульфид-серебряным покрытием	
	рAg	0,4—5	5—50				
ЭСС-71-11	рН	-0,5 ÷ +12	20—60	До 0,5	50±40	Стекло № 258	
ЭСКЛ-98	рН	0—12	15—80		500±200	—	
ЭПКЛ-03	Еh		15—80		<0,01		

ЭПЛ-02	0—100		10—"	Платина	ВБР 0,9 за 1000 ч; наработка на отказ 9500 ч; срок служ- бы 12 мес
ЭМ-Са-01	pCa	0—4	—	Полистирол с мем- браной AgCl	
ЭМ-Mg-01	pMg	0—4			
ЭМ-Cl-01	pCl	0,22—3,5			
ЭМ-NH ₄ -01	pNH ₄	1—4			
ЭМ-ClO ₄ -01	pClO ₄	2—5			
ЭМ-BF ₄ -01	pBF ₄	1,12—5			
ЭМ-K-01	pK	1—4			
ЭМ-Br-01	pBr	0—4			
ЭМ-SCN-01	pSCN	1,09—6			
ЭМ-I-01	pI	1—5			
ЭМ-CN-01	pCN	1—5	Полистирол с мем- браной AgBr		
ЭМ-Br-02	pBr	1,11—4,5	Полистирол с мембраной AgSCN		
			Полистирол с мембраной AgI		
			—		

Продолжение табл. 6.3

Тип электрода	Измеряемая величина	Диапазон измерения	Параметры измеряемой среды		Электрическое сопротивление электрода при 20 °С, МОм	Материал электрода, соприкасающийся с измеряемой средой	Примечание
			Температура, °С	Давление, МПа			
ЭМ-Mg-02	pMg	0,62—4	20—60	—	0,0005—0,05	Полистирол с мембраной MgF_2	ВБР 0,9 за 1000 ч; наработка на отказ 9500 ч; срок службы 12 мес
	pSCN	1,5			—		
	pNH ₄	1,1—4			—	—	
Ионоселективные электроды	pCu	0—7	0—80	—	—	—	Промышленные электроды с ионоселективной мембраной. ВБР 0,92 за 1000 ч; срок службы 18 мес
	pPb	0—7			—		
	pCd	0—7			—		
	pHg	0—5			—		
	p(Ca+Mg)	0—5			—		
	pCl	0—5			—		
	pBr	0—6			—		

	pI	0—7						
	pCN	0—7						
ЭХТ-02	pCl	1—4,5	—	—	—	Электрод хлорид-твёрдоконтактный	Наработка на от-каз 9500 ч	
ЭВЛ-1М1	Eh	Определяется измерительным электродом	0—100	—	0,02	Асбест, платиновая нить, впаянная в стекло	Вспомогательные лабораторно-промышленные электроды	
ЭВЛ-1М3								
ЭВЛ-1М4								
ЭХСВ-1						Хлорсеребряный электрод		
ЭВП-08			0—100	До 0,6	0,005	Стекло, резиновая мембрана	Вспомогательный промышленный электрод	

Таблица 6.4. Технические характеристики чувствительных элементов потенциометрических анализаторов

Модификация	Длина погружной части или диаметр проточной части, мм	Материал деталей, соприкасающихся с измеряемой средой		Требуемая длина провода электрода, мм
		Корпус	Ключ или электрод	
Магистральные, давление измеряемой среды до 0,6 МПа				
ДМ 5М-1	30	Сталь 12Х18Н10Т	Полипропилен	1700
ДМ 5М-2		Титан ВТ1-0	Фторопласт-4	
ДМ 5М-3			Полипропилен	
ДМ 5М-4		Сталь 12Х18Н10Т	Фторопласт-4	
Магистральные, давление измеряемой среды до 0,25 МПа				
ДМ 5М-5	30	Сталь 12Х18Н10Т	Вспомогательный электрод ЭВП-08	1700
ДМ 5М-6		Титан ВТ1-0		
Погружные, давление измеряемой среды до 0,6 МПа				
ДПг 4М-1	1100	Сталь 12Х18Н10Т	Фторопласт-4	1700
ДПг 4М-2	1600			2200
ДПг 4М-3	2000			2600
ДПг 4М-4	1100	Титан ВТ1-0		1700
ДПг 4М-5	1600			2200
ДПг 4М-6	2000			2600
ДПг 4М-7	1100	Сталь 12Х18Н10Т	Полипропилен	1700
ДПг 4М-8	1600			2200
ДПг 4М-9	2000			2600
ДПг 4М-10	1100	Титан ВТ1-0		1700
ДПг 4М-11	1600			2200
ДПг 4М-12	2000			2600
Погружные, давление измеряемой среды до 0,25 МПа				
ДПг 4М-13	950	Сталь 12Х18Н10Т	Вспомогательный электрод ЭВП-08	1050
ДПг 4М-14	1450			1550
ДПг 4М-15	1850			1950
ДПг 4М-16	950	Титан ВТ1-0		1050
ДПг 4М-17	1450			1550
ДПг 4М-18	1850			1950

водорода в конденсате. Технические характеристики водородомеров приведены в табл. 6.5 и [21].

Для измерения концентрации кислорода, растворенного в воде, применяются кондуктометрические преобразователи, определяющие содержание гидроксида таллия, образовавшегося при взаимодействии кислорода с металлическим таллием (АКП-201); амперметрические преобразователи (К-215), титрометрические преобразователи с определением конечной точки титрования по заданному потенциалу измерительного электрода (АТЛ-10). Технические характеристики кислородомеров приведены в табл. 6.5 и [21].

Для измерения концентрации хлора в питьевой и сточных водах применяются анализаторы остаточного хлора типа АХС-203. Анализаторы АКХ-199 предназначены для анализа содержания хлора в питательной воде энергоустановок.

Комплексный анализатор КАПХ105 предназначен для анализа в полевых условиях целого ряда параметров: pH, Eh, pNa, pCl, O₂, температуры, мутности, электрической проводимости и уровня поверхностных вод.

6.5. Оптические анализаторы жидкостей

Оптические методы анализа жидкостей с каждым годом находят все более широкое применение в лабораторной и промышленной практике. Они основаны на измерении коэффициентов пропускания, показателей преломления, интенсивности спектральных полос, интенсивности люминесцентного излучения, цвета и других оптических свойств растворов.

Оптические методы анализа применяются для измерения концентрации различных веществ и отдельных элементов в растворах, количества механических частиц, взвешенных в жидкостях, и других параметров. Технические характеристики оптических анализаторов жидкостей приведены в табл. 6.6.

6.6. Анализаторы физических свойств жидкостей, газов, сыпучих и твердых веществ

В лабораторных и промышленных условиях часто возникает необходимость измерения плотности, вязкости, влагосодержания и других параметров жидких, твердых и газообразных веществ и сред. В зависимости от условий измерения применяются приборы, основанные на различных принципах измерения. Технические характеристики выпускаемых приборов представлены в табл. 6.7 и [26, 29].

Таблица 6.5. Технические характеристики анализаторов
содержания газов в жидкостях

Тип	Измеряе- мый пара- метр	Диапазоны измерения	Предел до- пускаемой основной погрешно- сти, %	Область применения, измеряемая среда	Примечание
АВ-201	Н ₂	0—20; 0—200 мкг/кг	±4	Системы химконтроля и водо- подготовки на тепловых элект- ростанциях. Конденсат, темпе- ратура 20—30 °С, давление — до 0,1 МПа	Наработка на отказ 2500 ч; срок службы 6 лет
АВ-203		0—20; 0—20 мкг/л			
АКП-201	О ₂	0—50; 0—150 мкг/л		Тепловые электростанции. Пя- тательная вода, температура 30—70 °С, давление — до 0,5 МПа	ВБР 0,85 за 1000 ч; срок служ- бы 6 лет
К-215		0—20 мг/л		Очистные сооружения. Сточные воды, температура 5—40 °С, давление атмосферное (84— 107 кПа), содержание солей — до 40 г/л, рН=4÷12, скорость потока — до 0,45 м/с	Чувствительные элементы (дат- чики) погружные и магистраль- ные

АТЛ-10		0—50 г/л	±6	Сточные воды химических, неф- техимических и других пред- приятий	Полуавтоматический прибор с цифровой индикацией
АХС-203	Cl ₂	0—1; 0—2; 0—5; 0—10 мг/л	±4	Системы обеззараживания при- родной и сточной воды	ВБР 0,8 за 1000 ч; наработка на отказ 12 000 ч; срок служ- бы 6 лет
АКХ-199		0—150 мкг/л	±10 мкг/л	Тепловые электростанции. Пи- тательная вода энергоустано- вок	Нарработка на отказ 9000 ч
РПАХ		0—3 %	±3	Жидкие органические продук- ты	Радионизотопный промышлен- ный анализатор хлора
АНИ-БМ	Cl ₂ , Fe	0—1 % 20—28 % 0—5 %	±4 ±3 ±4	Жидкие органические продук- ты	Радионизотопный анализатор жидкости

Таблица 6.6. Технические характеристики оптических анализаторов жидкостей

Тип	Измеряемый параметр	Диапазон измерения	Предел допускаемой относительной погрешности, %	Область применения, измеряемая среда	Примечание
ФК-101	Концентрация различных веществ в растворах	По коэффициенту пропускания 5 — 99,9 %, по оптической плотности 0—1,0	$\pm 2,5$	Для массовых анализов в составе автоматических установок при температуре 10—35° С и влажности до 80 %	Фотоколориметрический со спектральным решением 7,14 и 21 нм, ВБР 0,8 за 630 ч; срок службы 6 лет
ФС-151	Число механических частиц, взвешенных в жидкостях	0—1500 част./см ³ , поддиапазоны по размерам 5—10; 10—25; 25—50; 50—75; 75—100; 100—500 мкм	± 5	Для определения дисперсного состава частиц в растворах, суспензиях и порошках по различным размерным группам. Температура окружающей среды 10—35° С, влажность — до 80 %	Фотометрический анализатор; наработка на отказ 7200 ч; срок службы 8 лет
ЛМФ	Концентрация органических и неорганических веществ в растворах	По коэффициенту пропускания 0—100 %, по оптической плотности 0—0,5; 0—1,0	± 1	Для определения концентрации растворов в производственных лабораториях химической и других отраслей промышленности. Узкие спектральные полосы выделяются абсорбционными и интерференционными фильтрами на длинах волн 365±±10; 400±5; 420±2; 490±	ВБР 0,9 за 1000 ч; срок службы 6 лет

А-201	Коэффициент пропускания	100—10 %	±10	Техническая аскорбиновая кислота	Наработка на 11 000 ч	отказ
				Жидкие среды, технологические растворы	Фотометр с проболгодговкой, с перестраиваемой структурой. Наравотка на отказ 11 000 ч; срок службы 10 лет	
АВ-215	SiO ₂	0—100 мкг/кг	±5	Глубокообессоленная химичестки, температура 20—40° С, давление — до 0,6 МПа, расход 20—30 л/ч	Время непрерывной работы 7 сут	
Р-201	Разность показателей преломления: с преломляющим углом 140°	0—0,001	±1	Прозрачные и полупрозрачные жидкие среды	Рефрактометр автоматический, промышленный, цифровой; наработка на отказ 10 000 ч	
	с преломляющим углом 10°	0—0,02				
ПАЖ-2	Na	От 0,005—0,025 до 10—50 мг/л	±10	Для определения Na, K, Li, Ca, H ₃ BO ₃ в растворах в промышленных лабораториях. Максимальный расход раствора 0,36 л/ч. Интерференционные фильтры вы-	ВБР 0,9 за 100 ч	
	K	От 0,01—0,05 до 10—50 мг/л				

Тип	Измеряемый параметр	Диапазон измерения	Предел допускаемой основной погрешности, %	Область применения, измеряемая среда	Примечание
	Li	От 0,01—0,05 до 10—50 мг/л		деляют полосы длин волн 589±5; 768±5; 670±5; 622±5 и 548±5 нм	
	Ca	От 0,014—0,07 до 10—50 мг/л			
	H ₃ BO ₃	От 40—200 до 400—20 000 мг/л			
«Анализ-3»	Вода	0—1; 0,1—0,6 %	±4	Ацетон, вода (ацетальдегид и уксусная кислота до 0,003)	Инфракрасный абсорбционно-оптический анализатор во взрывонепроницаемом исполнении
		0—0,2; 0—0,5; 0—10; 0—100 %		Метанол, вода, эфиры (0,5—1,5 %), высшие спирты (1—5 %)	
		0—20 %		Метанол, вода, высшие спирты (до 0,1), парафины (до 0,01)	
		4—10 %		Этиловый спирт, вода (изопропиловый спирт, диэтиловый эфир, ацетальдегиды — следы)	
		0—0,1 %		Дихлорэтан, вода	

	0—0,2 %		Этилацетат, вода
	0—0,01 %	±10	Четыреххлористый углерод, вода
	0—0,02 %		Трихлорэтилен, вода
	0—0,05 %		Бензол, вода
(CH ₃ CO) ₂ O — уксусный ангидрид	20—50 % 50—100 % 90—100 %	±4	Уксусный ангидрид, уксусная кислота (ацетон, ацетальдегид до 0,5 %)
CH ₃ CO ₂ H — уксусная кислота	20—30 %		Уксусная кислота, вода (серная кислота до 0,1 %)
HNO ₃ — азотная кислота	10—20; 20—30; 30—40; 40—56; 50—63; 56—71; 90—100; 95—100 %		Азотная кислота, вода (оксида азота до 0,6 %)
NH ₃ — аммиак	15—30 %		Аммиак, летучий остаток, вода
«Донец»* Органические вещества, масла, смазки, нефть (по изменению отношения двух световых потоков в инфракрасной области спектра)	Минимальный диапазон 0—20 г/л, в четыреххлористом углероде 0—0,2; 0—0,5 относительного изменения световых потоков	—	Стопные оборотные воды и газы. Отбор органических веществ, масел и смазок из сточных оборотных вод и газов производится четыреххлористым углеродом

Продолжение табл. 6.6

Тип	Измеряемый параметр	Диапазон измерения	Предел допускаемой относительной погрешности, %	Область применения, измеряемая среда	Примечание
«Чат-кал-1»	NaCl	265—315 г/л	± 1	Водные растворы с содержанием Na_2SO_4 $6,5 \pm 1,5$ г/л	Рефрактометрический анализатор
«Квант-5»	Концентрация органических и неорганических веществ	Отношение световых потоков флуоресценции 5—100 %	$\pm 1,0$	Растворы. Спектральный диапазон возбуждения 260—700 нм, флуоресценции 280—750 нм	Люминесцентный флуориметр лабораторный
«Сатурн-2»*		По оптической плотности 0—1,0	± 5	Химреактивы, сточные воды, катализаторы, красители, удобрения, содопродукты, пластмассы, гальванические растворы и т. д.	Атомно-абсорбционный спектрофотометр
УРЛ	Показатель преломления	$1,2—1,7 n_D$	$\pm 1 \times 10^{-4} n_D$	Для определения концентрации растворов по предельному углу преломления или полного внутреннего отражения в химлаборатории промпредприятий и научно-исследовательских институтов	Наработка на отказ 25 000 измерений за 2500 ч
«Блик»*	KCl	0—100 %	$\pm 0,6$	Порошковые пробы калийной продукции	—

КХК-1*	КСI	0—100	±0,4	Растворы, пудры и сухие продукты	Пылебрызгозащитное исполнение
НИБ*	В ₂ O ₃ — борный ангидрид	0—1 г/л 0—6; 0—10; 0—25; 0—40; 0—60; 0—100; 0—120 г/л	±10 ±4	Растворы, пудры в технологических погоках	—
НИБ-240*	В ₂ O ₃	0—240 г/л			
«Пульсар»	Координаты цветности	—	±0,01	Одновременное измерение коэффициентов отражения и пропускание твердых и жидких прозрачных, сыпучих и твердых отражающих люминесцирующих и нелюминесцирующих материалов при 26 фиксированных длинах волн. Расчет цвета и цветности, насыщенности, светлоты, цветового тона, световых различий по светлоте, по тону, показателей белизны и желтизны	
Спектрон	Координаты цветности	—	±0,001	Определение цветовых характеристик нелюминесцирующих прозрачных и отражающих образцов твердых и сыпучих материалов на 26 фиксированных длинах волн	

Таблица 6.7. Технические характеристики плотномеров, вискозиметров, влагомеров и других анализаторов

Тип	Измеряемый параметр	Диапазон измерения	Предел допускаемой основной погрешности, %	Измеряемая среда	Примечание
ГАЗ-1*	Плотность жидкостей 0,9—1,8 г/см ³	0,08—0,5 г/см ³	±2,5	Жидкие среды и растворы в технологических процессах. Материал преобразователя 12Х18Н10Т (ГАЗ-1, 3, 5, 7, 9, 11) и 06ХН28МДТ (ГАЗ-2, 4, 6, 8, 10, 12)	Преобразователь плотности жидкости гидростатический, погружной. Глубина погружения 1,5; 2; 2,5 и 3 м. ГАЗ-1, 2, 3 и 4 — с термокомпенсацией, ГАЗ-5, 6, 7 и 8 — без термокомпенсации, ГАЗ-9, 10, 11 и 12 — проточные. Выходной сигнал 19,6—98 кПа (0,2—1 кгс/см ²)
ГАЗ-2		0,04—0,4 г/см ³	±4		
ГАЗ-3					
ГАЗ-4					
ГАЗ-5					
ГАЗ-6					
ГАЗ-7		0,08—0,5 г/см ³			
ГАЗ-8					
ГАЗ-9		0,08—0,5 г/см ³	±2,5		
ГАЗ-10					
ГАЗ-11		0,04—0,4 г/см ³	±4		
ГАЗ-12					

ИПР-1М*	Плотность жидкостей	50—100 кг/м ³	±2	Жидкие среды и растворы в технологических процессах	—
ПАЖ-302-1		5—50 кг/м ³	±2	То же. Параметры измеряемой среды: плотность (0,5—2,5)·10 ³ кг/м ³ ; вязкость — до 2,0—120 Па·с; температура 5—100 °С; давление — до 0,98 МПа; расход — не более 420 л/ч (0,117 л/с)	Пневматический поплавковый анализатор плотности жидкостей. Выходной сигнал — давление сжатого воздуха 0,02—0,1 МПа. Давление воздуха питания 137 МПа
ПАЖ-302-2		50—500 кг/м ³	±1		
ПРБ	Плотность сред	1000—1400 кг/м ³	±1	Растворы и пульпы производства экстракционной фосфорной кислоты в технологических трубопроводах	Радиоизотопный бесконтактный, выходной сигнал 0—5 мА постоянного тока, время установления показаний 40, 100, 250 и 600 с
АИП-2	Плотность жидкостей	690—1050 кг/м ³	±0,1	Жидкие среды и растворы в технологических процессах	ВБР 0,8 за 2000 ч
ПР-1025 ПР-1025/4		500—3000 кг/м ³	±(0,25—1)	Жидкие среды, растворы, суспензии и пульпы	ВБР 0,8 за 2000 ч. Измерение радиоизотопным методом без контакта с измеряемой средой

Продолжение табл. 6.7

Тип	Измеряемый параметр	Диапазон измерения	Предел допускаемой основной погрешности, %	Измеряемая среда	Примечание
ПЖДБ	Плотность жидкостей	700—1400 кг/м ³	±2	Агрессивные жидкие среды и растворы при температуре 20 °С	ВЕР 0,86 за 2000 ч, выхолодный сигнал — давление сжатого воздуха 0,02—0,1 МПа
Ш-2-8	Диэлектрическая проницаемость и плотность жидкостей	1—6 по ε; 0,645—0,665; 0,690—0,710; 0,865— 0,885 г/см ³	± (0,1—0,3) ε; ±5	Жидкости при исследовании поляризации и диэлектрических моментов молекул методом Дебая	Измерительный прибор оснащен микро-ЭВМ, ЦПУ и аналого-цифровым дисплеем
Плотномер-1А*	Плотность сред	1000—1500 кг/м ³	±2,5	Пудры, не имеющие пырьков воздуха	Плотномер буйкового типа, чувствителен к осадкам и отложениям
ВАП-1*	Вязкость жидкостей	2—20 Па·с	±5	Неньютоновские жидкости в промышленных условиях. Давление — до 1,6 МПа, температура 5—65 °С	Автоматическое непрерывное измерение, исполнение взрывозащищенное
ВАП-1-01		5—50 Па·с			
ВАП-1-02		10—100 Па·с			
ВАП-2*		2—20 Па·с			
				Жидкие среды в промышленных условиях,	Непрерывное измерение с приведением текущего

ВАП-2-01				давление — до 1,6 МПа, температура 0—100 °С	значения к температуре приведения; исполнение взрывозащищенное
ВАП-2-02				6—60 Па·с	
ВАП-2-03				10—100 Па·с	
ВАП-2-04					
ВАП-2-05					
ВВН-5М	Вязкость жид- костей	±2,5	1—10 Па·с	Жидкости ньютоновские и неньютоновские в про- мышленных условиях, давление — до 1 МПа, температура 0—135 °С	Непрерывное измерение, исполнение взрывозащи- щенное. Резонансная час- тота вибратора 320—380 Гц
ВВН-5М-02			2—20 Па·с		
ВВН-5М-04			5—50 Па·с		
ВВН-5М-06			10—100		
ВВН-5М-08			20—200		
ВВН-5М-10			50—500		
ВВН-5М-12			100—1000		
ВВН-5М-14			200—2000		
ВВН-5М-16			500—5000		
ВВН-5М-18			1000—10 000		

Продолжение табл. 6.7

Тип	Измеряемый параметр	Диапазон измерения	Предел допускаемой основной погрешности, %	Измеряемая среда	Примечание
ВВН-5М-20	Вязкость жидкостей	2000—20 000	±2,5		
ВВН-5М-22		4000—40 000			
ВВН-4*		От 1—100 до 5—500 Па·с	±4	Жидкости ньютоновские и неньютоновские	Исполнение взрывозащищенное
«Полимер» РПЭ-1М		От $5 \cdot 10^{-4}$ — $1,25 \cdot 10^{-4}$ до $1,8 \cdot 10^{-1}$ — $1,25 \cdot 10^5$			
АКВ-1	Кинематическая вязкость	5—30 мм ² /с	±2,5	Нефтепродукты	Взрывобезопасное исполнение, ВБР 0,8 за 2000 ч
АКВ-2	Вязкость	От 0—1 до 0—6000 Па·с	±10	Пластические смазки при температуре —60÷+130 °С	ВБР 0,9 за 1000 ч; средний срок службы 6 лет
ГП-215*	Относительная влажность	10—100 %	±3	Влажность паровоздушной смеси в сушилках при температуре 0—80 °С	Подогреваемый гигрометр с LiCl, ВБР 0,85 за 1000 ч

ГП-225
ГС-210
ВВ4
АПГ-206
АТГ-210
«Волна-1М»*

10—100 %; точка росы —20÷80 °С	±1,5	Воздух в системах кондиционирования при температуре 0—40 °С	Подогревный гигрометр; наработка на отказ 10 000 ч
15—98 %	±3	Паровоздушная смесь или воздух в различных отраслях промышленности и в системах кондиционирования при температурах —20÷40 °С и давлении 0,101±0,005 МПа	Наработка на отказ 10 000 ч
20—80 %; 40—90 %	±7 (±9 при 35—40 °С)	Воздух в помещениях при температуре 5—40 °С	ВБР 0,9 за 1000 ч при температуре от 15 до 35 °С и влажности 50—80 %. Влагомер много-точный
Точка росы 34—90 °С	±0,7 °С	Загрязненная парогазовая смесь в технологических камерах при температуре 40—200 °С	Наработка на отказ 10 000 ч
10—100 % (точка росы 30—110 °С)	±3; ±1 °С	Загрязненная парогазовая смесь	Термогигрометр. Наработка на отказ 10 000 ч
0—99,9 %	±1,5	Воздух производственных помещений при температуре 0—60 °С	Гигрометр переносной. ВБР 0,9 за 2000 ч

Тип	Измеряемый параметр	Диапазон измерения	Предел допускаемой основной погрешности, %	Измеряемая среда	Примечание
«Волна-2М»*	Относительная влажность	0—100 %	±2	Воздух и газовые смеси в производственных помещениях и климатических камерах. Давление 40—133 кПа (0,4—1,33 кгс/см ²); температура 0—60 °С	Гигрометр промышленный
	«Волна-5»	0—100 %	±2,5	Воздух производственных помещений, давление 40—133 кПа, температура 0—60 °С	Гигрометр переносной ВБР 0,9 за 2000 ч
«Исток-1»*	Объемная доля влаги	100—1000 ppm	±5	Пропилен, азот, воздух; давление 343—586 кПа, температура 20—50 °С	Цифровая индикация. ВБР 0,9 за 1000 ч, исполнение взрывозащищенное
		10—100; 1—10 ppm	±10		
«Исток-3»		100—1000; 10—100; 1—10 ppm	±5	Этилен, пропилен, азот, воздух, метан, этан, пропан, водород; давление 147—981 кПа, температура 5—50 °С	Исполнение взрывозащищенное

«Прибой»	Массовая доля влаги	0—100; 0—500 ppm	±20	Бензол, толуол; давление 393 — 589 кПа и температура 20—50 °С	ВБР 0,9 за 1000 ч; средний срок службы 6 лет; время переходного процесса — до 30 мин
«Корунд-М»*		0—50; 0—100; 0—200; 0—500 ppm	±6	Хлоросодержащие газы состава: хлор 45—98 %, водород 0—4 %, азот — 10 мг/м³, воздух и углекислый газ — остальное. Давление 5—200 кПа, температура 10—35 °С, расход анализируемой среды 180 л/ч	Гигрометр кулонометрический
«Байкал-5»	Объемная доля влаги	0—200 ppm	±4	Воздух, давление 200—1000 кПа, температура 10—50 °С, расход пробы 0,05—3 л/мин	Влагомер кулонометрический. Измерение и сигнализация предельно допустимых значений
«Аргон-М»*	Абсолютная влажность	0—5 г/м³ 0—20 г/м³	±5 ±2,5	Азот, аргон, водород, воздух; давление 10—100 кПа, температура 5—50 °С, расход газовой смеси — до 1,0 л/мин	Влагомер делькометрический
КВД-201		5—50 г/м³	±2 г/м³	Воздух доменного дутья	ВБР 0,8 за 1000 ч; наработка на отказ 4500 ч

Тип	Измеряемый параметр	Диапазон измерения	Предел допускаемой основной погрешности, %	Измеряемая среда	Примечание
АГК-214	Относительная влажность	$-25 \div 25^{\circ}\text{C}$ точки росы	$\pm 1^{\circ}\text{C}$	Природный газ при давлении до 9,8 МПа и температуре $5-50^{\circ}\text{C}$	Конденсационный гигрометр; наработка на отказ 11 000 ч
АПВ-201*		10—100 %	± 3	Парогазовая смесь в термических камерах и других технологических объектах. Температура $30-100^{\circ}\text{C}$, расход анализируемой среды 25 л/мин	Психрометрический влагомер. ВБР 0,89 за 1000 ч
ЭВ-2К	Влажность	7—22 %	± 3	Влажность абсолютная пилломатериалов	Резистивный влагомер
		22—60 %			
ВРС-205		0—12 %	—	Строительный песок, температура $5-40^{\circ}\text{C}$	Кондуктометрический влагомер. ВБР 0,82 за 1000 ч
ВК-204		0—1—12 %	$\pm 0,5\%$	Продукты калийных производств и другие сыпучие материалы	Инфракрасный влагомер ВБР 0,9 за 1000 ч
		5—50 %	$\pm 1\%$		

1—2 % 4—20 %	±0,5 %	Древесная стружка при производстве древесностружечных плит. Насыпная плотность 70—200 кг/м ³ , температура 10—80 °С	Инфракрасный влагомер. ВБР 0,9 за 1000 ч
0,3—20 %	±10	Продукты калийных производств и текстильные материалы	Инфракрасный влагомер
0—3 %	±4	Товарная нефть	ВБР 0,83 за 2000 ч
0—25 %	±0,5	Твердое топливо (кокс и т. д.), железорудный концентрат	Нейтронный влагомер стационарный
0—1 %; 0—80 %	±10	Сыпучие материалы: апатитовый концентрат и др. (в производстве удобрений); полистирол и др. (в производстве пластмасс); отбеливатель и др. (в производстве красителей)	Определение влаги по отношению к изменению отношения двух потоков излучения в ближней инфракрасной области спектра 0,75—2,5 мкм
0—2 %	±12,5	Сложные удобрения, аммофос и нитроаммофоска, температура 10—35 °С	

ВДС-201

ВИК-1

УВТН

ВНС-7206

«Берет»*

«Фосфор»*

Продолжение табл. 67

Тип	Измеряемый параметр	Диапазон измерения	Предел допускаемой основной погрешности, %	Измеряемая среда	Примечание
«Фосфор-К»*		0—2,2 %	±10	Технический хлористый калий марок Ф и К	
АКВА		0—0,5	±10	Нефть и нефтепродукты	ВБР 0,8 за 1000 ч
ПАВН		0—5; 0—15	—		ВБР 0,8 за 1000 ч
«Спектр-11»		0—0,01 %	±10	Полупродукты производства синтетического каучука	Срок службы 6 лет
ТГМ-205		1—98 %	±(3÷5) %	Воздух в помещениях предприятий легкой промышленности	Многоочечный прибор с электролитическим подогревным датчиком; наработка на отказ 11 000 ч
		0—80 °С точки росы	±1 °С		
ВАД		30—80 %	—	Дифенилопропан, глицерин, ацетон, спирты и техническая уксусная кислота	ВБР 0,9 за 1000 ч
ВАК-4		3—20 %	—	Уголь	—

ВНМ-205	0—15 %	0,3—1 % влаги	Сыпучие и ленточные не- металлорудные материа- лы и изделия из них	Наработка на отказ 11 000 ч; срок службы 10 лет
М-101	Мутность жид- костей	10—100 % по светопропус- канию	±4	Стояные воды химичес- кой, нефтеперерабаты- вающей, бумажной и других отраслей про- мышленности
АИД-210	Дымомер	0—50 %	±5	Дымовые газы после пы- леуловителей энергетиче- ских объектов
ДМП-205М		0—0,03 ед. оптической плотности	±25	Топки паровых котлов электростанций — конт- роль сжигания топлива
АИД-212		Непрозрачность 0—100 %	±2,5 %	Дымовые газы, пыль в дыме на электростанци- ях и других объектах
		Пulsация оптической плотности 0—0,03 Б	±10 %	
ТВ-202.1	Мутность	0—500 мг/л взвешенных частиц	±2	Вода питьевая, поверх- ностные воды
				Турбидиметрический ана- лизатор Наработка на отказ 10 000 ч

Тип	Измеряемый параметр	Диапазон измерения	Предел допускаемой основной погрешности, %	Измеряемая среда	Примечание
R-201	Разность показателей преломления	0—0,001 (140°); 0—0,02 (10°)	±1	Прозрачные и полупрозрачные жидкости	Рефрактометр промышленный, цифровой. Нарядотка на отказ 10 000 ч
РПВ		—0,0025 ÷ +0,0025	±1,5	Нефтепродукты, растворы химической, пищевой, фармацевтической и других отраслей промышленности. Температура 5—120 °С при давлении до 3 МПа и 120—135 °С при давлении до 1 МПа	Рефрактометр промышленный, автоматический, взрывозащищенный. ВБР 0,8 за 1000 ч
		—0,005 ÷ +0,005; —0,01 ÷ +0,01; —0,025 ÷ +0,025; —0,05 ÷ +0,05; —0,1 ÷ +0,1	±1		
КГА-7291	Теплота сгорания	0,8—2,4 МДж/м ³	±3	Низкокалорийные газы	Автоматический газовый калориметр
КГА-7250		29—50 МДж/м ³	±0,8	Природный газ	
СП-1В АКН-70В	Оптическая плотность	0—0,8 ед.; 0—63 ед.	±4	Нефтепродукты в растворах. Жидкие нефтепродукты	Автоматический поточный калориметр (абсорбциометр)

ВТОРИЧНЫЕ ПРИБОРЫ И ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ

Во всех измерительных цепях и практически во всех информационно-измерительных системах сигналы от первичных измерительных преобразователей поступают на вторичные измерительные приборы и преобразователи, которые, как правило, располагаются на различных щитах управления. Вторичные электрические измерительные приборы бывают аналоговые и цифровые, показывающие и регистрирующие, одно- и многоканальные, миниатюрные, малогабаритные, полногабаритные и т. д.

Наибольшее распространение в СССР получили комплексы КС1, КП1, КС2, КС3, КС4 и К140, использующие компенсационный метод измерения. Приборы комплекса К140 предназначены для применения в тяжелых условиях эксплуатации, а приборы остальных комплексов являются общепромышленными. Приборы КП1 и К140 — только показывающие, КС1, КС2, КС3 и КС4 — показывающие и регистрирующие, КС1 и КС3 — одноканальные, у КС3 — круглая дисковая диаграмма, КС2 и КС4 — одно- и многоканальные. Число каналов — 3, 6 и 12. В зависимости от вида входного сигнала приборы КС и К140 делятся на следующие группы: КСП, КПП и КП140 — потенциометры, работающие с термоэлектрическими преобразователями или с источниками напряжения постоянного тока; КСУ, КПУ — потенциометры, работающие с преобразователями с токовым выходным сигналом постоянного тока; КСМ, КПМ и КМ140 — мосты, работающие с термопреобразователями сопротивления; КСД, КПД и КД140 — дифференциально-трансформаторные приборы, работающие с преобразователями такого же типа с выходным сигналом взаимной индуктивности; КСТ — мостовые компенсаторы, работающие с тензорезисторными преобразователями; КСПВ — приборы для измерения малых значений постоянного тока; КСПП, КСММ, КСПМ — двухканальные потенциометры, мосты и потенциометры-мосты.

Технические характеристики приборов типа КС, КП и К140 приведены в табл. 7.1 и [25], а градуировочные характеристики и пределы измерения — в табл. 7.2.

Для удобства контроля и управления технологическими процессами получают широкое распространение малогабаритные, многошкальные, цифровые и другие типы показывающих и регистрирующих вторичных приборов типа А-500, А-600, А-300 и БА. Их технические характеристики приведены в табл. 7.3 и [25]. В табл. 7.4, 7.5 и 7.6 приведены диапазоны измерения этих приборов и преобразователей.

В ряде отраслей промышленности — химической, нефтеперерабатывающей, газовой и др. — широкое распространение получили пневматические системы дистанционной передачи и пневматические вторичные приборы. Технические характеристики вторичных пневматических приборов приведены в табл. 7.7 и [25]. Большинство из них предназначены для установки в пожаро- и взрывоопасных помещениях.

На вход систем централизованного контроля и информационно-измерительных систем предусматривается подача унифицированных входных сигналов по ГОСТ 26.011—80 или по ГОСТ 26.010—80,

Таблица 7.1. Технические характеристики вторичных приборов комплексов КС, КП, К140, КВ, ВМД, «Диск-250» и РП-160

Тип прибора	Класс точности	Время пробега указателем всей шкалы, с	Число точек измерения	Длина шкалы, мм	Скорость движения диаграммы, мм/ч	Габаритные размеры, мм	Примечание	
КСП 1	1	5	1	100	10; 20; 40; 60 и 120	160×200×500	ВБР 0,81 за 2000 ч	
КСМ 1		2,5; 5 и 10	1; 3 и 6					
КСУ 1								
КСД 1		5	1					
КПП 1	0,5	2,5 и 5	1	300 (круглая)	—	160×200×500	—	
КПМ 1		5						
КПУ 1								
КПД 1		1						
КСП 2	0,5 и 1 (для многоканальных)	2,5 и 10	1; 3; 6 и 12	160	20; 40; 60; 120; 240; 600; 1200; 2400	240×320×380	ВБР 0,85 за 2000 ч	
КСМ 2								
КСУ 2								
КСД 2	1		1					

КСП 3* КСМ 3 КСУ 3	0,5	5 и 16	1	600 (круглая)	1 оборот диаграм- много диска в сут- ки	320×320×380	ВБР 0,82 за 2000 ч
	1						
	0,5						
КСТ 3*							
КСП 4*	0,25 и 0,5	1; 2,5 и 10	1; 3; 6 и 12	250	20; 60; 240; 720 1800 и 5400. Для многоканальных	400×400×367	Для укзопредель- ных КСП класс точности может быть 0,7. ВБР 0,87 за 2000 ч (0,85 для много- канальных)
КСМ 4* КСУ 4					60; 180; 600; 1800; 2400; 7200. По спецлаказу 18 000 и 54 000		
КСТ 4* КСПП 4*	0,25						
КСММ 4* КСПМ 4*	0,25 и 0,5						
КСПВ 4*	0,5; 1 и 1,5						
КП 140 КМ 140	0,5 и 1	5	1	300 (круглая)	—	140×140×405	ВБР 0,9 за 2000 ч
КД 140	1						
КВП 1* КВМ 1 КВУ 1	0,5	2,5 и 10	1; 6 и 12	300 (враща- ющаяся)	—	240×160×533	ВБР 0,9 за 1000 ч

Тип прибора	Класс точности	Время пробега указателем всей шкалы, с	Число точек измерения	Длина шкалы, мм	Скорость движения диаграммы, мм/ч	Габаритные размеры, мм	Примечание
КВД 1	1	10	1	500 (вращающаяся)	—	240×160×533	ВБР 0,9 за 1000 ч
ВМД 4882	1	5	1	195 (круглая)	—	120×120×370	ВБР 0,9 за 1000 ч
«Диск-250»	0,5	5 и 16	1	600 (круглая)	1 оборот за 8 или 24 ч	320×320×260	ВБР 0,9 за 2000 ч
РП-160	0,5 и 1	2,5 и 16	1; 3; 6 и 12	160	—	240×320×454	ВБР 0,9 за 2000 ч

Таблица 7.2. Первичные преобразователи и пределы измерения вторичных приборов

Первичный преобразователь (прибор)		Номинальная статистическая характеристика преобразования или пределы изменения входного сигнала	Пределы измерения, °C	Примечание
Наименование	Тип			
Термоэлектрический	ТХК	ХК(L)	—50÷50 —50÷100 —50÷150 —50÷200 0—100	КСП, КСПМ, КПП, КПП140

			0—150 0—200 0—300 0—400 0—600 200—600 200—800	
ТХА	ХА(К)		0—400 0—600 0—800 0—900 0—1100 0—1300 200—600 200—1200 400—900 600—1100 700—1300	—
ТПП	ПП(С)		0—1300 0—1600 500—1300	
ТПР	ПР(В)		300—1000 300—1600 1000—1600 1000—1800	Кроме КСП 2
ТВР	ВР(А)-1		1100—1800	Только КСП

Первичный преобразователь (прибор)		Номинальная статическая характеристика преобразователя или пределы изменения входного сигнала	Пределы измерения, °С	Примечание
Наименование	Тип			
Телескоп радиационного пирометра	РК	РК-15	400—1100 600—1200 700—1400 700—1500	ДИСК-250
		РК-20	600—1200 700—1400 700—1500 800—1600 900—1800 1200—2000	
	РС	РС-20 РС-25	900—1800 1200—2000 1200—2000 1500—2500	
Термопреобразователь сопротивления	ТСП	10 П	0—300 0—400 0—500 0—650 300—650	КСМ, КПМ, КМ140, КСММ, КСПМ

TCM	50 П, гр. 21	$-200 \div -70$ $-120 \div 30$ $-70 \div 80$ $0-100$ $0-150$ $0-200$ $0-300$ $0-400$ $0-500$ $200-500$
	100 П	$-200 \div -70$ $-120 \div 30$ $-90 \div 50$ $-70 \div 180$ $-25 \div 25$ $-200 \div 50$ $-175 \div 150$ $0-50$ $0-100$
	50 М, гр. 23	$-50 \div 0$ $-50 \div 50$ $-50 \div 100$ $0-50$ $0-100$ $0-180$ $50-100$ $0-60$ $0-150$

Вибродатчик	СВ-4	0—10·10 ⁻⁹ 0—20·10 ⁻⁹ 0—50·10 ⁻⁹ 0—100·10 ⁻⁹ 0—1000·10 ⁻⁹ А	0—1·10 ⁻² 0—2·10 ⁻² 0—5·10 ⁻² 0—1·10 ⁻¹ 0—1 мкА	Только для КСП 2
		0—50 мВ	0—50 мкМ 0—100 мкМ 0—150 мкМ 0—300 мкМ	
Датчик соледержания	ДСВ-01 ДСВ-02 ДСП-1 ДС-254 ДС-254 РЭС-106	1581,1—1153 Ом 471,3—355,1 Ом 500—346,5 Ом 704—541,2 Ом 660,1—518,7 Ом 95,18—42,320 Ом	0—1 мг/л 0—5 мг/л 0—0,2 мг/л 0—250 мг/л 0—500 мг/л 0—4 мг/л	Только для КСМ 2
	СПММ, СПМ	495,18—341,94 Ом	0—200 мг/л	
	ДСВ-20	10 473—528,4 Ом	0,1—2 мг/л	Только для КМ 140
	ДСВ-21	52 605—2635 Ом 21 045—1067 Ом 10 525—531 Ом	0,2—4 мг/л 0,5—10 мг/л 1—20 мг/л	
	ДСВ-22	52 863—2648 Ом 21 148—1062 Ом	2—40 мг/л 5—100 мг/л	

Первичный преобразователь (прибор)		Номинальная статическая характеристика преобразования или пределы изменения входного сигнала	Пределы измерения, °С	Примечание
Наименование	Тип			
Датчик удельного сопротивления	ДСВ-23	53 636—2687 Ом 21 458—1078 Ом 5368—273,2 Ом	20—400 мг/л 50—1000 мг/л 200—4000 мг/л	
	ДСВ-22	2050—82 000 Ом	10—400 кОм·см	
Тензопреобразователи сопротивления	—	Согласно ГОСТ 15077—78	0—1400·10 ⁻⁶ Па	Только для КСТ 3
Термопреобразователи влажномера	ДИВ4-01	—	20—80 %	Только для КСМ 4
	ДИВТ2-01 ДИВТ2-02	100 П или 100 М		
	ДИВ4-02	—	40—90 %	
Термоэлектрический	ТХА	ХА(К), температура первого преобразователя — 150 ÷ +150 °С второго 0—450 °С	Разность температур 150, 225, 290 и 300 °С	Только для КСП 2

Термопреобразователи
сопротивления

ТСП

100 П; температура
первого преобразова-
теля $-50 \div 50^\circ\text{C}$ (t_1),
второго $-5 \div 100^\circ\text{C}$
и $240 \div 340^\circ\text{C}$ (t_2)

Разность темпера-
тур $-10; 7; 50;$
 $55; 290^\circ\text{C}$

ТСМ

100 М; $t_1 = 0 \div 10^\circ\text{C};$
 $t_2 = 20 \div 30^\circ\text{C}$

Разность темпера-
тур 20°C

Дифференциально-тран-
сформаторный преобра-
зователь

Расходомер перемен-
ного перепада

$0-10$ м³/ч,
 $10-0-10$ м³/ч

$0-N$,
где $N=a \cdot 10$;
 $a=1; 1,25; 1,6;$
 $2; 2,5; 3,2; 4; 5;$
 $6,3; 8; n$ —любое
целое (положи-
тельное и отрица-
тельное) число;
единицы кг/с,
кг/ч, т/ч, м³/ч,
л/ч, л/с

Шкала квадратичная
КСД, $KVD, y=k\sqrt{h}$
или степенная $y =$
 $=h^{1,5}; y=h^{1,6}$

Расходомер постоян-
ного перепада дав-
лений

—

Шкала линейная

Уровнемер

$0-25; 0-40;$
 $0-63; 0-100;$
 $0-160; 0-250;$
 $0-400; 0-630;$
 $0-1000; 0-1600;$
 $0-2500; 0-4000;$

—

Первичный преобразователь (прибор)		Номинальная статистическая характеристика преобразования или пределы изменения входного сигнала	Пределы измерения, °C	Примечание
Наименование	Тип			
			0—6300 см (м); —12,5÷12,5; —20÷20; —31,5÷31,5; —50÷50; —80÷80; —125÷125; —200÷200; —315÷+315; —500÷+500; —800÷+800; —1250÷+1250; —2000÷+2000; —3150÷+3150 мм	
Дифманометр-падамер	—	—	0—0,040; 0—0,063; 0—0,100; 0—0,160; 0—0,250; 0—0,400; 0—0,630 МПа; 0—10; 0—16; 0—25; 0—46; 0—63; 0—100; 0—160; 0—250; 0—400; 0—630; 0—1000; 0—1600; 0—2500; 0—4000; 0—6300; 0—10 000.	Шкала линейная

	0—16 000; 0—25 000 Па; ±0,02; ±0,0315; ±0,05; ±0,08; ±0,125; ±0,20; ±0,315 МПа
Манометр	0—0,06; 0—0,10; 0—0,16; 0—0,25; 0—0,40; 0—0,60; 0—1,0; 0—1,6; 0—2,5; 0—4,0; 0—6,0; 0—10,0; 0—16,0; 0—25,0; 0—40,0; 0—60; 0—100; 0—160; 0—250; 0—400; 0—500; 0—1000 МПа
Вакуумметр	0—10 мГн —0,1÷0; —0,06÷0 МПа
Мановакуумметр	—0,1÷0,06; —0,1÷0,15; —0,1÷0,3; —0,1÷0,5; —0,1÷0,90; —0,1÷1,5; —0,1÷2,4 МПа

Т а б л и ц а 7.3. Технические характеристики измерительных приборов и преобразователей типа А-500, А-300 и БА

Тип прибора	Основная погрешность, %	Время измерения, с	Число каналов	Длина шкалы, мм	Габариты, мм	Примечание
А-501	± 1	2,5 и 10	1	100	$39 \times 159 \times 263$	Аналоговые одношкальные, показывающие, входные сигналы постоянного тока 0—1; 0—10 В; 0—5; 0—20 и 4—20 мА. ВБР 0,97 за 1000 ч
А-502*	$\pm 0,5$	1; 2,5 и 10	2	100	$80 \times 160 \times 590$	Аналоговые одно- и двухканальные, показывающие. Диапазоны измерения — в табл. 7.5. ВБР 0,87 за 2000 ч
А-511	$\pm 0,5$	2,5	8	160	$160 \times 240 \times 410,5$	Аналоговые многошкальные, показывающие для избирательного контроля температуры, давления, расхода, уровня и других параметров. Входные сигналы постоянного тока 0—1; 0—5, 0—10 В. Диапазоны измерения — в табл. 7.2. ВБР 0,88 за 2000 ч
А-542	$\pm 0,5$	1; 2,5 и 10	1 и 2	100	$80 \times 160 \times 590$	Аналоговые показывающие и регистрирующие. Диапазоны измерения — в табл. 7.5. ВБР 0,87 за 2000 ч
А-543			3		$120 \times 160 \times 590$	

А-550-001 А-650-001 А-660-001	$\pm 0,25$	0,5 и 1	1	250	$400 \times 160 \times 510$	Аналоговые показывающие и регистрирующие приборы. Входные сигналы постоянного тока 0—5, 0—20 мА и 0—5 В. ВБР 0,8 за 2000 ч
А-682-003	$\pm 0,05$ и 0,5	1 и 2,5	2	250	$360 \times 460 \times 509$ и $400 \times 160 \times 510$	Аналоговые показывающие и регистрирующие приборы. Входные сигналы — от преобразователей ТПП, ТПР, ТХА, ТХК, ТВР и сигнал постоянно-го тока 0—50 мВ. ВБР 0,85 за 2000 ч
А-323-31	$\pm (0,6—1,5)$; погрешность сигнализации $\pm (0,25—2)$	—	Преобразование —42, сигнализация —60		$1800 \times 580 \times 650$	Устройство нормализации и непрерывной сигнализации сигналов постоянного и переменного тока в сигнал 0—10 В и выработки сигналов отклонения за уставку; время наработки на отказ 12 000 ч
А-335-28	$\pm 2,5$	5; 7; 10; 12; 15 и 25	1	—	$79 \times 175 \times 425$	Устройство измерения скорости изменения параметра. Входные сигналы постоянного тока 0—5 мА и 0—10 В, выходной сигнал 0—5 мВ. Входное сопротивление 500 Ом (0—5 мА) и 10 кОм (0—10 В). ВБР 0,95 за 2000 ч. Диапазоны изменения входных сигналов — в табл. 7.4

Продолжение табл. 7.3

Тип прибора	Основная погрешность, %	Время измерения, с	Число каналов	Длина шкалы, мм	Габариты, мм	Примечание
A-565	0,1; 0,15 0,2; 0,25	1,6	1 и 12	—	445×240×160	Цифровой показывающий прибор для измерения температуры и других параметров, преобразованных в напряжение постоянного тока. Входное сопротивление — не менее 1 МОм. Диапазоны измерения — в табл. 7.6. ВБР 0,89 за 2000 ч
A-566						Цифровой показывающий прибор для измерения температуры в комплекте с термопреобразователями сопротивления по ГОСТ 6651—84. Диапазоны измерения — в табл. 7.6. ВБР 0,9 за 2000 ч
A-762	0,1 и 0,5	0,4	—	—	—	Установка прецизионного контроля и регулирования температуры в комплекте с термоэлектрическими преобразователями градуировок ХА(К), ХК(Л), ПП(С), ВР(А)-1, ПР(В) и источниками термо-ЭДС —1÷+51 мВ. ВБР 0,9 за 1000 ч
БА-02-006*	См. табл. 7.4	1,5	1	—	60×104,5×395	Блок линейного и нелинейного преобразования сигналов от первичных преобразователей в сигнал постоянного тока 0—10 В. Диапазоны измерения — в табл. 7.4. ВБР 0,95 за 1000 ч

БА-02-002*	0,6 для линейного, 1,5 для квадратич- ного	0,25	1	—	$60 \times 140,5 \times 455,5$	Блок линейного и квадратичного преобразования сигналов переменного тока в напряжение постоянного тока 0—10 В. Выходной сигнал 0—10 мВ. ВБР 0,92 за 1000 ч
БА-11-005*	—	Печать 7 знаков/с	16	220 мм	$317 \times 138 \times 434$	Блок цифробуквенной регистрации до 16 четырехразрядных параметров. ВБР 0,96 за 1000 ч

Таблица 7.4. Пределы измерения скоростей изменения входных сигналов преобразователя А-335-28

Пределы измерения скоростей изменения входных сигналов, %/с	Изменение входного сигнала, %	Выходной сигнал		Время установления выходного сигнала, с, не более	Пределы измерения скоростей изменения входных сигналов, %/с	Изменение входного сигнала, %	Выходной сигнал		Время установления выходного сигнала, с, не более
		Постоянный ток, мА	Напряжение на нагрузке 2,5 кОм, В				Постоянный ток, мА	Напряжение на нагрузке 2,5 кОм, В	
0 ÷ -5	0	0,00	0,00	5	0 ÷ -0,25	0	0,00	0,00	12
	-1,0	1,00	2,50			1,80	4,50		
	-5,0	5,00	12,50			5,00	12,50		
0 ÷ -1	0	0,00	0,00	7	-0,15 ÷ 0 ÷ +0,15	-0,15	0,00	0,00	15
	-0,25	1,25	3,125			2,50	6,25		
	-1,00	5,00	12,50			5,00	12,50		
0 ÷ -0,5	0	0,00	0,00	10	-0,05 ÷ 0 ÷ +0,05	-0,05	0,00	0,00	25
	-0,15	1,50	3,75			2,50	6,25		
	-0,5	5,00	12,50			5,00	12,50		

Т а б л и ц а 7.5. Пределы измерения приборов типа А-502, А-542, БА-02-006

Номинальная статическая характеристика преобразования	Пределы измерения, °С
ХК(Л)	$-50 \div +50$; $-50 \div +100$; $-50 \div +150$; $-50 \div +200$; $0-100$; $0-150$; $0-200$; $0-300$; $0-400$; $0-600$; $200-600$; $200-800$
ХА(К)	$0-400$; $0-600$; $0-800$; $0-900$; $0-1100$; $0-1300$; $200-600$; $200-800$; $200-1200$; $400-900$; $600-1100$; $700-1300$
ПП(С)	$0 \div 1300$; $0 \div 1600$; $500 \div 1300$
ПР(В)	$300 \div 1000$; $300 \div 1600$; $1000 \div 1600$; $1000 \div 1800$
РК-15	$400 \div 1000$
РК-15 и РК-20	$600 \div 1200$; $700 \div 1400$; $700 \div 1500$
РК-20 и РС-20	$900 \div 1800$
10 П	$0 \div 300$; $0 \div 400$; $0 \div 500$; $0 \div 650$; $300 \div 650$
100 П	$-200 \div +70$; $-200 \div +50$; $-120 \div +30$; $-90 \div +50$; $-70 \div +180$; $-25 \div +25$; $0 \div 50$; $0 \div 100$; $0 \div 150$; $0 \div 200$; $0 \div 300$; $0 \div 400$; $0 \div 500$; $200 \div 500$
100 М	$-50 \div 0$; $-50 \div +50$; $-50 \div +100$; $-25 \div +25$; $0 \div 25$; $0 \div 50$; $0 \div 100$; $0 \div 150$; $0 \div 180$; $50 \div 100$
Гр. 21 (только для БА-02-006)	$-200 \div -70$; $-120 \div +30$; $-70 \div +180$; $0 \div 100$; $0 \div 150$; $0 \div 200$; $0 \div 300$; $0 \div 400$; $0 \div 500$; $200 \div 500$
Гр. 23 (только для БА-02-006)	$-50-0$; $-50 \div +100$; $0-50$; $0-100$; $0-150$; $0-180$; $50-100$

Примечание. Основная погрешность для блоков БА с характеристикой преобразования ПР 30/6 — 0,1 %; 10 П, 100 П, гр. 21, 100 М, гр. 23, ПП, ХА, ХК — 0,5 %; РК-15, РК-20, РС-20 — 1,5 %.

Таблица 7.6. Пределы измерения и погрешности цифровых показывающих приборов типа А-565 и А-566

Тип прибора	Номинальная статическая характеристика преобразования	Пределы измерения	Пределы допускаемой основной погрешности, %	Разрешающая способность цифрового табло
А-565	ХК(L)	$-50 \div 800 \text{ }^{\circ}\text{C}$	$\pm 0,15 + 0,05 \times \left(\frac{X_K}{X} - 1 \right)$	$0,1 \text{ }^{\circ}\text{C}$
	ХА(K)	$0 - 1300 \text{ }^{\circ}\text{C}$	$\pm 0,1 + 0,06 \times \left(\frac{X_K}{X} - 1 \right)$	$0,2 \text{ }^{\circ}\text{C}$
	ПП(S)	$0 - 1600 \text{ }^{\circ}\text{C}$	$\pm 0,25 + 0,2 \times \left(\frac{X_K}{X} - 1 \right)$	$1 \text{ }^{\circ}\text{C}$
	ПР(B)	$1000 - 1800 \text{ }^{\circ}\text{C}$	$\pm 0,2 + 0,15 \times \left(\frac{X_K}{X} - 1 \right)$	
	По ГОСТ 9895-78	$-10 \div 20 \text{ мВ}$	$\pm 0,25 + 0,2 \times \left(\frac{X_K}{X} - 1 \right)$	$0,01 \text{ мВ}$
		$-100 \div +100 \text{ мВ}$	$\pm 0,15 + 0,05 \times \left(\frac{X_K}{X} - 1 \right)$	

Тип прибора	Номинальная статическая характеристика преобразования	Пределы измерения	Пределы допускаемой основной погрешности, %	Разрешающая способность цифрового табло
А-566	10 П	0—1000 °С	$\pm 0,1 + 0,06 \times \left(\frac{X_k}{X} - 1 \right)$	0,1 °С
	50 П, 100 П	$-200 \div 200$, 0—500	$\pm 0,15 + 0,1 \times \left(\frac{X_k}{X} - 1 \right)$	0,02 °С
	100 П	—50 ÷ 50	$\pm 0,25 + 0,2 \times \left(\frac{X_k}{X} - 1 \right)$	
	50 М, 100 М	0—200	$\pm 0,2 + 0,1 \times \left(\frac{X_k}{X} - 1 \right)$	
		—50 ÷ 100	$\pm 0,1 + 0,06 \times \left(\frac{X_k}{X} - 1 \right)$	0,01 °С

Примечание. X_k — больший (по модулю) из пределов измерений, °С; X — значение измеряемой величины, °С.

26.013—81, 26.014—81, 26.015—81. Для преобразования сигналов первичных измерительных преобразователей в унифицированные служат нормирующие преобразователи. Технические характеристики нормирующих преобразователей приведены в табл. 7.8 и [25].

Кроме указанных в табл. 7.1 и 7.3 вторичных самопишущих и показывающих измерительных приборов получили распространение электрические аналоговые и цифровые показывающие приборы, работающие в комплекте с термопреобразователями или измеряющие ток, напряжение и сопротивление преобразователей различного рода.

В информационно-измерительных системах часто используются коммутаторы электрических сигналов, аналого-цифровые и цифро-аналоговые преобразователи. Технические характеристики этих приборов и некоторых элементов систем технологического контроля приведены в табл. 7.9 и [26].

Таблица 7.7. Технические характеристики пневматических показывающих и самопишущих приборов и преобразователей

Тип прибора	Основная погрешность, %	Число каналов	Длина шкалы, мм	Габаритные размеры, мм	Примечание
ПВ 2.2*	±1	1	100	60×160×397	Показывающий, сигнализирующий. Входной сигнал 20—100 кПа, взрывобезопасное исполнение; срок службы 6 лет
ПВ 4.4Э ПВ 4.4П	±1	3	100	160×200×438	Показывающий и самопишущий. Входной сигнал 200—100 кПа, скорость диаграммы 20, 40 и 60 мм/ч, в ПВ 4.4Э — электропривод диаграммы, в ПВ 4.4П — пневмопривод. ПВ 4.4П — взрывобезопасное исполнение
ПВ 3.2 ПВ 10.1Э ПВ 10.1П ПВ 10.2Э ПВ 10.2П	±1	1	100	120×160×445	Показывающие и самопишущие со станцией управления, предназначенной для ручного управления, автоматического регулирования и контроля. Входной сигнал 20—100 кПа. Скорость диаграммы 20, 40 и 60 мм/ч. ПВ 3.2, ПВ 10.1П и ПВ 10.2П — взрывобезопасное исполнение
ППВ 1.2*	±0,5	1		320×157	Входной сигнал 20—100 кПа. Показывающие ППВ 1.1, ППВ 1.2. ВБР 0,92 за 2000 ч
ППВ 1.1 ППВ 1.1И	±1	1	100	80×160×420	

Тип прибора	Основная погрешность, %	Число каналов	Длина шкалы, мм	Габаритные размеры, мм	Примечание
РПВ 4.2*	± 1	1	100	$160 \times 200 \times 368$	Показывающие и самопишущие. Входной сигнал 20—100 кПа. Скорость диаграммной бумаги 20, 40 и 60 мм/ч. Выпускаются с пневматическим (РПВ4.2П, РПВ4.3П и РПВ4.5П) и с электрическим (РПВ4.2Э, РПВ4.3Э и РПВ4.5Э) приводом диаграммы. ВБР 0,92 за 2000 ч
РПВ 4.3*		2		$160 \times 200 \times 468$	
РПВ 4.5		3		$160 \times 200 \times 478$	
ПКП-1 ПКП-2 ПКП-3	$\pm 0,5$ и ± 1	1	100	—	Показывающие. Входной сигнал 20—100 кПа. Выходной сигнал 20—100 кПа. ВБР 0,96 за 2000 ч. Взрывобезопасное исполнение
ПИК-1	± 1	1	600 (круговая)	—	Показывающий и суммирующий. Входной сигнал 20—100 кПа. Выходной сигнал 20—100 кПа. Взрывобезопасное исполнение
ПФ1.1-М1	± 1	3	—	$85 \times 140 \times 106$	Прибор алгебраического суммирования. Входной сигнал 20—100 кПа. Выходной сигнал 20—100 кПа. ВБР 0,96 за 2000 ч. Взрывобезопасное исполнение
ПФ1.17-М12	± 1	3	—	$85 \times 140 \times 138$	Прибор извлечения квадратного корня. Входной сигнал 20—100 кПа. Выходной сигнал 20—100 кПа. ВБР 0,96 за 2000 ч. Взрывобезопасное исполнение
ПФ1.39-М1	$\pm 0,5$	1	—	$85 \times 140 \times 138$	Прибор умножения на постоянный коэффициент. Входной сигнал 20—100 кПа. Выходной сигнал 20—100 кПа. ВБР 0,97 за 2000 ч

Т а б л и ц а 7.8. Технические характеристики нормирующих преобразователей

Тип	Первичный преобразователь, входной сигнал	Выходной сигнал	Основная погрешность, %	Быстродействие, с	Показатели надежности	Примечание
НП-5Б1 НП-5Б2 НП-5Б3	Термоэлектрические преобразователи ТХА, ТХК, датчики ЭДС постоянного тока, термопреобразователи сопротивления	0—5 мА	± 1 и $\pm 1,5$	5·10 ⁻³	ВБР 0,9 за 2000 ч	—
НП-1М	Датчики резисторных величин. Переменное напряжение 0—1000 мВ	0—5 мА	± 1	—	ВБР 0,92 за 2000 ч	—
НП-ПЗ	Дифференциально-трансформаторные преобразователи. Взаимная индуктивность 0—10 и 10—10 мГн	0—5 мА	± 1	—	ВБР 0,9 за 2000 ч	—
ППЭ-2	Пневматические преобразователи. Давление 20—100 кПа	0—5; 0—20; 4—20 мА	± 1	—	—	Пневмозлектрический преобразователь
ППЭ-70*	Дифференциально-трансформаторные преобразователи дифманометров и манометров. Взаимная индуктивность 0—10 и 10—10 мГн	0—5 мА; 0—10 В	± 1	1,0	ВБР 0,9 за 2000 ч	—

Тип	Первичный преобразователь, входной сигнал	Выходной сигнал	Основная погрешность, %	Быстродействие, с	Показатели надежности	Примечание
Ш-74	Тензометрические преобразователи. Напряжение от 0—10 до 0—100 мВ	0—10; —10 ÷ 0 ÷ +10 В	±0,15	5 · 10 ⁻⁴	ВБР 0,92 за 2000 ч	—
Ш-78	Термоэлектрические преобразователи градуировок ХА, ХК, ПП, ПР 30/6, ВР 5/20	0—5 мА; 0—10 В	±0,25 ÷ 1,0	0,5	ВБР 0,95 за 2000 ч	Взамен Ш-72. Исполнение обыкновенное и виброустойчивое
Ш-79	Термопреобразователи сопротивления градуировок 10П, 50П, 100П, 50М, 100М, 21 и 23	0—5 мА; 0—10 В	±0,4; ±0,6	0,5	ВБР 0,95 за 2000 ч	Взамен Ш-71. Исполнение виброустойчивое и сейсмостойкое
Ш-80	Тензометрические преобразователи. Напряжение от —10 ÷ +110 до —100 ÷ +100 мВ	—10 ÷ 0 ÷ 10 В и сигнал в двоичном коде	±0,15	—	ВБР 0,87	—
Ш-701	Термопреобразователи сопротивления и термоэлектрические преобразователи	Цифровой код; 0—5; 4—20 мА; 0—10 В	±0,2 ÷ 0,4	1,0	—	Измерительный преобразователь групповой

Ш-703	Термопреобразователи сопротивления	0—5; 4—20 мА; 0—10 В	±0,5	0,5	ВБР 0,95 за 2000 ч	Взамен Ш-71. Ис- кробезопасное, виброустойчивое и тряскоустойчи- вое исполнение
Ш-704	Датчики сопротивления	0—5; 4—20 мА; 0—10 В	±0,4	0,5		Взамен Ш-73. Ис- кробезопасное, виброустойчивое и тряскоустойчи- вое исполнение
Ш-705	Термоэлектрические преоб- разователи градуировок ХА, ХК, ПП, ПР и ВР 5/20. Термо-ЭДС — от 4,47 до 52,4 мВ	0,5; 4—20 мА; 0—10 В	±0,5; ±1,0	0,5		Взамен Ш-72. Ис- кробезопасное, виброустойчивое и тряскоустойчи- вое исполнение
Ш-707 *	Термопреобразователи со- противления градуировок 100 П и 21	0—5 мА	±0,25	0,5	—	—
Ш-708	Термоэлектрические преоб- разователи градуировок ХА, ХК, ПП, ПР 30/6, ВР 5/20, термо-ЭДС 3,11—66,42 мВ	4—20; 0—20 мА	±0,25÷1,0	0,5	ВБР 0,95 за 2000 ч	Сейсмостойкое ис- полнение

Тип	Первичный преобразователь, входной сигнал	Выходной сигнал	Основная погрешность, %	Быстродействие, с	Показатели надежности	Примечание
Ш-709	Термопреобразователи сопротивления градуировок 10 П, 50 П, 100 П, 50 М, 100 М, 21 и 23	0—5; 0—20; 4—20 мА; 0—10 В	$\pm 0,5$ и 1,0	0,5		
Ш-710	Сопроотивление реохордов 0—120; 0—150 и 0—300 Ом	0—5; 0—20; 4—20 мА	$\pm 0,5$	0,5		
Ш-711/1	Термоэлектрические преобразователи градуировок ХА, ХК, ПП, ПР 30/6; термопреобразователи сопротивления градуировок 10 П, 50 П, 100 П, 50 М, 100 М, 21, 23; термо-ЭДС 3,11—66,42 мВ	Цифровой код	$\pm 0,05-0,1$	—	Наработка на отказ 1500 ч	Многоканальный цифровой измерительный преобразователь. Число каналов 30—60
Ш-714	Термоэлектрические преобразователи градуировок ХА, ХК, или термо-ЭДС 3,11—66,42 мВ	0—5 В	± 1	—	ВБР 0,96 за 2000 ч	Число каналов 4. Виброустойчивое, пылевлагозащитное исполнение

Таблица 7.9. Технические характеристики электронных приборов, машин централизованного контроля, коммутаторов и других элементов систем технологического контроля

Тип	Входящий сигнал	Функция	Основная погрешность, %	Быстродействие, с	Показатели надежности	Габаритные размеры, мм	Примечание
Ш-4550	Термо-ЭДС, градуировки ХА, ХК, ПП, ПР 30/6; термопреобразователи сопротивления 10 П, 50 П, 100 П, 50 М, 100 М, 21, 23	Показания	±1,0 ±1,5	7	Срок службы 8 лет	160×80× ×240	Милливольтметр щитовой, исполнение обыкновенное
Ш-4540/1							
Ш-4541/1							
Ш-4542							
Ш-4543							
Ш-451						160×40× ×240	
Ш-452							
МВУ6-41*	Термоэлектрические преобразователи градуировок ХА, ХК, ПП, ПР 30/6	Показания, двух- и трехпозиционное регулирование	±1,0	4	ВБР 0,95 за 2000 ч	160×30× ×273	Милливольтметр щитовой, узкопрофильный, исполнение обыкновенное
МВУ6-42*	Термопреобразователи сопротивления градуировок 10 П, 50 П, 100 П, 50 М, 100 М, 21, 23						
Ш-69000*	Термопреобразователи сопротивления градуировок 10 П, 50 П, 100 П, 50 М, 100 М, 21, 23	Показания, позиционное регулирование	±1,5	—	ВБР 0,90 за 2000 ч	—	Логометр пирометрический щитовой
Ш-69006*							

Тип	Входной сигнал	Функция	Основная погрешность, %	Быстродействие, с	Показатели надежности	Габаритные размеры, мм	Примечание
Л 64И	Термопреобразователи сопротивления градуировок 10 П, 50 П, 100 П, 50 М, 100 М, 21, 23	Показания	$\pm 1,5$	8	ВБР 0,90 за 2000 ч	—	То же, искробезопасное исполнение
М 300	Напряжение постоянное 0—75 мВ		$\pm 1,5$	4	ВБР 0,90 за 2000 ч	$120 \times 120 \times 80$	Милливольтметр щитовой, исполнение обычное
М 381	Постоянный ток от 0—0,5 мА до 0—7,5 кА, на- пряжение постоянное от 0—3 до 0—750 В		$\pm 1,5$	4	Наработка на отказ	$120 \times 120 \times 85$	Пыле- и водо- защищенное исполнение
М 1530	Постоянный ток от 0—5 мкА до 0—6 кА, на- пряжение постоянное от 0—10 мВ до 0—600 В	Показания, двух-, трехпо- зиционное ре- гулирование, сиг- нализация	$\pm 1,5$ $\pm 1,0$	1,5 и 4	ВБР 0,9 за 2000 ч	$100 \times 30 \times 235$ $160 \times 30 \times 273$ $240 \times 30 \times 298$	Узкопрофиль- ные щитовые приборы
М 1531							
М 1730							
М 1731							
М 1830							

М 1632	Постоянный ток 0—5; 0—10; 0—50; 0—100; 5—0—5; 10—0—10; 25—0—25; 50—0—50 мкА; 0—5; 0—20 мА, напряжение 0—1, 0—10 В	Показания на одной или двух шкалах	±1,0	4	ВБР 0,8 за 2000 ч	120×30× ×180	Многошкаль- ный узкопро- фильный при- бор с одним диапазоном из- мерения вход- ного сигнала		
М 1633					ВБР 0,9 за 2000 ч	12×60×180			
М 1634					±1,0	ВБР 0,82 за 2000 ч			
М 1635*					Показания на трех, четырех или пяти шка- лах				
М 1740	Постоянный ток 0—1, 1—0—1, 0—5, 5—0—5, 0—20, 20—0—20 мА. На- пряжение 0—1, 1—0—1, 0—10, 10—0—10 В	Показания 3, 4, 8 или 12 пара- метров	±1,0	3	ВБР 0,9 за 2000 ч	160×60× ×298 4-канальный	Многоканал- ный узкопро- фильный при- бор для не- скольких пара- метров с одной шкалой		
М 1741						160×120× ×298 8-канальный			
М 1742						160×180× ×298 12-канал- ный			
М 1743						160×60× ×298 3-канальный			

Продолжение табл. 7.9

Тип	Входной сигнал	Функция	Основная погрешность, %	Быстродействие, с	Показатели надежности	Габаритные размеры, мм	Примечание
Н 339	Напряжение: постоянное от 0—1 мВ до 0—500 В; переменное от 0—5 до 0—500 В. Ток: постоянный от 0—10 мкА до 0—5 А; переменный от 0—5 мА до 0—5 А	Регистрация	$\pm 2,5$ (на переменном токе и 0—1 мВ постоянного тока); $\pm 1,5$ (остальные пределы)	—	ВБР 0,9 за 2500 ч	—	Самопишущий, переносной, скорость диаграммы — от 20 до 5400 мм/ч
Н 3010	Напряжение постоянного тока		$\pm 0,3$	0,8	Наработка на отказ 2500 ч	—	Самопишущий, многоперьевой, четырехканальный, ширина диаграммы 250 мм
Н 3092	Постоянный ток, напряжение		$\pm 1,0$	—	—	—	Самопишущие, ширина диаграммы 100 мм, скорость 5400 мм/ч
Н 3093	Переменный ток, напряжение		$\pm 1,5$; $\pm 2,5$				

Ф 213	Ток переменный от 0—0,1 мА до 0—5 А, напряжение переменное от 0—100 мВ до 0—500 В	Показания	$\pm 4,0$	1	ВБР 0,9 за 2000 ч	$200 \times 30 \times 185$	Одноканальный узкополосный прибор
Ф 2101	Постоянный ток, напряжение	Коммутация сигналов	$\pm 0,01$	10 и 2400 мкс	Наработка на отказ 5000 ч	—	Коммутатор измерительных сигналов
Ф 7078	Одно- и двухполярные сигналы постоянного напряжения —10÷0÷10 В			—	Наработка на отказ 9000 ч	—	
Ф 7086/2	Напряжение постоянного тока 0—30 В			5 мкс	—	—	
Ф 4833	Напряжение постоянного тока 0 ± 1000 мВ	Аналого-цифровое преобразование	$\pm 0,05$; $\pm 0,15$	40, 100 и 200 мкс	Наработка на отказ 3000 ч	$217 \times 140,5 \times 315$	Аналого-цифровой преобразователь
М 4 М 5 М 6	Термо-ЭДС от —3,11 до +66,42 мВ термоэлектрических преобразователей градуировок ХА, ХК, ПП; сопротивление термопреобразователей соответственно градуировок 10 П, 50 П, 100 П, 50 М, 100 М, 21 и 23	Показания, регистрация, двухпозиционная сигнализация и регулирование	—	—	—	—	Машины центрального контроля широкого применения

Продолжение табл. 7.9

Тип	Входной сигнал	Функция	Основная погрешность, %	Быстродействие, с	Показатели надежности	Габаритные размеры, мм	Примечание
Ф 4891	Постоянный ток 0—5 мА или напряжение постоянного тока 0—10 В		$\pm 0,1$	200 мкс	Наработка на отказ 4000 ч	$217 \times 140,5 \times 315$	
Щ-31	Напряжение постоянного тока — от 0—10 мВ до 0—1 кВ, постоянный ток — от 0—1 мА до 0—10 мА, сопротивление — от 0—1 кОм до 0—10 МОм	Цифровая индикация шестизначная и семизначная	$\pm 0,01$; $\pm 0,02$	0,08—4	Наработка на отказ 1500 ч	$488 \times 170 \times 500$	Вольтметр цифровой универсальный, сопротивление входное не менее 10 МОм
Щ-300	Постоянный ток: напряжение — от 0—1 мВ до 0—1 кВ; ток — от 0—0,1 мА до 0—1 А; сопротивление — от 0—100 Ом до 0—1 МОм	Цифровая индикация пятиразрядная	$\pm 0,05$; $\pm 0,15$; $\pm 0,2$	0,4	Наработка на отказ 2500 ч	$317 \times 110 \times 350$	Комбинированный цифровой прибор, входное сопротивление — не менее 1 МОм
Щ-301	Постоянный ток: напряжение — от 1 мкВ — 10 мВ до 0,16—1 кВ; ток — от 0,1 мА — 1 мА до 0,1 мА — 1 А; сопротивление — от 0,01—100 Ом до 0,01—100 МОм. Переменный		$\pm 0,05$; $\pm 0,15$	0,04	Наработка на отказ 3000 ч	$494 \times 132 \times 382$	Комбинированный цифровой прибор, входное сопротивление — не менее 10 МОм постоянно току и 1 МОм переменному

ток: напряжение — от 0,1 мВ — 1 В до 0,1—300 В; ток — от 1 мкА — 1 мА до 1 мА — 1 А; емкость — от 0,01 — 10 пФ до 10 нФ — 10 мкФ						
Щ-302	Постоянный ток: напряжение — от 0—1 мВ до 0—1 кВ; ток — от 0—1 мкА до 0—10 мА; сопротивление — от 0—100 Ом до 0—100 МОм	$\pm 0,05$; $\pm 0,1$; $\pm 0,2$	0,04	Наработка на отказ 2500 ч	$488 \times 130 \times 380$	Комбинированный цифровой прибор, входное сопротивление — не менее 1 МОм
Щ-304	Напряжение постоянного тока — от 0—1 мВ до 0—500 В	$\pm 0,05$; $\pm 0,1$; $\pm 0,2$	0,04	Наработка на отказ 5000 ч	$219 \times 70 \times 315$	Вольтметр цифровой, входное сопротивление — не менее 10 МОм
Щ-1516	Напряжение постоянного тока — от 0—50 мВ до 0—1 кВ	$\pm 0,01$; $\pm 0,015$	0,04 и 0,4	Наработка на отказ 2500 ч	$317 \times 150 \times 310$	Вольтметр цифровой, быстродействующий, входное сопротивление — не менее 1 МОм

Продолжение табл. 7.9

Тип	Входной сигнал	Функция	Основная погрешность, %	Быстродействие, с	Показатели надежности	Габаритные размеры, мм	Примечание
Щ-1526				0,4	Наработка на отказ 2000 ч	490×170× ×490	Вольтметр цифровой двухканальный, входное сопротивление — не менее 1 МОм
Щ-1612	Напряжение постоянного тока — от 0—0,1 В до 0—1 кВ	Цифровая индикация семirazрядная	±0,001; ±0,002; ±0,003	0,3 и 2	Наработка на отказ 2500 ч	438× ×152,5× ×430	Вольтметр цифровой, входное сопротивление — не менее 1 МОм
Щ-68014	Постоянный ток: напряжение — от 0—10 мВ до 0—1 кВ; ток — от 0—1 мкА до 0—1 А; сопротивление — от 0—10 Ом до 0—10 МОм	Цифровая индикация	±0,01; ±0,02	0,04 и 0,24	—	380×130× ×420	Комбинированный цифровой прибор
Щ-68201*	Сопротивление — от 0—10 ⁻⁴ Ом до 0—10 МОм		±0,005	1	Наработка на отказ 2000 ч	—	Компаратор сопротивлений цифровой

Список литературы

1. ГОСТ 215—73. Термометры ртутные стеклянные лабораторные. Технические условия. М.: Изд-во стандартов, 1974.
2. ГОСТ 13646—68*. Термометры стеклянные ртутные для точных измерений. Технические условия. М.: Изд-во стандартов, 1979.
3. Приборы и средства автоматизации. Каталог. 1.1. Приборы для измерения и регулирования температуры. ЦНИИТЭИ приборостроения. М., 1989.
4. ГОСТ 2823—73*. Термометры стеклянные технические. Технические условия. М.: Изд-во стандартов, 1986.
5. ГОСТ 9177—74*. Термометры стеклянные жидкостные (нертутные). Общие технические условия. М.: Изд-во стандартов, 1987.
6. ГОСТ 112—78*. Термометры метеорологические стеклянные. Технические условия. М.: Изд-во стандартов, 1987.
7. ГОСТ 400—80*. Термометры стеклянные для испытания нефтепродуктов. Технические условия. М.: Изд-во стандартов, 1987.
8. ГОСТ 8624—80*. Термометры манометрические ГСП. Общие технические условия. М.: Изд-во стандартов, 1987.
9. ГОСТ 6651—84*. Термопреобразователи сопротивления ГСП. Общие технические условия. М.: Изд-во стандартов, 1985.
10. ГОСТ 3044—84*. Преобразователи термоэлектрические. Номинальные статические характеристики преобразования. М.: Изд-во стандартов, 1985.
11. ГОСТ 23847—79*. Преобразователи термоэлектрические кабельные типов КТХАС, КТХАСп, КТХКС. Технические условия. М.: Изд-во стандартов, 1980.
12. ГОСТ 24335—80*. Провода термоэлектрические. Технические условия.
13. ГОСТ 8,271—77. ГСИ. Средства измерения давления. Термины и определения. М.: Изд-во стандартов, 1978.
14. ГОСТ 8,361—79. Расход жидкости и газа. Методика выполнения измерений по скорости в одной точке сечения трубы. М.: Изд-во стандартов, 1980.
15. ГОСТ 8,439—81. Расход воды в напорных трубопроводах. Методика выполнения измерений методом площадь—скорость. М.: Изд-во стандартов, 1982.
16. РД 50—213—80. Правила измерения расхода газов и жидкостей стандартными сужающими устройствами, 1981.
17. РД 50—411—83. Методические указания. Расход жидкостей и газов. Методика выполнения измерений с помощью специальных сужающих устройств, 1984.
18. Приборы и средства автоматизации. Каталог. 1.2—1.4. Приборы для измерения и регулирования давления, перепад давления, разрежения и расхода и количества жидкостей и газов, уровня жидкостей и сыпучих материалов. ЦНИИТЭИ приборостроения. М., 1989.
19. ГОСТ 24802—81. Приборы для измерения уровня жидкости и сыпучих веществ. Термины и определения. М.: Изд-во стандартов, 1981.
20. Чистяков С. Ф., Чистяков В. С. Монтаж средств измерения и автоматизации теплоэнергетических процессов на электростанциях. М.: Энергоатомиздат, 1987.
21. Приборы и средства автоматизации. Каталог. 1.5. Приборы для определения состава и свойств газов, жидкостей, твердых и сыпучих веществ. ЦНИИТЭИ приборостроения. М., 1989.
22. Приборы и средства автоматизации. Каталог. Ч. 5. Приборы для научных исследований. ЦНИИТЭИ приборостроения. М., 1988.
23. ГОСТ 16287—77. Электроды стеклянные промышленные для определения активности ионов водорода ГСП. Технические условия. М.: Изд-во стандартов, 1987.
24. Приборы, разработанные предприятиями НПО «Химвтоматика». Номенклатурный каталог 1988—1989 гг. Отделение НИИТЭхим. Черкассы, 1988.
25. Приборы и средства автоматизации. Каталог. Ч. 2. Вторичные приборы. ЦНИИТЭИ приборостроения. М., 1988.
26. Приборы и средства автоматизации. Каталог. Ч. 3. Электроизмерительные приборы и системы ЦНИИТЭИ приборостроения. М., 1988.
27. Иванова Г. М., Кузнецов Н. Д., Чистяков В. С. Теплотехнические измерения и приборы. М.: Энергоатомиздат, 1984.