

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«Санкт-Петербургский государственный  
ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
имени С.М. Кирова (СПбГЛТУ)»**



## **ВЫБОР И РАСЧЕТ СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ**

(Электронный курс лекций)  
для направления 27.03.04 и 15.03.04  
"Управление в технических системах" и  
"Автоматизация технологических процессов и производств"

Учебное пособие

**Санкт-Петербург  
2015**

## АННОТАЦИЯ

Электронный курс лекций предназначен для подготовки студентов дневной по направлению 27.03.04 "Управление в технических системах" и 15.03.04 "Автоматизация технологических процессов и производств" и заочной форме обучения по образовательной программе направления 27.03.04 «Управление в технических системах (в лесной, деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности (ЛДЦБП))» на кафедре «Управления, автоматизации и системного анализа» факультета экономики и управления лесотехнического университета.

Лесная, деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная промышленность (ЛДЦБП) представляют собой следующую совокупность предприятий:

**Лесная промышленность** – совокупность **отраслей промышленности**, заготавливающих и обрабатывающих древесину. Все **производства** по обработке и переработке **древесины**, вместе взятые, образуют лесобрабатывающую промышленность, в составе которой выделяют следующие виды промышленности:

– **деревообрабатывающая промышленность**, объединяющая группы предприятий, производящих механическую и частично химико-механическую обработку и переработку древесины;

– **целлюлозно-бумажное производство** – технологический процесс, направленный на получение **целлюлозы, бумаги, картона** и других сопутствующих продуктов конечного или промежуточного передела;

– **гидролизная промышленность** и **лесохимическая промышленность**, производства которых образуются на базе химической переработки древесины и некоторых недревесных продуктов леса.

Лекции и практические занятия изложены в учебном пособии "Проектирование автоматизированных производств"

Практические занятия проводятся с целью закрепления теоретических знаний и сводятся к разработке функциональных, принципиальных и схем подключения и присоединения, к выбору приборов и средств автоматики, кабелей и проводов.

Учебным планом предусматривается выполнение курсового проекта по автоматизации производственных процессов объектов лесного комплекса.

В курсовом проекте студент должен разработать функциональную схему автоматизации (ФСА), принципиальную схему автоматического регулирования, принципиальную схему питания и общий вид щита (пульты). Выполнить расчеты по определению статических и динамических характеристик объекта, произвести выбор регулятора, приборов и средств автоматики, аппаратов управления и защиты.

## **1. Методика выбора первичных измерительных преобразователей**

При выборе первичных измерительных преобразователей следует учитывать ряд факторов метрологического и технологического характера, наиболее существенными из которых являются следующие:

- допускаемая погрешность измерительных устройств и измерительной системы в целом;

- предел измерения первичного измерительного преобразователя, в котором гарантирована необходимая точность измерения;

- инерционность первичного измерительного преобразователя, характеризующаяся постоянной времени;

- влияние на работу первичного измерительного преобразователя параметров контролируемой и окружающей сред (температуры, давления, влажности);

- разрушающее влияние на первичный измерительный преобразователь контролируемой и окружающей сред вследствие абразивных свойств, химического воздействия и других факторов;

- наличие в месте установки первичного измерительного преобразователя недопустимых для его функционирования магнитных и электрических полей, вибраций и др.;

- возможность применения первичного измерительного преобразователя с точки зрения требований пожаро- и взрывобезопасности;

- расстояние, на которое должна быть передана информация, полученная с помощью первичного измерительного преобразователя;

- предельные значения измеряемой величины и других параметров, влияющих на работу первичного измерительного преобразователя.

Выбор первичных измерительных преобразователей осуществляют в два этапа. На первом этапе выбирают разновидности первичных измерительных преобразователей, например, для измерения температуры выбирают термопреобразователь сопротивления или термоэлектрический преобразователь.

На втором этапе определяют типоразмер (совокупность технических характеристик) выбранной разновидности первичного измерительного преобразователя, например термопреобразователь сопротивления платиновый с номинальной статической характеристикой (НСХ) 100П (Pt 100), тип термопреобразователя – ТСП-0193.

Выбор первичных измерительных преобразователей других технологических параметров (давления, расхода, уровня и состава рабочих сред) сводится в основном к учету упомянутых выше факторов и выбору первичных измерительных преобразователей с соответствующими техническими характеристиками.

Информация об областях и условиях применения первичных измерительных преобразователей наиболее полно приведена в инструкциях по эксплуатации заводов-изготовителей технических средств автоматизации.

### **1.1. Выбор первичных измерительных преобразователей температуры**

В процессе выбора первичных измерительных преобразователей температуры необходимо учитывать предельные значения температур и давлений, в диапазоне которых можно применять различные первичные измерительные преобразователи температуры, а также характеристики выходного сигнала первичных измерительных преобразователей. Названные параметры в значительной степени определяют выбор того или иного первичного измерительного преобразователя температуры.

В качестве первичных преобразователей температуры используют термопреобразователи сопротивления (ТПС) и термоэлектрические преобразователи (ТЭП). Термопреобразователи выпускаются двух видов – погружаемые и поверхностные.

Для правильного выбора термопреобразователей необходимо знать параметры измеряемой среды, такие, как диапазон изменения измеряемой температуры или максимальное значение температуры, давление, размеры трубопровода, газохода, воздуховода, технологического аппарата и т. п.

При выборе типа погружаемых термопреобразователей необходимо обратить внимание на следующие факторы: область применения, пределы измерения, класс допуска, монтажную длину, особенность конструкции, условное давление, на которое рассчитан защитный чехол, инерционность.

Пределы измерения конкретных типоразмеров термопреобразователей указаны в справочной литературе и каталогах заводов-изготовителей. Диапазоны измерений наиболее часто используемых

В диапазоне измерений  $-50...+200^{\circ}\text{C}$  следует применять медные термопреобразователи сопротивления. При измерении более высоких температур применяют платиновые ТПС и ТЭП различных градуировок. Платиновые термопреобразователи сопротивления следует применять при необходимости обеспечения повышенной точности в диапазоне измеряемых температур  $-50...+500^{\circ}\text{C}$ . В других случаях следует применять термоэлектрические преобразователи. На ТЭС чаще всего применяются хромель-копелевые L(XK) и хромель-алюмелевые K(XA) ТЭП. Для измерения температуры поверхностей теплоэнергетического оборудования в конкретной точке, например, температуры вкладышей подшипников дымососа и т. п. применяют поверхностные ТПС или ТЭП.

Для погружаемых термопреобразователей сопротивления и термоэлектрических преобразователей определяют монтажную длину. Приблизительно монтажную длину термопреобразователей, устанавливаемых на трубопроводах, определяют по формуле

$$L = h + S + 0,5D,$$

где  $L$  – монтажная длина термопреобразователя;

$h$  – высота бобышки,  $h = 50$  мм;

$S$  – толщина стенки трубопровода;

$D$  – внутренний диаметр трубопровода.

По полученному в результате расчета значению  $L$  выбирают стандартную монтажную длину термопреобразователя из ряда значений: 120, 160, 200, 250, 320, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000 мм.

При этом необходимо учитывать, что рабочий конец ТЭП должен быть погружен до центра трубопровода, а ТПС – на 10...20 мм ниже осевой линии трубопровода, так как термопреобразователи ТПС и ТЭП имеют различные конструкции чувствительных элементов.

Монтажную длину термопреобразователей для измерения температуры воздуха рекомендуется выбирать равной 500 мм, а для измерения температуры дымовых газов – 800 мм.

Защитные чехлы первичных измерительных преобразователей температуры рассчитаны на рабочие давления, не превышающие 6,4 МПа. В трубопроводах теплоэнергетических объектов давление чаще всего превышает эту величину. Поэтому первичные измерительные преобразователи температуры необходимо устанавливать в защитные гильзы. Защитные гильзы рассчитаны на условные давления, равные 25 МПа и 50 МПа. Условное давление определяется по марке стали трубопровода, давлению и температуре рабочей среды. Соотношения между рабочим и условным давлениями представлены в табл. 1.1.

## 1.2. Выбор измерительных преобразователей давления

Различают измерительные преобразователи и приборы для измерения избыточного давления в пределах от 0 до 100 МПа, напора – до 40 кПа, разрежений – до 40 кПа и вакуума – до 0,1 МПа; а также разностей (перепадов) давлений – до 16 МПа. Кроме этих основных технических характеристик, при выборе измерительных преобразователей давления необходимо учитывать следующие факторы:

– характер изменения измеряемого давления во времени (давление не изменяется, изменяется плавно, является пульсирующим);

– влияние среды, давление которой измеряется, на материал чувствительного элемента измерительного преобразователя;

– предельное рабочее давление (для датчиков перепада давления).

Пределы измерений измерительных преобразователей давления выбирают из ряда значений, приведенных в каталогах заводов-изготовителей средств автоматизации и справочниках.

Измерительный преобразователь давления или деформационный манометр должен иметь такой диапазон измерений, чтобы плавно изменяющееся

измеряемое давление находилось в пределах 1/2...3/4 этого диапазона, а пульсирующее давление – в пределах 1/3...2/3 диапазона измерений.

Таблица 1.1.

Соотношение между рабочим и условным давлениями

Марка стали	Наибольшая температура среды, °С									
	200	250	300	350	400	425	435	445	455	465
Ст.30, 15ГС	200	250	300	350	400	425	435	445	455	465
12Х1МФ,08Х13, 15Х1М1Ф	260	320	450	510	520	530	540	550	560	570
Х17,1Х18Н10Т, Х17Н13М2Т, 08Х20Н14С2	200	300	400	480	520	560	590	610	630	640
Условное давление $P_{y_2}$ , МПа (кгс/см <sup>2</sup> )	Рабочее (избыточное) давление $P_{\text{раб}}$ , МПа									
1,6 (16)	1,6	1,4	1,25	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,64	0,5
2,5 (25)	2,5	2,2	2,0	1,8	1,6	1,4	1,25	1,1	1,0	0,9
4,0 (40)	4,0	3,6	3,2	2,8	2,5	2,2	2,0	1,8	1,6	1,4
6,4 (64)	6,4	5,6	5,0	4,5	4,0	3,6	3,2	2,8	2,5	2,2
10 (100)	10	9,0	8,0	7,1	6,4	5,6	5,0	4,5	4,0	3,6
16 (160)	18	14	12,5	11,2	10	9,0	8,0	7,1	6,4	5,6
20 (200)	20	18	16	14	12,5	11,2	10	9,0	8,0	7,1
25 (250)	25	22,5	20	18	16	14	12,5	11,2	10	9,0
32 (320)	32	28	25	22,5	20	18	16	14	12,5	11,2
40 (400)	40	36	32	28	25	22,5	20	18	16	14
50 (500)	50	45	40	36	32	28	25	22,5	20	18
64 (640)	64	56	50	45	40	36	32	28	25	22,5
80 (800)	80	71	64	56	50	45	40	36	32	28
100 (1000)	100	90	80	71	64	56	50	45	40	36

Например, для измерения разрежения, которое изменяется в пределах – 35...–65 кПа при использовании измерительного прибора с входным сигналом 0...5 мА выбирают измерительный преобразователь давления с выходным сигналом 0...5 мА типа Сапфир-22ДВ, пределы измерения которого составляют –100...0 кПа.

В качестве первичных измерительных преобразователей давления на объектах лесного комплекса широко используют преобразователи типов МЭД с дифференциально-трансформаторной системой передачи, МПЭ – с компенсацией магнитных потоков, Сапфир-22ДИ и Метран-43ДИ – с унифицированным выходным токовым сигналом 0...5 мА, 0...20 мА и 4...20 мА.

### 1.3. Выбор измерительных преобразователей расхода

Измерение расходов жидкостей, газов и пара в объектах лесного комплекса в основном производится расходомерами переменного перепада давления. В состав этих расходомеров входят первичные измерительные преоб-

разователи, промежуточные преобразователи, функциональные преобразователи и измерительные приборы.

В качестве первичных измерительных преобразователей используют стандартные сужающие устройства. Сужающие устройства (СУ) предназначены для создания перепада давления, по величине которого определяют расход различных рабочих сред. К стандартным сужающим устройствам относятся диафрагмы, сопла, сопла и трубы Вентури, которые устанавливают на трубопроводах диаметром 50...1000 мм при избыточном давлении измеряемой среды, не превышающем 40 МПа. Если избыточное давление измеряемой среды больше 10 МПа, то предпочтительнее применять сопла. Сужающие устройства при избыточном давлении измеряемой среды, не превышающем 10 МПа, крепятся во фланцах, а свыше 10 МПа – ввариваются в трубопровод.

Диафрагмы имеют простую конструкцию, однако сопла позволяют измерять большие расходы и в ряде случаев обеспечивают более высокую точность, чем диафрагмы при одних и тех же значениях перепада давления. Кроме того, для установки сопел требуются более короткие прямые участки трубопроводов.

СУ изготавливаются из нержавеющей сталей марок 1Х18Н10Т, Х17Н13М2Т, ОХ13, ОХ17Т и др. Сварные диафрагмы и сопла изготавливаются, как правило, на заводах-изготовителях технологического оборудования и поставляются совместно с оборудованием.

**Пример заказа сварного СУ.** Тип сопла записывают следующим образом: СКС-250-300 – сопло камерное сварное на  $P_y = 25$  МПа и  $D_y = 300$  мм. Значение условного давления  $P_y$  определяют по табл. 2.1. Значение условного диаметра  $D_y$  выбирают из ряда: 20, 25, 32, 40, 50, 65, 80, 90, 100, 125, 150, 175, 200, 225, 250, 275, 300, 325, 350, 375, 400, 450, 500, 600 мм и т.д.

Для ликвидации гидростатической погрешности, обеспечения равенства плотности жидкости и защиты упругих чувствительных элементов промежуточных преобразователей (дифференциальных манометров) от механических и химических воздействий измеряемой среды между СУ и промежуточными преобразователями в непосредственной близости к СУ монтируют различные специальные сосуды. При измерении расхода пара применяют конденсационные сосуды, агрессивных сред (мазут, природный газ, кислота и т. п.) – разделительные сосуды, горячей воды с температурой более 120 °С – уравнительные сосуды. Выбор соответствующего сосуда производится по условному давлению  $P_y$ , на которое он рассчитан.

Промежуточные преобразователи расхода предназначены для преобразования перепада давления в электрический сигнал. В качестве промежуточных измерительных преобразователей расхода на объектах лесного комплекса широко используют преобразователи типов ДМ с унифицированным выходным сигналом взаимной индуктивности 0...10 мГн, ДМЭР-МИ и ДСЭР-

МИ, Сапфир-22ДД и Метран-43ДД с унифицированными токовыми сигналами 0...5 мА, 0...20 мА и 4...20 мА.

Преобразователи Сапфир-22ДД и Метран-43ДД формируют унифицированные выходные токовые сигналы и совместно с функциональными преобразователями имеют линейные статические характеристики. В качестве функциональных преобразователей в расходомерах используют блоки питания и преобразования сигналов типов БПС-24К, БПК-40-2к, БИК-1 и др.

Формулировки заказов измерительных преобразователей расхода приведены в справочной литературе, каталогах приборостроительных заводов и в инструкциях по эксплуатации преобразователей. Целесообразно использовать в проекте измерительные преобразователи одного и того же завода-изготовителя технических средств автоматизации.

## **2. Методика выбора измерительных приборов, регулирующих устройств и контроллеров**

### **2.1. Методика выбора измерительных приборов**

Измерительные приборы предназначены для преобразования контролируемых параметров и представления информации об их величине оператору.

Измерительные приборы (ИП) могут содержать устройства, позволяющие вводить информацию в ИВМ и другие технические средства автоматизации, осуществлять непосредственное управление технологическими процессами.

Измерительные приборы имеют ряд дополнительных устройств в зависимости от модификации, например: реостатные устройства для работы с программными регуляторами, микропереключатели для позиционного регулирования или сигнализации предельных значений измеряемых параметров и т. д.

Серийные измерительные приборы для вывода количественной информации имеют следующие классификационные признаки:

- по способу представления информации – аналоговые, цифровые;
- по выполняемым функциям – показывающие, регистрирующие;
- по количеству контролируемых точек – одноточечные, многоточечные (трехточечные, шеститочечные, двенадцатиточечные);
- по количеству измерительных каналов – одноканальные, многоканальные (двухканальные, трехканальные и др.);
- по используемым дополнительным устройствам – сигнализирующие, регулирующие;
- по виду шкалы – плоская, выпуклая, прямоугольная;
- по виду указателя – стрелочный, световой, цифровой;



– по расположению шкалы – с вертикально расположенной шкалой, с горизонтально расположенной шкалой.

Для измерения температуры, давления и расхода чаще всего применяют аналоговые показывающие, регистрирующие и сигнализирующие измерительные приборы. Они имеют встроенные преобразователи с унифицированными выходными токовыми сигналами, с выходов которых информацию об измеряемой величине можно передать в ИВМ и другие средства автоматизации.

Диапазоны измерений приборов определены ГОСТ и их значения для некоторых измерительных приборов приведены ниже.

Диапазоны измерений ИП, работающих в комплекте с термопреобразователями сопротивления стандартных НСХ 50М, 100М, 50П и 100П, следующие: –50...0, –50...+50, –50...+100, 0...50, 0...100, 0...150, 0...180, 0...200, 0...300, 0...400, 0...500, 50...100, 200...500 С.

Диапазоны измерений ИП, работающих в комплекте с термоэлектрическими преобразователями стандартных НСХ L(ХК) и К(ХА), следующие: –50...+50, –50...+100, –50...+150, –50...200, 0...100, 0...150, 0...200, 0...300, 0...400, 0...500, 0...600, 0...800, 0...900, 0...1100, 0...1300, 200...600, 200...800, 200...1200, 400...900, 600...1100, 700...1300 С.

Диапазоны измерений ИП, работающих в комплекте с преобразователями давления, следующие: 0,025; 0,06; 0,1; 0,16; 0,25; 0,4; 0,6; 1; 1,6; 2,5; 4; 6; 10; 16; 25; 40; 60; 100; 160; 250; 400; 600; 1000 МПа и т.д.

Диапазоны измерений ИП, работающих в комплекте с промежуточными преобразователями расхода (перепада давления) равны:

$$A = a \cdot 10^n,$$

где  $a = 1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,2; 4; 5; 6,3; 8$  т/ч ( $\text{м}^3/\text{ч}$ );

$n$  – целое (положительное или отрицательное) число или ноль.

Диапазон измерений аналогового прибора для измерения температуры, давления и уровня выбирают ближайшим большим по отношению к максимальному значению измеряемой величины, так как максимальные показания измеряемой величины должны находиться в последней трети шкалы.

При измерении расхода методом переменного перепада давлений для аналогового прибора заказывается только верхний предел (ВП) измерения, так как нижний предел измерения для данного расходомера равен 0,3ВП.

Например, для измерения температуры перегретого пара, равной 565 С, необходимо выбрать диапазон измерений 0...600 С или 200...600 С. Для измерения расхода перегретого пара, равного 230 т/ч, расходомером переменного перепада давления верхний предел измерения, выбранный из вышеприведенного ряда, равен 250 т/ч. В заказе не указывают нижний предел измерения расходомеров переменного перепада давления, так как до 30 % отметки шкалы прибора предел допускаемой основной погрешности не нормируется.

Методика выбора измерительных приборов предусматривает наличие в процессе выбора двух этапов.

На первом этапе, основываясь на совокупности классификационных признаков, удовлетворяющих поставленным требованиям, выбирают серию измерительных приборов. Например, для измерения температуры с помощью термопреобразователей сопротивлений и термоэлектрических преобразователей, учитывая, что необходима аналоговая регистрация и показания величин измеряемых температур, наличие двухканальных приборов с вертикально расположенной плоской шкалой и стрелочным указателем, сигнализация предельных значений контролируемых температур, выбирают серию измерительных приборов А100-Н.

На втором этапе выбирают конкретную модификацию измерительного прибора в серии, имеющую весь набор необходимых функций. Например, для рассмотренного выше случая (первичный измерительный преобразователь – термопреобразователь сопротивления) выбирают измерительный прибор серии А100-Н, модификация 221.

При выборе технических средств автоматизации следует использовать справочную литературу и приложение 3, заводские каталоги выпускаемой продукции. Справочная литература охватывает широкую номенклатуру технических средств автоматизации, однако информация об этих средствах в значительной мере устаревает к моменту выхода справочника из печати. Наиболее точно отражают перечни, номенклатуру, модификации, типы, модели, технические характеристики, формулировки заказов и т. п. средств автоматизации, ежегодно обновляемые каталоги выпускаемой продукции заводов – изготовителей технических средств автоматизации.

## **2.2. Методика выбора регулирующих устройств**

Регулирующие устройства (регуляторы) в настоящее время реализуются при помощи аналоговых комплексов или на базе современных микропроцессорных контроллеров. Существует три типа микропроцессорных контроллеров: моноблочные, модульные, РС-совместимые.

Моноблочный контроллер представляет собой микропроцессорное устройство, в едином конструктиве которого располагаются источник питания (не обязательно), центральный процессор (сопроцессоры), память, включающая память программ и память переменных (как правило, энергонезависимая), встроенный порт(ы) для выхода в сеть, фиксированное число каналов аналогового и (или) дискретного ввода/вывода, встроенный ПИД-регулятор с автонастройкой (не обязательно), слот расширения для подключения дополнительных модулей, ЖК-дисплей (не обязательно) индикаторы состояния контроллера.

Как правило, контроллеры устанавливаются на DIN-рейку, а соединения с другими модулями, например с модулем питания, модулем аналогового

ввода и др., осуществляются с помощью разъемов или проводников с накопечниками «под винт».

Помимо этих общих характеристик контроллеры различаются набором встроенных функций, числом базовых команд, способом программирования и т. п. Яркими представителями являются такие контроллеры: Simatic S7-200 и Simatic S7-300С – Siemens (Германия), Modicon TSX- Schneider Electric (Франция), FX1S и FX1N – Mitsubishi Electric (Япония), Decont-182 – ДЕП (Россия).

Модульные контроллеры состоят из функциональных модулей, установленных в каркасе (корзине, шасси) или монтируемых на DIN-рейку, т. е. модульные контроллеры децентрализованы на отдельные взаимосвязанные блоки. Данная архитектура позволяет увеличить гибкость, скорость пуска – наладки, ремонтпригодность контроллера.

К этим функциональным модулям относятся микропроцессорный модуль, модуль питания, коммуникационные модули и модули ввода/вывода, а также специальные модули. Яркими представителями являются такие контроллеры: Ремиконт Р-130 – ПО «Промприбор» (Россия), ADAM-8000 – «Advantech» (Тайвань) и др.

Помимо специализированных микропроцессорных контроллеров, традиционно используемых в задачах АСУТП, все чаще для этих целей стали применяться РС-совместимые контроллеры. Полная программная и аппаратная совместимость этих устройств с широко распространенными офисными компьютерами обеспечивает существенное сокращение сроков и стоимости работ при создании различных систем автоматизации производства. Неограниченная номенклатура плат ввода/вывода как аналоговых, так и дискретных, возможность гибкой модернизации систем с использованием современного системного и специализированного программного обеспечения, а также постоянное снижение цен на компьютерную технику – вот основные определяющие факторы при выборе платформы АСУТП верхнего и нижнего уровней.

Контроллеры РС-совместимые составляют отдельный класс программируемых контроллеров, значение и роль которых с развитием Inrnet-технологий существенно возрастает. Контроллеры характеризуются наличием встроенной операционной системы (Windows 9x/NT/CE, QNX, MS DOS, Linux, MiniOS7, OS-9 и др.), использованием стандартных системных шин (PC-104, VME, AT96 и др.), возможностью использования стандартного программного обеспечения (ISaGRAF, Си, Турбо-Си, Си++, Паскаль, Assembler, SCADA-систем Trace Mode, InTouch, Citect и др. баз данных), коммуникационных стандартов, наличием OPC-сервера и других РС-совместимых функций.

Контроллеры РС-совместимые, таким образом, могут использовать богатое программное обеспечение независимых производителей, имеют больший объем памяти, чем моноблочные и модульные контроллеры, возможно-

сти расширения и модернизации, а также лучшего диагностирования. Однако эти контроллеры зачастую обладают избыточностью вычислительных ресурсов и функций ввиду их универсальности, пониженной надежностью за счет множества компонентов (приложений) на платформе персонального компьютера. Для большинства практических применений влияние этих недостатков может быть устранено или снижено.

Выбор контроллеров для системы управления обусловлен большим числом разнородных факторов, зависящих, прежде всего от того, является ли система вновь проектируемой или решаются задачи модернизации существующей системы. В последнем случае имеют значение факторы преемственности программно-аппаратных средств, подготовка обслуживающего персонала и службы ремонта, наличие сопроводительной документации и ее освоение, запас комплектующих, выявленные показатели надежности (наработка на отказ, срок службы, ремонтпригодность и др.).

При выборе контроллера для систем управления основной задачей является, естественно, наиболее полное удовлетворение технических требований на разработку автоматической системы (требования к информационным, управляющим и вспомогательным функциям, а также к техническому, программному, метрологическому и организационному обеспечению, к диагностике и техническому обслуживанию системы и др.).

### **2.3. Методика выбора контроллеров**

#### **2.3. 1. Технические характеристики контроллера, соответствующие требованиям проекта**

К наиболее важным характеристикам относятся параметры процессорного модуля (тип и быстродействие процессора, объем памяти и др.), наличие сопроцессора, время выполнения логической команды, наличие сторожевого таймера (устройство, определяющее момент зависания процессора и выполняющее автоматическую перезагрузку контроллера), часов реального времени, число встроенных и наращиваемых входов/выходов, наличие в контроллере необходимого числа модулей (ввода/вывода, специальных, коммуникационных), среда программирования контроллера (удобство и простота программирования). Ряд фирм поставляют программные пакеты для конфигурирования, программирования и отладки программного обеспечения контроллеров (например, Concept фирмы Schneider Electric, STEP7 фирмы Siemens, NAIS Control 1131 фирмы Matsushita, «Полигон» фирмы Промавтоматика и т. д.).

К числу наиболее перспективных пакетов программирования РС-совместимых контроллеров относится программный пакет ISaGRAF фирмы CJ International, использующий языки программирования по стандарту МЭК 61131-3.

Также важным показателем контроллера является возможность резервирования модулей и плат, диагностика состояния контроллера и другие

факторы (светодиодная индикация каналов и режимов работы, наличие панели визуализации и клавиатуры, гальваническая изоляция по входам и выходам, степень защиты контроллера и др.).

**2.3. 2. Модульность структуры контроллера.** После расчета каналов ввода/вывода (аналоговых и дискретных) следует сделать выбор типа контроллера – моноблочный, модульный, РС-совместимый контроллер. Моноблочный контроллер, имеющий, как правило, небольшое число встроенных дискретных входов/выходов и от одного до четырех аналоговых входов/выходов, может использоваться автономно или с дополнительными модулями ввода/вывода сигналов, с организацией обмена данными с контроллером по внутреннему интерфейсу или через коммуникационный порт по сети. При выборе модульного контроллера обеспечивается большее число каналов ввода/вывода, повышается функциональная надежность контроллера за счет функций самодиагностики, упрощается обслуживание контроллера, допускающее в ряде случаев «горячую» замену модулей (без выключения питания) и ряд др. При выборе РС-совместимого контроллера значительно повышается за счет возможностей программного обеспечения многофункциональность контроллера, удобство программирования, снижается его стоимость. Однако при этом возможно снижение надежности системы.

**2.3.3. Соответствие Международным стандартам.** Имеется ввиду выбор контроллера, соответствующего Международному стандарту качества ISO 9001, стандартам шинной архитектуры контроллера (VME, PCI, CompactPCI, MicroPC, PC/104 и др.), стандартным протоколам связи промышленных сетей (Profibus, Modbus, Interbus, CAN, Bitbus и др.), стандартам связи с полевыми приборами (HART-протокол, AS-интерфейс, Fieldbus Foundation, RS-485 и др.), стандартам на операционную систему реального времени (QNX, OS 9000, VxWorks и др.), стандартам на программное обеспечение контроллеров (IEC 61131-3), стандартам на степень защиты корпуса (IEC 529), на габаритные размеры, на ударо- и вибропрочность (IEC 68-2) и др. В ряде случаев допускается соответствие отдельных показателей (например: габаритных размеров, показателей электропитания и др.) отраслевым стандартам (ТУ, ГОСТ).

В случае использования разработок на территории России необходимы сертификаты соответствия Госстандарта России на соответствие требованиям ГОСТ и разрешение Госгортехнадзора на применение в составе систем автоматизации на поднадзорных объектах.

**2.3. 4. Связь контроллера с верхним уровнем систем управления по интерфейсу Ethernet.** Интерфейс Ethernet получил широкое распространение как интерфейс связи средств автоматизации от нижнего до верхнего уровней системы управления. Этот интерфейс обеспечивает высокую скорость передачи данных, низкую стоимость, поддерживается подавляющим большинством производителей программного и аппаратного обеспечения. Через сеть Ethernet серверы и операторские станции верхнего уровня управ-

ления предприятием получают непосредственный доступ к данным параметров технологического процесса. При наличии SCADA-системы, установленной на операторской станции, используется клиент-серверная архитектура связи, при которой SCADA-клиент получает прямой доступ к данным процесса с помощью OPC-сервера. Использование, например, протокола на базе технологии Ethernet Modbus/TCP позволяет легко интегрировать контроллеры со SCADA-системами, поддерживающими протокол Modbus (без необходимости дополнительного драйвера для контроллера). Дальнейшим развитием связи контроллеров с удаленными операторскими станциями является использование сети Internet и GSM-технологии.

**2.3.5. PC-совместимые контроллеры со встроенной SCADA-системой.** Наличие у PC-совместимого контроллера встроенной SCADA-системы (в настоящее время это Trace Mode и MasterSCADA) позволяет значительно ускорить процесс настройки проекта и повысить эффективность представления информации, снизить затраты на приобретение дорогостоящей SCADA-системы и коммуникационных интерфейсов. К таким контроллерам относятся российские контроллеры Р-130 ТМ, Ломиконт ТМ, Лагуна, Теконик и др. При этом следует помнить, что применение PC-совместимых контроллеров оправдано лишь при решении небольших задач, при отсутствии жестких требований к надежности системы, либо при ограниченных финансовых возможностях. При решении задач управления сложными ответственными процессами, характеризующимися множеством контролируемых и управляемых величин и их физической распределенностью в пространстве, с повышенными требованиями к надежности системы управления, следует отдавать предпочтение классическим модульным контроллерам. В этом случае следует сформулировать условия для выбора той или иной SCADA-системы.

**2.3. 6. Наличие у контроллера режима автонастройки параметров регулятора.** Для ускорения процессов ввода в эксплуатацию систем регулирования, особенно в случае автоматизации малоизученных объектов управления, крайне важно в структуре программного обеспечения контроллера наличие режима автонастройки параметров ПИД-регулятора – коэффициента усиления, постоянной времени интегрирования, постоянной времени дифференцирования.

**2.3. 7. Показатели надежности и экономические показатели.**

К показателям надежности относятся время наработки на отказ (желательно иметь 100 тыс. часов и более), срок службы (10 лет и более), ремонтнопригодность (возможность легкой замены модулей, блоков) и др. Повышение надежности и точности достигается за счет средств диагностики, прогнозирования отказов, режимов безударного переключения, «горячего» резервирования, гальванической развязки, дублирования и троирования аппаратных средств, рестарта программного обеспечения и другими методами.

Экономические показатели, прежде всего снижение стоимости контроллера, достигается за счет снижения затрат на кабельную продукцию (особенно в случае беспроводной связи с контроллером), исключения в ряде случаев барьеров искробезопасности, использование интеллектуальных датчиков и блоков ввода/вывода.

### 3. ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ И РЕГУЛИРОВАНИЯ

#### ПЗ.1. Жидкостные стеклянные термометры

В теплоэнергетике для измерения температуры применяются жидкостные стеклянные термометры, выпускаемые термометровым заводом «Термоприбор» (г. Клин). Для технических измерений используют промышленные (тип ТП) и технические (тип ТТ) термометры, данные которых приведены соответственно в табл. ПЗ.1 и ПЗ.2.

Таблица ПЗ.1

Технические данные промышленных термометров

Термометр		Диапазон измерения, °С		Цена деления, °С	Длина, мм	Диаметр, мм	Термометрическая жидкость
Тип	№	от	до				
ТП-6	–	–55	+55	1	255 <sub>±15</sub>	16 <sub>±1</sub>	Толуол
ТП-11	–	–35	+50	1	185 <sub>±5</sub>	9 <sub>±1</sub>	Толуол
ТП-14	1	0	+150	2	Прямые 235 <sub>±5</sub>	7 <sub>±1</sub>	Керосин
	2	0	+150	2	270 <sub>±5</sub>	7 <sub>±1</sub>	
	3	0	+150	2	320 <sub>±5</sub>	7 <sub>±1</sub>	
	4	0	+150	2	470 <sub>±5</sub>	7 <sub>±1</sub>	
	5	0	+150	2	Угловые, нижняя часть 185 <sub>±3</sub>	7 <sub>±1</sub>	
	6	0	+150	2	285 <sub>±3</sub>	7 <sub>±1</sub>	
ТП-22	–	–30	+35	0,5	200 <sub>±10</sub>	9 <sub>±1</sub>	Ртуть



Таблица ПЗ.2

Технические данные технических термометров

Термометр		Диапазон измерения шкалы, °С		Цена деления, °С	Длина, мм	Диаметр, мм	Термометрическая жидкость
Тип	№	от	до				
ТТ	2	-35	+50	1	260	20 <sup>0,5</sup> <sub>-1</sub>	Ртуть
	4	0	+100	1			
	5	0	+160	2			
	6	0	+200	2			
	8	0	+350	5			
	10	0	+450	5			





**Термометры биметаллические**

### **П3.2. Стандартные термопреобразователи и защитные гильзы**

При измерении температуры на объектах лесного комплекса в качестве первичных преобразователей используют ТПС и ТЭП. В настоящее время выпуск стандартных термопреобразователей освоен промышленной группой (ПГ) «Метран» (г. Челябинск) и заводом «Эталон» (г. Омск). Термопреобразователи предназначены для измерения температуры газообразных и жидких неагрессивных и агрессивных сред, а также твердых тел.

**Таблица П3.3**

**Технические характеристики ТПС с унифицированным токовым выходным сигналом**

Наименование	Метран-274, Метран-276	ТСПУ-205, ТСМУ-205
Предел допускаемой основной приведенной погрешности, %	$\pm 0,25; \pm 0,5$	$\pm 0,25; \pm 0,5; \pm 1,0$
Выходной сигнал, мА	0...5, 4...20	4...20
Напряжение питания, В	18...42	18...36
Потребляемая мощность, Вт	0,8	0,8

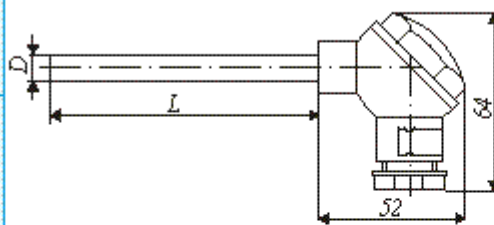
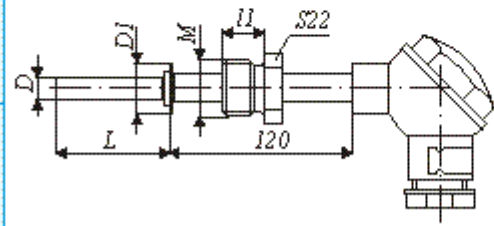
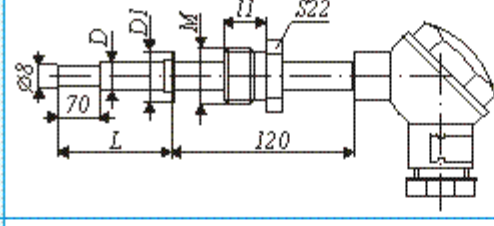
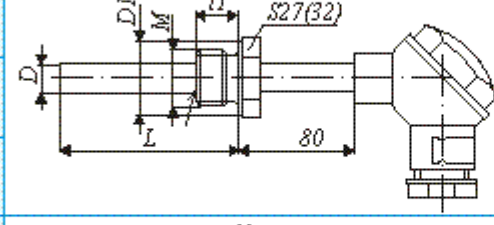
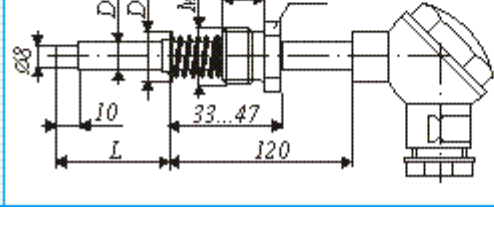
Технические характеристики ТПС приведены в табл. П3.3 и П3.4. Термопреобразователи сопротивления типа ТСПУ 205, ТСМУ 205 и ТСМУ

Технические характеристики термопреобразователей сопротивления

Тип	Класс допуска	НСХ	Пределы измерений, °С		Условное давление, МПа	Материал защитной арматуры	Длина монтажной части, мм	Область применения	Завод – изготовитель									
			нижний	верхний														
ТСП-0193	А	50П 100П	-50	+500	0,4	Сталь 12Х18Н10Т 08Х13	320...2000	Газообразные и жидкие среды	ПГ «Метран», г. Челябинск									
	В		-200		10		80...3150											
ТСП-0193-01 (одинарные и двойные)	А		-50		6,3		120...1000											
	В		-200		0,4		320...2000											
ТСП-0193-02 (одинарные и двойные)	А		-50		+150		10			Сталь 12Х18Н	80...3150	Твердые тела	Завод «Эталон», г. Омск					
	В		-200		+180						120...1000							
ТСМ-0193	В		50М 100М		-50		+500			0,4; 6,3	Сталь 12Х18Н10Т	120...3150	Газообразные и жидкие среды	ПГ «Метран», г. Челябинск				
	С				-200					10		80...3150						
ТСМ-0193-01	В				-50					+150		6,3			Сталь 12Х18Н	120...2000	Газообразные и жидкие среды	ПГ «Метран», г. Челябинск
	С				-200					+180						120...1000		
ТСМ-0193-02	В	-50		+150	0,4; 10	Сталь 12Х18Н10Т		80...500	Твердые тела	Завод «Эталон», г. Омск								
	С	-200		+180				120...2000										
ТСП-9201	А	50П 100П		-50	+500	0,4; 6,3		Сталь 12Х18Н	320...2000	Газообразные и жидкие среды		ПГ «Метран», г. Челябинск						
	В			-200					120...1000									
ТСП-9201	А	50П 100П		-50	+500	0,4; 6,3		Сталь 12Х18Н	320...2000	Газообразные и жидкие среды		ПГ «Метран», г. Челябинск						
	В			-200					120...1000									
	А		-50	0,4; 4			Сталь 12Х18Н10Т		80...500		Твердые тела		Завод «Эталон», г. Омск					
	В		-200						120...2000									
ТСМ-9201	В	50М 100М	-50	+150	0,4; 10	Сталь 12Х18Н10Т	120...3150	Газообразные и жидкие среды	ПГ «Метран», г. Челябинск									
	С		-200				+180			120...2000								
ТСП-9203	А, В	50П 100П	-50	+250	0,4; 4	Сталь 12Х18Н10Т	80...500	Твердые тела	Завод «Эталон», г. Омск									
	А, В		0				+300			60								
ТСМ-9203	В	50М 100М	-50	+150	0,4; 4	Сталь 12Х18Н10Т	80...500	Газообразные и жидкие среды	ПГ «Метран», г. Челябинск									
	С		-200				+180			120...2000								
ТСМ-9204	В, С	100М	-50	+120	0,1; 0,4	Латунь Л63	20...400	Подшипники	ПГ «Метран», г. Челябинск									
ТСПУ-205	±0,5%	100П	-50	+500	1,0; 6,3	Сталь 12Х18Н10Т	100...1250	Газообразные, жидкие, сыпучие вещества	ПГ «Метран», г. Челябинск									
ТСМУ-205	±0,5%	100М	-50	+180														
ТСМУ Метран-274	±0,5%	100М	-50	+180	0,4; 6,3	Сталь 12Х18Н10Т	100...1250	Газообразные, жидкие, сыпучие вещества	ПГ «Метран», г. Челябинск									
ТСПУ Метран-276	±0,5%	100П	-50	+500														

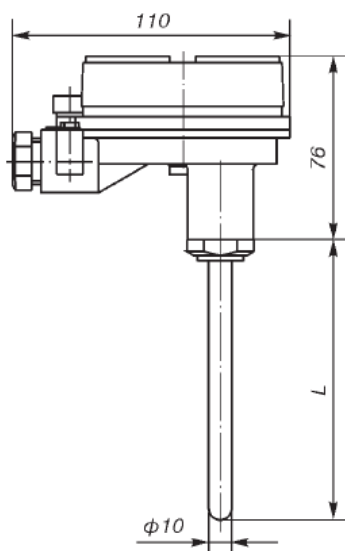
(ТСПУ) Метран 274 (276) предназначены для преобразования температуры в унифицированный токовый выходной сигнал (с блоком питания типа БПД-40-2к или БПС-24П).

**Примеры заказов ТПС:** 1. Термопреобразователь сопротивления, погружаемый, НСХ 50П, класс допуска В, монтажная длина 250 мм. Промышленная группа «Метран» г. Челябинск. Тип ТСП- 0193-250.

Мод.	Конструктивное исполнение	D, мм	DI, мм	II, мм	M, мм	L, мм
015		8	-	-	-	60*,
025		10	-	-	-	80*,
035		8	18	15	20x1,5	100*,
045		10	-	-	-	120*,
055		10	18	15	20x1,5	160,
065		8	-	-	-	200,
075		10	27	14	20x1,5	250,
085		8	-	-	-	320,
095		10	32	18	27x2,0	400,
		10	-	-	-	500,
						630,
						800,
						1000,
						1250,
						1600,
						2000
						и т.д.

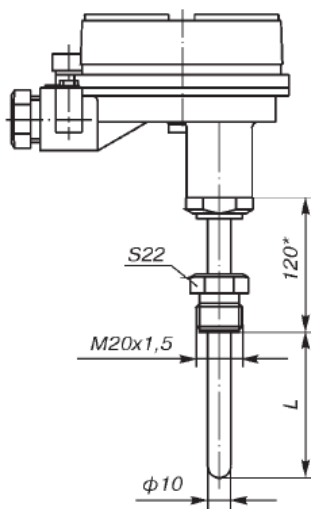
2. Термопреобразователь сопротивления, монтажная длина 120 мм, предел допускаемой основной приведенной погрешности  $\square 0,25 \%$ , диапазон преобразуемых температур  $0 \dots 300^{\circ} \text{C}$ , выходной сигнал  $4 \dots 20 \text{ мА}$ . Промышленная

группа «Метран», г. Челябинск. Тип: ТСПУ Метран-276-120-0,25-(0...300)  
°С.



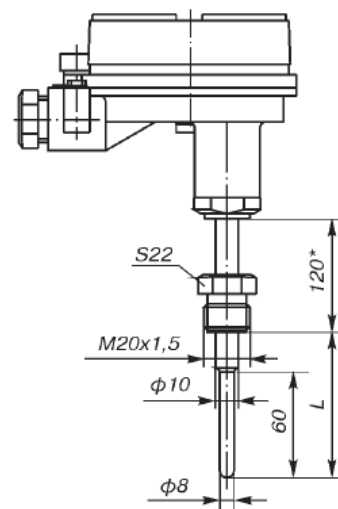
**Рис. 4.**

ТХАУ Метран-271-04-Exia  
ТСМУ Метран-274-04-Exia  
ТСПУ Метран-276-04-Exia



**Рис. 5.** (штуцер подвижный)

ТХАУ Метран-271-05-Exia  
ТСМУ Метран-274-05-Exia  
ТСПУ Метран-276-05-Exia



**Рис. 6.** (штуцер подвижный)

ТХАУ Метран-271-06-Exia  
ТСМУ Метран-274-06-Exia  
ТСПУ Метран-276-06-Exia

Технические характеристики ТЭП приведены в табл. ПЗ.5.

Монтажная длина ТПС и ТЭП выбирается из ряда: 60, 80, 100, 120, 160, 200, 250, 320, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000, 2500, 3150 мм.

**Примеры заказов ТЭП:** 1. Преобразователь термоэлектрический, НСХ К(ХА), длина монтажной части 160 мм, класс допуска 2, количество чувствительных элементов 1. ПГ «Метран» г. Челябинск. Тип: **ТХА Метран-201-01-160-2-1**. 2. Термопреобразователь, монтажная длина 160 мм, 0...400 °С, выходной сигнал 4...20 мА, предел допускаемой основной приведенной погрешности ± 0,5 %. ПГ «Метран» г. Челябинск. Тип: **ТХАУ-205-160-0...400-4...20 мА-0,5%**.

Защитные чехлы погружаемых термопреобразователей рассчитаны на малые условные давления (см. табл. ПЗ.4 и ПЗ.5), поэтому при установке термопреобразователей в трубопроводы с высокими давлениями необходимо предварительно установить защитную гильзу, рассчитанную на соответствующее условное давление. Значение условного давления определяется по марке стали трубопровода, давлению и температуре рабочей среды (см. табл. ПЗ.1). Защитные гильзы предназначены для защиты термопреобразователей (датчиков температуры) от воздействия измеряемых сред с высоким давлением и температурой. Защитные гильзы изготавливают из нержавеющей стали 12Х18Н10Т. Условные обозначения, технические характеристики и условия эксплуатации защитных гильз приведены в табл. ПЗ.6, ПЗ.7.

Технические характеристики термоэлектрических преобразователей

Тип	Класс допуска	НСХ	Пределы измерений, °С		Условное давление, МПа	Материал защитной арматуры	Длина монтажной части, мм	Область применения	Завод изготовитель
			нижний	верхний					
ТХА Метран-201*-01 ТХК Метран-202*-01	2	К L	-40 -40	800(1000) 600	0,4; 6,3	12Х18Н10Т, ХН78Т	60...3150	Газообразные и жидкие среды	ПГ «Метран», г. Челябинск
ТХА Метран-231-06	2	К	-40	1000	0,4; 6,3	12Х18Н10Т, ХН78Т	280, 320, 420	Газообразные среды, продукты сгорания	
ТХА Метран-231*-04 ТХК Метран-232*-04	2	К L	0 0	800(900) 600	0,4(-0,4); 6,3(-0,5)	12Х18Н10Т, ХН45Ю	250...1000	Продукты сгорания жидкого (газообразного) топлива	
ТХА Метран-231*-01 ТХК Метран-232*-01	2	К L	0	600	60(-12); 25,5(-10)	12Х1МФ	80...200	Перегретый пар	
ТХК Метран-232*-14	2	L	0	400	-	12Х18Н10Т	320...1600	Поверхности твердых тел	
ТХА Метран-241-01 ТХК Метран-242-01	2	К L	-40 -40	200 400	-	Латунь Л63; 12Х18Н10Т	10...1600	Поверхности твердых тел, подшипники	
ТПП Метран-211-01	2	S	0	1300	0,4	Корунд КВПТ	320...2000	Газовые среды	
ТХАУ-205 ТХАУ-205-Ех	±0,5%; ±1,0%; ±1,5%	K(4...20мА)	0	400...1200	0,1; 6,3	12Х18Н10Т	60...1600	Нейтральные и агрессивные среды	
ТХКУ-205 ТХКУ-205-Ех		L(4...20мА)		400...600					
ТПП-0192 ТПР-0192 ТПР-0292	2	S B B	0 +600 +600	+1300 +1600 +1600	0,4	Корунд	320...2000	Окислительные и нейтральные среды	
ТХА 9312 ТХК 9312	2 2	К L	-40 -40	+900 +600	0,4-6,3	08Х20Н14С2 12Х18Н10Т	120...2000	Газообразные и жидкие среды	Опытный завод «Эталон», г. Омск
ТПП2 821 004 ТПР2 821 005 ТПР2 821 006	2	S B B	0 +300 +300	+1300 +1600 +1600	0,4	Корунд с добавкой двуокиси титана	200...2000	Окислительные и нейтральные газовые среды	

\* – Количество чувствительных элементов 1 или 2

Таблица ПЗ.6

## Условные обозначения и технические характеристики

Обозначения защитных гильз	Рис.	$D$ , мм	$d$ , мм	$d1$ , мм	Длина $L$ , мм	Условное давление, МПа
200.004.00	ПЗ.1	M24x1,5 M33x2	M20x1,5		60, 80, 100, 120, 160, 200, 250, 320, 400, 500, 630	50
200.006.00	ПЗ.2	M20x1,5 M27x2 G3/4-B	M20x1,5		60, 80, 100, 120, 160, 200, 250, 320, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000, 2500, 3150	25
200.007.00	ПЗ.3	M33x2	M20x1,5	20	60, 80, 100, 120, 160, 200, 250, 320, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000	
200.007.00-01				16		

Таблица ПЗ.7

## Условия эксплуатации защитных гильз

Условные обозначения защитных гильз	$L$ , мм	Предельная скорость потока, м/с	
		Пар	Вода
200.006.00, 200.007.00, 200.007.00-01	60	50	6
	80, 100, 120, 160	40	4
	200, 250, 320	25	2,5
	400, 500, 630, 800, 1000	5	0,5
	1250, 1600, 2000	2	0,2
	2500, 3150	1	0,1
200.004.00	60, 80, 100	150	12
	120, 160	120	10
	200, 250, 320	100	7,5
	400, 500, 630	70	4

На рис. ПЗ.1 – ПЗ.3 представлены конструкции защитных гильз.

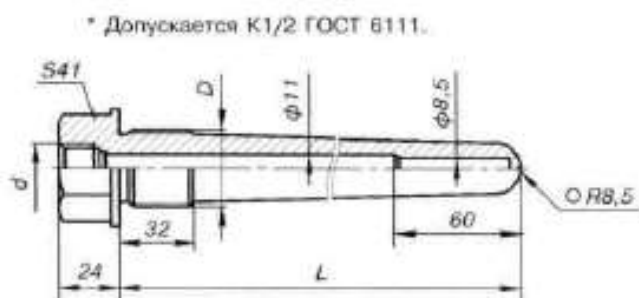
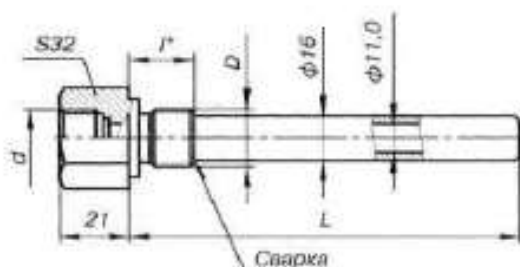


Рис. ПЗ.1 – Конструкция защитной гильзы условного обозначения 200.004.00



\* l = 14 мм для D=M20x1,5;  
\* l = 16 мм для D=M27x2; G3/4

Рис. ПЗ.2 – Конструкция защитной гильзы условного обозначения 200.006.00

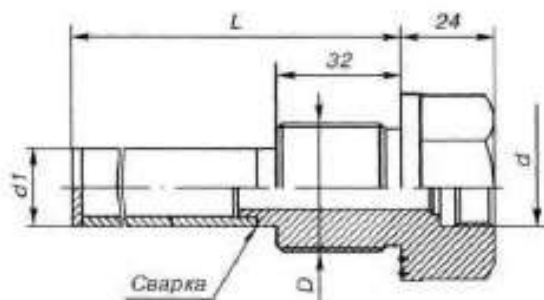


Рис. ПЗ.3 – Конструкция защитной гильзы условного обозначения 200.007.00, 200.007.00-01

### ПЗ.3. Аналоговые измерительные приборы температуры

#### ПЗ.3.1. Приборы показывающие и регистрирующие

Приборы типа А100, А543, А100-Н и Диск-250, которые производит промышленная группа «Метран» г. Челябинск, предназначены для измерения, регистрации и сигнализации температуры, преобразованной в силу тока, напряжение, электрическое сопротивление.

Основные технические характеристики измерительных приборов представлены в табл. ПЗ.8.

Таблица ПЗ.8

Основные характеристики измерительных приборов

Техническая характеристика	Тип измерительного прибора			
	А100	А543	А100-Н	Диск-250
Входной сигнал (НСХ)	0...5 мА, 4...20 мА, 0...10 В		50П, 100П, 50М, 100М, L (ХК), К (ХА), S (ПП)	
Предел допускаемой основной погрешности показаний, %	±0,5			
Предел допускаемой основной погрешности регистрации и сигнализации, %	±1,0			
Количество каналов измерения	1 или 2	3	1 или 2	1
Количество уставок сигнализации	2	1	2	2
Выходные сигналы	0...5 мА, 4...20 мА			

В табл. ПЗ.9 – ПЗ.11 приведены модификации измерительных приборов А100, А543, А100-Н и Диск-250, а диапазоны измерений приборов – в табл. ПЗ.12.

Таблица ПЗ.9

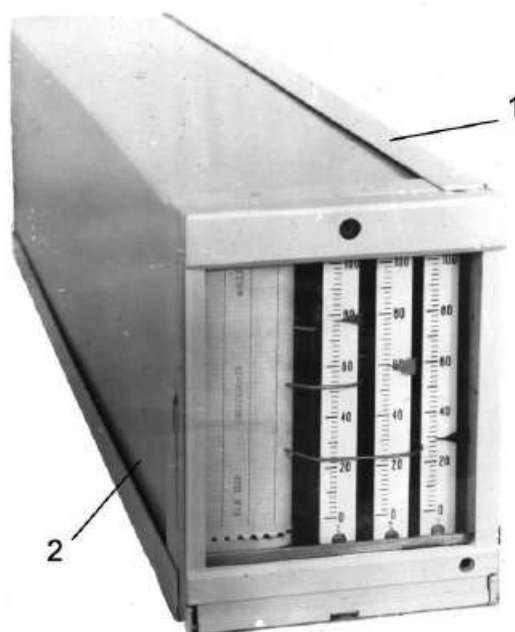
Модификации приборов типа А100 и А543

Условное обозначение		Количество каналов	Напряжение питания, В	
Тип	Модификация		24	220
А100	2115	1	+	–
	2125	1	–	+
	2215	2	+	–
	2225	2	–	+
А543	261	3	–	+

Таблица ПЗ.10

Модификации приборов типа А100-Н

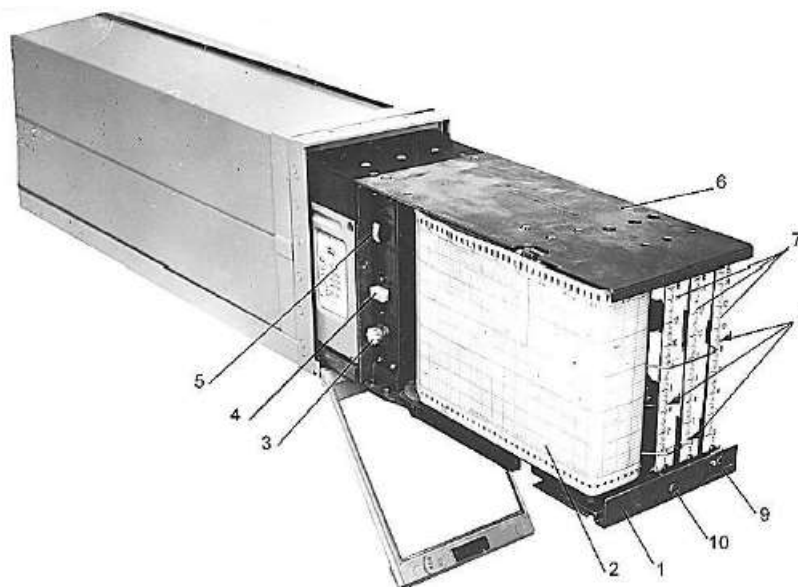
Условное обозначение	Тип ТЭП	
	Первый канал	Второй канал
А100-Н-111	ТХК, ТХА, ТПП	ТХК, ТХА, ТПП
А100-Н-221	ТСП, ТСМ	ТСП, ТСМ
А100-Н-121	ТХК, ТХА, ТПП	ТСП, ТСМ
А100-Н-211	ТСП, ТСМ	ТХК, ТХА, ТПП
А100-Н-114	ТХК, ТХА, ТПП	ТХК, ТХА, ТПП
А100-Н-224	ТСП, ТСМ	ТСП, ТСМ
А100-Н-124	ТХК, ТХА, ТПП	ТСП, ТСМ
А100-Н-214	ТСП, ТСМ	ТХК, ТХА, ТПП



1 – обойма; 2 – корпус

Рисунок 1 – Внешний вид прибора





1 - ручка; 2 - лентопротяжный механизм; 3 – вставка плавкая; 4 – выключатель питания прибора; 5 - выключатель лентопротяжного механизма; 6 - шасси; 7 - шкалы исполнительные двигатели; 8 – указатели; 9 – индикатор; 10 – винт замка

**Рисунок 2 – Вид прибора с выдвинутым из корпуса шасси**

**Таблица ПЗ.11**

**Модификации приборов типа Диск-250**

Условное обозначение		Регулирующее устройство	Тип ТЭП
Тип	Модификация		
Диск-250	1111	Позиционное, бесконтактное	ТХА, ТХК, ТПП
Диск-250И	2111		
Диск-250	1211	Позиционное, релейное	ТХА, ТХК, ТПП
Диск-250И	2211		
Диск-250	1311	Пропорционально-интегральное	ТХА, ТХК, ТПП
Диск-250И	2311		
Диск-250	1131	Позиционное, бесконтактное	ТСП, ТСМ
Диск-250И	2131		
Диск-250	1231	Позиционное, релейное	ТСП, ТСМ
Диск-250И	2231		
Диск-250	1331	Пропорционально-интегральное	ТСП, ТСМ
Диск-250И	2331		



**Внешний вид и с открытыми крышкой и шасси**

Первичный преобразователь		Пределы измерений, °С	
Тип	Обозначение номинальной статической характеристики	Нижний	Верхний
1	2	3	4
ТХК	L (ХК)	-50	50
		-50	100
		-50	150
		-50	200
		0	100
		0	200
		0	300
		0	400
		0	600
		200	600
200	800		
ТХА	К (ХА)	0	300
		0	400
		0	600
		0	800
		0	1100
		0	1300
		200	600
		200	1200
		400	900
		600	1100
ТПП	S (ПП)	0	1300
		0	1600
		0	1700
		500	1300
		100	1700
ТСП	50П (Pt 50) 100П (Pt 100)	-200	-70
		-200	50
		-120	30
		-50	50
		-25	25

1	2	3	4		
	50П (Pt 50) 100П (Pt 100)	0	50		
		0	100		
		0	150		
		0	200		
		0	300		
		0	400		
		0	500		
		0	600		
		0	800		
		0	1000		
		200	500		
		200	600		
		ТСМ	50М (Cu 50) 100М (Cu 100)	-50	0
				-50	50
-50	100				
0	50				
50	100				
0	100				
0	150				
0	180				
0	200				

**Примеры заказов:** 1. Измерительный прибор аналоговый, показывающий, регистрирующий, сигнализирующий, предел допускаемой основной приведенной погрешности  $\pm 0,5$  %. Выходной сигнал 0...5 мА. Первый канал: шкала 0...200 °С, НСХ L (ХК), входной сигнал 0...5 мА. Второй канал: шкала 0...800 °С, НСХ К (ХА), входной сигнал 0...5 мА. Промышленная группа «Метран» г. Челябинск. Тип: **A100-2125**.

2. Измерительный прибор аналоговый, показывающий, регистрирующий, сигнализирующий, предел допускаемой основной приведенной погрешности  $\pm 0,5$  %. Выходной сигнал 4...20 мА. Первый канал: шкала 0...100 °С, НСХ 50М. Второй канал: шкала 0...600 °С, НСХ К (ХА). Промышленная группа «Метран» г. Челябинск. Тип: **A100-Н-211**.

3. Измерительный прибор аналоговый, показывающий, регистрирующий, сигнализирующий, предел допускаемой основной приведенной погрешности  $\pm 0,5$ , 0...100 °С, НСХ 50П, выходной сигнал 4...20 мА. Промышленная группа «Метран» г. Челябинск. Тип: **Диск-250-1131**.

### **ПЗ.3.2. Многоканальные показывающие и регистрирующие приборы**

Приборы типа Технограф-160 двенадцатиканальные, выпускаемые промышленной группой «Метран» г. Челябинск, предназначены для измерения, регистрации и сигнализации температуры в комплекте с ТЭП и ТПС стандартных градуировок. Напряжение питания приборов составляет 220 В с частотой питающей сети 50 Гц. Приборы принимают на вход сигналы от ТЭП с НСХ К(ХА), L(ХК), S(ПП) и ТПС с НСХ 50П, 100П, 50М и 100М, подключаемых по четырехпроводной схеме, а также унифицированный токовый сигнал 0...5, 0...20, 4...20 мА от ТЭП и ТПС или нормирующих измерительных преобразователей

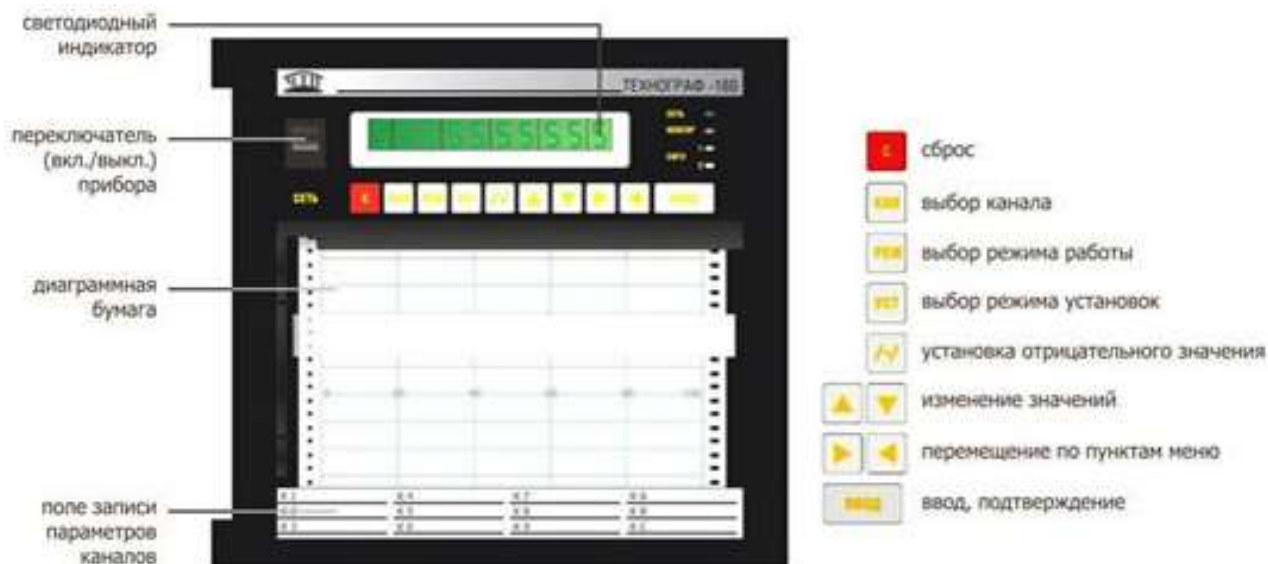
Предел допускаемой основной погрешности от нормирующего значения по показаниям и цифровой регистрации  $\pm 0,25$  %, а по аналоговой регистрации и сигнализации равен  $\pm 0,5$  %.

Приборы обеспечивают:

- индикацию измеряемого параметра на цифровом табло в циклическом режиме или выборочно по каждому каналу при одновременной регистрации всех каналов;
- аналоговую и цифровую регистрацию измеряемого параметра в циклическом режиме на диаграммной ленте;
- измерение и регистрацию мгновенного расхода (корнеизвлечения) и суммарного значения расхода;
- преобразование входного сигнала в цифровой сигнал для обмена данными с ЭВМ по каналу RS232;
- сигнализацию о выходе измеряемого параметра за пределы заданных значений.

**Пример заказа:** Прибор показывающий, регистрирующий, сигнализирующий, предел допускаемой основной приведенной погрешности  $\pm 0,25$ . Данные по двенадцати каналам: 1 – 100М, 0...150 °С; 2 – К, 0...600 °С; 3 – 100М, 0...100 °С; 4 – К, 0...400 °С; 5 – 50М, 0...150 °С; 6 – S, 0...1300 °С; 7 – 50М, 0...100 °С; 8 – L, 0...100 °С; 9 – 50П, 0...300 °С; 10 – 50М, 0...100 °С; 11 – 50П, 0...500 °С; 12 – S, 0...1100 °С. Промышленная группа «Метран» г. Челябинск. Тип: **Технограф-160**.

#### ПЗ.4. Показывающие приборы давления с упругими чувствительными элементами



**ТЕХНОГРАФ-160М**

### ПЗ.4.1. Манометры, мановакуумметры, и вакуумметры

Технические характеристики приборов приведены в табл. ПЗ.13.

Таблица ПЗ.13

Технические характеристики показывающих манометров, мановакуумметров и вакуумметров

Тип	Верхние пределы измерения, кгс/см <sup>2</sup>	Класс точности	Сигн. контакт.	Характеристика измеряемой среды	Диаметр корпуса, мм
МПЗ-У	0,6; 1; 1,6; 2,5; 4; 6;	1,5	-	Неагрессивные некристаллизующиеся жидкости, пар, газ	100
МП4-У	10; 16; 25; 40; 60;				160
МП5-У	100; 160; 250; 400;				250
	600; 1000; 1600				63
МП-60	2,5; 4; 6; 10; 16; 25	2,5; 4			100
МП-ЗВУ виброуст.	6; 10; 16; 25; 40; 60;	1; 1,5;			100
	100; 250; 400; 600	2,5			
ММП-160-Кс	1; 2,5; 4; 10; 25; 16	1,5; 2,5	-	Агрессивные жидкие среды	160
ДМ2010Сг	1; 1,6; 2,5; 4; 6; 10;	1,5	+	Жидкости, пар и газ	100
ДМ2005Сг	16; 25; 40; 60; 100;				160
ДМ2005Сг1Ех	160; 250; 400; 600				162
МВПЗ-У	Вакуум – 1 Давление – 0,6; 1,5; 3; 5; 9; 15; 24	1,5	-	Неагрессивные жидкости и газы	100
МВП4-У					160
ДА2010Сг			+		100
ДА2005Сг			160		
МВП-160-Кс		1,5; 2,5	-	Агрессивные жидкости	160
ВПЗ-У		1	1,5	-	Неагрессивные жидкости, пар и газы
ВП4-У				160	
ДВ2010Сг	+			100	
ДВ2005Сг			160		
ДВ2005Сг1Ех			162		
ВМП-160-Кс	1,5; 2,5		+	Агрессивные жидкости и газы	160

**Пример заказа:** Манометр, диапазон показаний 0...4 кгс/см<sup>2</sup>, класс точности 1,5. ОАО «Манотомь», г. Томск. Тип: МПЗ-У-4 кгс/см<sup>2</sup> -1,5.



МНЗ-У-4 кгс/см<sup>2</sup> -1,5.

### ПЗ.4.2. Напоромеры, тягонапоромеры и тягомеры

Приборы, предназначенные для измерения давления или разрежения газовых сред в диапазоне до 40 кПа, называются напоромерами и тягомерами. Тягонапоромеры имеют двухстороннюю шкалу с пределами измерения до  $\pm 20$  кПа. Технические характеристики приборов приведены в табл. ПЗ.14.

Таблица ПЗ.14

#### Технические характеристики напоромеров, тягомеров и тягонапоромеров

Наименование прибора	Тип	Пределы измерения, кПа	Класс точности	Изготовитель
Напоромер	НМП-52-М2	0,25; 0,6; 1,6; 2,5;	2,5	ОАО «Саранский приборостроительный завод»
Тягомер	ТмМП-52-М2	4; 6; 10; 16; 25; 40		
Тягонапоромер	ТНМП-52-М2	$\pm 0,125$ ; $\pm 0,3$ ; 0,8; $\pm 2$ ; $\pm 5$ ; $\pm 12,5$ ; $\pm 20$		
Напоромер	НСП-16Сг ВЗТ4	1; 1,6; 2,5; 4; 6; 16;	1,5	ПО «Теплоконтроль», г. Казань
Тягомер	ТмСП- 16СгВЗТ4	25; 40		
Тягонапоромер	ТНСП-16Сг ВЗТ4	$\pm 3$ ; $\pm 5$ ; $\pm 8$ ; $\pm 12,5$ ; $\pm 20$		

**Пример заказа:** Напоромер, диапазон показаний 0...1,6 кПа, класс точности 1,5. ПО «Теплоконтроль», г. Казань. Тип: **НСП-16СгВЗТ4-1,6 кПа-1,5.**



**НСП-16СгВЗТ4-1,6 кПа-1,5.**

### **ПЗ.5. Преобразователи давления, уровня и расхода в электрический сигнал**

#### **ПЗ.5.1. Преобразователи типа Метран-43**

Преобразователи давления предназначены для работы в системах автоматического контроля, регулирования и управления технологическими процессами и обеспечивают непрерывное преобразование значения измеряемого параметра – давления избыточного (ДИ), разряжения (ДВ), давления-разряжения (ДИВ), разности давлений (ДД), гидростатического давления (ДГ) – уровня в стандартный токовый выходной сигнал (0...5, 4...20, 0...20, 5...0, 20...4, 20...0 мА) дистанционной передачи.

Преобразователи серии Метран-43 предназначены для преобразования давления рабочих сред: жидкостей, газа (в т. ч. газообразного кислорода и кислородосодержащих газовых смесей при давлении не выше 1,6 МПа) и пара. Преобразователи давлений Метран-43-ДГ, Метран-43Ф-ДГ, Метран-43Ф-ДД не предназначены для работы в среде газообразного кислорода и кислородосодержащих газовых смесей. Преобразователи имеют как общепромышленное, так и взрывозащитное исполнение (Ех и Вн). В зависимости от кода электронного преобразователя приборы серии Метран-43 подразделяются на аналоговые (АП) и микропроцессорные (МП – с выносным индикаторным устройством и МП1 – со встроенным индикаторным устройством; индикаторные устройства выполнены на основе жидких кристаллов). Аналоговые преобразователи серии Метран-43 имеют значения пределов допускаемой основной приведенной погрешности ( $\gamma_{\text{д}}$ ) –  $\pm 0,25\%$  или  $\pm 0,5\%$ , а микропроцессорные –  $\pm 0,15\%$ ;  $\pm 0,2\%$ ;  $\pm 0,25\%$ ;  $\pm 0,4\%$ ;  $\pm 0,5\%$ . Для технических измерений и регулирования давлений на теплоэнергетических объектах рекомендуется применять преобразователи с погрешностью  $\gamma_{\text{д}} \pm 0,25\%$  или  $\pm 0,5\%$ .

**Примеры заказов:** 1. Преобразователь избыточного давления, 0...40 кПа, микропроцессорный, предел допускаемой основной приведенной погрешности  $\pm 0,25\%$ , выходной сигнал 0...5 мА. ПГ «Метран» г. Челябинск.

Тип: **Метран-43-Ех-ДИ-313-МП-0,25%-40 кПа-0...5 мА**. 2. Преобразователь избыточного давления, 0...25 МПа, аналоговый, предел допускаемой основной приведенной погрешности  $\pm 0,5\%$ , выходной сигнал 4...20 мА. ПГ «Метран» г. Челябинск. Тип: **Метран-43-ДИ-3173-0,5 %-25 МПа-4...20 мА**. 3. Преобразователь разности давлений, аналоговый, предел допускаемой основной приведенной погрешности  $\pm 0,5\%$ , верхний предел измерений 400 кПа, предельно-допускаемое рабочее избыточное давление 25 МПа, выходной сигнал 4...20 мА. ПГ «Метран» г. Челябинск. Тип: **Метран-43Ф-Вн-ДД-3494-03-0,5%-400 кПа-25 МПа-4...20 мА**. 4. Преобразователь гидростатического давления, микропроцессорный, предел допускаемой основной приведенной погрешности  $\pm 0,25\%$ , верхний предел измерений 16 кПа, предельно-допускаемое рабочее избыточное давление 6 МПа, выходной сигнал 4...20 мА. ПГ «Метран» г. Челябинск. Тип: **Метран-43Ф-ДГ-3595-МП-0,25 %-16 кПа-6 МПа-4...20 мА**.

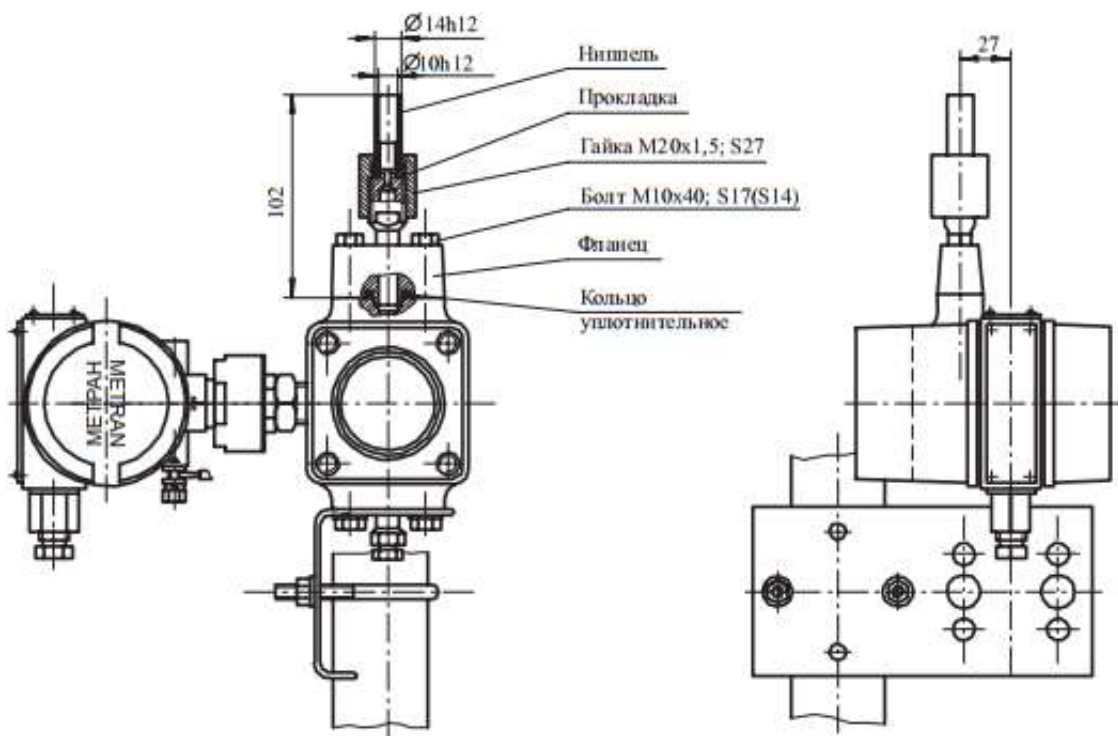


Рисунок Е.2 - Метран-100-ДА, Метран-100-Ех-ДА, Метран-100-Вн-ДА моделей 1020, 1030, 1040, Метран-100-ДИ, Метран-100-Ех-ДИ, Метран-100-Вн-ДИ модели 1112, Метран-100-ДВ, Метран-100-Ех-ДВ, Метран-100-Вн-ДВ модели 1212, Метран-100-ДИВ, Метран-100-Ех-ДИВ, Метран-100-Вн-ДИВ модели 1312 с установленным ниппелем под накидную гайку M20x1,5. Остальное см. рисунок Е.1

Основные технические параметры и характеристики преобразователей серии Метран-43 представлены в табл. ПЗ.15, ПЗ.16.



Таблица ПЗ.15

## Основные технические параметры и характеристики

Тип преобразователя	Модель	Ряд верхних пределов измерений по ГОСТ 22520	
		АП	МП, МП1
<b>Преобразователи избыточного давления (ДИ)</b>			
Метран-43-ДИ Метран-43-Ех-ДИ Метран-43-Вн-ДИ	3131	10; 16; 25; 40 кПа	1,6; 2,5; 4; 6; 10; 16; 25; 40 кПа
	3141	60; 100; 160; 250 кПа	10; 16; 25; 40; 60; 100; 160; 250 кПа
	3141-01	160; 250; 400; 600; 630 кПа	25; 40; 60; 100; 160; 250; 400; 600 кПа
	3153-01**	0,4; 0,6; 1,0 МПа	–
	3156-01	1,6; 2,5 МПа	0,1; 0,16; 0,25; 0,4; 0,6; 1; 1,6; 2,5 МПа
	3163-01	4; 6; 10; 16 МПа	1; 1,6; 2,5; 4; 6; 10; 16 МПа
	3173-01	25; 40 МПа	4; 6; 10; 16; 25; 40 МПа
	3175	16; 25; 40 МПа	4; 6; 10; 16; 25; 40 МПа
Метран-43-ДИ Метран-43-Ех-ДИ	3133*	10; 16; 25; 40 кПа	1,6; 2,5; 4; 6; 10; 16; 25; 40 кПа
	3143*	60; 100; 160; 250 кПа	10; 16; 25; 40; 60; 100; 160; 250 кПа
	3153	0,4; 0,6; 1,0 МПа	0,1; 0,16; 0,25; 0,4; 0,6; 1,0 МПа
Метран-43Ф-ДИ Метран-43Ф-Ех-ДИ Метран-43Ф-Вн-ДИ	3196	0,4; 0,6; 1; 1,6; 2,5 МПа	0,1; 0,16; 0,25; 0,4; 0,6; 1; 1,6; 2,5 МПа
	3196-01	4; 6; 10; 16 МПа	1; 1,6; 2,5; 4; 6; 10; 16 МПа
	3196-02	16; 25; 40; 60; 63; 100 МПа	4; 6; 10; 16; 25; 40; 60; 100 МПа
<b>Преобразователи разрежения (ДВ)</b>			
Метран-43-ДВ Метран-43-Ех-ДВ Метран-43-Вн-ДВ	3231	10; 16; 25; 40 кПа	1,6; 2,5; 4; 6; 10; 16; 25; 40 кПа
	3241	60; 100 кПа	4; 6; 10; 16; 25; 40; 60; 100 кПа
Метран-43-ДВ Метран-43-Ех-ДВ	3233	10; 16; 25; 40 кПа	1,6; 2,5; 4; 6; 10; 16; 25; 40 кПа
	3243	60; 100 кПа	4; 6; 10; 16; 25; 40; 60; 100 кПа
<b>Преобразователи давления-разряжения (ДИВ)</b>			
Метран-43-ДИВ Метран-43-Ех-ДИВ Метран-43-Вн-ДИВ	3331	$\pm 5; \pm 8; \pm 12,5; \pm 20$ кПа	$\pm 2; \pm 3,15; \pm 5; \pm 8; \pm 12,5; \pm 20$ кПа
	3341	$\pm 30; \pm 31,5; \pm 50$ кПа	$\pm 31,5; \pm 50$ кПа
		$-100 \dots +60$ кПа	$-100 \dots +60$ кПа
		$-100 \dots +150$ кПа	$-100 \dots +150$ кПа
	3341-01	$-100 \dots +150$ кПа	$-100 \dots +150$ кПа
		$-100 \dots +300$ кПа	$-100 \dots +300$ кПа
		$-100 \dots +530$ кПа	$-100 \dots +530$ кПа

Примечание: \* – преобразователи могут использоваться для измерения гидростатического давления (уровня);

\*\* – преобразователи только с АП.

**Основные технические параметры и характеристики преобразователей разности давлений**

Тип	Мо- дель	Ряд верхних пределов		Предельно-
преобразователя		измерений по ГОСТ 22520, кПа		допускаемое ра- бочее избыточное давление, МПа
		АП	МП, МП1	
<b>Преобразователи разности давлений (ДД)</b>				
Метран-43Ф-ДД Метран-43Ф-Ех-ДД Метран-43Ф-Вн-ДД	3494	1; 1,6; 2,5; 4	0,4; 0,63; 1; 1,6; 2,5; 4	4
	3494-01	6,3; 10; 16; 25	2,5; 4; 6,3; 10; 16; 25	6; 10
	3494-02	16; 25; 40; 63; 100	4; 6,3; 10; 16; 25; 40; 63; 100	6; 10; 16
	3494-03	100; 160; 250; 400; 630	25; 40; 63; 100; 160; 250; 400; 630	16; 25
<b>Преобразователи гидростатического давления (уровня) – ДГ</b>				
Метран-43-ДГ	3535	10; 16; 25; 40	4; 6; 10; 16; 25; 40	-
Метран-43-Ех-ДГ	3535-01			0,25
Метран-43-ДГ Метран-43-Ех-ДГ Метран-43-Вн-ДГ	3536			0,25
Метран-43-ДГ	3545	60; 100; 160; 250	25; 40; 60; 100; 160; 250	-
Метран-43-Ех-ДГ	3545-01			0,4
Метран-43-ДГ Метран-43-Ех-ДГ Метран-43-Вн-ДГ	3546			0,4
Метран-43Ф-ДГ	3595	10; 16; 25; 40	4; 6; 10; 16; 25; 40	6
Метран-43Ф-Ех-ДГ Метран-43Ф-Вн-ДГ	3595-01	40; 60; 100; 160; 250	25; 40; 60; 100; 160; 250	10

### ПЗ.5.2. Преобразователи типа Сапфир-22

Измерительные преобразователи Сапфир-22 (изготовитель – ЗАО «Манометр», г. Москва) предназначены для преобразования измеряемых параметров: избыточного давления и разрежения, разности давлений – в унифицированный токовый выходной сигнал 0...5 мА, 4...20 мА. Датчики разности давлений могут использоваться в устройствах, предназначенных для преобразования значений уровня жидкости, расхода жидкости или газа. Заводом выпускается две разновидности преобразователей Сапфир-22 – микропроцессорные (Сапфир-22МП) и аналоговые (Сапфир-22МТ) с различными пределами допускаемой основной приведенной погрешности (ПДОП).

Питание преобразователей Сапфир-22 осуществляется от блоков питания напряжением  $36 \pm 0,72$  В постоянного тока. Преобразователи Сапфир-22МТ-Ех и Сапфир-22МП-Ех являются взрывозащищенными. Модификации измерительных преобразователей Сапфир-22 представлены в табл. ПЗ.17 – ПЗ.20. В табл. ПЗ.21 – ПЗ.23 представлены соответственно обозначения ис-

полнения измерительных преобразователей Сапфир по материалам, которые контактируют с измеряемой средой, климатического исполнения, кода выходного сигнала.

Таблица ПЗ.17

**Аналоговые и микропроцессорные  
измерительные преобразователи избыточного давления**

Тип	Модель	Верхний предел измерения		ПДОП ±γд, %	Исполне- ние
		кПа	МПа		
Сапфир-22 МТ-ДИ	2110	0,4; 0,6; 1,0; 1,6		0,25; 0,5	01; 02
	2120	2,5; 4; 6; 10		0,5	01; 02
	2130	6; 10		0,5	01; 02
		16; 25; 40		0,25; 0,5	
2140	40; 60; 100; 60; 250		0,25; 0,5	01; 02	
Сапфир-22 МТ-Ех-ДИ	2150		0,4; 0,6; 1,0; 1,6; 2,5	0,25; 0,5	01; 02; 09
	2151		0,4; 0,6; 1,0; 1,6; 2,5	0,25; 0,5	11; 12
Сапфир-22 МП-ДИ	2160		2,5; 4; 6; 10; 16	0,25; 0,5	01; 02; 09
	2161		2,5; 4; 6; 10; 16	0,25; 0,5	11; 12
	2170		16; 25; 40; 60; 100	0,25; 0,5	01; 02; 09
Сапфир-22 МП-Ех-ДИ	2171		16; 25; 40; 60; 100	0,25; 0,5	11; 12
	2180		160	0,5; 1	01
	2181		250	0,5; 1	01
	2182		400	1	01
	2154		0,4; 0,6; 1,0; 1,6; 2,5	0,25; 0,5	02
2164		2,5; 4; 6; 10; 16	0,25; 0,5	02	

Таблица ПЗ.18

**Аналоговые и микропроцессорные  
измерительные преобразователи разрежения**

Тип	Модель	Верхний предел измерения, кПа	ПДОП ±γд, %	Исполнение
Сапфир-22МТ-ДВ Сапфир-22МТ-Ех-ДВ Сапфир-22МП-ДВ Сапфир-22МП-Ех-ДВ	2210	0,4; 0,6; 1,0; 1,6	0,25; 0,5	01; 02
	2220	2,5; 4; 6; 10	0,5	
	2230	6; 10; 16; 25	0,5	
		40	0,25; 0,5	
	2240	40	0,5	
60; 100		0,25; 0,5		

Таблица ПЗ.19

**Аналоговые и микропроцессорные измерительные преобразователи  
избыточного давления и разрежения**

Тип	Модель	Предел измерения		ПДОП $\pm\gamma_d$ , %	Исполнение
		кПа	МПа		
Сапфир-22	2310	$\pm 0,2; \pm 0,3;$		0,5	01
МТ-ДИВ		$\pm 0,5; \pm 0,8$		0,25; 0,5	02
Сапфир-22	2320	$\pm 1,25; \pm 2; \pm 3; \pm 5$		0,5	
МТ-Ех-ДИВ	2330	$\pm 3; \pm 5; \pm 8$		0,5	01
		$\pm 12; \pm 20$		0,25; 0,5	
Сапфир-22	2340	$\pm 20$		0,5	01
МП-ДИВ		$\pm 30; \pm 50; \pm 100$		0,25; 0,5	
Сапфир-22	2350		$-0,1 \dots 0,3$	0,25; 0,5	01
МП-Ех-ДИВ			$-0,1 \dots 0,5$		02
			$-0,1 \dots 0,9$		
			$-0,1 \dots 1,5$		
			$-0,1 \dots 2,4$		

Таблица ПЗ.20

**Аналоговые и микропроцессорные измерительные преобразователи  
разности давлений**

Тип	Модель	Верхний предел измерения		Рабочее давление, МПа	ПДОП $\pm\gamma_d$ , %	Исполнение
		кПа	МПа			
Сапфир-22	2410	0,4; 0,63		4	0,5	01; 02
		1; 1,6		4	0,25; 0,5	
МТ-ДД	2420	2,5; 4; 6		4; 10	0,25; 0,5	01; 02; 09
		6,3; 10		4; 10	0,5	
Сапфир-22	2430	6,3; 10		16; 25	0,5	01; 02
		16; 25; 40		16; 25	0,25; 0,5	
МТ-Ех-ДД	2434	6,3; 10		40	0,5	01; 02
		16; 25; 40			0,25; 0,5	
Сапфир-22	2440	40		16; 25	0,5	01; 02
		6,3; 100; 160; 250			0,25; 0,5	
МП-ДД	2444	40		40	0,5	01; 02
		6,3; 100; 160; 250			0,25; 0,5	
МТ-Ех-ДД	2450		0,4	16; 25	0,5	01; 02
			0,63; 1; 1,6; 2,5		0,25; 0,5	
	2460		2,5; 4; 6,3; 10; 16	25	0,25; 0,5	

Таблица ПЗ.21

**Обозначение исполнения преобразователей Сапфир  
по материалам, контактирующих с измеряемой средой**

Обозначение исполнения	Мембрана	Фланец, ниппель, корпус вентиляльного блока
01	Сплав 35НХТ10	Углеродистая сталь
02	Сплав 35НХТ10	Сталь 08Х18Г8Н2Т
09	Титан BT1 – 0	Титановый сплав

Таблица ПЗ.22

**Обозначение климатического исполнения**

Обозначение	Климатическое исполнение
УХЛ 3.1	Исполнение УХЛ категории 3.1 для работы при температуре в диапазоне +5...+50 °С или +1...+80 °С
У2	Исполнение У категории 2 для работы при температуре в диапазоне (по требованию) –50...+80 °С, –50...+50 °С

Таблица ПЗ.23

**Обозначение кода выходного сигнала**

Код	Выходной сигнал
05	0...5 мА
42	4...20 мА
50	5...0 мА
24	20...4 мА

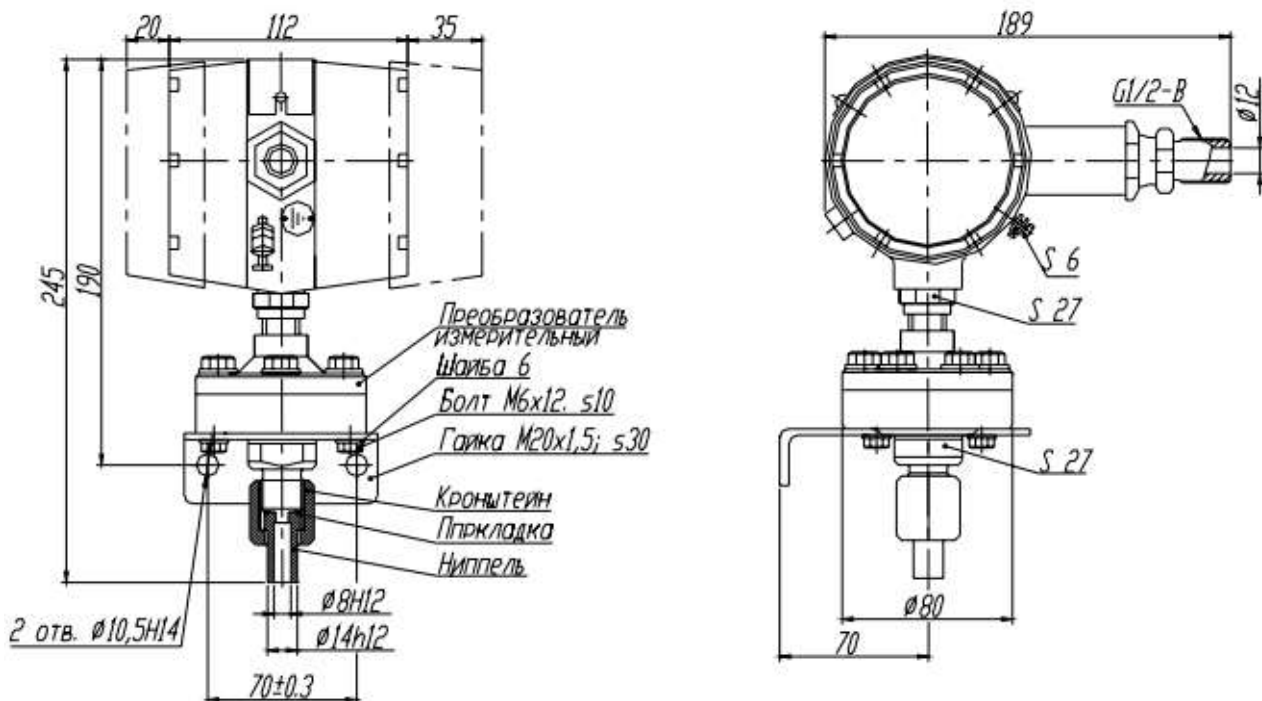
При заказе измерительных преобразователей следует руководствоваться схемой составления условного обозначения, приведенной в табл. ПЗ.24.

Таблица ПЗ.24

**Схема составления условного обозначения**

Номер позиции в обозначении	Наименование позиции	Пример обозначения
1	Обозначение измерительного преобразователя	Сапфир-22МТ-ДД
2	Модель	2420
3	Обозначение исполнения по материалам	02
4	Обозначение климатического исполнения	УХЛ 3.1
5	Предел основной допускаемой погрешности	± 0,5
6	Верхний предел измерений	6,3 кПа
7	Рабочее избыточное давление	4
8	Код выходного сигнала	42

**Пример заказа:** Преобразователь разности давлений, предел допускаемой основной погрешности  $\pm 0,5 \%$ , верхний предел измерений 6,3 кПа, рабочее избыточное давление 4 МПа, выходной сигнал 4...20 мА. ЗАО «Манометр», г. Москва. Тип: Сапфир-22МТ-ДД-2420-02- УХЛ 3.1-0,5/6,3 кПа-4 МПа-42.



Установочные и присоединительные размеры преобразователей Сапфир-22ДА-Вн моделей 2050, 2060, Сапфир-22ДИ-Вн моделей 2150, 2160, Сапфир-22ДИВ-Вн модели - 2350 с установленным ниппелем

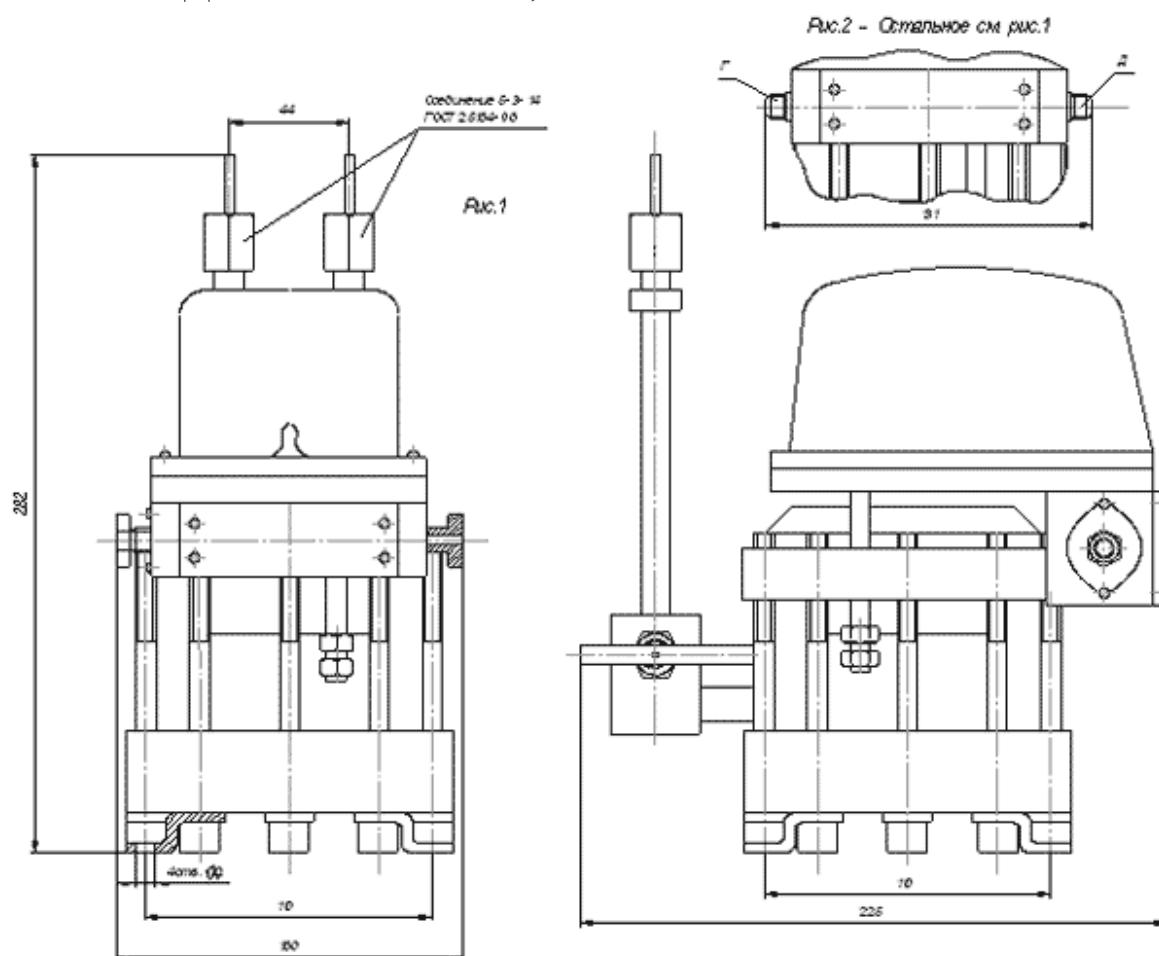
### П3.5.3. Преобразователи давления МПЭ-МИ и разности давлений ДМЭ-МИ, ДМЭУ-МИ, ДМЭР-МИ

Преобразователи давления МПЭ-МИ и разности давлений ДМЭ-МИ, ДМЭУ-МИ, ДМЭР-МИ (ПО «Теплоконтроль», г. Казань.) предназначены для преобразования вышеуказанных параметров в унифицированный токовый сигнал 0...5 мА и 4...20 мА. Питание приборов осуществляется переменным напряжением 220 В с частотой 50 Гц. Пределы допускаемой основной погрешности 1 % или 1,5 %.

## Технические и метрологические характеристики

Тип	Измеряемая величина	Верхний предел измерений			Рабочее давление, МПа
		кПа	МПа	кгс/см <sup>2</sup>	
МПЭ-МИ	избыточное давление		0,1; 0,16; 0,25; 0,4; 0,6; 1; 6; 10; 16; 25; 40; 60		
ДМЭ-МИ	перепад (разность) давлений	4; 6,3; 10; 16; 25; 40; 63; 100; 160; 250; 400; 630	1; 1,6	0,04; 0,063; 0,1; 0,16; 0,25; 0,4; 0,63; 1; 1,6; 2,5; 4; 6,3	2,5; 10; 16; 25; 40
ДМЭУ-МИ	уровень	4; 6,3; 10; 16; 25; 40; 63; 100; 160; 250		0,04; 0,063; 0,1; 0,16; 0,25; 0,4; 0,63; 1; 1,6; 2,5	2,5; 10; 16; 25; 40
ДМЭР-МИ	расход	4; 6,3; 10; 16; 25; 40; 63; 100; 160; 250; 400; 630		0,04; 0,063; 0,1; 0,16; 0,25; 0,4; 0,63; 1; 1,6; 2,5; 4; 6,3	2,5; 10; 16; 25; 40

**Пример заказа:** Преобразователь разности давлений, предел допускаемой основной погрешности  $\pm 1,0\%$ , верхний предел измерений 10 кПа, рабочее давление 2,5 МПа, выходной сигнал 0...5 мА. ПО «Теплоконтроль», г. Казань. Тип: ДМЭР-МИ-10 кПа-2,5 МПа.



**Габаритные и присоединительные размеры  
Преобразователя ДМ-МИ, ДМЭУ-МИ, ДМЭР-МИ**

## ПЗ.6. Блоки питания и преобразования сигналов измерительных преобразователей

### ПЗ.6.1. Блоки типа БПС-24

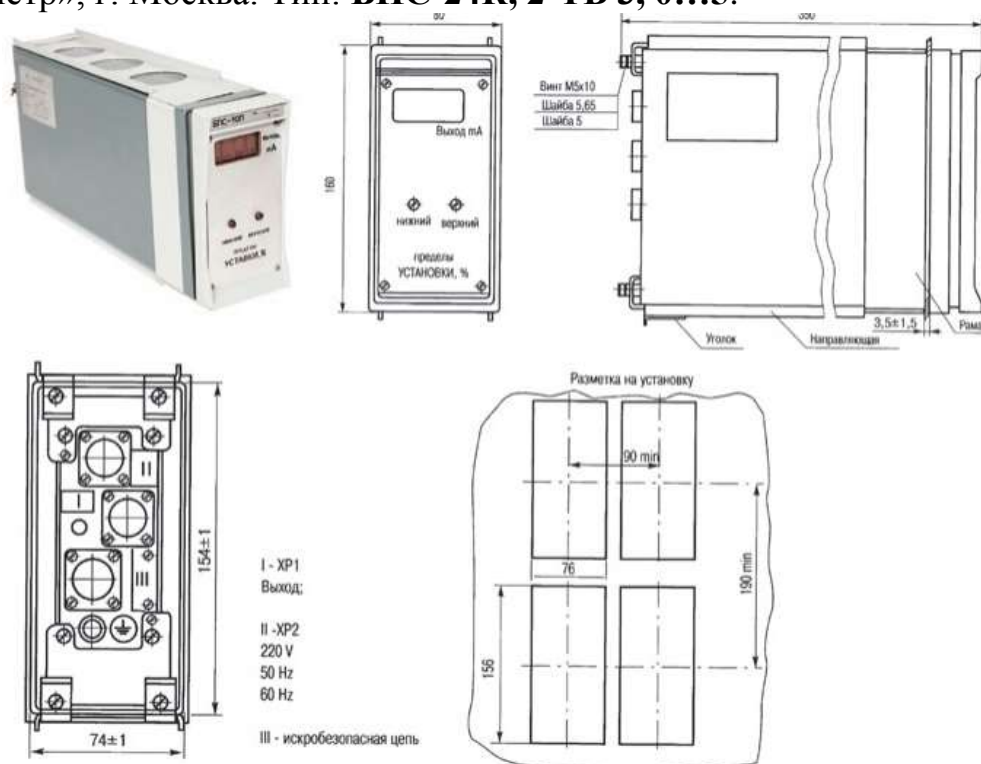
Блоки питания и преобразования сигналов типа БПС-24 предназначены для работы с измерительными преобразователями типа Сапфир и Метран. Блоки БПС-24П обеспечивают получение линейной зависимости между измеряемым параметром и выходным унифицированным токовым сигналом. Блоки БПС-24К обеспечивают линеаризацию статической характеристики преобразователей перепада давлений при измерении расхода методом переменного перепада давлений, т. е. имеют корнеизвлекающее устройство.

Предел допускаемой основной погрешности блока БПС-24П, выраженный в процентах от диапазона изменения выходного сигнала, составляет  $\pm 0,15\%$ , а блока БПС-24К – составляет  $\pm 0,25\%$ .

Блоки БПС-24 выпускаются в обыкновенном (обозначение климатического исполнения УХЛ 3.1) и тропическом исполнении (обозначение климатического исполнения ТВ 3).

При заказе блока БПС-24 необходимо указывать функциональное назначение, напряжение питания (код напряжения питания: 1 – 220 В; 2 – 240 В), климатическое исполнение и диапазон изменения выходного сигнала.

**Примеры заказов:** 1. Блок питания с линейной характеристикой, напряжение питания 220 В, климатическое исполнение УХЛ 3.1, выходной сигнал 4...20 мА. ЗАО «Манометр», г. Москва. Тип: **БПС-24П, 1-УХЛ 3, 4...20**. 2. Блок питания с корнеизвлекающей характеристикой, напряжение питания 220 В, климатическое исполнение ТВ 3, выходной сигнал 0...5 мА. ЗАО «Манометр», г. Москва. Тип: **БПС-24К, 2-ТВ 3, 0...5**.



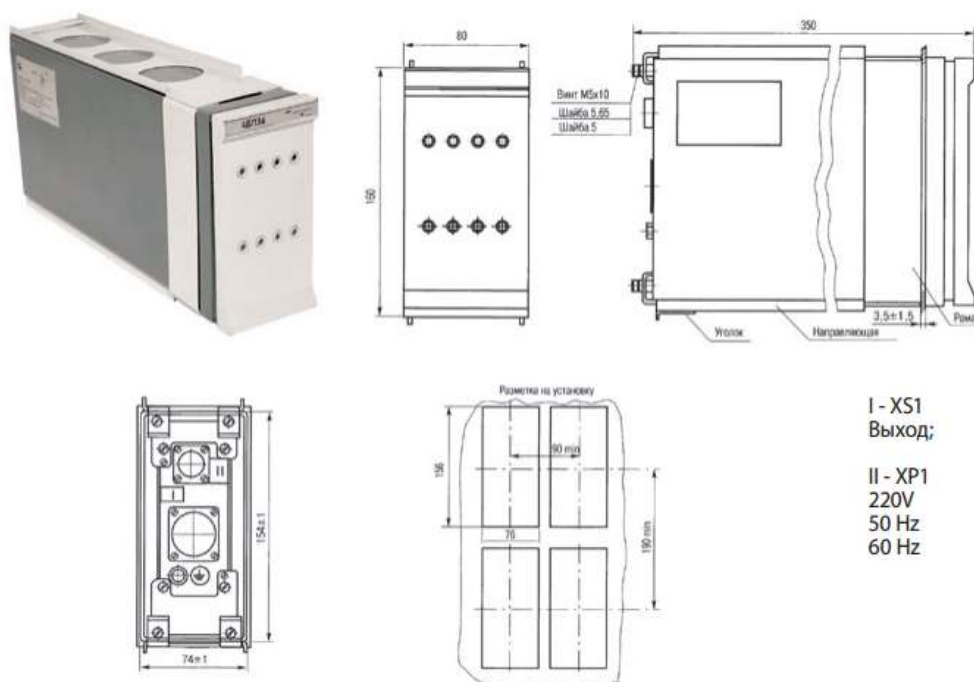


Блоки преобразования сигналов предназначены для работы с взрывозащищенными измерительными преобразователями Сапфир-22-Ех-М, датчиками МТ100, МТ101, Сапфир-22МТ, Сапфир-22МП. По виду преобразования входного сигнала блоки выполняются типа БПС-90П и БПС-90К. Блоки БПС-90П обеспечивают получение линейной зависимости между формируемым выходным унифицированным токовым сигналом и измеряемым параметром (давление, уровень, разность давлений). Блоки БПС-90К предназначены для линеаризации статической характеристики преобразователей (датчиков) при измерении расхода по методу перепада давлений на сужающем устройстве. Блоки выполняют следующие функции: – обеспечивают питание взрывозащищенных преобразователей и датчиков по двухпроводной линии связи, несущей одновременно информацию об измеряемом параметре в виде сигнала постоянного тока; – ограничивают электрическую мощность искробезопасной цепи; – повышают мощность выходного сигнала преобразователей (датчиков) до уровня, обеспечивающего возможность подключения заданной внешней нагрузки – преобразуют электрический токовый сигнал 4-20 мА искробезопасной цепи (двухпроводной линии связи дистанционной передачи) в соответствующий выходной сигнал (0-5; 0-20 или 4-20 мА); – обеспечивают визуальную индикацию значения выходного сигнала на 4-х разрядном цифровом табло; – обеспечивают сигнализацию ухода значения выходного сигнала за минимальный и максимальный уровни, устанавливаемые предварительно. Изготавливаются для нужд народного хозяйства и для поставки на экспорт (в том числе в страны с тропическим климатом). На ОАЭ не поставляются. Технические условия (ТУ) 4217-004-00226218-2004

### **ПЗ.6.2. Блоки типа 4БПЗ6**

Блоки питания типа 4БПЗ6 четырехканальные предназначены для питания измерительных преобразователей давления или уровня типов Сапфир, Метран и термопреобразователей с унифицированным выходным сигналом стабилизированным напряжением 36 В постоянного тока. К блоку могут быть подключены 4 преобразователя с гальванической развязкой по питанию (гальваническая развязка – полное разделение электрических цепей; обычно производится двумя способами – трансформатором или оптронными парами); 12 преобразователей без гальванического разделения по питанию и с выходным сигналом преобразователей 0...5 мА; 8 преобразователей без гальванического разделения и с выходным сигналом преобразователей 4...20 мА.

Блоки 4БПЗ6 изготавливаются в двух климатических исполнениях: УХЛ 3.1 и ТВ 3. Пример заказа смотри выше. Изготовитель – ЗАО «Манометр», г. Москва.



**Габаритные и присоединительные размеры блока 4б36**

### П3.6.3. Блоки типа БПД-40 и БПК-40

Блоки питания БПД-40-Ех предназначены для питания стабилизированным напряжением преобразователей давления типов Сапфир-22, Метран, датчиков температуры типа ТСПУ, ТСМУ, ТХАУ с унифицированным выходным токовым сигналом.

Блоки питания, преобразования и корнеизвлечения БПК-40 предназначены для питания стабилизированным напряжением преобразователей разности давлений типов Сапфир-22, Метран с функциональным преобразованием выходного сигнала от этих преобразователей в другие уровни по двум каналам: с пропорциональной и корнеизвлекающей зависимостью. Технические характеристики блоков приведены в табл. П3.26.

**Таблица П3.26**

**Технические характеристики блоков питания**

Тип блока	БПК-40	БПК-40-Ех	БПД-40-Ех
Диапазон изменения входного сигнала, мА	0...5 4...20	4...20	4...20
Диапазон изменения выходного сигнала, мА	0...5 4...20	0...5 4...20	0...5 4...20
Предел допускаемой основной погрешности, %:			
по пропорциональному каналу	±0,2	±0,2	±0,1
по корнеизвлекающему каналу	±0,25	±0,25	—
Выходное напряжение, В	36	24	24
Количество гальванически развязанных каналов	1	1	1; 2

**Пример заказа:** Блок питания с линейной характеристикой, предел допускаемой основной погрешности  $\pm 0,2\%$ , входной сигнал  $0...5$  мА, выходной сигнал  $4...20$  мА. ПГ «Метран», г. Челябинск. Тип: **БПК-40-0,2 %-0...5-4...20**.

### ПЗ.6.4. Блоки типа БП96

Блоки питания постоянного тока БП96 предназначены для преобразования сетевого напряжения 220 В в стабилизированное напряжения 24 В или 36 В и питания преобразователей с унифицированным выходным токовым сигналом: преобразователей давления и уровня Метран, Сапфир и др; преобразователей температуры ТСМУ, ТСПУ, ТХАУ и др. Количество каналов – 1, 2 или 4, каналы гальванически развязаны. Блоки питания устанавливаются на щитах. Технические характеристики приведены в табл. ПЗ.27.

Таблица ПЗ.27

Технические характеристики блоков типа БП96

Тип блока	Выходное напряжение, В	Потребляемая мощность, В·А	Количество каналов
БП96/24-4	24	15	4
БП96/36-4	36		
БП96/24-2	24		2
БП96/36-2	36		

**Пример заказа:** Блок питания с линейной характеристикой, выходное напряжение 24 В, количество каналов 4. ПГ «Метран», г. Челябинск. Тип: **БП96/24-4**.



Блоки питания постоянного тока БП 96

### ПЗ.6.5. Блоки типов Метран-602, Метран-604, Метран-608

Блоки питания постоянного тока типов Метран-602, Метран-604, Метран-608 предназначены для преобразования сетевого напряжения 220 В в стабилизированное напряжения 24 В или 36 В и питания преобразователей с унифицированным выходным токовым сигналом: преобразователей давления и уровня Метран, Сапфир и др; преобразователей температуры ТСМУ, ТСПУ, ТХАУ и др. Количество каналов – 2, 4 или 8, каналы гальванически развязаны. Блоки питания устанавливаются на щитах. Класс стабилизации

выходного напряжения 0,2. Каждый канал имеет схему электронной защиты от перегрузок и коротких замыканий. На переднюю панель блоков выведена светодиодная индикация включения блока питания по каждому каналу.

**Пример заказа:** Блок питания с линейной характеристикой, количество каналов 8, выходное напряжение 36 В. ПГ «Метран», г. Челябинск. Тип: **Метран-608-036**.



Блоки питания Метран-602, -604, -608

Технические характеристики приведены в табл. ПЗ.28.

Таблица ПЗ.28

Технические характеристики блоков типов Метран-602, Метран-604, Метран-608

Тип блока	Выходное напряжение, В	Потребляемая мощность, В·А	Количество каналов
Метран-602-036	36	13,2	2
Метран-602-024	24	10	
Метран-604-036	36	19	4
Метран-604-024	24	16	
Метран-608-036	36	25	8
Метран-608-024	24	18	

### ПЗ.7. Нормирующие преобразователи

#### ПЗ.7.1. Преобразователи измерительные нормирующие серий Ш9321, Ш9322

Измерительные нормирующие преобразователи серий Ш9321, Ш9322 предназначены для преобразования сигналов от термопреобразователей сопротивления (ТСМ, ТСП), термоэлектрических преобразователей (ТХК, ТХА, ТПП, ТПР) в унифицированные сигналы постоянного тока 4...20 мА

(код для заказа 0), 0...5 мА (код для заказа 1), 0...20 мА (код для заказа 2) или напряжения 0...10 В (код для заказа 3). В некоторых типах измерительных нормирующих преобразователей (ИНП) предусмотрена индикация измеряемой температуры.

ИНП выпускаются одноканальные (Ш9321, Ш9322, Ш9321И, Ш9322И, Ш9321Ц, Ш9322Ц, Ш9321ЦИ, Ш9322ЦИ) и двухканальные (Ш9321/2К, Ш9322/2К) с гальванической развязкой; обыкновенные (Ш9321, Ш9322, Ш9321Ц, Ш9322Ц, Ш9321/2К, Ш9322/2К) и взрывозащищенные (Ш9321И, Ш9322И, Ш9321ЦИ, Ш9322ЦИ); с цифровой индикацией на четырехразрядном цифровом индикаторе (Ш9321Ц, Ш9322Ц, Ш9321ЦИ, Ш9322ЦИ). ИНП имеют сигнализацию обрыва линии связи с термопреобразователями сопротивления или термоэлектрическими преобразователями, а также предупредительную сигнализацию достижения заданных уставок: уставка 1 превышает заданный уровень; уставка 2 уровень ниже заданной уставки. В ИНП Ш9321/2К, Ш9322/2К – уставки общие на два канала. Предел допускаемой основной погрешности ИНП составляет  $\pm 0,1\%$  (код для заказа 0) или  $\pm 0,25\%$  (код для заказа 1). Технические характеристики ИНП приведены в табл. ПЗ.29.

Таблица ПЗ.29

Технические характеристики ИНП

Тип ИНП	Диапазон измеряемых температур, °С (код для заказа)	Типы ТПС, ТЭП	НСХ (код для заказа)
Ш9321, Ш9321И, Ш9321Ц, Ш9321ЦИ, Ш9321/2К	-200...+70(00); -120...30(01); -70...180(02); -25...25(06); 0...50(07); 0...100(08); 0...150(09); 0...200(10); 0...300(11); 0...400(12); 0...500(13); 0...600(14); 200...500(17); 200...600(18); 300...700(19); 500...1000(20); -120...300(21); -90...50(22)	ТСП	50П(0) 100П(1)
	-50...0(03); -50...50(04); -50...100(05); -25...25(06); 0...50(07); 0...100(08); 0...150(09); 0...200(10); 50...100(15); 100...200(16)	ТСМ	50М(2), 100М(3)
Ш9322, Ш9322И, Ш9322Ц, Ш9322/2К, Ш9322/ЦИ	-200...100(00); -50...200(01); 0...400(02); 0...600(03); 0...800(04); -50...50(08); -50...100(09); -50...150(10); 0...100(11); 0...150(12); 0...200(13); 0...300(14); 200...600(15); 200...800(16)	ТХК	L(0)
	-200...100(00); 0...400(02); 0...600(03); 0...800(04); 0...1300(05); 400...900(06); 600...1300(07); 200...600(15); 0...900(17); 0...1100(18); 200...1200(19); 600...1100(20)	ТХА	K(1)
	0...1300(27); 0...1600(28); 500...1300(29); 1000...1600(30)	ТПП	S(5)
	300...1000(31); 300...1600(32); 1000...1600(33); 1000...1800(34)	ТПР	B(6)

**Пример заказа:** Преобразователь измерительный нормирующий, НСХ L(ХК), диапазон измеряемых температур 0...600 °С, выходной сигнал 4...20 мА, класс точности 0,25. ПГ «Метран», г. Челябинск. Тип: Ш9322-0-03-0-1.

### ПЗ.7.2. Преобразователи измерительные нормирующие серий ИП-10, ИП-20

Измерительные нормирующие преобразователи серий ИП-10, ИП-20 предназначены для преобразования сигналов от термопреобразователей сопротивления (ИП-С10, ИП-С20, ИП-С10И, ИП-С20И), термоэлектрических преобразователей (ИП-Т10, ИП-Т20, ИП-Т10И, ИП-Т20И) в унифицированные сигналы постоянного тока 4...20, 0...5, 0...20 мА или напряжения 0...10 В. Измерительные нормирующие преобразователи серий ИП-10, ИП-20 выпускаются ОАО «Завод электроники и механики» (ЗЭиМ), г. Чебоксары.

ИНП выпускаются одноканальные (ИП-С10, ИП-Т10, ИП-С10И, ИП-Т10И) и четырехканальные с интерфейсом для связи с внешними устройствами RS485 (ИП-С20, ИП-Т20, ИП-С20И, ИП-Т20И), обыкновенные (ИП-С10, ИП-С20, ИП-Т10, ИП-Т20) и взрывозащищенные (ИП-С10И, ИП-С20И, ИП-Т10И, ИП-Т20И). Электрическое питание нормирующих преобразователей осуществляется через блоки питания типов БП-24 (ИП-С10, ИП-С20, ИП-Т10, ИП-Т20) и БП-24И (ИП-С10И, ИП-С20И, ИП-Т10И, ИП-Т20И). Блок питания БП-24 обеспечивает питание двух преобразователей с выходным сигналом 0...20 мА, 4...20 мА и трех преобразователей с выходными сигналами 0...5 мА, 0...10 В. Блок питания БП-24И обеспечивает питание одного взрывозащищенного преобразователя и поставляется в комплекте с ним. Предел допускаемой основной погрешности ИНП составляет  $\pm 0,5\%$  или  $\square 1\%$ . Технические характеристики ИНП приведены в табл. ПЗ.30.

Таблица ПЗ.30

Технические характеристики ИНП серии ИП-10, -20

Тип ИНП	Диапазон измеряемых температур, °С	Типы ТПС, ТЭП	НСХ
ИП-С10, ИП-С20, ИП-С10И, ИП-С20И	-200...-70; -120...30; -70...180; 0...100; 0...150; 0...200; 0...300; 0...400; 0...500; 200...500	ТСП	50П
	-200...-70; -200...50; -120...30; -90...50; -70...180; -25...25; 0...50; 0...100; 0...150; 0...200; 0...300; 0...400; 0...500; 200...500		100П
	-50...0; -50...50; -50...100; 0...50; 0...100; 0...150; 0...180; 50...100	ТСМ	50М
	-50...0; -50...50; -50...100; -25...25; 0...25; 0...50; 0...100; 0...150; 0...180; 50...100		100М
ИП-Т10, ИП-Т20, ИП-Т10И, ИП-Т20И	-50...200; 0...400; 0...600; -50...100; -50...150; 0...100; 0...150; 0...200; 0...300; 200...600; 200...800	ТХК	L
	0...400; 0...600; 0...800; 0...1300; 400...900; 700...1300; 200...600; 0...900; 0...1100; 200...1200; 600...1100	ТХА	K
	0...1300; 0...1600; 500...1400; 1000...1600	ТПП	S
	300...1000; 300...1600; 1000...1600; 1000...1800	ТПР	B

**Пример заказа:** Преобразователь измерительный нормирующий, НСХ 50М, диапазон измеряемых температур 0...100 °С, выходной сигнал 0...20 мА, класс точности 0,5. ОАО «ЗЭиМ», г. Чебоксары. Тип: **ИП-С10-50М-0...100 °С-0...20 мА-0,5.**



Измерительные преобразователи

### **ПЗ.8. Сосуды разделительные, уравнильные и конденсационные**

Сосуды разделительные (СР) предназначены для защиты внутренних полостей преобразователей давления и разности давлений от непосредственного воздействия измеряемых агрессивных сред путем передачи давления через разделительную жидкость.

Сосуды уравнильные (СУ) предназначены для поддержания постоянного уровня жидкости в одной из двух соединительных линий при измерении уровня жидкости в резервуарах с использованием преобразователей разности давлений. СУ предназначены также для защиты внутренних полостей преобразователей разности давлений и обеспечения равенства плотностей жидкости в соединительных линиях при измерении расхода жидкости с температурой выше 100 °С.

Сосуды конденсационные (СК) предназначены для поддержания постоянства и равенства уровней конденсата в соединительных линиях, передающих перепад давления от сужающего устройства к преобразователю перепада давления, при измерении расхода водяного пара.

Основные характеристики СР, СУ и СК приведены в табл. ПЗ.31.

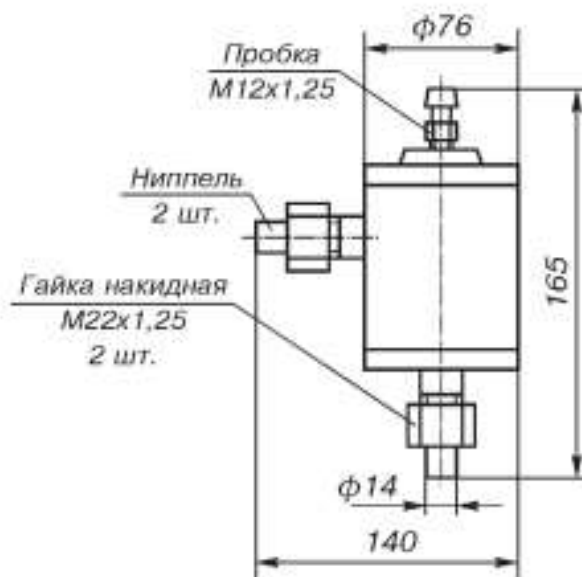
Таблица ПЗ.31

## Основные характеристики сосудов СР, СУ и СК

Условное обозначение	Условное давление МПа	Исполнение	Материал	Обозначение материала	Обозначение при заказе
СР-6,3	6,3	2; 4	Ст.20	А	СР-6,3-2(4)-А(Б)
		2; 4	Ст.12Х19Н10Т	Б	
СР-25	25	2; 4	Ст.20	А	СР-25-2(4)-А(Б)
		2; 4	Ст.12Х19Н10Т	Б	
СР-40	40	–	Ст.20	А	СР-40-2(4)-А(Б)
		–	Ст.12Х19Н10Т	Б	
СУ-6,3	6,3	2; 4	Ст.20	А	СУ-6,3-2(4)-А(Б)
		2; 4	Ст.12Х19Н10Т	Б	
СУ-25	25	2	Ст.20	А	СУ-25-2(4)-А(Б)
			Ст.12Х19Н10Т	Б	
СУ-40	40	–	Ст.20	А	СУ-40-2(4)-А(Б)
			Ст.12Х19Н10Т	Б	
СК-4	4	1	Ст.20	А	СК-4-1-А(Б)
			Ст.12Х19Н10Т	Б	
СК-10	10	1	Ст.20	А	СК-10-1-А(Б)
			Ст.12Х19Н10Т	Б	
СК-40	40	1	Ст.20	А	СК-40-1-А(Б)
			Ст.12Х19Н10Т	Б	

Изготовитель – ПГ «Метран», г. Челябинск и ЗАО «Манометр», г. Москва.

**Пример заказа:** Сосуд конденсационный, условное давление 40 МПа. ПГ «Метран», г. Челябинск. Тип: **СК-40-1-Б**.





Основные характеристики двухкамерных уравнильных сосудов для измерения уровня воды в барабанах паровых котлов с условным давлением не более 25 МПа приведены в табл. ПЗ.32.

Таблица ПЗ.32

**Основные характеристики двухкамерных уравнильных сосудов**

Условное обозначение	Предел измерения дифманометра (шкала уровнемера), м	Материал	Обозначение материала
55570	0,4 ( $\pm 0,2$ )	Ст.20	А
55570-01	0,63 ( $\pm 0,315$ )		
55570-02	1,0 ( $\pm 0,5$ )		
55570-03	1,6 ( $\pm 0,8$ )		
55570-05	2,5 ( $\pm 1,25$ )		
55570-04	0,63 ( $\pm 0,315$ )	Ст.12Х19Н10Т	Б

Изготовитель – ЗАО «Манометр», г. Москва.

**ПЗ.9. Диафрагмы для расходомеров**

Диафрагмы (сужающие устройства) предназначены для измерения расхода жидкостей пара и газа методом переменного перепада давлений. Диафрагмы, изготавливаемые ПГ «Метран» г. Челябинск, рассчитаны на условные давления до 10 МПа и на условные диаметры трубопроводов от 50 до 1200 мм. В зависимости от конструкции, способа установки, условного давления и условного диаметра трубопровода выделяют следующие диафрагмы:

1. ДКС (исполнение 1 или 2) – диафрагма камерная, устанавливаемая во фланцах трубопровода.
2. ДБС – диафрагма бескамерная, устанавливаемая во фланцах трубопровода.
3. ДФК – диафрагма фланцевая камерная, сочетающая камерный способ отбора перепада давления и фланцевое соединение, используется в трубопроводах с условным проходом менее 50 мм и условным давлением 10 МПа.

Диск диафрагмы изготавливается в соответствии с РД 50-411-83. Возможные варианты диска диафрагмыДФК по РД 50-411: с коническим входом, износостойчивые, стандартные диафрагмы для трубопроводов с внутренним диаметром менее 50 мм. Материал диска диафрагмы сталь 12Х18Н10Т ГОСТ 5632, материал корпуса камер сталь 20 ГОСТ 1050 или сталь 12Х18Н10Т.

Технические характеристики ДКС приведены в табл. ПЗ.33, ДБС – в табл. ПЗ.34, ДФК – в табл. ПЗ.35.

**Таблица ПЗ.33 – Технические характеристики ДКС**

Условный диаметр, мм	Обозначение диафрагмы при условном давлении, МПа	
	до 0,6	свыше 0,6 до 10
50	ДКС 0,6-50	ДКС 10-50
65	ДКС 0,6-65	ДКС 10-65
80	ДКС 0,6-80	ДКС 10-80
100	ДКС 0,6-100	ДКС 10-100
125	ДКС 0,6-125	ДКС 10-125
150	ДКС 0,6-150	ДКС 10-150
175	ДКС 0,6-175	ДКС 10-175
200	ДКС 0,6-200	ДКС 10-200
225	ДКС 0,6-225	ДКС 10-225
250	ДКС 0,6-250	ДКС 10-250
300	ДКС 0,6-300	ДКС 10-300
350	ДКС 0,6-350	ДКС 10-350
400	ДКС 0,6-400	ДКС 10-400
450	ДКС 0,6-450	ДКС 10-450
500	ДКС 0,6-500	ДКС 10-500

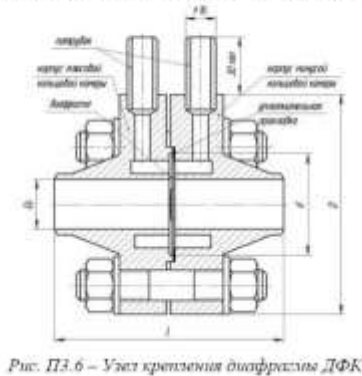
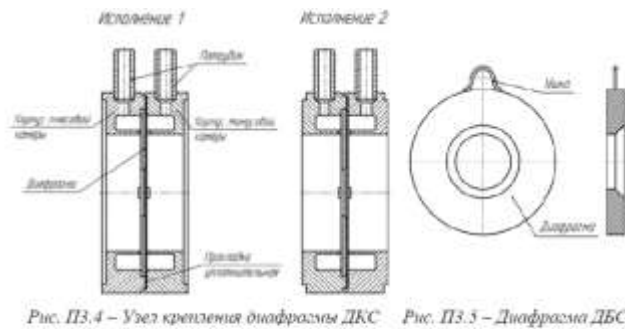
**Таблица ПЗ.34 – Технические характеристики ДФК**

Условный диаметр, мм	Обозначение диафрагмы при условном давлении 10 МПа	<i>L</i> , мм	<i>D</i> , мм	<i>d</i> , мм
		Рис. ПЗ.6		
20	ДФК-10-20	100	115	53
25	ДФК-10-25	120	115	53
32	ДФК-10-32	140	125	60
40	ДФК-10-40	170	130	68

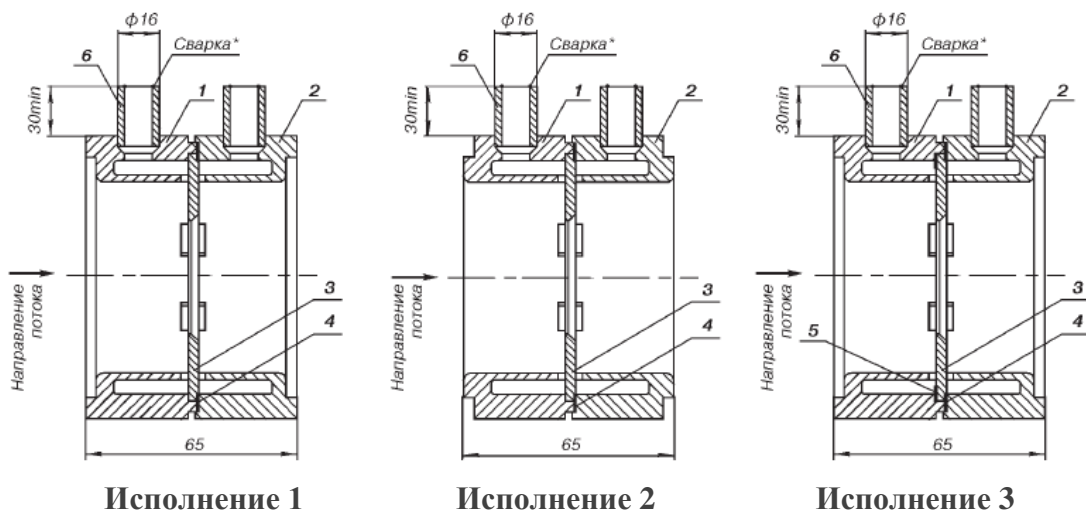
**Таблица ПЗ.35 – Технические характеристики ДБС**

Условный диаметр, мм	Обозначение диафрагмы при условном давлении, МПа			
	до 0,6	свыше 0,6 до 1,6	свыше 1,6 до 2,5	свыше 1,6 до 4
300	ДБС 0,6-300	ДБС 1,6-300	ДБС 4-300	
350	ДБС 0,6-350	ДБС 1,6-350	ДБС 4-350	
400	ДБС 0,6-400	ДБС 1,6-400	ДБС 4-400	
450	ДБС 0,6-450	ДБС 1,6-450	ДБС 4-450	
500	ДБС 0,6-500	ДБС 1,6-500	ДБС 4-500	
600	ДБС 0,6-600	ДБС 1,6-600	ДБС 4-600	
700	ДБС 0,6-700	ДБС 1,6-700	ДБС 4-700	
800	ДБС 0,6-800	ДБС 1,6-800	ДБС 2,5-800	–
900	ДБС 0,6-900	ДБС 1,6-900	ДБС 2,5-900	–
1000	ДБС 0,6-1000	ДБС 1,6-1000	ДБС 2,5-1000	–
1200	ДБС 0,6-1200	ДБС 1,6-1200	ДБС 2,5-1200	–

Конструктивные чертежи диафрагм (ДКС, ДБС, ДФК) и способы их установки приведены соответственно на рис. ПЗ.4 – ПЗ.6.



**Пример заказа:** Диафрагма камерная, условное давление 10 МПа, условный диаметр 150 мм. ПГ «Метран», г. Челябинск. Тип: ДКС 10-150.



### ПЗ.10. Аналоговые измерительные приборы давления, расхода и уровня

#### ПЗ.10.1. Приборы показывающие и регистрирующие

Приборы типа А100, А543 и Диск-250, которые производит промышленная группа «Метран» г. Челябинск, предназначены для измерения, регистрации и сигнализации давления, расхода и уровня. Приборы выпускают обыкновенного (Диск-250, А100, А543) и искробезопасного (Диск-250И) исполнений. Напряжение питания приборов составляет 220 В с частотой питающей сети 50 Гц. Приборы принимают на вход унифицированный токовый сигнал 0...5, 4...20 мА и напряжение 0...10 В от преобразователей давления

или перепада давлений. Предел изменения выходного сигнала передающего преобразователя приборов типа А100, А543 и Диск-250 составляет 0...5 и 4...20 мА. Предел допускаемой основной погрешности от нормирующего значения по показаниям и преобразованию равен  $\pm 0,5\%$ , а по регистрации и сигнализации равен  $\pm 1\%$ .

Технические характеристики измерительных приборов Диск-250 приведены в табл. ПЗ.36, ПЗ.37.

**Таблица ПЗ.36 – Технические характеристики Диск-250**

Условное обозначение		Быстродействие, с	Оборот диска, ч
Типа	Модификации		
Диск-250 Диск-250И	1121	16	24
	2121	5	24
	3121	16	8
	4121	5	8
	1221	16	24
	2221	5	24
	3221	16	8
	4221	5	8

**Примечания:** 1. Два двухпозиционных релейных сигнализирующих устройства есть в любой модификации.

2. Выходной сигнал 0...5 мА или 4...20 мА есть в любой модификации.

**Таблица ПЗ.37 – Предел измерений по ГОСТ 18140 – 84 измерительных приборов с унифицированными входными сигналами**

Измеряемая величина (измерительный прибор)	Пределы измерений
Уровень (уровнемер), перепад (перепадомер)	0,04; 0,063; 0,1; 0,16; 0,25; 0,4; 0,63 МПа 10; 16; 25; 40; 63; 100; 160; 250; 400; 630; 1000; 2500; 4000; 10000; 16000; 25000 Па.
Уровень (уровнемер), разрежение и давление (тягонапоромер)	$\pm 0,02$ ; $\pm 0,0315$ ; $\pm 0,05$ ; $\pm 0,08$ ; $\pm 0,125$ ; $\pm 0,2$ ; $\pm 0,315$ МПа. $\pm 5$ ; $\pm 8$ ; $\pm 12,5$ ; $\pm 20$ ; $\pm 31,5$ ; $\pm 50$ ; $\pm 80$ ; $\pm 125$ ; $\pm 200$ ; $\pm 315$ ; $\pm 500$ ; $\pm 800$ ; $\pm 1250$ ; $\pm 2000$ ; $\pm 3150$ ; $\pm 5000$ ; $\pm 8000$ ; $\pm 12500$ Па.
Давление (манометр)	0,025; 0,06; 0,1; 0,16; 0,25; 0,4; 0,6; 1; 1,6; 2,5; 4; 6; 10; 16; 25; 40; 60; 100; 160; 250; 400; 600; 1000 МПа.
Расход (расходомер переменного P)	Рассчитываются по формуле: $A = a \cdot 10^n$ , где $a = 1,0; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,2; 4; 5; 6,3; 8$ кг/ч, т/ч, м <sup>3</sup> /ч; $n$ – целое (положительное или отрицательное) число или нуль.
Вакуум (вакуумметр)	- 0,1...0; - 0,06...0 МПа.
Вакуум и давление (мановакуумметр)	0,06; 0,15; 0,3; 0,5; 0,9; 1,5; 2,4 МПа. Нижний предел -0,1 МПа.
Любой параметр	0 – 100 %.

**Примечания:** 1. Верхние пределы измерения приведены для гидростатических уровнемеров.  
 2. Расчет верхнего предела измерения ( $H$ , мм) гидростатического уровнемера производится по формуле  $H = P/g$ , где  $P$  – предел измерения в Па, указанный в табл. ПЗ.37;  $g = 9,8 \text{ м/с}^2$  – ускорение свободного падения.

**Примеры заказов:** 1. Прибор аналоговый, показывающий, регистрирующий, сигнализирующий, предел допускаемой основной приведенной погрешности  $\pm 0,5 \%$ ,  $0 \dots 10 \text{ МПа}$ , входной сигнал  $4 \dots 20 \text{ мА}$ , выходной сигнал  $4 \dots 20 \text{ мА}$ . Промышленная группа «Метран» г. Челябинск. Тип: **Диск-250-1211**.

2. Прибор аналоговый, показывающий, регистрирующий, сигнализирующий, предел допускаемой основной приведенной погрешности  $\pm 0,5 \%$ ,  $\pm 200 \text{ мм}$  ( $\pm 2000 \text{ Па}$ ), входной сигнал  $0 \dots 5 \text{ мА}$ , выходной сигнал  $4 \dots 20 \text{ мА}$ . Промышленная группа «Метран» г. Челябинск. Тип: **Диск-250-2331**.

3. Прибор аналоговый, показывающий, регистрирующий, сигнализирующий, предел допускаемой основной приведенной погрешности  $\pm 0,5 \%$ , верхний предел измерения  $250 \text{ т/ч}$ , входной сигнал  $4 \dots 20 \text{ мА}$ , выходной сигнал  $0 \dots 5 \text{ мА}$ . Промышленная группа «Метран» г. Челябинск. Тип: **Диск-250-1311**.



Самописец Диск-250 1211



Прибор самопишущий  
Диск-250 2331



Диск-250 Диск-250И 1311

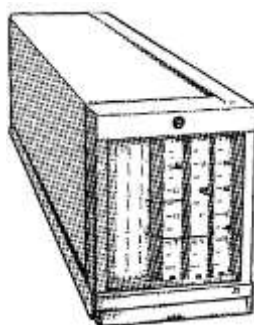
Технические характеристики измерительных приборов типа А100 и А 543 приведены в табл. ПЗ.38.

**Таблица ПЗ.38 – Технические характеристики А100 и А 543**

Тип прибора и номер модификации	Конструктивное исполнение		Число каналов
	Стоечное	Щитовое	
А 100-1125	+	–	1
А 100-1225	+	–	2
А 100-2125	–	+	1
А 100-2225	–	+	2
А 543-237	+	–	3
А 543-261	–	+	3

**Примечание:** Диапазоны измерений давления, уровня и расхода те же, что и для измерительного прибора Диск – 250 (см. табл. ПЗ.37).

**Пример заказа:** Прибор аналоговый, показывающий, регистрирующий, сигнализирующий, предел допускаемой основной приведенной погрешности  $\pm 0,5 \%$ . Первый канал:  $0 \dots 10$  МПа, входной сигнал  $4 \dots 20$  мА, выходной сигнал  $4 \dots 20$  мА. Второй канал:  $\pm 200$  мм ( $\pm 2000$  Па), входной сигнал  $0 \dots 5$  мА, выходной сигнал  $4 \dots 20$  мА. Третий канал: верхний предел измерения  $250$  т/ч, входной сигнал  $4 \dots 20$  мА, выходной сигнал  $0 \dots 5$  мА. ПГ «Метран» г. Челябинск. Тип: А 543-261.



### ПЗ.10.2. Приборы показывающие

Приборы показывающие типа КП1Т предназначены для измерения и сигнализации давления, расхода и уровня. Предел допускаемой основной приведенной погрешности составляет  $\pm 0,5 \%$ . Напряжение питания приборов составляет  $220$  В с частотой питающей сети  $50$  Гц. Приборы принимают на вход унифицированный токовый сигнал  $0 \dots 5$ ,  $4 \dots 20$  мА и напряжение  $0 \dots 10$  В от преобразователей давления или перепада давлений. Предел изменения выходного сигнала передающего преобразователя составляет  $0 \dots 5$  мА и  $4 \dots 20$  мА.

Технические характеристики измерительных приборов типа КП1Т приведены в табл. ПЗ.39.

Таблица ПЗ.39 – Технические характеристики КП1Т

Тип прибора и номер модификации	Быстродействие, с
КП1Т-1221	10
КП1Т-2121	5
КП1Т-3121	2.5

**Примечание:** Диапазоны измерений давления, уровня и расхода те же, что и для измерительного прибора Диск-250 (см. табл. ПЗ.37).

**Пример заказа:** Прибор аналоговый, показывающий, сигнализирующий, предел допускаемой основной приведенной погрешности  $\pm 0,5 \%$ ,  $0 \dots 16$  МПа, входной сигнал  $4 \dots 20$  мА, выходной сигнал  $4 \dots 20$  мА. Промышленная группа «Метран» г. Челябинск. Тип: КП1Т-1221.

### ПЗ.10.3. Многоканальные показывающие и регистрирующие приборы

Приборы типа Технограф-160 двенадцатиканальные, выпускаемые промышленной группой «Метран» г. Челябинск, предназначены для измерения, регистрации и сигнализации давления, расхода и уровня. Напряжение питания приборов составляет 220 В с частотой питающей сети 50 Гц. Приборы принимают на вход унифицированный токовый сигнал 0...5, 0...20, 4...20 мА и напряжение 0...5 В от преобразователей давления или перепада давлений. Предел допускаемой основной погрешности от нормирующего значения по показаниям и цифровой регистрации  $\pm 0,25\%$ , а по аналоговой регистрации и сигнализации равен  $\pm 0,5\%$ .

Приборы обеспечивают:

индикацию измеряемого параметра на цифровом табло в циклическом режиме или выборочно по каждому каналу при одновременной регистрации всех каналов;

аналоговую и цифровую регистрацию измеряемого параметра в циклическом режиме на диаграммной ленте;

измерение и регистрацию мгновенного расхода (корнеизвлечения) и суммарного значения расхода;

преобразование входного сигнала в цифровой сигнал для обмена данными с ЭВМ по каналу RS232;

сигнализацию о выходе измеряемого параметра за пределы заданных значений.

**Пример заказа:** Прибор показывающий, регистрирующий, сигнализирующий, предел допускаемой основной приведенной погрешности  $\square 0,25\%$ . Данные по двенадцати каналам: 1 – 4...20 мА, 0...10 МПа; 2 – 0...5 мА,  $\pm 200$  мм ( $\pm 2000$  Па); 3 – 0...20 мА, 250 т/ч; 4 – 4...20 мА, 0...16 МПа; 5...12 – резерв. Промышленная группа «Метран» г. Челябинск. Тип: **Технограф-160**.

### ПЗ.11. Теплосчетчики

Теплосчетчик – это комплект приборов и преобразователей, предназначенных для определения количества теплоты и измерения расхода, температуры и давления теплоносителя. В комплект входят, как правило, преобразователи расхода, температуры, давления и тепловычислитель. Тепловычислитель – вычислительное устройство, обеспечивающее расчет количества теплоты на основе входной информации о расходе (массе), температуре и давлении теплоносителя.

Количество тепловой энергии определяется по уравнениям:

$$Q = G_1(h_1 - h_2), \quad (\text{ПЗ.1})$$

$$Q = G_1 \cdot h_1 - G_2 \cdot h_2 \quad (\text{ПЗ.2})$$

где  $G_1$ ,  $G_2$  – количество сетевой воды соответственно в подающем и обратном трубопроводах;

$h_1, h_2$  – энтальпии сетевой воды соответственно в подающем и обратном трубопроводах.

Уравнение (ПЗ.1) реализуют тепловычислители, устанавливаемые на закрытых системах теплоснабжения с тепловой нагрузкой не более 0,1 Гкалл/ч, а уравнение (ПЗ.2) – на открытых или закрытых системах теплоснабжения с тепловой нагрузкой более 0,1 Гкалл/ч.

Для измерения вырабатываемой или потребляемой тепловой энергии необходимо непрерывно измерять расход, температуру и давление теплоносителя. По измеренным значениям температуры и давления теплоносителя вычисляется энтальпия. Энтальпия при изменении давления теплоносителя в пределах 0,3...1 МПа практически не изменяется. Поэтому при стабильном давлении в трубопроводах его значение не измеряется, а устанавливается в виде константы на тепловычислителе.

На отечественном рынке представлен большой спектр теплосчетчиков отечественных и зарубежных производителей. Наиболее популярными среди отечественных моделей теплосчетчиков являются СПТ-941, -941К, -942К, -943, -961, -961М, -961К, -9943 (ЗАО НПФ «Логика», г. Санкт-Петербург), ТЭМ-104, -05М, -05М-3, -05М-1, -106 (ООО НПФ «ТЭМ-прибор», г. Москва), Метран-421, -400, -410 (ПГ «Метран», г. Челябинск), ВЗЛЕТ ТСР-М (ЗАО «Взлет», г. Санкт-Петербург), СТ «Сибирь» с тепловычислителем MULTICAL (ООО «ТМ-Комплект», г. Новосибирск) и т. п.

Типы преобразователей расхода теплоносителя, работающих в комплекте с тепловычислителями, приведены в табл. ПЗ.40.

Таблица ПЗ.40

Технические характеристики преобразователей расхода

Тип преобразователя расхода	Диаметр условный $D_u$ , мм	Диапазон измерения расхода, м <sup>3</sup> /ч		Максимальная температура теплоносителя, °С
		Нижний предел измерения	Верхний предел измерения	
		$G_H$	$G_B$	
ВСТ (Т) ВСХ (Т)	15...250	$0,04 \cdot G_B$	3...1200	90
WPD (Т) M-T150QN(Т)	20...300	$(0,03...0,09) \cdot G_B$	3...1000	150
ВЭПС (В) ВЭРК-2000 (В)	15...350	$0,03 \cdot G_B$	4...1600	150
Метран-300ПР (В)	25...300	$0,03 \cdot G_B$	0,2...2000	150
РУ2К (У) УРСВ «Взлет МР» (У)	10...1000	$0,04 \cdot G_B$	2...2000	150
UFM001 (У) UFM500 (У)	50...1000	$0,04 \cdot G_B$	25...2000	150
РСМ-05.05 (Э) ПРЭМ-2 (Э)	15...150	$0,006 \cdot G_B$	6...630	150



**Примечание:** Т – тахометрические, В – вихревые, У – ультразвуковые, Э – электромагнитные.



## Теплосчетчики

Метран-400, Метран-421 и др.

Помимо указанных в табл. ПЗ.40 типов преобразователей расхода в комплекте с тепловычислителями СПТ (ЗАО НПФ «Логика», г. Санкт-Петербург) для измерения расхода на трубопроводах большого диаметра можно использовать в качестве первичного преобразователя расхода – диафрагмы (табл. ПЗ.33 – ПЗ.35), а в качестве промежуточного преобразователя расхода – Метран-ДД (табл. ПЗ.16) и Сапфир-ДД (табл. ПЗ.20) с унифицированным токовым выходным сигналом.

Для измерения температуры теплоносителя применяются термопреобразователи сопротивления платиновые с НСХ 500П (Pt500), 100П (Pt100), 100М (Cu100). Для измерения давления применяются преобразователи типа Метран-ДИ (см. табл. ПЗ.15) или Сапфир-ДИ (см. табл. ПЗ.17) с унифицированными выходными токовыми сигналами.

Тепловычислители, как правило, выполняют следующие функции:

- преобразование и обработку сигналов, полученных от преобразователей расхода, давления и температуры;
- вторичную обработку измеренных значений параметров и вычисление тепловых параметров по установленным формулам расчета;
- архивирование и хранение в энергонезависимой памяти результатов измерений, вычислений и установочных параметров;
- вывод измерительной, архивной, диагностической и установочной информации на дисплей ЖКИ и через последовательный интерфейс RS-232 на персональную ЭВМ;
- автоматический контроль и индикацию наличия неисправностей в теплосчетчике и нештатных ситуаций (нештатных режимов работы).

## Исполнительные механизмы

Исполнительные механизмы являются приводной частью регулирующего органа (клапан, задвижка, заслонка и т. п.) и предназначены для его перемещения. ИМ в зависимости от используемой энергии подразделяются на следующие виды: пневматические; гидравлические; электрические.

Наибольшее распространение при автоматизации объектов теплоэнергетики получили электрические ИМ. В общем случае электрический ИМ включает электропривод (электродвигатель и редуктор), блок сигнализации положения и штурвал. Штурвал предназначен для ручного перемещения выходного вала ИМ. Блок сигнализации состоит из блока концевых выключателей и датчика положения ИМ. Концевые выключатели ИМ позволяют отключать электродвигатель при достижении крайних положений выходного вала ИМ. В зависимости от назначения ИМ комплектуются различными датчиками положения: индуктивным, реостатным (диапазон 0...120 Ом), токовым (0...5 мА или 4...20 мА, или 0...20 мА). Широко распространены следующие типы электрических ИМ:

Механизмы однооборотные – МЭО.

Механизмы однооборотные фланцевые – МЭОФ.

Механизмы прямоходные постоянной скорости – МЭП.

Механизмы прямоходные кривошипные переменной скорости – МЭПК.

Выбор необходимого типа ИМ в первую очередь определяется типом запорной арматуры. Данные, представленные в табл. ПЗ.52 и ПЗ.53, позволят выбрать тип необходимого ИМ.



МЭО-16



МЭО-40



МЭО-100



МЭО-250



МЭО-630



МЭО-1600



МЭО-4000



МЭО-10000

Исполнительные механизмы типа МЭО и МЭОФ

Таблица ПЗ.52

Выбор ИМ типа МЭО и МЭОФ в зависимости от типа запорной арматуры

Наименование трубопроводной арматуры	Тип ИМ	Значение номинального крутящего момента, Н·м
1	2	3
Кран шаровой запорно-регулирующий	МЭОФ	6,3; 12,5; 16; 25; 40; 100; 250
Кран шаровой запорный		6,3; 12,5; 16; 25; 40; 100; 250; 320; 630; 1000; 2500
Кран шаровой регулирующий		6,3; 12,5; 16; 25; 40; 100; 250
Кран шаровой трехходовой		
Кран шаровой запорный, регулирующий, в том числе трехходовой		
Кран шаровой запорный, запорно-регулирующий, регулирующий трехходовой	МЭО	6,3; 10; 16; 32; 40; 100; 250
Кран шаровой запорный, запорно-регулирующий, регулирующий		16; 40; 100; 250; 630; 1000; 4000
Кран шаровой запорный		16; 32; 40; 63; 100; 250
Затвор дисковый регулирующий		40
Затвор дисковый запорно-регулирующий		40; 100; 250; 1600; 2500
Клапан (затвор) типа бабочка (запорно-регулирующий)		6,3; 40
Клапан отсечной быстродействующий		40; 250
Заслонка дроссельная газовая		40; 250; 630
Клапан регулирующий		16

Таблица ПЗ.53

Выбор ИМ типа МЭП и МЭПК в зависимости от типа запорной арматуры

Наименование трубопроводной арматуры	Тип ИМ	Значение номинального усилия на штоке, Н
Клапан регулирующий двухседельный фланцевый	МЭПК	6300
Клапан регулирующий односедельный фланцевый		
Клапан регулирующий клеточный фланцевый	МЭП	20000, 25000
Клапан запорно-регулирующий односедельный фланцевый, задвижка клиновья фланцевая, клапан регулирующий, клапан запорно-регулирующий, клапан запорный		
Клапан регулирующий фланцевый		
Клапан регулирующий фланцевый	МЭПК	6300

## Технические характеристики исполнительных механизмов МЭО и МЭОФ

Группа исполнительных механизмов	$M_{н}$ , Н·м	$T_{н}$ , с	$\varphi_{н}$ , об. (°)	Тип управляющего устройства
МЭО-6,3-99; МЭОФ-6,3-98	6,3; 12,5; 16; 25	12,5; 25; 30; 63	0,25 (90)	ПБР-2М
МЭО-16-93; МЭОФ-16-96	16; 40	10; 25; 63	0,25 (90); 0,63 (225)	
МЭО-16-01; МЭОФ-16-02	6,3; 16; 40	10; 25; 63; 160		
МЭО-250-99; МЭОФ-250-99	40; 100; 250			
МЭО-87Б	40; 100; 250			
МЭО-250-99К; МЭОФ-250-99К	100; 250			
МЭО-40-99К	16; 40	10; 25; 63		ПБР-3А; ФЦ-0610; ФЦ-0620
МЭО-630-92К; МЭО-630-92КБ	250; 630	10; 25; 63; 160		
МЭО-1600-92К; МЭО-1600-92КБ	630; 1600			
МЭО-4000-97К	4000	63; 160		
МЭО-10000-97К	10000			
МЭОФ-16-96К	16; 32; 40	10; 15; 25; 37; 63		
МЭОФ-16-99К	40	10; 25		
МЭОФ-1600-04К	1600	30	0,25 (90)	
МЭОФ-630-97К	320; 630; 1000	10; 15; 25; 37; 63;	0,25 (90);	
МЭОФ-1600-96К	630; 1000; 1600; 2500	160	0,63 (225)	

## 5. Расчет и выбор сужающего устройства

В задаче необходимо произвести расчет сужающего устройства расходомера переменного перепада – диафрагмы.

При расчете диафрагмы необходимо:

- а) выбрать перепад дифманометра-расходомера,
- б) определить диаметр проходного отверстия диафрагмы,
- в) определить диапазон шкалы дифманометра-расходомера или измерительного показывающего (самопишущего) прибора,
- г) рассчитать необходимые длины прямых участков трубопровода в районе установки диафрагмы.

Расчет сужающего устройства производится в соответствии с руководящим документом РД 50.213-80[3].

Для расчета диафрагмы в индивидуальном задании в табл. 1.1 указаны исходные данные.

### *Порядок расчета сужающего устройства в случае измерения расхода пара.*

1. По соответствующим таблицам в теплотехнических справочниках определяется плотность пара  $\rho$  (кг/м<sup>3</sup>) в рабочих условиях. В табл. 1.2 приводятся значения  $\rho$  для определенных значений параметров, взятых из [4]. **ВНИМАНИЕ!** Во все формулы значения величин подставлять в тех размерах, как указано в исходных данных (кроме тех случаев, где это особо оговаривается).

2. По табл. 1.3 определяется динамическая вязкость пара  $\mu$ , Па·с [4]. По графику на рис.1.1 определяется поправочный множитель на тепловое расширение трубопровода  $K_t$ , после чего находится внутренний диаметр трубопровода:

$$D = D_{20} K_t. \quad (1.1)$$

4. В зависимости от максимального контролируемого расхода пара  $Q_{м.маx}$  выбирается ближайшее большее число из чисел ряда  $Q_{пр}$  (1,0; 1,25; 1,6; 2,0; 2,5; 3,2; 4,0; 5,0; 6,3; 8,0)×10<sup>n</sup>; где  $n$  — любое целое положительное или отрицательное число или 0 (по ГОСТ 18140-84).

Выбранное число является верхним пределом измерения по шкале дифманометра-расходомера или измерительного прибора. Например, при заданном значении  $Q_{м.маx} = 8500$  кг/ч принимаем  $Q_{пр} = 10\ 000$  кг/ч, 850 кг/ч принимаем 1000 кг/ч.

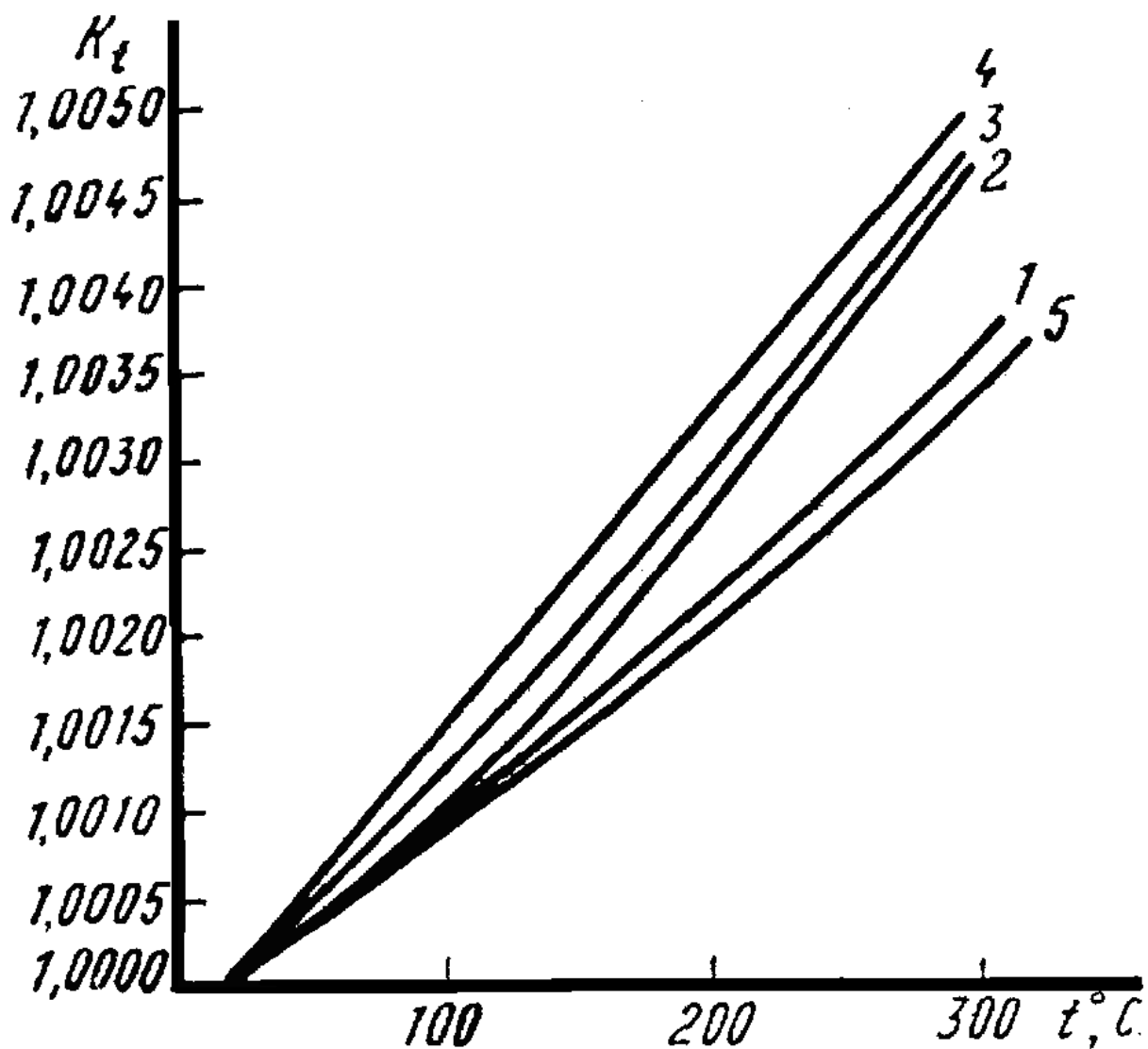


Рис. 1.1. Поправочный множитель на расширение материала:

- 1 – 12МХ, сталь 20, 12Х1МФ;
- 2 – 20Х23Н10Т;
- 3 – 12Х18Н10Т;
- 4 – бронза;
- 5 – 15Х5М.

Исходные данные	Т а б л и ц а 1. 1									
	Варианты задания									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Внутренний диаметр трубопровода $D_{20, \text{мм}}$	50	80	300	350	100	200	70	250	125	150
Абсолютное давление $p$ , МПа	0,78	0,70	0,60	0,50	0,40	0,45	0,55	0,65	0,75	0,784
Массовый максимальный расход пара $Q_{\text{max}}$ , кг/ч	670	900	23000	27000	970	15000	880	22000	980	7000
Материал диафрагмы	Сталь 20	12X18Н10Т	Бронза	Сталь 20	12X18Н10Т	Бронза	Сталь 20	Бронза	Сталь 20	12X18Н10Т
Материал трубопровода	12X1МФ	Сталь 20	12МХ	15Х5М	20X23Н13	12X18Н10Т	12Х1МФ	Сталь 20	12МХ	20X23Н13
Коэффициент потери давления $\beta$	0,10	0,095	0,090	0,085	0,080	0,070	0,065	0,060	0,055	0,05
Коэффициент потери расхода пара $\gamma$	0,52	0,70	0,54	0,68	0,56	0,66	0,58	0,64	0,60	0,62

Определяется допустимая и расчетная допустимая потеря давления в кПа при расходе, равном верхнему пределу измерения:

$$p_{п.д} \approx \beta \cdot p$$

$$p_{п.д} = p'_{п.д} \left( \frac{Q_{np}}{Q_{м.мах}} \right)^2.$$

6. Определяется вспомогательная величина [6]:

$$C = \frac{Q_{np}}{0,01252 D^2 \sqrt{\rho}}$$

**Т а б л и ц а 1. 2**

**Плотность перегретого пара, кг/м<sup>3</sup>**

P, МПа	Температура t °C									
	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260
0.392	1.973	1.925	1.878	1.835	1.793	1.754	1.717	1.682	1.647	1.615
0.412	2.074	2.024	1.974	1.929	1.885	1.844	1.804	1.767	1.731	1.697
0.431	2.177	2.123	2.071	2.023	1.977	1.933	1.892	1.852	1.815	1.779
0.450	2.279	2.222	2.168	2.117	2.069	2.023	1.979	1.938	1.898	1.861
0.470	2.382	2.321	2.265	2.211	2.161	2.113	2.067	2.024	1.982	1.943
0.490	2.485	2.421	2.362	2.306	2.253	2.203	2.155	2.110	2.066	2.025
0.539	2.744	2.673	2.606	2.544	2.484	2.428	2.375	2.325	2.277	2.231
0.588	3.007	2.926	2.852	2.783	2.717	2.655	2.597	2.541	2.488	2.438
0.637	3.271	3.182	3.100	3.022	2.951	2.883	2.820	2.759	2.701	2.646
0.686	3.537	3.440	3.349	3.266	3.187	3.113	3.044	2.978	2.914	2.855
0.735	3.807	3.700	3.601	3.510	3.425	3.344	3.268	3.196	3.128	3.064
0.784	4.078	3.962	3.855	3.756	3.663	3.575	3.493	3.415	3.343	3.274

**Т а б л и ц а 1. 3**

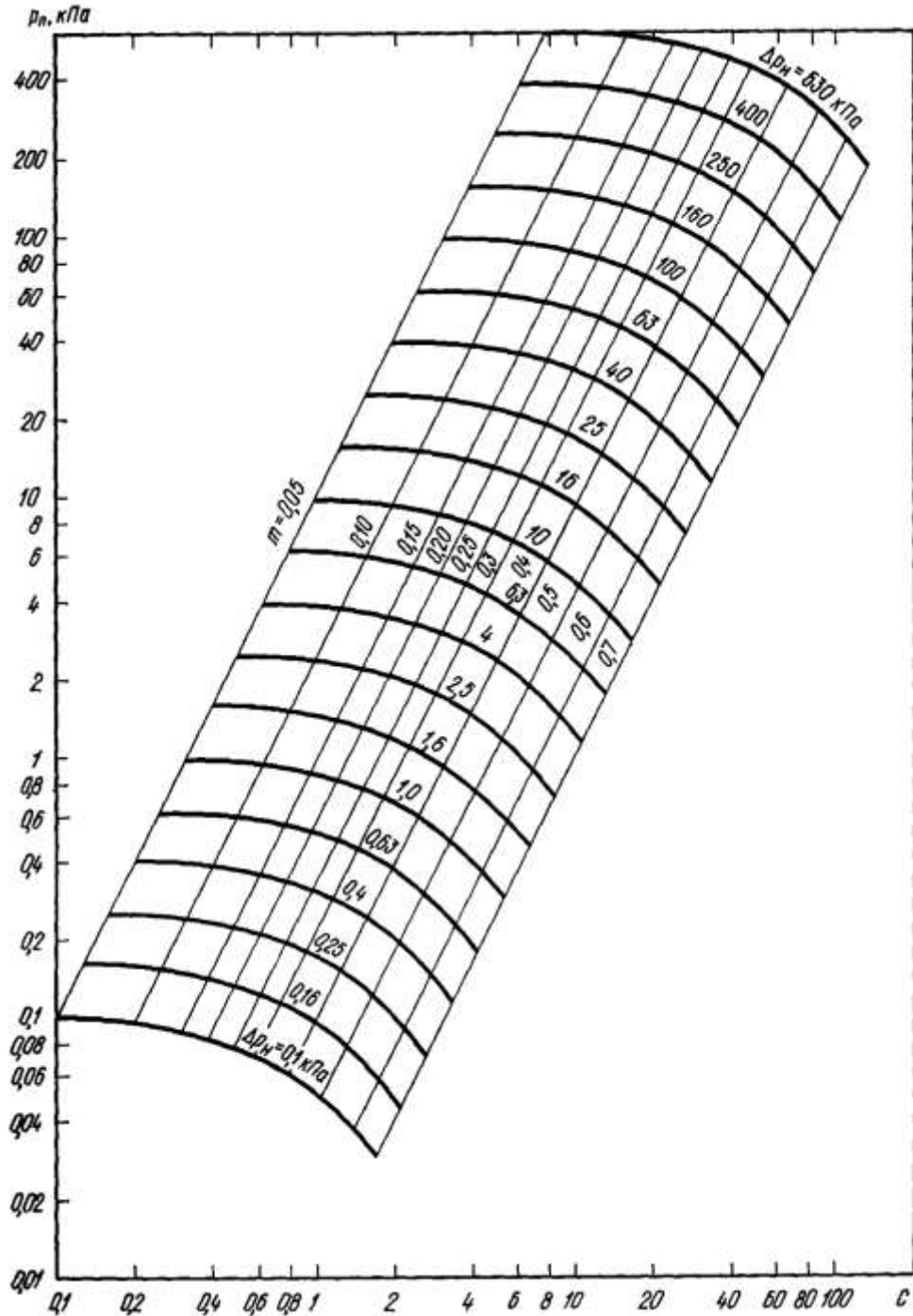
**Динамическая вязкость пара  $\mu \cdot 10^{-5}$  Па · с**

Температура, °C	Давление, МПа			
	0,098	0,49	0,98	1,96
160	1,46	1,44	16,95	16,97
170	1,50	1,48	15,85	16,87
180	1,54	1,52	1,51	14,95
190	1,58	1,56	1,54	14,10
200	1,63	1,61	1,60	13,40
210	1,66	1,65	1,63	12,75
220	1,71	1,70	1,67	1,68
240	1,79	1,78	1,77	1,75
250	1,82	1,81	1,80	1,78
260	1,86	1,85	1,84	1,83
270	1,90	1,90	1,89	1,88



7. По вычисленному значению  $C$ , округленному до трех значащих цифр, и расчетной допустимой потере  $p_{п.д}$  по номограмме (рис. 1.2) находим искомое значение  $\Delta p_H$  и приближенное значение  $m$ .

Если искомая точка расположена между двумя кривыми  $\Delta p_H$ , то принимают ближайшее меньшее значение  $\Delta p_H$ , а по нему при том же значении  $C$  находят  $m$ .



**Рис. 1.2.** Номограмма для определения предельного номинального перепада давления дифманометра  $\Delta p_H$  и модуля диафрагмы  $m$

8. Проверяем условие  $Re_{cp} > Re_{гр}$  и, если оно выполняется, расчет продолжаем. По табл. 1.4 находят  $Re_{гр}$  и сравнивают с  $Re_{cp}$ . Если  $Re_{cp} < Re_{гр}$ , то желательно изменить диаметр трубопровода или модуль  $m$  для уменьшения  $Re_{гр}$ .

$$Re_{cp} = 0,354 \frac{Q_{cp}}{D \cdot \mu}$$

Т а б л и ц а 1. 4

Граничные значения Рейнольдса для диафрагм, сопел и сопел Вентури

$m$	$Re_{гр} \cdot 10^4$		$m$	$Re_{гр} \cdot 10^4$	
	Диафрагмы	Сопла и сопла Вентури		Диафрагмы	Сопла и сопла Вентури
0,05	2	6	0,40	13	16,5
0,10	3	7	0,45	15,5	18
0,15	4	8	0,50	18,5	19
0,20	5,5	9	0,55	21	19,5
0,25	7	10,5	0,60	24	20
0,30	9	12	0,65	27	20
0,35	11	14	0,70	30	20

9. Определяем поправочный множитель  $\epsilon$  на расширение пара по номограмме, приведенной на рис.1.3.

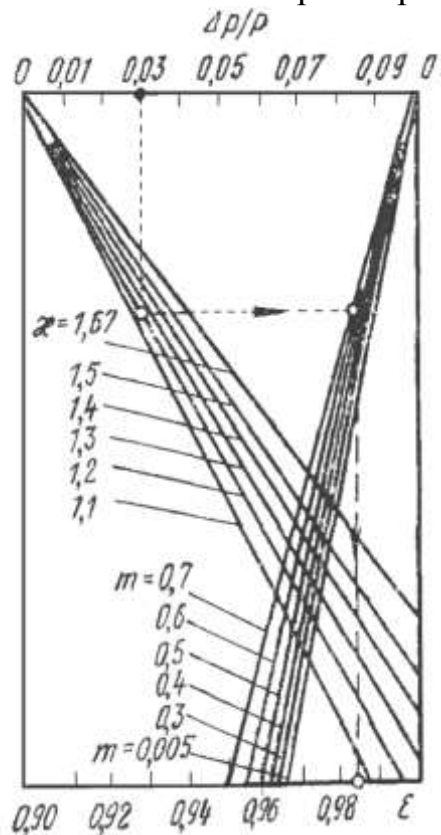


Рис. 1.3. Номограмма для определения поправочного множителя  $\epsilon$  на расширение измеряемой среды для диафрагм

Показатель адиабаты для пара в заданном диапазоне температур и давлений  $\chi=1,3\div 1,4$  (Считаем  $\Delta p_n/p=\Delta p/p$ ). Если  $\Delta p/p>0,1$ , то искать  $\varepsilon$  следует в [2] или принимать по  $\Delta p/p=0,1$  из рис.1.3.10. Вычисляем с четырьмя значащими цифрами вспомогательную величину  $m\alpha$  по выражению [4]:

$$m\alpha = \frac{3.13C}{\varepsilon\sqrt{\Delta p}}$$

$\Delta p$  – наибольший перепад давления в сужающем устройстве в Па, соответствующий  $Q_{np}$ . ( В нашем примере принимаем  $\Delta p = \Delta p_n$

11. Определяем модуль  $m$  и коэффициент расхода  $\alpha$  по величине  $m\alpha$  (табл. 1.5).

**Т а б л и ц а 1. 5**  
**Модуль  $m$  и коэффициент расхода  $\alpha$  для стандартной диафрагмы**

$m$	$D=50\text{мм}$		$D=100\text{ мм}$		$D=200\text{ мм}$		$D\geq 300\text{ мм}$	
	$\alpha$	$m\alpha$	$\alpha$	$m\alpha$	$\alpha$	$m\alpha$	$\alpha$	$m\alpha$
0,05	0,6126	0,03063	0,6090	0,03045	0,6041	0,03021	0,6008	0,03004
0,10	0,6162	0,06162	0,6118	0,06118	0,6069	0,06069	0,6034	0,06034
0,15	0,6219	0,09328	0,6169	0,09253	0,6117	0,09176	0,6084	0,09126
0,20	0,6293	0,1259	0,6238	0,1248	0,6183	0,1237	0,6150	0,1230
0,25	0,6385	0,1596	0,6325	0,1581	0,6267	0,1567	0,6238	0,1560
0,30	0,6492	0,1948	0,6428	0,1928	0,6368	0,1910	0,6340	0,1902
0,35	0,6617	0,2316	0,6550	0,2292	0,6488	0,2271	0,6459	0,2261
0,40	0,6764	0,2706	0,6695	0,2678	0,6631	0,2652	0,6600	0,2640
0,45	0,6938	0,3122	0,6863	0,3088	0,6798	0,3059	0,6764	0,3044
0,50	0,7134	0,3567	0,7056	0,3528	0,6987	0,3493	0,6930	0,3475
0,55	0,7355	0,4045	0,7272	0,4000	0,7201	0,3960	0,7160	0,3938
0,60	0,7608	0,4565	0,7521	0,4513	0,7445	0,4467	0,7398	0,4439
0,65	0,7909	0,5141	0,7815	0,5080	0,7733	0,5026	0,7679	0,4992
0,70	0,8270	0,5789	0,8169	0,5718	0,8079	0,5655	0,8019	0,5614

12. Определяем потерю давления на диафрагме по формуле:

$$P_{\Pi} \approx \Delta p(1 - m) \left( \frac{Q_{m.\max}}{Q_{np}} \right)^2.$$

13. Определяем по найденному значению  $m$  расчетный диаметр отверстия сужающего устройства в рабочих условиях:

$$d = D \sqrt{m}.$$

14. По найденному размеру  $d$  с учетом коэффициента линейного расширения материала диафрагмы  $K_t$ , найденного из рис. 1.1, определяем размер  $d_{20}$ :

$$d_{20} = d / K_t.$$

15. Производится проверка расчета по уравнению ( $\Delta p$  подставляется в Па):

$$Q_{\text{пр}} = 3,998 \cdot 10^{-3} \alpha \varepsilon \sqrt{\rho \Delta p}$$

16. Определяем погрешность расчета:

$$\delta = \frac{Q_{\text{пр}} - Q'_{\text{пр}}}{Q_{\text{пр}}} \cdot 100\%$$

Погрешность расчета  $\delta$  должна быть не более 0,2 %. В противном случае необходимо внести исправления в расчет.

17. Определяем необходимые длины прямых участков трубопровода до и после сужающего устройства, зависят от вида местных сопротивлений:

*Перед сужающим устройством*

Одно колено или тройник

$m$ .....	0,05	0,10	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
$L_1/D$ .....	10	10	13	16	20	28	40	53

Группа колен в одной плоскости или разветвляющийся поток

$m$ .....	0,05	0,10	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,6
$L_1/D$ .....	14	16	18	22	29	39	48	58

Группа колен в разных плоскостях или смешивающиеся потоки

$m$ .....	0,05	0,10	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
$L_1/D$ .....	34	34	38	43	52	62	74	90

Полностью открытый вентиль

$m$ .....	0,05	0,10	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
$L_1/D$ .....	18	18	19	22	26	32	40	49

Полностью открытая задвижка

$m$ .....	0,05	0,10	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
$L_1/D$ .....	12	12	12	14	16	20	26	40

Сходящийся или расходящийся конус (конусность 1:3)

$m$ .....	0,05	0,10	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
$L_1/D$ .....	16	16	18	20	23	26	30	32

Регулирующий клапан или неполностью открытые вентиль, задвижка  $L_1/D \geq 100$

*После сужающего устройства*

$m$ .....	0,05	0,10	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
$L_1/D$ .....	4	5	6	6,5	7	7,5	7,8	8



Выделение нескольких ячеек (стоящих друг за другом) осуществляется одинарным нажатием кнопки мыши и удерживая эту кнопку курсор смещают в сторону выделения нужных ячеек.

### Включить Excel.exe.

1. В ячейку A1 ввести  $\rho$  (плотность пара при рабочих условиях для своего варианта), в ячейку B1 – значение.

2. В ячейку A2 ввести  $\mu$  (динамическая вязкость пара определяется при рабочих условиях по варианту), в ячейку B2 – значение. Число  $\mu$  следует вводить в числовом формате. Например, в таблице  $1,48 \cdot 10^{-5}$ . Запишем **1,48E-5** или **0,0000185**.

3. В ячейку A3 ввести  $D_{20}$ , в ячейку B3 – значение.

4. В ячейку A4 ввести  $K_{тр}$  (поправочный множитель на тепловое расширение трубопровода), в ячейку B4 – значение.

5. В ячейку A5 ввести  $D$ . В ячейке B5 определим  $D$  при рабочих условиях **=B3\*B4**.

6. В ячейку A6 ввести  $Q_{м. max}$ , в B6 – значение.

7. В ячейку A7 ввести  $Q_{пр}$  (по ГОСТу), в B7 – значение.

8. В ячейку A8 ввести  $p$  ( в кПа), в B8 – значение.

9. В ячейку A9 ввести  $\beta$  (по варианту), в B9 – значение.

10. В ячейку A10 ввести  $p'_{пд}$ . В ячейке B10 определим его значение **=B8\*B9**.

11. В ячейку A11 ввести  $p_{пд}$ . В ячейке B11 определим его значение **=B10\*(B7/B6)^(2)**.

12. В ячейку A12 ввести  $C$ . В ячейке B12 определим его значение **=B7/(0,01252\*(B5^(2))\*КОРЕНЬ(число  $\rho$ ))**.

13. В ячейку A13 ввести  $\Delta p_n$  (из графика), в B13 – значение.

14. В ячейку A14 ввести  $m$  (из графика), в B14 – значение.

15. В ячейку A15 ввести  $\gamma$  (по варианту), B15 – значение.

16. В ячейку A16 ввести  $Q_{ср}$ . В ячейке B16 определим его значение **=B6\*B15**.

17. В ячейку A17 ввести  $Re_{ср}$ . В ячейке B17 определим его значение **=0,354\*B16/(B5\*B2)**.

18. В ячейку A18 ввести  $\Delta p_n / p$ . В ячейке B17 определим его значение **=B13/B8 ВНИМАНИЕ! B8 подставлять в кПа**.

19. В ячейку A19 ввести  $\varepsilon$  (из графика), в B19 – значение.

20. В ячейку A20 ввести  $та$ . В ячейке B20 определим его значение **=3,13\*B12/(B19\*КОРЕНЬ(число B13\*10))**. **ВНИМАНИЕ! B13 подставлять в Па**.

21. В ячейку A21 ввести  $m$  (из таблицы), в B21 – значение.

22. В ячейку A22 ввести  $\alpha$  (из таблицы), в B22 – значение.

23. В ячейку A23 ввести  $p_p$ . В ячейке B23 определим его значение **=B13\*(1-B21)\*(B6/B7)^(2)**.

24. В ячейку A24 ввести  $d$ . В ячейке B24 определим его значение **=B5\*КОРЕНЬ(B21)**.

25. В ячейку A25 ввести  $K_{t,cy}$  (по варианту), в B25 – значение.

26. В ячейку A26 ввести  $d_{20}$ . В ячейке B26 определим его значение **=B24/B25**.

27. В ячейку A27 ввести  $Q'_{пр}$ . В ячейке B27 определим его значение **=3,998\* 0.001\* B22\* B19\* B24^ (2)\* КОРЕНЬ (3,274) \* КОРЕНЬ (число B13)**. **ВНИМАНИЕ! B13** подставлять в Па.

28. В ячейку A28 ввести  $\delta$ . В ячейке B28 определим его значение **=(B7-B27)/B27\*100**. Полученное значение должно быть меньше **0,2%**.

## 6. Расчет и выбор регулятора

Дан объект двухъёмкостный, с самовыравниванием. В результате возмущения выходной параметр изменяется от начального  $V_0^c$  до конечного  $V_k^c$  значения. Полученные по результатам эксперимента постоянные времени  $T1$ ,  $T2$  и время транспортного запаздывания  $\tau_0$ , а также требования к технологическому процессу приведены в табл. 2.1.

В задаче необходимо рассчитать и построить кривую разгона; аппроксимировать графическим путем двухъёмкостный объект, заменив его звеном полного запаздывания  $\tau$  и апериодическим звеном первого порядка и определить динамические параметры  $\tau$  и  $T$ ; выбрать регулятор с простейшим законом регулирования и определить его настройки, обеспечивающие необходимые показатели качества регулирования.

Прежде чем приступить к решению задачи, необходимо прочитать лекции [2] разделы 1-5, обратив особое внимание на 3, 4, 5-й разделы.

Таблица 2.1

Исходные данные	Варианты									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Начальная температура сушильного агента по сухому термометру $V_0^C, ^\circ C$	60	62	64	66	68	70	72	74	76	78
Конечная температура сушильного агента по сухому термометру $V_K^C, ^\circ C$	61,1	63,2	65,3	67,4	69,5	71,4	73,3	75,2	77,1	79,3
Постоянная времени первой емкости $T_1, c$	85	88	93	95	98	101	103	105	107	109
Постоянная времени второй емкости $T_2, c$	140	155	170	185	200	215	225	205	195	175
Время транспортного запаздывания $\tau_0, c$	150	160	140	165	170	180	175	155	145	130
Возмущающее воздействие:										
- относительное $\mu_{отн.}$	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19	0,20	0,22
- максимальное $\mu_{max}, \%$	20	25	20	25	15	10	15	20	25	15
Максимальное допустимое динамическое отклонение регулируемой величины $X_1, ^\circ C$	0,5	1	1,1	1,2	1,3	0,9	0,65	0,6	0,7	0,8
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Допустимое остаточное отклонение регулируемой величины $r_{ст. зад}, ^\circ C$	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	0,95	0,85	0,75	0,65
Допустимое (предельное) время урегулирования (переходного процесса), $t_p, c$	450	400	440	430	420	410	400	460	470	480
Процесс регулирования апериодический	Да	-	-	Да	-	-	-	Да	-	-
Процесс регулирования с 20%-ным перерегулированием	-	Да	-	-	Да	-	Да	-	Да	-
Процесс регулирования с минимальной интегральной квадратичной оценкой качества регулирования	-	-	Да	-	-	Да	-	-	-	Да



### Порядок выбора регулятора

1. Двухъёмкостный объект с самовыравниванием описывается дифференциальным уравнением вида:

$$T_1 T_2 = \frac{d^2 \varphi}{dt^2} + (T_1 + T_2) \frac{d\varphi}{dt} + \varphi = K_{об} \mu_{t-\tau_0} \quad (2.1)$$

Решение этого уравнения будет:

$$\varphi = K_{об} \mu \left( 1 + \frac{T_1}{T_2 - T_1} e^{-\frac{t}{T_1}} - \frac{T_2}{T_2 - T_1} e^{-\frac{t}{T_2}} \right) \quad (2.2)$$

2. Определить конечное относительное изменение регулируемого параметра:

$$\varphi_{\kappa} = \frac{V_{\kappa^c} - V_{o^c}}{V_{o^c}} \quad (2.3)$$

3. Коэффициент передачи объекта

$$K_{об} = \frac{\varphi_{\kappa}}{\mu_{отн}} \quad (2.4)$$

4. По формуле (2.2), придавая времени  $t$  ряд последовательных значений, получим ряд точек, по которым строится, кривая разгона (рис. 2.1). Для построения пользуемся таблицей показательных функций  $y = e^{-x}$  (см. табл. 2.2).

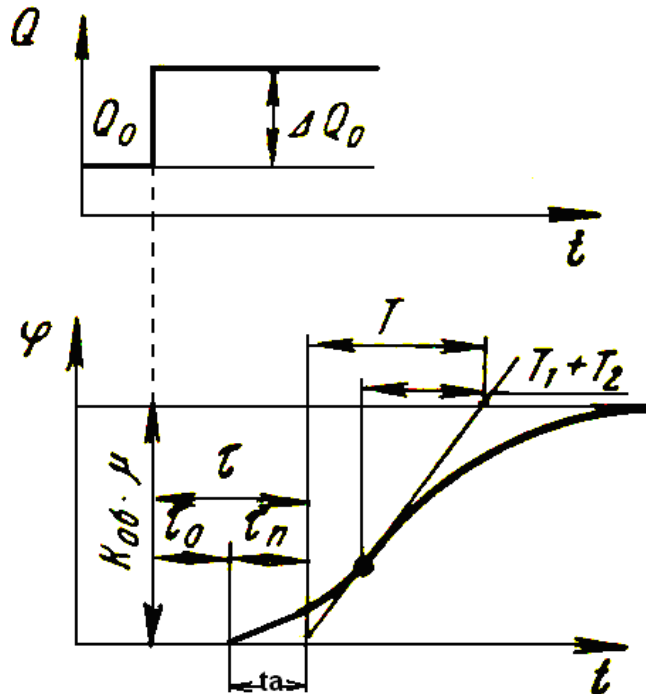


Рис.2.1. Типовая кривая разгона

Таблица значений показательной функции  $y = e^{-x}$ 

$x$	$y$	$x$	$y$	$x$	$y$	$x$	$y$
0,00	1,000	1,15	0,315	3,10	0,045	5,40	0,0045
0,05	0,951	1,20	0,301	3,20	0,041	5,50	0,0041
0,10	0,905	1,25	0,286	3,30	0,037	5,60	0,0037
0,15	0,861	1,30	0,272	3,40	0,033	5,70	0,0033
0,20	0,819	1,35	0,259	3,50	0,030	5,80	0,0030
0,25	0,779	1,40	0,247	3,60	0,027	5,90	0,0027
0,30	0,741	1,45	0,234	3,70	0,025	6,00	0,0025
0,35	0,705	1,50	0,223	3,80	0,022	6,10	0,0022
0,40	0,670	1,60	0,202	3,90	0,020	6,20	0,0020
0,45	0,637	1,70	0,183	4,00	0,018	6,30	0,0019
0,50	0,606	1,80	0,165	4,10	0,016	6,40	0,0017
0,55	0,577	1,90	0,149	4,20	0,015	6,50	0,0015
0,60	0,549	2,00	0,135	4,30	0,014	6,60	0,0014
0,65	0,522	2,10	0,122	4,40	0,012	6,70	0,0012
0,70	0,496	2,20	0,110	4,50	0,011	6,80	0,0011
0,75	0,472	2,30	0,100	4,60	0,010	6,90	0,0010
0,80	0,449	2,40	0,091	4,70	0,009	7,00	0,0009
0,85	0,427	2,50	0,082	4,80	0,008		
0,90	0,406	2,60	0,074	4,90	0,007		
0,95	0,387	2,70	0,067	5,00	0,0067		
1,00	0,368	2,80	0,061	5,10	0,0061		
1,05	0,350	2,90	0,055	5,20	0,0055		
1,10	0,333	3,00	0,049	5,30	0,0050		

5. Через граничную точку  $A$  прямолинейного участка наиболее крутой части кривой разгона проводим касательную и находим  $T$  и  $\tau$

6. Точнее точку  $A$  можно определить аналитически:

$$t_a = \frac{T_1 T_2}{T_2 - T_1} 2,3 \lg \frac{T_2}{T_1} \quad (2.5)$$

7. Определим отношение  $\tau / T$ :

- если  $\tau / T < 0,2$  выбираем регулятор релейный;
- если  $0,2 > \tau / T < 1,0$  выбираем регулятор аналоговый;
- если  $\tau / T > 1,0$  выбираем регулятор импульсный.

8. Определим размерный коэффициент передачи объекта в  $^{\circ}\text{C} / \% \text{ хода}$ :

$$K_{об} = K_{об} V_{\sigma} / 100 \quad (2.6)$$

9. Определим динамический коэффициент регулирования для случая заданного возмущающего воздействия:

$$R_{\text{д}} = \frac{X_1}{K'_{\text{об}} \mu\%} \quad (2.7)$$

10. По графикам [3, рис. 5.1] найдем, какие регуляторы удовлетворяют условиям  $\tau./ T, R_{\text{д}}$  и заданному оптимальному процессу регулирования.

11. По графику [3, рис. 5.2] определим величину отношения допустимого времени регулирования  $t_p$  к полному запаздыванию  $\tau$ , т. е.  $t_p/\tau$  и далее найдем необходимое время регулирования. Проверяем, какие регуляторы отвечают заданному  $t_p$  и выбираем регулятор простейшего типа (в последовательности П-, И-, ПИ-, ПИД-).

12. В случае выбора П-регулятора определяем величину остаточного отклонения:

$$\rho_{\text{ст}} = \frac{K'_{\text{об}} \mu\%}{1 + K_c} \quad (2.8)$$

где  $K_c$  - коэффициент передачи системы автоматического регулирования.  
Для процесса с 20%-ным перерегулированием

$$K_c = \frac{0,7}{\tau/T}$$

Для апериодического процесса

$$K_c = \frac{0,3}{\tau/T}$$

Для процесса с минимальной интегральной квадратичной оценкой

$$K_c = \frac{1}{\tau/T}$$

Для П-регулятора  $\rho_{\text{ст}} = \rho_{\text{ст}\cdot\text{зад}}$ .

13. Определить  $\rho_{\text{ст}}$  по графикам [3, рис. 5.8a] и сравнить с данными, полученными по формулам (2.8).

14. Если условие (2.12) не выполняется, выбираем следующий тип регулятора с более сложным, законом регулирования. Для выбранного регулятора определяем необходимые значения настроек регулятора для заданного оптимального процесса регулирования по формулам, изложенным в таблице 5.2 [3].

15. Из приложений 1 и 2 выбрать промышленный тип регулятора.

## Методика решения задачи при помощи Excel

### Включить Excel.exe.

1. В ячейку A1 ввести  $V_0^c$  (начальное значение параметра для своего варианта), в ячейку B1 – значение.
  2. В ячейку A2 ввести  $V_k^c$  (конечное значение параметра для своего варианта), в ячейку B2 – значение.
  3. В ячейку A3 ввести  $\varphi_k$  (конечное относительное изменение регулируемого параметра при  $t = \infty$ ,  $\varphi_k = K_{об} \cdot \mu$ ). В ячейке B3 определим его значение  $= (B2-B1)/B1$ .
  4. В ячейку A4 ввести  $\mu_{отн}$  (относительное возмущение), в ячейку B4 – значение.
  5. В ячейку A5 ввести  $K_{об}$  (относительный коэффициент передачи объекта). В ячейке B5 определим его значение.  $=B3/B4$ .
  6. В ячейку A6 ввести  $T_1$ , (для своего варианта), в ячейку B6 – значение.
  7. В ячейку A7 ввести величину  $T_2$  (для данного варианта). В ячейку B7 - его значение.
  8. В ячейку A8 ввести величину  $t_k$  предел изменения выходной величины. В ячейке B8 определим его значение  $=3*(B6+B7)$ .
  9. В ячейку A9 ввести величину  $t$ , в ячейку B9 – значение (текущие значения времени. Например, 0, 5, 10, 20, 40, 80, 100, 150, 200, ..... >  $t_k$ ).
  10. В ячейку A10 ввести величину  $\varphi$ . В ячейке B10 определим его значение  $=B\$3*(1+B\$6/(B\$7-B\$6)*EXP(-B9/B\$6))-B\$7/(B\$7-B\$6)*EXP(-B9/B\$7)$ .
- Построить график функции  $\varphi = f(t)$ :**
- выделить диапазон значений  $t$  и  $\varphi$ , начиная с B10 и B11 и до конца значений;
  - щелкнуть пиктограмму **Мастер диаграмм**;
  - 1-ом шаге мастера диаграмм выбрать **Стандартные — Точечные — Далее — Вид**;
  - во 2-ом шаге **Готово**.
11. В ячейку A11 ввести величину  $t_a$ . В ячейке B11 определим его значение  $=B6*B7/(B7-B6)*(2,3*LOG(B7/B6;10))$ .
  12. В ячейку A12 ввести величину  $\tau_0$  (транспортное запаздывание), в ячейку B12 - его значение.
  13. В ячейку A13 ввести величину  $\tau_{п}$  (переходное запаздывание, находится из графика), в ячейку B 13 - его значение.
  14. В ячейку A14 ввести величину  $\tau$  (общее запаздывание). В ячейке B14 определим его значение  $=B10+B11$ .
  15. В ячейку A15 ввести величину  $K'_{об}$ . В ячейке B15 определим его значение  $= (B5*B1)/100$ .
  16. В ячейку A16 ввести величину  $X_1$ , в ячейку B16 - его значение.
  17. В ячейку A17 ввести величину  $\mu\%_{макс}$  (максимальное возмущающее воздействие), в ячейку B17 - его значение.
  18. В ячейку A18 ввести величину  $R_d$  (динамический коэффициент регулирования). В ячейке B18 определим его значение  $= B16/(B15*B17)$ .

Далее продолжить выбор регулятора и его настроек.

## 7. Расчет и выбор регулирующего органа

Регулирующие органы (РО) являются составной частью регуляторов. Они предназначены для изменения расхода вещества (или энергии), отводимого или подводимого к объекту регулирования. РО представляют собой переменные гидравлические сопротивления, устанавливаемые в трубопроводе. Дросселирование протекающего потока осуществляется при изменении проходного сечения дроссельного органа с помощью затвора. Каждому значению расхода среды соответствует определенное положение затвора.

Различают теоретические и рабочие статические характеристики РО. Теоретическая характеристика строится при постоянном перепаде давления на клапане, а рабочая – при переменном перепаде. Регулирующие клапаны выпускаются с линейными и равнопроцентными (логарифмическими) статическими характеристиками. Рабочая характеристика отличается от теоретической тем, что если теоретическая характеристика регулирующего клапана линейна, то рабочая будет существенно нелинейной.

Регулирующие клапаны работают нормально, если пределы регулирования составляют от 10 до 90 % от значения коэффициента пропускной способности клапана. Чем больше рабочий ход затвора, тем более плавно происходит регулирование. Поэтому задачей расчета является выбор клапана, максимальный условный коэффициент пропускной способности которого меньше всего отличается от максимального коэффициента пропускной способности РО, найденного расчетом.

Студент производит расчет и выбор РО для случая регулирования расхода пара с учетом влияния трубопроводной сети для известной системы. Исходные данные приведены в табл. 3.1.

### *Порядок расчета и выбор регулирующего органа*

1. Определяем  $\rho$  и  $\mu$  при рабочих условиях по табл. 1.2 и 1.3 соответственно.
2. Определяем число Рейнольдса, отнесенное к диаметру трубопровода при  $G_{\min}$ . Расчет продолжают при условии  $Re \geq 2000$ .

$$Re = 0,361 \frac{G_{\min}}{D \cdot \mu}$$

**ВНИМАНИЕ!** Во всех случаях, если особо не оговаривается, следует подставлять значения в тех единицах измерения, как они указаны в исходных данных.

3. Определяем коэффициент трения  $\lambda$  для данного  $Re$ . Считаем, что трубопровод изготовлен из стальных труб (бесшовных и сварных). В зависимости от материала, вида и состояния трубы находится значение эквивалентной абсолютной шероховатости  $K_{\Sigma}$  по табл. 3.2.

Таблица 3.1

Исходные данные	Варианты задания									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Внутренний диаметр паропровода $D$ мм	125	100	80	150	65	200	50	200	40	80
Абсолютное давление пара на входе $p_0$ , кПа	588	686	392	480	490	600	700	450	784	690
Максимальный расход пара $G_{\text{МАХ}}$ , кг/ч	3350	2100	690	4000	710	7200	750	8950	290	1000
Длина паропровода до РО $L_1$ , м	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36
Местные сопротивления до РО:										
- резкие повороты ( $n_1$ поворотов под углом $\alpha^\circ$ )	1-90	2-80	3-70	3-60	2-50	1-40	1-30	2-35	3-45	1-55
- конфузور под углом	80	70	60	50	40	30	35	45	55	65
Минимальный расход пара $G_{\text{МИН}}$ , кг/ч	2000	1600	220	2100	160	4600	430	5600	370	480
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Температура пара $t_1$ , °C	170	240	200	180	250	260	190	230	220	210
Длина паропровода после РО $L_2$ , м	34	42	32	40	32	26	28	18	20	24
Абсолютное давление на выходе $p_K$ , кПа	260	200	205	215	225	240	250	230	220	210
Трубы паропровода	Бесшовн. чист. нов.	Бесшовн. нов.	Сварные после экспл.	Сварные с коррозией	Сварные заржавлен.	Оцинкован. новые чист.	Оцинков. посл. экспл.	Бесшовн. чист. нов.	Сварн. старые	Сварные зарж.
$\sigma$ Давление $p_2$ после РО: $p_2 = p_1 - \sigma \cdot (p_0 - p_K)$	0,35	0,34	0,33	0,32	0,31	0,36	0,37	0,38	0,39	0,40
Местные сопротивления до РО:										
- резкие повороты ( $n_2$ поворотов под углом $\alpha^\circ$ )	1-90	2-80	3-70	3-60	2-50	1-40	1-30	2-35	3-45	1-55
- диффузор под углом	80	70	60	50	40	30	35	45	55	65

Значение эквивалентной абсолютной шероховатости  $K_{\text{э}}$ , мм

Материал и вид трубы	Состояние трубы	$K_{\text{э}}$ , мм
Бесшовные стальные	Новые и чистые, тщательно уложенные После нескольких лет эксплуатации	0,014
		0,2
Стальные сварные	Новые и чистые С незначительной коррозией Умеренно заржавевшие Старые заржавевшие Сильно заржавевшие	0,05
		0,15
		0,50
		1,0
		3,0
Оцинкованные	Новые и чистые, тщательно уложенные После нескольких лет эксплуатации	0,15
		0,50

$$\lambda = 0,11 \left( \frac{K_{\text{э}}}{D} + \frac{68}{\text{Re}} \right)^{0,25}.$$

Значение коэффициента трения лежит в пределах  $\lambda = 0,010 \dots 0,045$ .

4. Определяем суммарную длину паропровода

$$L = L_1 + L_2.$$

5. Определяем среднюю скорость в м/с в паропроводе при  $G_{\text{max}}$

$$W = \frac{4G_{\text{max}}}{\pi D^2 3600 \rho}.$$

где  $D$  - диаметр паропровода, м;  $\rho$  - плотность пара при  $t_1$  и  $p_0$ .

6. Определяем потери давления на трение в кПа в прямых участках паропровода при  $G_{\text{max}}$ :

$$\Delta p_n = \lambda \frac{L}{D} \frac{W^2 \rho}{2g} \cdot 0,0098$$

где  $D$  - диаметр паропровода, м.

7. Определяем потери давления в местных сопротивлениях паропровода при  $G_{\text{max}}$ :

$$\Delta p_m = (\zeta_{\text{вход}} + n_1 \zeta_{\alpha^\circ} + \zeta_{\text{конф.}\varphi^\circ} + n_2 \zeta_{\alpha^\circ} + \zeta_{\text{задв}} + \zeta_{\text{диф.}\varphi^\circ} + \zeta_{\text{вых}}) \cdot W^2 \rho / 2g \cdot 0,0098,$$

где  $n_1$ - и  $n_2$  - число поворотов под углом  $\alpha^\circ$  до РО и после РО соответственно;  $\zeta_{\text{вход}} = 0,5$ ;  $\zeta_{\text{вых}} = 1,0$ ;  $\zeta_{\text{задв}} = 0,08$ . Значения коэффициентов сопротивлений см. в табл. 3.3.

8. Определяем суммарные потери давления в паропроводе без регулирующего органа:

$$\Delta p_{T \max} = \Delta p_n + \Delta p_m.$$

Т а б л и ц а 3.3

**Значения коэффициентов сопротивлений**

Наименование сопротивления	Углы поворотов труб и конических переходов						
	30	40	50	60	70	80	90
Резкий поворот	0,20	0,30	0,40	0,55	0,70	0,90	1,10
Конфузор	0,24	0,28	0,31	0,32	0,34	0,35	-
Диффузор	0,73	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	-

9. Определяем суммарные потери (напор) с регулирующим органом:

$$\Delta p_c = p_0 - p_k.$$

10. Определяем потери давления на трение и местные сопротивления до РО:

$$\Delta p_{n1} = \lambda \frac{L_1 W^2 \rho}{D 2g} \cdot 0,0098$$

$$\Delta p_{m1} = (\zeta_{\text{вход}} + n_1 \zeta_{\alpha^\circ} + \zeta_{\text{конф}} \cdot \varphi^\circ) \cdot W^2 \rho / 2g \cdot 0,0098$$

11. Определяем давление пара на входе в регулирующий орган  $p_1$  и на выходе  $p_2$ :

$$p_1 = p_0 - (\Delta p_{n1} + \Delta p_{m1});$$

$$p_2 = p_1 - \sigma (p_0 - p_k).$$

12. Определяем критический перепад давления:

$$\Delta p_{кр} = p_1 / 2$$

13. Определяем перепад давления на РО:

$$\Delta p_{min} = \Delta p_c - \Delta p_{T \max}.$$

14. Определяем режим течения пара из условия:

а)  $\Delta p_{min} < \Delta p_{кр}$  – докритический режим;

б)  $\Delta p_{min} \geq \Delta p_{кр}$  – критический режим.

15. Определяем условную пропускную способность РО в м<sup>3</sup>/ч в зависимости от истечения пара:

а) для докритического режима



$$K_{v \max} = \frac{G_{\max}}{33} \sqrt{\frac{v_2}{\Delta p_{\min} \cdot 0,0102}} ;$$

б) для критического режима

$$K_{v \max} = \frac{G_{\max}}{23,4} \sqrt{\frac{v_1}{p_1 \cdot 0,0102}} ;$$

где  $v_2$  - удельный объем пара в м<sup>3</sup>/кгс при  $t_1$  и  $p_2$ ;

$v_1$  - удельный объем пара в м<sup>3</sup> кгс при  $t_1$  и  $p_1$ ;

Для примера  $v_2$  можно определить по табл. 3.4.

16. Определяем расчетное значение пропускной способности  $K'_{v \max}$ , приняв значение коэффициента запаса  $\eta = 1,1 \dots 1,2$

$$K'_{v \max} = \eta K_{v \max}.$$

17. По полученному значению  $K_{v \max}$  выбираем РО соответствующего типа из условия  $K_{vy} \geq K'_{v \max}$ . РО выбирается из справочников, для примера из табл. 3.5.

18. Определяем пропускную способность трубопроводной линии по формуле, соответствующей докритическому режиму течения:

$$K_{v \tau} = \frac{G_{\max}}{33} \sqrt{\frac{v_2}{\Delta p_{\tau} \cdot 0,0102}} .$$

где  $v_2$  – удельный объем пара при  $P_2$  и  $t_1$ , м<sup>3</sup>/кгс.

19. Определяем отношение  $\Delta p_{\tau \max}$  к потерям давления в регулирующем органе  $\Delta p_{\min}$  при  $G_{\max}$  по формуле

$$n = \frac{K_{vy}}{K_{vm}} .$$

20. Определяем максимальный и минимальный относительные расходы:

а) определяем предварительное значение максимального относительного расхода пара:

$$q^{\text{пр}}_{\max} = \frac{K_{v \max}}{K_{vy}}$$

Таблица 3.4

Удельный объем пара  $v$ 

$p$ кПа	Температура $t$ °C									
	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260
196	1,0085	1,0326	1,0570	1,0800	1,104	1,128	1,152	1,175	1,199	1,222
245	0,8038	0,8233	0,8427	0,8620	0,8812	0,9004	0,9194	0,9384	0,9574	0,9763
294	0,6674	0,6838	0,7002	0,7164	0,7325	0,7486	0,7646	0,7805	0,7964	0,8123
343	0,5704	0,5817	0,5988	0,6128	0,6268	0,6407	0,6543	0,6683	0,6820	0,6956
392	0,4967	0,5094	0,5219	0,5343	0,5466	0,5588	0,5710	0,5831	0,5952	0,6072
441	0,4490	0,4514	0,4626	0,4738	0,4849	0,4959	0,5067	0,5176	0,5283	0,5570
490	0,3942	0,4046	0,4148	0,4250	0,4350	0,4450	0,4548	0,4646	0,4744	0,4841
539	0,3569	0,3665	0,3759	0,3852	0,3944	0,4036	0,4126	0,4216	0,4305	0,4394
588	0,3258	0,3347	0,3434	0,3521	0,3606	0,3690	0,3774	0,3857	0,3939	0,4021
637	0,2994	0,3078	0,3160	0,3240	0,3320	0,3398	0,3476	0,3353	0,3629	0,3705
686	0,2768	0,2847	0,2924	0,2999	0,3074	0,3147	0,3220	0,3292	0,3363	0,3434
735	0,2572	0,2646	0,2719	0,2791	0,2861	0,2930	0,2998	0,3066	0,3133	0,3200
784	0,2411	0,2471	0,2540	0,2608	0,2675	0,2740	0,2805	0,2869	0,2932	0,2995

Таблица 3.5

Условная пропускная способность  $K_{vy}$

Типы регулирующих клапанов	Проходы условные D, мм											
	25	32	40	50	65	80	100	125	150	200	250	300
Двухседельные средних расходов	4	6,3	10	16	25	40	63	100	160	250	400	630
	6,3	10	16	25	40	63	100	160	250	400	630	1000
	10	16	25	40	63	100	160	250	400	630	1000	160
Односедельные средних расходов и трехходовые	3,2	5	8	12	20	32	50	80	125	200	-	-
	5	8	12	20	32	50	80	125	200	320	-	-
	8	12	20	32	50	80	125	200	300	500	-	-
Диафрагмовые	8	12,5	20	32	50	80	125	200	300	500	-	-
Шланговые	32	50	80	125	200	320	600	800	1250	2000	3200	5000

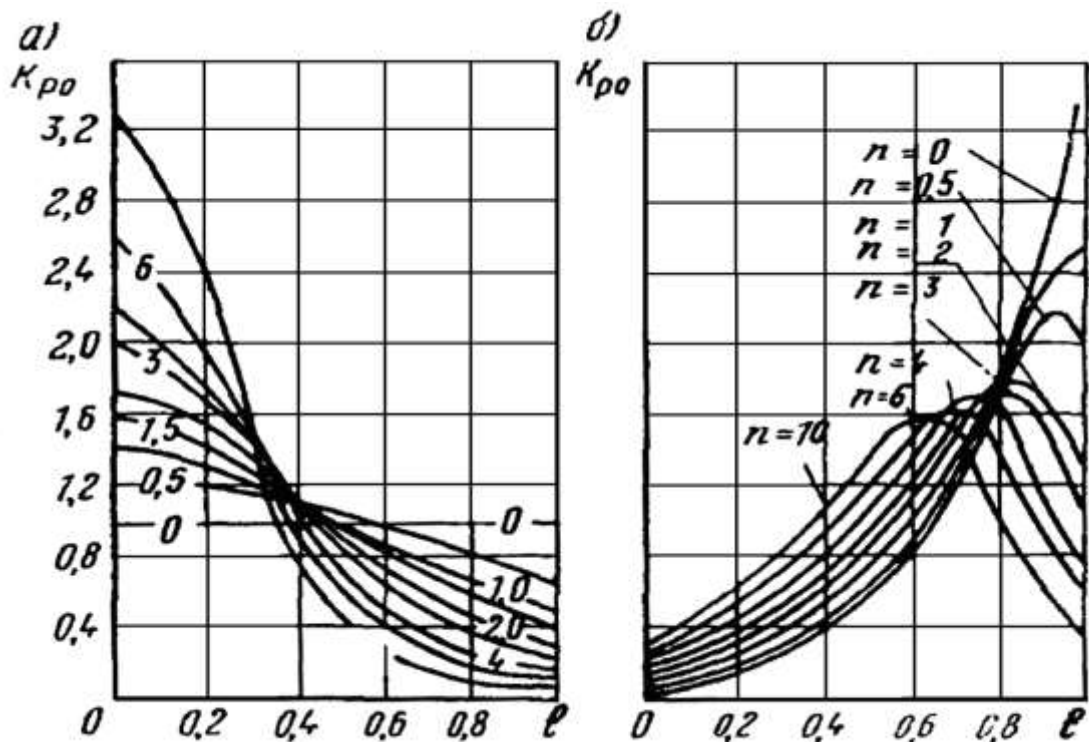


Рис. 3.2. Коэффициенты передачи регулирующих органов с пропускной характеристикой: а) линейной; б) равнопроцентной

д) По графикам на рис. 3.2, а и 3.2, б определяем максимальные и минимальные значения коэффициента передачи РО для принятого диапазона нагрузки и находим отношение  $K_{POmin}/K_{POmax}$  для равнопроцентной и линейной пропускных характеристик. РО выбираем с наибольшим отношением коэффициентов передачи.

### Методика решения задачи в Excel

1. В ячейку А1 ввести  $\rho$  (плотность пара при рабочих условиях для своего варианта), в ячейку В1 – значение.

2. В ячейку А2 ввести  $\mu$  (динамическая вязкость пара определяется при рабочих условиях по варианту), в ячейку В2 – значение. Число  $\mu$  следует вводить в экспоненциальном формате. Например, в таблице  $1,48 \cdot 10^{-5}$ . Запишем **1,48E-5 (или 0,0000148)**.

3. В ячейку А3 ввести  $D$  (по варианту), в ячейку В3 – значение.

4. В ячейку А4 ввести  $G_{min}$  (по варианту), в ячейку В4 – значение.

5. В ячейку А5 ввести  $Re$ , в ячейке В5 определить его значение = **0,361\*В4/(В3\*В2)**.

6. В ячейку А6 ввести  $K_3$ , в ячейку В6 – значение (по варианту из таблицы 3.2).

7. В ячейку А7 ввести  $\lambda$ , в ячейке В7 определить его значение = **0,11\*(В6/В3+68/В5)^(0,25)**.

8. В ячейку А8 ввести  $L_1$ , в ячейку В8– значение (по варианту).

9. В ячейку А9 ввести  $L_2$ , в ячейку В9 – значение (по варианту).

10. В ячейку А10 ввести  $L$ , в ячейке В10 определить его значение = **В8+В9**.

11. В ячейку А11 ввести  $G_{mvx}$ , в ячейку В11 – значение (по варианту).

12. В ячейку A12 ввести  $W$ , в ячейке B12 определить его значение  $=4*B11/(PI()*B3^{(2)*3600*B1})*1000000$ .
13. В ячейку A13 ввести  $g$ , в ячейку B13 — его значение **9,81**.
14. В ячейку A14 ввести  $\Delta p_{п}$ , в ячейке B14 определить его значение  $=B7*B10*B12^{(2)*B1*0,0098*1000/(B3*2*B13)}$ .
15. В ячейку A15 ввести  $\xi_{вход}$ , в ячейку B15 — значение.
16. В ячейку A16 ввести  $n_1 \xi_{\alpha^{\circ}}$ , в ячейку B16 — значение (по варианту из таблицы 3.3).
17. В ячейку A17 ввести  $\xi_{конф \cdot \varphi}$ , в ячейку B17 — значение (по варианту из таблицы 3.3).
18. В ячейку A17 ввести  $n_2 \xi_{\alpha^{\circ}}$ , в ячейку B18 — значение (по варианту из таблицы 3.3).
19. в ячейку A19 ввести  $\xi_{завд}$ , в ячейку B19 — значение.
20. В ячейку A20 ввести  $\xi_{диф. \varphi}$ , в ячейку B20 — значение (по варианту из таблицы 3.3).
21. В ячейку A21 ввести  $\xi_{вых}$ , в ячейку B21 — значение.
22. В ячейку A22 ввести  $\Delta \rho_m$ , в ячейке B22 определить его значение  $=(B14+B15+B16+B17+B18+B19+B20)*B12^2*B1*0,0098/(2*B13)$ .
22. В ячейку A22 ввести  $\Delta p_{Tmax}$ , в ячейке B22 определить его значение  $=B13+B21$ .
23. В ячейку A23 ввести  $p_0$ , в ячейку B23 — значение (по варианту).
24. В ячейку A24 ввести  $p_k$ , в ячейку B24 — значение (по варианту).
25. В ячейку A25 ввести  $\Delta p_c$ , в ячейке B25 определить его значение  $=B23-B24$ .
26. В ячейку A26 ввести  $\Delta p_{п1}$  (потери давления на трение до РО), в ячейке B26 определить его значение  $=B7*(B8/B3)*(B12^{(2)*B1})/(2*9,81)*0.0098*1000$ .
27. В ячейку A27 ввести  $\Delta p_{м1}$  (потери давления на местные сопротивления до РО), в ячейке B27 определить его значение  $=(B14+B15+B16)*(B12^{(2)*B1})/(2*9,81)*0,0098$ .
28. В ячейку A28 ввести  $p_1$ , в ячейке B28 определить его значение  $=B23-(B26+B27)$ .
29. В ячейку A29 ввести  $\sigma$ , в ячейку B29 — значение (по варианту).
30. В ячейку A30 ввести  $p_2$ , в ячейке B30 определить его значение  $=B28-B29*(B23-B24)$ .
31. В ячейку A31 ввести  $\Delta p_{кр}$ , в ячейке B31 определить его значение  $=B28/2$ .
32. В ячейку A32 ввести  $\Delta p_{min}$ , в ячейке B32 определить его значение  $=B25-B22$ .
33. В ячейку A33 ввести  $v_2$ , в ячейку B33 — значение (по варианту из таблицы 3.4 при рабочих условиях  $t_1$  и  $p_2$ ).
33. В ячейку A33 ввести  $v_1$ , в ячейку B33 — значение (по варианту из таблицы 3.4 при рабочих условиях  $t_1$  и  $p_1$ ).
34. В ячейку A34 ввести  $K_{v \max \dots \text{док}}$ , в ячейке B34 определить его значение (для докритического режима)  $=(B11/33)*КОРЕНЬ(B32/(B28*0.0102))$ .
35. В ячейку A35 ввести  $K_{v \max \dots \text{кр}}$ , в ячейке B35 определить его значение (для критического режима)  $=B11/23.4*КОРЕНЬ(B33/(B28*0.0102))$ .
36. В ячейку A36 ввести  $K'_{v \max}$ , в ячейке B36 определить его значение с учетом коэффициента запаса (1,1...1,2 по усмотрению)  $=1,2*B35$ .

37. В ячейку A37 ввести  $K_{vy}$ , в ячейке B37 определить его значение из условия  $K_{vy} \geq K'_{vmax}$  по таблице 3.5.

38. В ячейку A38 ввести  $K_{vt}$ , в ячейке B38 определить его значение  $=B11/33 * \text{КОРЕНЬ}(B32/(B22*0.0102))$ .

39. В ячейку A39 ввести  $n$ , в ячейке B39 определить его значение  $= B37/B38$ .

40. В ячейку A40 ввести  $q^{np}_{max}$ , в ячейке B40 определить его значение  $= B35/B37$ .

41. В ячейку A41 ввести  $q_{max}$ , в ячейке B41 определить его значение по графику рис.3.1, а).

42. В ячейку A42 ввести  $q_{min}$ , в ячейке B42 определить его значение  $=B41*(B4/B11)$ .

43. Значения пп. 20 г и д находим по графикам рис. 3.1 а, б и 3.2 а, б.

## 8. Выбор аппаратов управления, защиты и сечения проводов

В задаче требуется выбрать аппараты управления, защиты и сечения проводов схемы электропитания системы автоматизации, приведенной на рис. 4.1.



Рис.4.1. Принципиальная электрическая схема питания

## Исходные данные к задаче 4

Номера линий	Варианты задания (токоприемники)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>1. Двигатель силовой</b>										
Мощность кВт	13	17	4,5	5,5	7,5	10	13	17	22	17
Номинальный ток А	25,3	32,7	8,3	11,1	14,8	19,7	25	32,6	41,2	32,5
<b>2. Двигатель силовой</b>										
Мощность кВт	4	3	17	13	17	13	10	7,5	2,2	5,5
Номинальный ток А	8,3	6,5	32,7	25,3	32,6	25	19,7	14,8	4,9	11,1
<b>4. Привод СА*</b>										
Мощность Вт	400	750	300	585	250	550	450	400	585	102
<b>5. Регуляторы</b>										
Мощность Вт	40	50	45	50	40	50	40	50	45	70
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
<b>6. Приборы</b>										
Мощность Вт	40	20	60	30	25	16	60	25	50	35
<b>7. Приборы</b>										
Мощность Вт	30	40	40	30	40	16	50	40	60	55
<b>8. Включено: реле</b>	11	12	8	15	10	9	13	14	10	7
Мощность реле** Вт	110	120	80	150	100	90	130	140	100	70
лампы	10	8	12	10	15	8	12	15	11	13
Мощность ламп** Вт	100	80	120	100	150	80	120	150	110	130
В линии 8 одновре-										
менно работают:	6	7	4	8	5	3	9	7	5	3
реле	5	4	6	5	8	3	7	8	6	7
лампы										
Одновременно вклю-	3	3	2	2	2	2	3	3	1	2
чаются реле лампы	2	2	2	1	3	2	4	1	3	4

\* СА – Системы автоматизации

\*\* Общая мощность числа реле и ламп в линии

От шин распределительного щита получают питание силовая сборка задвижек и щит питания. К силовой сборке задвижек и к щиту питания подключены электроприемники, технические характеристики которых приведены в табл. 4.1. для соответствующего варианта. Все электроприемники установлены в щитах, которые находятся в помещении с нормальной средой.

Электропроводку выполнить проводами с алюминиевыми или медными жилами (по выбору), проложенными в защитных трубах.

Перед решением задачи необходимо прочитать по [1] раздел 6-й с. 170-204, особенно обратив внимание на главы 6-5,6-6,6-7.

1. Определить длительные и кратковременные расчетные токи линий. Если известны номинальные мощности и напряжения электроприемников, то их номинальные токи могут быть определены по следующим соотношениям:

– для трехфазных электроприемников переменного тока

$$I = 1000N/1,73 U_n \cos\varphi\eta ;$$

– для однофазных электроприемников, присоединенных к одной фазе сети трехфазного тока

$$I = 1000N/ U_{н.ф};$$

– для электроприемников постоянного тока

$$I = 1000P/ U_n$$

где  $N$  ( $P$ ) – номинальная мощность электроприемника, или группы, кВА (кВт);  $U_n(U_{н.ф})$  – номинальное напряжение электроприемника, В;

$\cos\varphi$  – коэффициент мощности (для двигателей привода задвижек 0,88-0,90);  $\eta$  – КПД электродвигателя 0,7 – 0,85.

Кратковременные токи определяются для линий, в которые включены электродвигатели по формуле

$$I_{кр} = I_{пуск} = I_{длит} \cdot K_{п},$$

$K_{п}$  – кратность пускового тока для приводов на базе асинхронных двигателей равна 7.

2. По размеру расчетных токов линии произвести выбор аппаратов управления и защиты согласно рис. 4.1, а для линии 1 и 2 также выбрать магнитные пускатели.

## 9. Выбор рубильников, пакетных выключателей, тумблеров производится:

а) по номинальному напряжению сети

$$U_n > U_{н.сети},$$



где  $U_n$  номинальное напряжение рубильника, пакетного выключателя, тумблера, В;  
 $U_{н\cdot\text{сети}}$  – номинальное напряжение сети, В.

б) по длительному расчетному току цепи

$$I_n \geq I_{\text{длит}},$$

где  $I_n$  – номинальный ток аппарата, А;  $I_{\text{длит}}$  – длительный расчетный ток цепи, А.  
По таблицам 6-1, 6-2 [1] или по приложению ? выбираем тип выключателя.

## 10. Выбор магнитных пускателей производится:

а) по номинальному напряжению сети

$$U_{н\ \text{пуск}} = U_{н\cdot\text{сети}}$$

где  $U_{н\ \text{пуск}}$  – номинальное напряжение катушки пускателя, В.

б) по мощности электродвигателя исполнительного механизма (задвижки).

В таблицах 6-8, 6-9 [1] или в приложении ? приведены некоторые типы пускателей ПМЕ и наибольшие мощности управляемых ими электродвигателей.

## 11. Выбор предохранителей

В схемах электропитания систем автоматизации применяются предохранители с малой тепловой инерцией, которые выбираются по следующим условиям:

а) по номинальному напряжению сети

$$U_{н\ \text{пред}} \geq U_{н\cdot\text{сети}},$$

где  $U_{н\ \text{пред}}$  – номинальное напряжение предохранителя, В;

б) по длительному расчетному току линии

$$I_{н.\ \text{вст}} \geq I_{\text{длит}},$$

где  $I_{н.\ \text{вст}}$  – номинальный ток плавкой вставки, А.

В цепях управления и сигнализации плавкие вставки выбираются по соотношению

$$I_{н.\ \text{вст}} \geq \Sigma I_p + 0,1 \Sigma I'_в$$

где  $\Sigma I_p$  – наибольший суммарный ток, потребляемый катушками аппаратов, сигнальными лампами при одновременной работе, А;

$I'_в$  – наибольший суммарный ток, потребляемый при включении одновременно срабатываемых аппаратов, А.

**Пример.** Допустим, что в цепи одновременно работают 5 реле и 5 ламп. Ток через реле  $I = 0,046$  А; ток через лампу  $I = 0,046$  А. Тогда

$$\Sigma I_p = 0,046 \cdot 5 + 0,046 = 0,46 \text{ А.}$$

Одновременно могут быть включены 2 реле и 2 лампы.

Тогда

$$\Sigma I'_{\text{в}} = 0,046 \cdot 2 + 0,046 \cdot 2 = 0,184 \text{ А.}$$

По формуле

$$I_{\text{н. вст}} \geq 0,46 + 0,184 \geq 0,48 \text{ А.}$$

На с. 181 [1] выбираем тип предохранителя: ППТ, ПТ, ПР-2.

## 12. Выбор автоматических выключателей

Производится по номинальному напряжению и току с соблюдением следующих условий:

$$\begin{aligned} U_{\text{н ав}} &\geq U_{\text{н сети}}, \\ I_{\text{н ав}} &\geq I_{\text{длит}}, \end{aligned}$$

Где  $U_{\text{н ав}}$  – номинальное напряжение автомата, В;  $I_{\text{н ав}}$  – номинальный ток автомата, А.

Кроме того, должны быть правильно выбраны:

номинальный ток расцепителей –  $I_{\text{н расц}}$ ;

ток уставки электромагнитного расцепителя –  $I_{\text{уст.эл.магнт}}$ ;

номинальный ток уставки теплового расцепителя –  $I_{\text{н. уст. тепл}}$ .

Номинальный ток расцепителей должен быть не меньше номинального тока двигателя:

$$I_{\text{н расц}} \geq I_{\text{н.дв.}}$$

Ток уставки электромагнитного расцепителя (ток отсечки) принимается равным

$$I_{\text{уст. эл. магн}} \geq 1,25 I_{\text{пуск}}$$

где  $I_{\text{пуск}}$  – пусковой ток двигателя, А.

Для группы электродвигателей

$$I_{\text{уст. эл. магн}} \geq 1,25 (\Sigma I_{\text{н.дв}} + I'_{\text{пуск}}),$$

где  $\Sigma I_{\text{н.дв}}$  – сумма номинальных токов одновременно работающих двигателей, А;  $I'_{\text{пуск}}$  – пусковой ток двигателя, дающего наибольший прирост пускового тока:

$$I_{\text{пуск}} = K_{\text{п}} \cdot I_{\text{н.дв}},$$

где  $K_{\text{п}}$  – кратность пускового тока ( $K_{\text{п}}=7$ ).

**Пример.** Необходимо выбрать автоматический выключатель и его уставки для группы двигателей, имеющих  $I_{\text{н1}} = 32,5 \text{ А}$ ,  $I_{\text{н2}} = 14,8 \text{ А}$ , Пусковые токи будут равны:

$$I_{\text{пуск1}} = 32,5 \cdot 7 = 228 \text{ А}; I_{\text{пуск2}} = 14,8 \text{ А}.$$

По формуле находим

$$I_{\text{уст.эл. магн}} \geq 1,25(I_{\text{н2}} + I_{\text{пуск1}}) \geq 1,25(14,8 + 228) \geq 1,25 \cdot 242,8 \geq 304 \text{ А}.$$

Выбираем по таблицам [1] 6-4, 6-5, 6-6, 6-7 автоматический выключатель АП50-3МТ.  $I_{\text{н расц}} = 50 \text{ А}$ , из условия

$$I_{\text{н расц}} \geq I_{\text{н дв}} \geq 47,3 \text{ А}. \text{ Определяем ток отсечки:}$$

$$\frac{I_{\text{уст.эл.магн}}}{I_{\text{н расц}}} = \frac{304}{50} = 6,1$$

Принимаем  $I_{\text{уст.эл.маг}} = 8I_{\text{н расц}}$  Номинальный ток теплового расцепителя из условия  $I_{\text{н. уст. тепл}} > I_{\text{н. дв}}$ . Отстраиваем на  $I_{\text{н. уст. тепл}} = 48 \text{ А}$ .

### 13. Выбор сечений проводников

Сечения проводников питающей и распределительной сетей системы электропитания установок автоматизации должны выбираться по условиям нагревания электрическим током по допустимым токовым нагрузкам на провода и кабели с учетом прокладки таблицы 6-11, 6-12, 6-13, 6-14 [1].

От шин распределительного щита получают питание силовая сборка задвижек и щит питания. К силовой сборке задвижек и к щиту питания подключены электроприемники, технические характеристики которых приведены в табл. 4.1. для соответствующего варианта. Все электроприемники установлены в щитах, которые находятся в помещении с нормальной средой.

Электропроводку выполнить проводами с алюминиевыми или медными жилами (по выбору), проложенными в защитных трубах.

Перед решением задачи необходимо прочитать по [1] раздел 6-й с. 170-204, особенно обратив внимание на главы 6-5, 6-6, 6-7.

1. Определить длительные и кратковременные расчетные токи линий. Если известны номинальные мощности и напряжения электроприемников, то их номинальные токи могут быть определены по следующим соотношениям:

– для трехфазных электроприемников переменного тока

$$I = 1000N / 1,73 U_{\text{н}} \cos\varphi\eta ;$$

– для однофазных электроприемников, присоединенных к одной фазе сети трехфазного тока

$$I = 1000N / U_{\text{н.ф}};$$

– для электроприемников постоянного тока

$$I = 1000P / U_n$$

где  $N (P)$  – номинальная мощность электроприемника, или группы, кВА (кВт);  
 $U_n (U_{н.ф})$  – номинальное напряжение электроприемника, В;

$\cos\varphi$  – коэффициент мощности (для двигателей привода задвижек 0,88-0,90);  $\eta$ -  
КПД электродвигателя 0,7 – 0,85.

Кратковременные токи определяются для линий, в которые включены электродвигатели по формуле

$$I_{кр} = I_{пуск} = I_{длит} \cdot K_n,$$

$K_n$  – кратность пускового тока для приводов на базе асинхронных двигателей равна 7.

По размеру расчетных токов линии произвести выбор аппаратов управления и защиты согласно рис. 4.1, а для линии 1 и 2 также выбрать магнитные пускатели.

Таблица 5.1

Исходные данные	Варианты									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Характер-ка помещения или среды	сухое	влажное	сырое	жаркое	химически активное	взрывоопасное	пожароопасное	пыльное	особо сырое	наружное
Наружн. диаметр кабеля	5,0	6,0	7,0	8,0	4,0	9,0	3,5	10	16	20
Число кабелей прокладываемых в коробе	182	280	93	278	280	125	370	44	40	44
Категория сложности протяжки	I	II	III	III	II	I	I	II	III	II
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Вид электропроводки	открытая	скрытая	открытая	скрытая	открытая	скрытая	открытая	скрытая	открытая	скрытая
Способ выполнения:										
а) проводом	В винип трубах	В сталь. трубах	В коробах	В лотках	В пласт. массов. трубах	В лотках	В коробах	В сталь. трубах	В винипласт. трубах	В сталь. трубах
б) кабелем	В помещении в трубах	В помещении в лотках	В помещении в коробах	В помещении в пластм. трубах	Наружно в коробах	Наружно в полиэтил. трубах	Открыто в трубах	В помещении в полипроп. трубах	В помещении в вин. трубах	В помещении в стальн. трубах
Наружный Ø пучка пров-ов	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Число пучков	11	16	13	12	7	11	10	10	6	9

## 9. Выбор проводов и кабелей в зависимости от условий окружающей среды и способов прокладки

В задаче электропроводка систем автоматизации выполнена частично проводом, частично кабелем. Необходимо выбрать провода и кабели в зависимости от условий окружающей среды и разных способов прокладки в электропроводках систем автоматизации, а также размеры коробов, лотков и диаметры защитных труб. Исходные данные приведены в табл. 5.1.

Перед решением задачи необходимо прочитать по [1] раздел 11-й с. 305-351.

### *Порядок выбора проводов, кабелей и защитных конструкций*

1. В зависимости от условий окружающей среды и способов прокладки выбрать тип провода по табл. 11-8. Привести технические данные провода по табл. 11-3÷11-7.

2. В зависимости от рекомендуемой области применения выбрать контрольный кабель по табл. 11-10 и привести техническую характеристику, пользуясь табл. 11-11÷11-13.

3. Произвести выбор необходимого типа короба в зависимости от числа кабелей и их наружных диаметров по табл. 11-16.

4. Произвести выбор лотка в зависимости от числа и наружных диаметров пучков проводов по табл. 11-17.

4. В зависимости от рекомендуемой области применения по табл. 11-20 выбрать стальные защитные трубы, а по табл. 11-25 – пластмассовые.

5. Выбрать необходимый диаметр защитной трубы в зависимости от числа проводников, их диаметра и категории сложности по номограмме рис. 11-3.

6. По номенклатурным таблицам 11-18, 11-19 и 11-21÷11-24 выбрать необходимую трубу и привести технические данные, (диаметр трубы, найденный по номограмме, округляется в большую сторону).

## Приложение 1

### Приборы и регуляторы

Тип прибора	Назначение, область применения	Изготовитель, дистрибьютор
РТ2К, регулятор температуры	Для автоматического двухпозиционного регулирования и сигнализации изменения температуры	«ЭТАЛОН» НПК, г. Волгодонск
РТЗЦ-2; РТЗЦ-У РТЗЦ-ПИД	Для измерения, цифровой индикации регулирования температуры (или других физических величин) № п/п	
РТ58 двухпозиционные 8-канальные регуляторы	Для автоматического двухпозиционного регулирования температуры и др. физических величин, цифровой индикации и сигнализации	«ТЕПЛО-ПРИБОР» ОАО, г. Челябинск
РТ58 двухпозиционные 8-канальные регуляторы	Для автоматического двухпозиционного регулирования температуры и др. физических величин, цифровой индикации и сигнализации	«ТЕПЛО-ПРИБОР»

РТ54, трехпозиционные 4-канальные регуляторы	Для автоматического трехпозиционного регулирования температуры и других физических величин, цифровой индикации и сигнализации	ОАО, г. Челябинск
КР5300, КР-5500 универсальные промышленные регуляторы	Регуляторы с программируемым типом закона регулирования, предназначены для измерения и регулирования температуры и др. неэлектрических величин	
КОНТУР, регулятор универсальный микро-процессорный	Для измерения, архивации и регулирования параметров технологических процессов (температура, давление, уровень, влажность и др.) контролируемых объектов	
UT150/UT152/ /UT155 ПИД-регуляторы	Для регулирования температуры	«ЭТАЛОН ПРИБОР», г. Челябинск
UP150 программный температурный контроллер	Имеет программный шаблон, состоящий из 16 сегментов	
Универсальные ПИД-регуляторы UT320, UT350	Для решения задач одноконтурного регулирования технологических процессов (температуры, давления, расхода и пр.)	
Многофункциональный ПИД-регулятор UT550	Для более сложных задач технологического регулирования, которые невозможно реализовать на одноконтурных регуляторах	
Многофункциональный ПИД-регулятор UT750	Расширенные функциональные возможности, наличие двух универсальных входов и независимых ПИД-контуров позволяют организовать сложные системы регулирования: двухконтурные, каскадные	
UP150, программный ПИД-регулятор	Для регулирования температуры по программе, установленной пользователем	
UP350, программный ПИД-регулятор	Для решения задач одноконтурного регулирования технологических процессов (температуры, давления, расхода и пр.)	
UP550, программный ПИД-регулятор	Для более сложных задач технологического регулирования, которые невозможно реализовать на одноконтурных регуляторах	
UP750, программный ПИД-регулятор	Для регулирования параметров технологического процесса, по программе, установленной пользователем	
ТРМ101 ПИД-регулятор одноканальный с RS-485	Измерение температуры или другой физической величины	
ТРМ501 релейный регулятор с таймером	Измерение и регулирование температуры или другой физической величины	
ТРМ502 релейный регулятор температуры с термопарой Т	Измерение и регулирование температуры	
ЭРВЕН регулятор скорости вращения вентилятора	Измерение температуры с помощью Positive Temperature Coefficient (PTC) датчика	

УКТ38-В устройство контроля температуры 8-канальное со встроенным барьером искрозащиты	Для контроля температуры в нескольких зонах одновременно (до 8)	
УКТ38-Щ4 устройство контроля температуры 8канальное с аварийной сигнализацией	Для контроля температуры в нескольких зонах одновременно (до 8)	
ОВЕН МПР51-Щ4 регулятор температуры и влажности программируемый по времени	Для управления многоступенчатыми температурно-влажностными режимами технологических процессов в варочных и сушильных шкафах, при сушке древесины	
ОВЕН ТРМ 51 двухканальный ПИД-регулятор, программируемый по времени	Позволяет создавать системы управления различного уровня сложности – от контуров локального управления до комплексных систем управления объектами, интегрирующимся в АСУ	
Т-424, 3-канальный ПИД-регулятор для измерения и регулирования температуры, давления, влажности	Наличие токовых входов и выхода, функции извлечения квадратного корня а также регулятора соотношений делают прибор наиболее подходящим для применения в различных производствах	«КонтрАвт» ООО НПФ
МЕТАКОН-5x2 измеритель-регулятор многоканальный с высокой помехозащищенностью	Измерение и регулирование температуры любой среды	г. Нижний Новгород
МЕТАКОН-613/ /614 одноканальный ПИД-регулятор с ШИМ-сигналом управления	Предназначен для управления сложными технологическими процессами с программируемым законом изменения уставки	
Минитерм 300.01	Регуляторы для автоматизации различных технологических процессов	«МЗТА» (Московский завод тепловой автоматики) ОАО, г. Москва
Минитерм 300.21		
Минитерм 300.31		
Минитерм 400.00		
Минитерм 400.20		
Минитерм 400.21		
Минитерм 400.22		
Минитерм 400.30		
Минитерм 400.31		
Минитерм 450.00.0, 450.00.1		
Минитерм 450.221.1, 450.22.1		



Минитерм 450.21.2, 450.21.3		
Минитерм 450.31.1,450.31.2		
Минитерм У.2, У.4		
Термодат 10М1 Термодат 10Н1 Термодат-12Е1	Промышленные регуляторы температуры с универсальным входом, для измерения и регулирования температуры	«СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ»  000 НПП, г. Пермь
Термодат-12ЕН1		
Термодат-12УЭ1		
Термодат-11М1	Двух и четырехканальный регулятор	
Термодат-13К1	Двухканальный регулятор температуры	
Термодат-13Е1	3- и 4-канальные регулятор температуры	
Термодат-13ЕА1	4канальный регулятор температуры с аналоговым выходом	
Термодат-13М1, 2	Пятиканальные регуляторы температуры	
Термодат-14Е1	1 канальный программный регулятор	
Термодат-14УЭ1	Программный регулятор температуры	
Термодат-15М1	2-,3- и 4-канальный программный регулятор температуры	
Термодат-16Н2, 16Е2, 16УЭ2	Регуляторы температуры с графическим дисплеем	
Термодат-17Н2, 17Е2, 19Е1	4-канальные регуляторы температуры с графическим дисплеем	
Термодат-22Н2	Десятиканальные регуляторы температуры	
Термодат-23М3, 25М3	Многоканальные регуляторы температуры	
Термодат-24Н1	10-канальные программные регуляторы температуры	
МИК-22; МИК-2; МИК-25; МИК-21; МТР-44; МТР-8	Микропроцессорные регуляторы для автономного и комплексного использования в АСУТП	«МИКРОЛ» предприятие, г. Ивано- Франковск
TROVIS 6412 TROVIS 6442 TROVIS 6493 TROVIS 6497	Микропроцессорные компактные ПИД-регуляторы для автоматизации промышленных технологических установок	«САМСОН КОНТРОЛС» ООО Москва

Приборы регулирующие электрические

Тип прибора Наименование параметров	РТ58 двухпозиционные восьмиканальные регуляторы	РТ54 трехпозиционные четырехканальные регуляторы
Назначение, область применения	для автоматического двухпозиционного регулирования температуры и других физических величин относительно установленного значения, цифровой индикации текущей температуры (физической величины) и сигнализации значения параметра	для автоматического трехпозиционного регулирования температуры и других физических величин относительно установленного значения, цифровой индикации текущей температуры (физической величины) и сигнализации значения параметра
Количество входов	1...8 (каналов измерения)	1...4
Функциональные возможности	световая индикация состояния выходных сигналов по каждому каналу (МЕНЬШЕ или БОЛЬШЕ); интерфейс RS-485)	световая индикация состояния выходных сигналов по каждому каналу (МЕНЬШЕ или БОЛЬШЕ); интерфейс RS-485)
Входные сигналы (датчик)	термопреобразователи сопротивления (ТС); термоэлектрические преобразователи (ТП); датчики с сигналами унифицированного тока (0...5, 0/4...20 мА) и напр. (0...10 В)	термопреобразователи сопротивления (ТС); термоэлектрические преобразователи (ТП); датчики с сигналами унифицированного тока (0...5, 0/4...20 мА) и напр. (0...10 В)
Выходные сигналы	выходные сигналы по каждому каналу; электронный ключ с открытым коллектором, ток до 0,2 А, с питанием от внешнего источника	выходные сигналы по каждому каналу; электронный ключ с открытым коллектором, ток до 0,2 А, с питанием от внешнего источника
Пределы регулирования	0...+1200 °С [ХА(K)]; 0...+600 °С [ХК(L)]; 0...+1300 °С [ПП(S)]; -50...+180 °С (50М, 100М), 0...+600 °С (50П, 100П); 0...100% или -99,9...+999,9 °С (для датчиков с сигналами 0...5, 0/4...20 мА, 0...10 В)	0...+1200 °С [ХА(K)]; 0...+600 °С [ХК(L)]; 0...+1300 °С [ПП(S)]; -50...+180 °С (50М, 100М), 0...+600 °С (50П, 100П); 0...100% или -99,9...+999,9 °С (для датчиков с сигналами 0...5, 0/4...20 мА, 0...10 В)
Основная погрешность	0,25; 0,5 °С	0,25; 0,5 °С
Зона нечувствительности	от 0,1 °С и более	от 0,1 °С и более
Исполнение	В4 (климатическое); IP00 (пылевлагозащита)	В4 (климатическое); IP00 (пылевлагозащита)
Тип прибора	ТРМ101	ТРМ501

<b>Наименование параметров</b>	<b>ПИД-регулятор одноканальный с интерфейсом RS-485</b>	<b>реле-регулятор с таймером</b>
Назначение, область применения	измерение температуры или другой физической величины	измерение температуры или другой физической величины
Функциональные возможности	ПИД-регулирование измеренной величины; автонастройка ПИД-регулятора для конкретного объекта; дистанционное управление режимами работы прибора: запуском/остановкой регулирования; переключением на управление от компьютера (RS-485); сигнализация об аварийной ситуации; регистрация измеряемой величины на аналоговом выходе (ток 4...20 мА); регулирование мощности; работа в сети по стандарту RS-485; сохранение заданных параметров при отключении питания	управление «нагревателем» или «холодильником» по двухпозиционному закону; дистанционное управление запуском/остановкой; встроенный таймер для обратного отсчета времени 1...999 мин. или с. три режима работы регулятора; дополнительное реле для сигнализации об аварийной ситуации; программирование кнопками на лицевой панели; сохранение заданных параметров при отключении питания
Количество каналов	1 – универсальный вход и 1 – дополнительный	1
Входной сигнал	ТСП (50П, 100П, гр. 21); ТСМ (50М, 100М, гр. 23); ТХА, ТХК, ТПП, ТПР, ТВР, ТНН, ТЖК, ТМК; 0(4)...20 мА; 0...5 мА; 0...1 В	ТСП (50П, 100П); ТСМ (50М, 100М); ТХА, ТХК, ТНН, ТЖК; 0(4)...20 мА; 0...5 мА; 0...100 мВ
Выходной сигнал	количество выходных устройств: э/м реле 8А (сигнализация), 1 А (ПИД-регулирование), 220 В оптотранзистор 200мА, 50 В, оптосимистор 50мА 300 В; ЦАП 4...20 мА; интерфейс RS-485	количество выходных устройств: 2 э/м реле 8 А, 220 В; характеристики таймера: время работ: 0...999 мин; 0...999 с; дискретность: 1 мин; 1 с
Пределы регулирования	-200...+2500 °С; -5...105 %	-50...+999 С; 0...100 %
Основная погрешность	±0,5	±0,5
Исполнение	IP54 (пылевлагозащита)	IP20 (пылевлагозащита)
<b>Тип прибора</b> <b>Наименование параметров</b>	<b>МЕТАКОН - 5x3/5x4</b> <b>многоканальный ПИД-регулятор с ШИМ-сигналом управления</b>	<b>МЕТАКОН – 515</b> <b>Быстродействующий одноканальный ПИД регулятор с токовым и ШИМ- сигналом управления</b>
Назначение, об-	универсальный ПИД-регулятор для	токовые входы и выходы, извлечения квадратного

ласть применения	измерения и регулирования технологических параметров с ШИМ-сигналом управления	корня ориентируют прибор для управления пневмопреобразователями, регуляторами расхода и т.п.	
Функциональные возможности	ПИД-регулирование с ШИМ-сигналом, по два программируемых компаратора на канал, автонастройка параметров регулирования	ПИД-регулирование с токовым выходным или ШИМ-сигналом, 3 программируемых компаратора, автонастройка параметров регулирования	
Входные сигналы	любые термопары и термосопротивления, источники унифицированных сигналов по току 0...5 мА, ток 0/4...20мА или напряжению 0...1 В, 0...10 В	любые термопары и термосопротивления, источники унифицированных сигналов по току 0...5 мА, ток 0/4...20мА или напряжению 0...1 В, 0...10 В	
Выходные сигналы	транзисторные ключи с оптоизоляцией или реле 250 В/3 А	1 токовый на управление, 1 – на регистрацию, с компараторов 3 реле или транзисторные ключи	
Пределы регулирования	диапазон измерения: по температуре 100...+2200 С;	Диапазон измерения: по температуре 100...+2200 С;	
Основная погрешность	не более 0,1 % во всех диапазонах сигналов любого типа	не более 0,1 % во всех диапазонах сигналов любого типа	
Быстродействие, с	период опроса входного сигнала 1 с	период опроса входного сигнала 0,25 с	
Зона нечувствительности	для компараторов 2 значения младшего разряда цифрового индикатора	для компараторов 2 значения младшего разряда цифрового индикатора	
Т <sub>и</sub> , Т <sub>д</sub> , с	0,1...999,9 мин/0,1...999,9 с	0,1...999,9 мин/0,1...999,9 с	
Исполнение	IP (пылевлагозащита)	IP (пылевлагозащита)	
Технические данные	контрастная цифровая индикация, ПО под Windows, интерфейс RS-485	контрастная цифровая индикация, ПО под Windows, интерфейс RS-485	
Условия эксплуатации	Т <sub>ОКР. СРЕДЫ</sub> 0...+50 °С;	Т <sub>ОКР. СРЕДЫ</sub> 0...+50 С;	
<b>ип прибора</b>  <b>Наименование параметров</b>	<b>Универсальные ПИД-регуляторы</b>		<b>Многофункциональный ПИД-регулятор</b>
	<b>UT320</b>	<b>UT350</b>	<b>UT550</b>
Назначение, область применения	для решения задач одноконтурного регулирования технологических процессов (температуры, давления, расхода и пр.)		для более сложных задач технологического регулирования, которые невозможно реализовать на одноконтурных регуляторах младших моделей
Количество входов	1 универсальный; 2 логических		1 универсальный и 1 доп. (напряжение)
Функциональные возможности	два дисплея для отображения измерения и параметров регулирования; автонастройка ПИД-параметров; защита от перерегулиро-		дополнительный аналоговый вход позволяет при помощи одного регулятора строить системы с каскадной структурой

	вания (функция SUPER); функция рампы (задание скорости линейного изменения действительного значения); развитые сетевые возможности; возможность подключения токовых трансформаторов (детектор обрыва нагревателя)	регулирования и использовать внешние аналоговые задатчики для задания уставки регулирования; существует исполнение прибора, специально предназначенное для управления позиционером с обратной связью	
Входной сигнал управления	аналоговый (4...20 мА) по ПИД-закону; релейный (ШИМ) по ПИД-закону; транзисторный (ШИМ, 0/12 В) по ПИД-закону; трехпозиционное управление (двумя исполнительными механизмами); тип сигнала управления выбирается пользователем в процессе работы	аналоговый (4...20 мА) по ПИД-закону; релейный (ШИМ) по ПИД-закону; транзисторный (ШИМ, 0/12 В) по ПИД-закону; трех позиционное управление (двумя исполнительными механизмами); релейное трехпозиционное управление позиционером с обратной связью (вперед/назад)	
Входной сигнал	напряжения: В, мВ; токовый (с внешним шунтом): мА; термосопротивление $Pt$ 100; термопары: К, J, Т, В, S, R, N, E, L, U, W; логический: 2	напряжения: В, мВ; токовый (с внешним шунтом): мА; термосопротивление $Pt$ 100; термопары: К, J, Т, В, S, R, N, E, L, U, W; вход обратной связи позиционера: потенциометр 100...250 Ом	
Выходной сигнал	нормированный: 4...20 мА или дополнительный источник питания внешнего датчика 15В; сигнализации: 3 реле, RS-485, (MODBUS)	нормированный: 4...20 мА или дополнительный источник питания внешнего датчика 14...18В; сигнал: 3 реле, RS-485, (MODBUS)	
<b>Тип прибора</b>  <b>Наименование параметров</b>	<b>Устройство регулирующее</b>		
	<b>РП4-У-М1</b>	<b>РП4-Т-М1</b>	<b>РП4-П-М1</b>
Назначение, область применения	для формирования динамических свойств пропорциональных, пропорционально-интегральных, пропорционально-интегрально-дифференциальных законов регулирования автоматических регуляторов, содержащих электрические исполнительные механизмы постоянной скорости		
Тип датчика	унифицированный, постоянного тока	термопары ТХК, ТХА, ТПП, ТПР; термометры сопротивления ТСМ, ТСП, унифицированный = тока	дифференциально-трансформаторные, ферродинамические ПФ2, ПФ4, индуктивные
Входной сигнал	аналоговый = тока 0...5, 0...20, 4...20 мА; аналоговый = напряжения 0...10 В; дискрет-	аналоговый, изменение сопротивления термометров сопротивления 0...20 Ом;	аналоговый, изменение взаимной индуктивности, 10... 0...10 мГн, напряжение ~ тока 1...0...1 В; аналоговый = напряжения 0...10 В; дискрет-

	кретный замыкание внешних контактов 50 В, 0,03 А; сигнал внешнего реостатного задатчика $\pm 5\%$	аналоговый, ЭДС преобразователей термоэлектрических 0...50мВ; аналоговый = тока 0...5, 0...20, 4...20мА; аналоговый = напряжения 0...10 В; дискретный замыкание внешних контактов 50 В, 0,03 А; сигнал внешнего реостатного задатчика $\pm 5\%$	ный замыкание внешних контактов 50 В, 0,03 А; сигнал внешнего реостатного задатчика $\pm 5\%$
Выходной сигнал	дискретный выход 0...24 В, 0,3 А = нестабилизированного тока; логическое состояние бесконтактных ключей «0», «1»; аналоговый выход токового задатчика и преобразователя напряжение-ток в устройстве РП4-У-М1 0...5мА = тока; напряжение выхода внутреннего задатчика устройства РП4-Т-М1 – 0...50 мВ = тока; напряжение питания датчиков РП4-П-М1 – 12 В, 0,125 А = тока; напряжение = тока 0...10 В		
Технические данные	без дистанционной подстройки, с дискретной подстройкой, с аналоговой подстройкой		
Исполнение	общепромышленное, экспортное, тропическое		
<b>Тип прибора</b> <b>Наименование параметров</b>	<b>ОВЕН МПР51-Щ4</b> <b>регулятор температуры и влажности, программируемый по времени</b>		
Назначение, область применения	для управления многоступенчатыми температурно-влажностными режимами технологических процессов в варочных и сушильных шкафах при сушке древесины		
Количество входных сигналов	3 – по температуре; 2 – положения задвижки		
Функциональные возможности	измерение трех параметров: температуры камеры («сухого» термометра) $T_{\text{СУХ}}$ ; температуры «влажного» термометра $T_{\text{ВЛАЖ}}$ ; температуры продукта $T_{\text{ПРОД}}$ , вычисление двух дополнительных параметров $\Delta T = T_{\text{СУХ}} - T_{\text{ПРОД}}$ ; влажности $\Psi$ психрометрическим методом; два ПИД-регулятора для поддержания любых двух из пяти вышеперечисленных величин с высокой точностью; четыре выходных реле для подключения ТЭНов, охладительных систем, задвижек и др. исполнительных устройств; регулирование по заданной пользователем программе; дополнительное реле сигнализации об аварии и об окончании выполнения программы; восемь транзисторных ключей для управления дополнительным оборудованием; автонастройка ПИД-регуляторов; регистрация контролируемых параметров на ЭВМ через адаптер сети ОВЕН АС2 по интерфейсу RS-232		
Входной сигнал	датчики ТСМ, ТСП; датчик положения задвижки		
Выходной сигнал	количество выходных реле: 5; количество выходных транзисторных ключей: 8; максимально допустимый ток нагрузки устройств управления: э/м реле (при ~ 220 В или = 30 В): 4 А		

	транзисторного ключа ( при = напряжении = 50 В): 200 мА; интерфейс: связи с ЭВМ последовательный, RS-232	
Пределы регулирования	-50...+200 °С (ТСМ); -80...+750 °С (ТСП); 0...100 % (датчик положения задвижки)	
Харак-ка регулирования	ПИД	
Конструкция	тип корпуса: щитовой Щ4; длина линии связи прибора с АС2: не более 1000 м	
Исполнение	спереди IP54 (пылевлагозащита)	
<b>Тип прибора</b> <b>Наименование параметров</b>	<b>КР-5300, КР-5500</b> <b>универсальные промышленные регуляторы</b>	<b>КС-44, КС-33, КС-42, КС-24</b> <b>ПИД-регуляторы</b>
Назначение, область применения	регуляторы с программируемым типом закона регулирования температуры и др. неэлектрических величин (давления, расхода, уровня и т.д.)	предназначены для измерения и регулирования температуры и др. неэлектрических величин (давления, расхода, уровня и т.д.)
Функциональные возможности	два 7-сегментных светодиодных табло; параметр; выходной сигнал или уставка по 4 цифры; барграф 10-сегментный (0...100 %)	два 7-сегментных светодиодных табло; параметр; выходной сигнал или уставка по 4 цифры
Характеристика регулирования	ПИД, ПД или П; 1 универсальный или 2 выхода: 4...20 мА+4...20мА; 4...20 мА+ОК 4...20мА+реле; реле+реле; реле+ОК; ОК+ОК и т.д.	ПИД-закон, универсальный выход (реле или 4...20.мА, или ОК), мощность контактов реле ~ 250 В/5А
Входной сигнал	термопары ТПП, ТПР, ТХА, ТХК, Е, J, R; термосопротивления Pt100, ТСП, ТСМ; напряжение, 0~±200/0~±200 В; ток: 0~±40 мА	тип Т – термопары ТПП(R), ТХА, J, Т; термосопротивления Pt100; напряжение 0...20 мВ, тип А – напряжение 1...5 В; ток 0~±40 мА
Выходной сигнал	4...20 мА; интерфейсы RS-422 или RS-485 2 уставки мало-много, реле ~ 250 В/5А; =30 В/5А, время отклика 100 мс	2 уставки мало-много, реле ~ 125 В/0,6А; или =30 В/20А
Основная погрешность %	±0,25 % шкалы, ±1 ед. мл. разряда при + 25 °С	±0,3 % шкалы, ±1 ед. мл. разряда при + 25 °С
Технические данные	масштабирование (для мВ, В, мА) –999...9999 или –9,99...99,99; самодиагностика и энергонезависимая память; встроенные функции «специального входа» для сигналов мВ, В, мА (возведение в квадрат, извлечение квадратного корня)	
Условия эксплуатации	$T_{\text{ОКР.СРЕДЫ}}$ -5...+55 °С; Влажность 10...90 %	$T_{\text{ОКР.СРЕДЫ}}$ -5...+55 °С; Влажность 10...90 %

Срок службы	не менее 10 лет	не менее 6 лет; безотказная наработка 4000 ч
Исполнение	общепромышленное	Общепромышленное
<b>Тип прибора</b>	<b>РП-5</b>	
<b>Наименование параметров</b>	<b>регулятор микропроцессорный</b>	
Назначение, область применения	для управления технологическими процессами в различных отраслях промышленности; является одноконтурным программируемым изделием третьего порядка ГСП; заменяет регуляторы типа РП2, РП4, СУРИ, Р-21, Р-27, РПИ-Б, РПИ-К, ЗС-29 и им подобные	
Количество входов	аналоговых – 4, дискретных – 3	
Количество выходов	дискретных – 2, импульсных – 1	
Функциональные возможности	<p>формирование совместно с электрическими исполнительным механизмом постоянной скорости П-, ПИ-, ПИД-, двух- и трехпозиционного законов регулирования; формирова- ние сигналов задания и его ручная установка; программный выбор вида входного сигнала для каждого входа и его масштабирование; алгебраическое суммирование входных аналоговых сигналов с сигналом задания, формирование сигнала рассогласования и его преобразование в цифровой код; линеаризация характеристик датчиков ТСМ, ТСП, ТХК; автоматический, ручной и дистанционный режимы управления; цифровая индикация сигнала контролируемого параметра как в %, так и в технических единицах; индикация сигнала задания; контроль по цифровому индикатору всех параметров настройки и их изменение в режиме РАБОТА; гальваническое разделение: всех входов и выходов от цифровой части; аналоговых входов, дискретных входов и выходов, импульсного выхода между собой; аналоговых входов 1 и 2, 3 и 4 попарно между собой; самотестирование правильности конфигурирования, калибровки, пределов установки параметров и других неисправностей с выводом информации на цифровой индикатор; сохранение установленных параметров при отключении напряжения питания</p>	
Входной сигнал	аналоговый: унифицированные 0...5 мА или 0...20 мА, или 4...20 мА; напряжение = тока 0...50 мВ; сигналы термосопротивлений ТСМ или ТСП; сигналы термопар ТХА или ТХК; дискретный: «сухой контакт» (замкнут-разомкнут)	
Выходной сигнал	импульсный: состояние бесконтактных ключей «Меньше», «Больше» с нагрузочной способностью 24 В, ток до 0.2 А	
Зона нечувствительности	0,2...2 %	
Постоянная времени, с	интегрирования 5...500 с, дифференцирования 0...100 с, демпфирования 0,4...30 с	
Сопрот-ние линии связи	С ТХА, ТХК – не более 250 Ом; с ТСМ, ТСП – не более 10 Ом на каждый провод	



Технические данные магнитных пускателей

Тип пускателя				Наличие теплового реле	Номинальный ток, А	Предельная мощность двигателя (кВт) при напряжении (В)			
нереверсивный		реверсивный				127	220	380	500
исполнение									
открытый	защищен- ный	открытый	защищен- ный						
П-211	П-221	П-213	П-223	нет	20	2,5	4	5	5,5
П-212	П-222	П-214	П-224	есть	16	-	-	-	-
П-311	П-321	П-313	П-323	нет	40	-	-	-	-
П-312	П-322	П-314	П-324	есть	35	6	11	15	18
П-411	П-421	П-413	П-423	нет	100	10	20	28	40
П-412	П-422	П-414	П-424	есть	-	-	-	-	-
П-511	П-521	П-513	П-523	нет	150	20	37	55	75
П-512	П-522	П-514	П-524	есть	-	-	-	-	-
ПМЕ-111	ПМЕ-111	-	-	нет	10	1,1	2,2	4,0	-
ПАЕ-211	ПАЕ-211	-	-	нет	25	2,7	5,4	8,0	-
ПАЕ-311	ПАЕ-321	-	-	нет	40	6	11	15	-
ПАЕ-411	ПАЕ-421	-	-	нет	63	8	15	18	-
ПАЕ-511	ПАЕ-521	-	-	нет	110	11	16	22	-
П-211	П-221	П-213	П-223	нет	20	2,5	4	5	5,5
П-212	П-222	П-214	П-224	есть	16	-	-	-	-
П-311	П-321	П-313	П-323	нет	40	-	-	-	-
П-312	П-322	П-314	П-324	есть	35	6	11	15	18
П-411	П-421	П-413	П-423	нет	-	-	-	-	-
П-412	П-422	П-414	П-424	есть	100	10,0	20	28	40
П-511	П-521	П-513	П-523	нет	-	-	-	-	-
П-512	П-522	П-514	П-524	есть	150	20	55	55	75

Технические характеристики пакетных выключателей

Наименование	Тип	Номинальный ток, А, при напряжении	
		220 В постоянного и переменного токов	380 В переменного тока
Выключатель однополюсный	ПВ1 - 10	6, 10	-
Выключатель двухполюсный	ПВ 2 – 10	10	6
	ПВ2 – 25	25	16
	ПВ2 – 60	63	40
	ПВ2 - 100	100	63
Выключатель трехполюсный	ПВ3 – 10	10	6
	ПВ3 – 25	25	16
	ПВ3 – 60	63	40
	ПВ3 - 100	100	63
Переключатель двухполюсный на два направления с двумя ну- левыми положениями	ПВ2 – 10/Н2	10	6
	ПВ2 – 25/Н2	25	16
	ПВ2 – 60/Н2	63	40
	ПВ2 – 100/Н2	100	63
Переключатель трехполюсный на два направления с двумя ну- левыми положениями	ПВ2 – 10/Н2	10	6
	ПВ2 – 25/Н2	25	16
	ПВ2 – 60/Н2	63	40
	ПВ2 – 100/Н2	100	63

Технические характеристики тумблеров

Тумблер	Тип	Допустимая нагрузка на кон- тактную пару, Вт	Допустимое напряжение, В	Допустимый ток, А
Однополюсный Двухполюсный Четырехполюсный	ТВ1 - 1 ТВ1 - 2 ТВ1 – 4	250	220; 50	1,1; 5
Однополюсный	ТВ2 – 1	60 120	220; 120 220; 120	0,25; 0, 5 0,55; 1
Двухполюсный	ТП1 – 2	220	220; 110	1; 2

Технические данные выключателей АЕ20 и АЕ20М

Тип автоматического выключателя	Номинальный ток, А		Номинальный ток срабатывания, А	
	авт. выключателя	расцепителя $I_{НОМ.Р}$	Теплового расцепителя $I_{Т.Р}$	электромагнитного расцепителя $I_{ЭЛМР}$
АЕ2020	16	0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1,0; 1,25; 1,6	$1,25 I_{НОМ.Р}$	$12 I_{НОМ.Р}$
		2,0; 2,5; 3; 4; 5; 6,3 8; 10; 12,5 16	-	$12 I_{НОМ.Р}$
АЕ2040	63	10; 12,5 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63	$1,25 I_{НОМ.Р}$	$12 I_{НОМ.Р}$
АЕ2040М	63	0,6; 0,8; 1,0; 1,25; 2; 2,5; 3; 4; 5; 6,3 8; 10; 12,5 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63		
АЕ2050М	100	10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 100		
АЕ2060	160	16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 100; 125; 160		

Технические данные автоматических выключателей серии АП50Б

Тип выключателя	Последняя цифра в усл. обоз. выкл.	Число полюсов	Номинальный ток, А		Номинальное напряжение, В
			$I_{НОМ.Р}$	$I_{ЭЛМ.Р}$	
АП50Б2ТМ или АП50Б2М	1 2 3	2 2 2	1,6; 2,5; 4,0; 6,3; 10; 16; 25; 40; 50; 63	$3,5 I_{НОМ.Р}$ или $10 I_{НОМ.Р}$	постоянный ток 220 В
АП50Б2МН АП50Б3МТ АП50Б3М АП50Б2М3ТН АП50Б2М3ТД	1 2 2 3 3	3 3 3 3 3	1,6; 2,5; 4,0 6,3; 10; 16 6,3; 10; 16 25; 40; 50; 63 25; 40; 50; 63	$3,5 I_{НОМ.Р}$ или $10 I_{НОМ.Р}$	переменного тока частота 50 и 60 Гц 550 В
АП50Б2М3ТО	2 3	3 3	16;25; 40; 50; 63		

\* последняя цифра в условном обозначении определяет номинальный ток главных цепей

### Библиографический список

1. 1. Волошенко А. В., Горбунов Д. Б. Проектирование функциональных схем систем автоматического контроля и регулирования. ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ. Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования. «ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

1. Втюрин В.А., Илющенко В.В. Проектирование автоматизированных систем (Электронный курс лекций) для направления 27.03.04 «Управление в технических системах» и 15.03.04. «Автоматизация технологических процессов и производств» Санкт-Петербург. 2014 г. – 193 с. [http://spbftu.ru/UserFiles/Image/FEU/uasa/PAS\\_2014\\_12\\_12.pdf](http://spbftu.ru/UserFiles/Image/FEU/uasa/PAS_2014_12_12.pdf)

2. Клюев А.С., Глазов Б. В., Дубровский А. Х, Клюев А.А. Проектирование систем автоматизации технологических процессов: Справочное пособие. 2-е издание, переработанное и дополненное. М.; Энергоатомиздат, (1980 г. 1990, 2004)

3. РД 50.213-80. Правила измерения расхода газов и жидкостей стандартными сужающими устройствами.— М.: Издательство стандартов, 1982.

4. Вукалович М. П. и др. Таблицы теплофизических свойств воды и водяного пара. — М.: Издательство стандартов, 1960.

5. Проектирование систем контроля и автоматического регулирования металлургических процессов/Под общей редакцией Г. М. Глинкова. — М., Металлургия, 1986. — 352 с.

6. ГОСТ 16443-70. Устройства исполнительные. Методы расчета пропускной способности, выбора условного прохода и пропускной характеристики.— М., 1977.

7. Арзуманов Э. С. Гидравлические регулирующие органы систем автоматического управления. — М.: Машиностроение, 1985.

8. Каталог «Приборы и средства автоматизации»

В Каталоге собран весь спектр приборов и средств автоматизации. Приборы объединены в группы по измеряемым параметрам и размещены в следующих томах:

1. Приборы для измерения температуры;

2. Приборы для измерения давления, перепада давления и разрежения;

3. Приборы для измерения расхода жидкости, газа, пара и сыпучих сред;

4. Приборы для измерения уровня;

5. Приборы для определения состава и свойств веществ;

6. Приборы отображения информации (вторичные приборы: потенциометры, мосты, электроизмерительные приборы и др.);

7. Регуляторы, регулирующие устройства электрические, пневматические датчики-реле, сигнализаторы;

8. Программно-логические контроллеры (ПЛК) и программно-технические комплексы (ПТК).

## Содержание

Аннотация.....	3
1. Методика выбора первичных измерительных преобразователей.....	4
1.1. Выбор первичных измерительных преобразователей температуры.....	5
1.2. Выбор измерительных преобразователей давления.....	6
1.3. Выбор измерительных преобразователей расхода.....	7
2. Методика выбора измерительных приборов, регулирующих устройств и контроллеров.....	9
2.1. Методика выбора измерительных приборов.....	9
2.2. Методика выбора регулирующих устройств.....	11
2.3. Методика выбора контроллеров.....	13
2.3.1. Технические характеристики контроллера, соответствующие требованиям проекта.....	13
2.3.2. Модульность структуры контроллера.....	14
2.3.3. Соответствие Международным стандартам.....	14
2.3.4. Связь контроллера с верхним уровнем систем управления по интерфейсу Ethernet.....	14
2.3.5. РС-совместимые контроллеры со встроенной SCADA-системой.....	15
2.3.6. Наличие у контроллера режима автонастройки параметров регулятора.....	15
2.3.7. Показатели надежности и экономические показатели.....	15
3. Технические средства измерения и регулирования.....	16
3.1. Жидкостные стеклянные термометры.....	16
3.2. Стандартные термопреобразователи и защитные гильзы.....	18
3.3. Аналоговые измерительные приборы температуры.....	24
3.3.1. Приборы показывающие и регистрирующие.....	24
3.3.2. Многоканальные показывающие и регистрирующие приборы.....	28
3.4. Показывающие приборы давления с упругими чувствительными элементами.....	29
3.4.1. Манометры, мановакуумметры, и вакуумметры.....	30
3.4.2. Напоромеры, тягонапоромеры и тягомеры.....	31
3.5. Преобразователи давления, уровня и расхода в электрический сигнал.....	32
3.5.1. Преобразователи типа Метран-43.....	32
3.5.2. Преобразователи типа Сапфир-22.....	35
3.5.3. Преобразователи давления МПЭ-МИ и разности давлений ДМЭ-МИ, ДМЭУ-МИ, ДМЭР-МИ.....	39
3.6. Блоки питания и преобразования сигналов измерительных преобразователей.....	41
3.6.1. Блоки типа БПС-24.....	41
3.6.2. Блоки типа 4БП36.....	42
3.6.3. Блоки типа БПД-40 и БПК-40.....	43
3.6.4. Блоки типа БП96.....	44
3.6.5. Блоки типов Метран-602, Метран-604, Метран-608.....	44

3.7. Нормирующие преобразователи.....	45
3.7.1. Преобразователи измерительные нормирующие серий Ш9321, Ш9.....	45
3.7.2. Преобразователи измерительные нормирующие серий ИП-10, ИП-20.....	47
3.8. Сосуды разделительные, уравнивательные и конденсационные.....	48
3.9. Диафрагмы для расходомеров.....	50
3.10. Аналоговые измерительные приборы давления, расхода и уровня.....	52
3.10.1. Приборы показывающие и регистрирующие.....	52
3.10.2. Приборы показывающие.....	55
3.10.3. Многоканальные показывающие и регистрирующие приборы.....	56
3.11. Теплосчетчики.....	56
4. Исполнительные механизмы.....	59
5. Расчет и выбор сужающего устройства.....	62
6. Расчет и выбор регулятора.....	72
7. Расчет и выбор регулирующего органа.....	78
8. Выбор аппаратов управления, защиты и сечения проводов.....	87
9. Выбор рубильников, пакетных выключателей, тумблеров.....	89
10. Выбор магнитных пускателей.....	90
11. Выбор предохранителей.....	90
12. Выбор автоматических выключателей.....	91
13. Выбор сечений проводников.....	92
Приложение 1 Приборы и регуляторы.....	95
Приложение 2 Приборы регулирующие электрические.....	99
Приложение 3 Технические данные магнитных пускателей.....	106
Приложение 4 Технические характеристики пакетных выключателей.....	107
Приложение 5 Технические характеристики тумблеров.....	107
Приложение 6 Технические данные выключателей АЕ20 и АЕ20.....	108
Приложение 7 Технические данные автоматических выключателей серии АП50Б.....	108
Библиографический список.....	109

