

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

**А.В. Волошенко, Д.Б. Горбунов**

# **ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ И РЕГУЛИРОВАНИЯ**

*Допущено Учебно-методическим объединением вузов по образованию  
в области автоматизированного машиностроения (УМО АМ) в качестве  
учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся  
по специальности «Автоматизация технологических процессов  
и производств (энергетика)» (направление подготовки дипломированных  
специалистов «Автоматизированные технологии и производства»)*

2-е издание

Издательство  
Томского политехнического университета  
2011

УДК 681.518.52+681.52(075.8)

ББК 32.965я73

В68

**Волошенко А.В.**

В68 Проектирование систем автоматического контроля и регулирования: учебное пособие / А.В. Волошенко, Д.Б. Горбунов; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 108 с.

ISBN 978-5-98298-860-7

В пособии изложены материалы по выполнению раздела «Автоматизация» выпускной квалификационной работы. Рассматриваются вопросы составления функциональных схем систем автоматического контроля и регулирования, выбора средств измерения и регулирования, составления заказной спецификации средств измерения и автоматизации. Приведены справочные материалы по средствам измерения и автоматизации.

Предназначено для студентов теплоэнергетических специальностей Энергетического института и ИДО.

УДК 681.518.52+681.52(075.8)

ББК 32.965я73

*Рецензенты*

Доктор технических наук,  
профессор ТУСУРа

*А.А. Светлаков*

Доктор технических наук,  
профессор ГНУ НИИ СМ

*С.А. Карауш*

ISBN 978-5-98298-860-7

© Томский политехнический университет, 2007

© Волошенко А.В., Горбунов Д.Б., 2007

© Оформление. Издательство Томского политехнического университета, 2011

## ОГЛАВЛЕНИЕ

|   |    |
|---|----|
| ВВЕДЕНИЕ .....  | 5  |
| 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ .....  | 6  |
| 2. КОММЕНТАРИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАЗДЕЛА<br>ПО АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ<br>ПРОЦЕССОВ .....       | 7  |
| Приложение 1. РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СХЕМ<br>АВТОМАТИЗАЦИИ ОБЪЕКТОВ .....                      | 18 |
| П1.1. Состав функциональных схем .....  | 18 |
| П1.2. Изображение технологического оборудования<br>и трубопроводов на функциональных схемах ..... | 19 |
| П1.3. Изображение технических средств автоматизации на<br>функциональных схемах .....             | 23 |
| П1.4. Позиционные обозначения технических средств<br>автоматизации на функциональных схемах ..... | 27 |
| П1.5. Методика построения условных обозначений<br>технических средств автоматизации .....         | 28 |
| П1.6. Изображение линий связи, щитов и средств<br>вычислительной техники .....                    | 30 |
| П1.7. Требования к оформлению чертежа функциональной схемы ...                                    | 32 |
| Приложение 2. СОСТАВЛЕНИЕ ЗАКАЗНОЙ СПЕЦИФИКАЦИИ<br>НА СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ И РЕГУЛИРОВАНИЯ .....     | 35 |
| П2.1. Методика выбора первичных измерительных<br>преобразователей .....                           | 35 |
| П2.2. Выбор первичных измерительных преобразователей<br>температуры .....                         | 36 |
| П2.3. Выбор измерительных преобразователей давления .....   | 38 |
| П2.4. Выбор измерительных преобразователей расхода .....  | 39 |
| П2.5. Методика выбора измерительных приборов .....  | 41 |
| П2.6. Методика выбора регулирующих устройств .....  | 43 |
| Приложение 3. ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ<br>И РЕГУЛИРОВАНИЯ .....                             | 48 |
| ПЗ.1. Жидкостные стеклянные термометры .....  | 48 |
| ПЗ.2. Стандартные термопреобразователи и защитные гильзы .....                                    | 49 |
| ПЗ.3. Аналоговые измерительные приборы температуры .....  | 54 |
| ПЗ.3.1. Приборы показывающие и регистрирующие .....   | 54 |
| ПЗ.3.2. Многоканальные показывающие<br>и регистрирующие приборы .....                             | 58 |

|  |     |
|--|-----|
| ПЗ.4. Показывающие приборы давления с упругими чувствительными элементами .....            | 59  |
| ПЗ.4.1. Манометры, мановакуумметры и вакуумметры .....                                     | 59  |
| ПЗ.4.2. Напоромеры, тягонапоромеры и тягомеры .....  | 60  |
| ПЗ.5. Преобразователи давления, уровня и расхода в электрический сигнал .....              | 60  |
| ПЗ.5.1. Преобразователи типа Метран-43 .....   | 60  |
| ПЗ.5.2. Преобразователи типа Сапфир-22 .....   | 63  |
| ПЗ.5.3. Преобразователи давления МПЭ-МИ и разности давлений ДМЭ-МИ, ДМЭУ-МИ, ДМЭР-МИ ..... | 67  |
| ПЗ.6. Блоки питания и преобразования сигналов измерительных преобразователей .....         | 68  |
| ПЗ.6.1. Блоки типа БПС-24 .....  | 68  |
| ПЗ.6.2. Блоки типа 4БПЗ6 .....   | 68  |
| ПЗ.6.3. Блоки типа БПД-40 и БПК-40 .....   | 69  |
| ПЗ.6.4. Блоки типа БП96 .....  | 70  |
| ПЗ.6.5. Блоки типов Метран-602, Метран-604, Метран-608 .....                               | 70  |
| ПЗ.7. Нормирующие преобразователи .....  | 71  |
| ПЗ.7.1. Преобразователи измерительные нормирующие серий Ш9321, Ш9322 .....                 | 71  |
| ПЗ.7.2. Преобразователи измерительные нормирующие серий ИП-10, ИП-20 .....                 | 72  |
| ПЗ.8. Сосуды разделительные, уравнивательные и конденсационные .....                       | 74  |
| ПЗ.9. Диафрагмы для расходомеров .....   | 75  |
| ПЗ.10. Аналоговые измерительные приборы давления, расхода и уровня .....                   | 78  |
| ПЗ.10.1. Приборы показывающие и регистрирующие .....                                       | 78  |
| ПЗ.10.2. Приборы показывающие .....  | 80  |
| ПЗ.10.3. Многоканальные показывающие и регистрирующие приборы .....                        | 81  |
| ПЗ.11. Теплосчетчики .....   | 81  |
| ПЗ.12. Регулирующие устройства .....   | 84  |
| ПЗ.12.1. Комплекс АКЭСР .....  | 84  |
| ПЗ.12.2. Контроллер Decont-182 .....   | 88  |
| ПЗ.12.3. Контроллер Ремиконт Р-130 .....   | 90  |
| ПЗ.12.4. Контроллер КРОСС .....  | 92  |
| ПЗ.12.5. Исполнительные механизмы .....  | 97  |
| Приложение 4. СОСТАВ И РАБОТА ТИПОВОЙ ОДНОКОНТУРНОЙ АСР .....                              | 102 |

## ВВЕДЕНИЕ

Студенты Института дистанционного образования теплоэнергетических специальностей и студенты всех специальностей Энергетического института в выпускной квалификационной работе (ВКР) выполняют раздел по автоматизации. Вопросы автоматического контроля и управления типовыми теплоэнергетическими объектами в той или иной мере изучались студентами в процессе обучения. Однако большой процент ВКР выполняется по специфичной тематике, а вопросы проектирования систем автоматического контроля и управления студентами не изучались. Поэтому основной задачей данного учебного пособия является освещение материала по разработке и проектированию функциональной схемы систем автоматического контроля и регулирования различного рода теплоэнергетических объектов, а также по составлению заказной спецификации на средства автоматического контроля и регулирования.

Учебное пособие состоит из основной части и 4-х приложений.

В основной части пособия сформулировано задание на выполнение раздела по автоматизации; есть комментарии по выполнению и содержанию подразделов пояснительной записки, примеры функциональных схем и заказных спецификаций на средства автоматического контроля и регулирования.

В первом приложении изложены материалы по разработке функциональных схем автоматического контроля и регулирования технологических объектов, их состав; есть изображение технологического оборудования и трубопроводов, щитов, линий связи, технических средств автоматизации и средств вычислительной техники, позиционные обозначения технических средств автоматизации; даны требования к оформлению чертежа функциональной схемы.

Во втором приложении приведена методика выбора первичных измерительных преобразователей температуры, давления, расхода, уровня; измерительных приборов, регулирующих устройств и вспомогательного оборудования.

Третье приложение представляет собой справочник современных технических средств измерения и регулирования теплотехнических параметров. Четвертое приложение – это описание одноконтурной АСР.

Учебное пособие может быть полезно студентам специальности 220310 «Автоматизация технологических процессов и производств» при выполнении курсовых проектов по дисциплинам «Технические измерения и приборы», «Автоматизация технологических процессов», «Проектирование автоматизированных систем» и написании ВКР.

## 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

В соответствии со структурой выпускной квалификационной работы студентами Энергетического института и учащимися ИДО теплоэнергетического профиля выполняется раздел по автоматизации технологических процессов.

Раздел состоит из пояснительной записки объемом 10–15 страниц формата А4 и чертежа функциональной схемы автоматизации технологического объекта формата А1 или А2. Пояснительная записка оформляется согласно СТП ТПУ 2.5.01–2006.

Список литературы должен содержать только цитируемые источники, оформляться согласно СТО ТПУ 2.5.01–2006 и включаться в основной список литературы ВКР.

В пояснительной записке раздела автоматизации должны быть освещены следующие вопросы:

1. Краткое описание технологического оборудования.
2. Постановка задачи автоматического контроля и регулирования (АКиР) объекта.
3. Выбор оптимальной схемы АКир объекта.
4. Разработка функциональной схемы контроля и (или) автоматического регулирования объекта.
5. Обзор выпускаемых на современном этапе средств измерения и регулирования и выбор аппаратуры.
6. Составление заказной спецификации на средства контроля и регулирования.

## **2. КОММЕНТАРИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАЗДЕЛА ПО АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

Пояснительная записка должна содержать следующие подразделы:

### **1. Краткое описание технологического оборудования.**

В подразделе приводится принципиальная схема технологического объекта (котла, турбины, деаэратора, конденсатора, подогревателей системы регенерации тепловой станции, доменной или обжиговой печи, теплопункта и т. п.), выполненная в условных обозначениях по ГОСТу (приложение 1), или конструкция объекта; краткое описание работы технологического оборудования. Если схема технологического объекта и описание объекта автоматизации приведены в предшествующих разделах пояснительной записки ВКР, то в подразделе 2 данного раздела делается на него ссылка, а подраздел 1 можно не выполнять.

### **2. Постановка задачи АКИР объекта.**

В подразделе в краткой форме приводится обоснование необходимости автоматизации, производится постановка задачи, указываются методы ее решения.

### **3. Выбор оптимальной схемы АКИР объекта.**

Подраздел предусматривает обзор структурных схем АКИР технологического объекта, краткое описание их работы, анализ достоинств и недостатков каждой схемы (см. литературу [1–12]). На основании проведенного анализа производится выбор оптимального варианта схемы АКИР технологического объекта. Состав и работа типовой одноконтурной автоматической системы регулирования (АСР) представлены в приложении 4.

### **4. Разработка функциональной схемы контроля и (или) автоматического регулирования объекта.**

Подраздел выполняется на основании приложения 1 и литературы [13–17]. Функциональная схема выполняется на листе формата А1 или А2 в условных обозначениях согласно ГОСТ 21.404–85. На рис. 1, 2 и 3 представлены примеры функциональных схем.

В верхней части чертежей (см. рис. 1–3) функциональных схем показаны технологические объекты, выполненные в условных обозначениях, первичные преобразователи измеряемых технологических параметров и запорная арматура. В нижней части чертежей функциональных схем показаны преобразователи, устанавливаемые по месту, приборы, средства автоматизации и вычислительной техники, установленные на различных щитах.

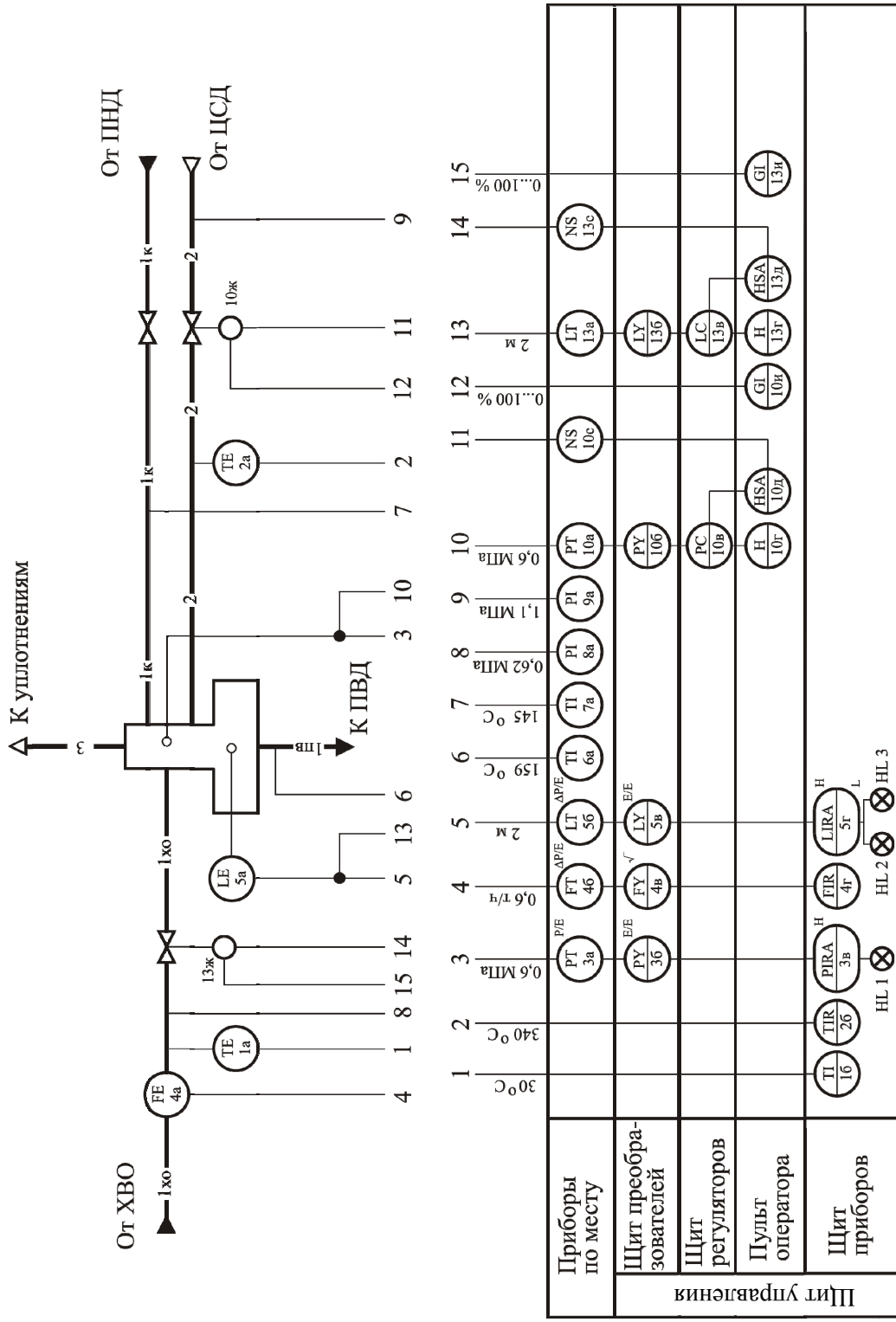


Рис. 1. Схема функциональная автоматического контроля и регулирования деаэратора



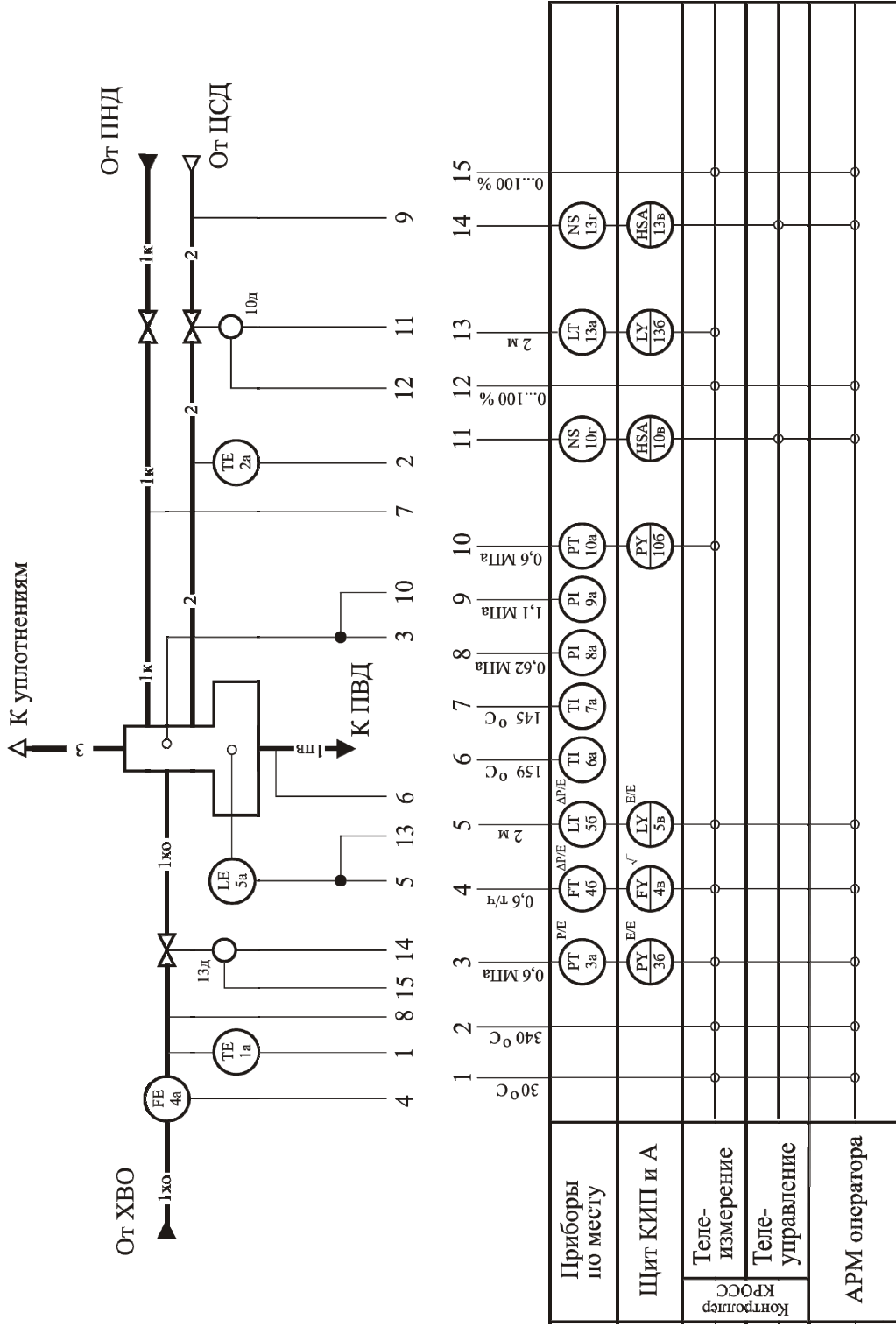


Рис. 2. Схема функциональная автоматизированного контроля и управления деаэратором

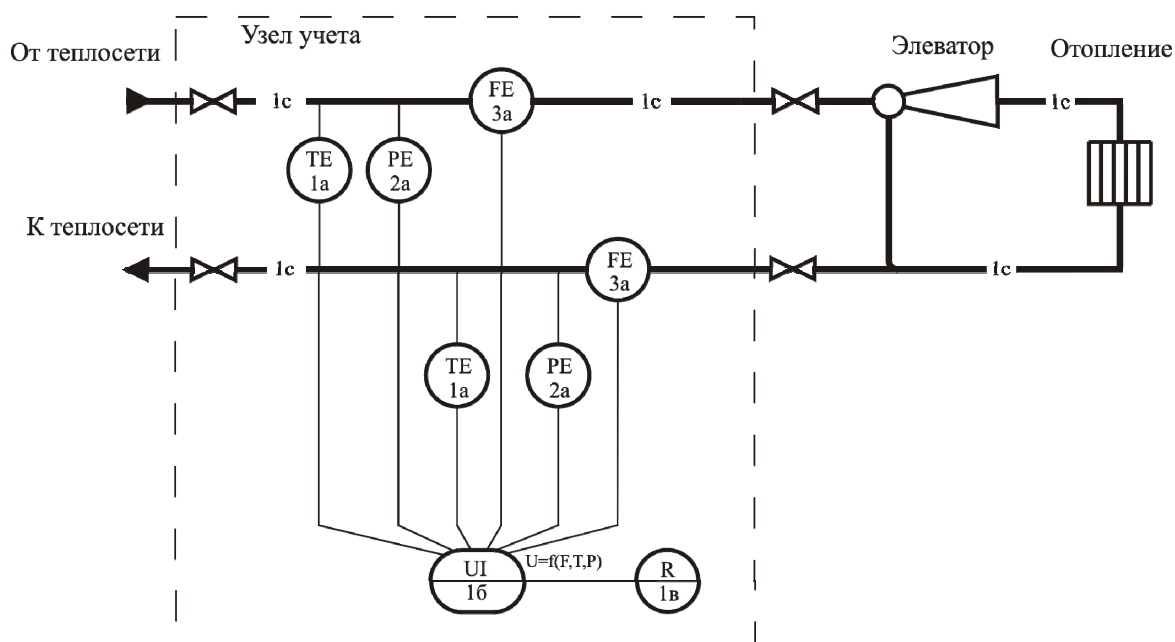


Рис. 3. Схема функциональная узла учета тепловой энергии

## 5. Обзор выпускаемых на современном этапе средств измерения и регулирования и выбор аппаратуры.

Подраздел разрабатывается на основе приложений 2 и 3.

В настоящее время для автоматизации технологических объектов применяется государственная система приборов и средств автоматизации (ГСП). При выборе технических средств следует использовать приложения 2, 3 и справочную литературу [18–21], отраслевые каталоги и инструкции. На основании этого обзора производится выбор приборов и средств автоматизации.

Наиболее распространена электрическая ветвь приборов системы ГСП, которая включает различного рода первичные преобразователи, вспомогательные устройства, измерительные приборы, регулирующие устройства (АКЭСР-2, микропроцессорные контроллеры), коммутирующие устройства (пускатели), задатчики, исполнительные механизмы, указатели положения исполнительного механизма и прочие модули (приложения 2 и 3).

## 6. Составление заказной спецификации на средства контроля и регулирования.

Подраздел выполняется на основании приложений 2 и 3. Форма заказной спецификации приборов и средств автоматизации и примеры заказных спецификаций для функциональных схем (рис. 1, 2 и 3 соответственно) представлены в табл. 1, 2 и 3.

Таблица 1

## Заказная спецификация приборов и средств автоматизации

| Позиция | Наименование, техническая характеристика приборов и средств автоматизации   | Тип и марка прибора                                 | Кол-во |
|---------|---|---|--------|
| 1а      | Термопреобразователь сопротивления, погружаемый, НСХ 50М, класс допуска В, монтажная длина 250 мм. ПГ «Метран», г. Челябинск  | ТСМ-0193-250  | 1      |
| 1б      | Измерительный прибор аналоговый, показывающий, предел допускаемой основной приведенной погрешности $\pm 0,5$ %. Выходной сигнал 4...20 мА. Первый канал: шкала $-50...50$ °С, НСХ 50М. ПГ «Метран», г. Челябинск                          | А100-Н-221  | 1      |
| 2а      | Преобразователь термоэлектрический, НСХ К(ХА), длина монтажной части 160 мм, класс допуска 2, количество чувствительных элементов 1. ПГ «Метран» г. Челябинск   | ТХА Метран-201-01-160-2-1                           | 1      |
| 2б      | Измерительный прибор аналоговый, показывающий, регистрирующий, предел допускаемой основной приведенной погрешности $\pm 0,5$ %. Выходной сигнал 4...20 мА. Первый канал: шкала 0...400 °С, НСХ К (ХА). ПГ «Метран», г. Челябинск          | А100-Н-111  | 1      |
| 3а, 10а | Преобразователь избыточного давления, 0...630 кПа, аналоговый, предел допускаемой основной приведенной погрешности $\pm 0,5$ %, выходной сигнал 4...20 мА. ПГ «Метран», г. Челябинск  | Метран-43-Ех-ДИ-3141-01-0,5 %-630 кПа-4...20 мА     | 2      |
| 3б, 10б | Блок питания с линейной характеристикой, напряжение питания 220 В, климатическое исполнение УХЛ 3.1, выходной сигнал 4...20 мА. ЗАО «Манометр», г. Москва   | БПС-24П,1-УХЛ 3, 4...20                             | 2      |
| 3в      | Прибор аналоговый, показывающий, регистрирующий, сигнализирующий, предел допускаемой основной приведенной погрешности $\pm 0,5$ %, шкала 0...1 МПа, входной сигнал 4...20 мА, выходной сигнал 4...20 мА. ПГ «Метран», г. Челябинск        | А 100-2125  | 1      |
| 4а      | Диафрагма камерная, условное давление 10 МПа, условный диаметр 100 мм. ПГ «Метран», г. Челябинск  | ДКС 10-100  | 1      |
| 4б      | Преобразователь разности давлений, аналоговый, предел допускаемой основной приведенной погрешности $\pm 0,5$ %, верхний предел измерений 400 кПа, рабочее избыточное давление 4 МПа, выходной сигнал 4...20 мА. ПГ «Метран», г. Челябинск | Метран-43Ф-Вн-ДД-3494-0,5 %-400 кПа-4 МПа-4...20 мА | 1      |
| 4в      | Блок питания с корнеизвлекающей характеристикой, напряжение питания 220 В, климатическое исполнение ТВ 3, выходной сигнал 4...20 мА. ЗАО «Манометр», г. Москва  | БПС-24К, 2-ТВ 3, 4...20                             | 1      |

Продолжение табл. 1

| Позиция  | Наименование, техническая характеристика приборов и средств автоматизации  | Тип и марка прибора                                  | Кол-во |
|----------|--|--|--------|
| 4г       | Прибор аналоговый, показывающий, регистрирующий, предел допускаемой основной приведенной погрешности $\pm 0,5$ %, верхний предел измерения 0,63 т/ч, входной сигнал 4...20 мА, выходной сигнал 4...20 мА.<br>ПГ «Метран», г. Челябинск                     | А 100-2125   | 1      |
| 5а       | Сосуд уравнивающий, условное давление 6,3 МПа. ПГ «Метран», г. Челябинск   | СУ-6,3-2-А   | 1      |
| 5б, 13а  | Преобразователь гидростатического давления, аналоговый, предел допускаемой основной приведенной погрешности $\pm 0,5$ %, верхний предел измерений 250 кПа, рабочее избыточное давление 10 МПа, выходной сигнал 4...20 мА.<br>ПГ «Метран», г. Челябинск     | Метран-43Ф-ДГ-3595-01-0,5 %-250 кПа-10 МПа-4...20 мА | 2      |
| 5в, 13б  | Блок питания с линейной характеристикой, напряжение питания 220 В, климатическое исполнение УХЛ 3.1, выходной сигнал 4...20 мА.<br>ЗАО «Манометр», г. Москва   | БПС-24П,1-УХЛ 3, 4...20                              | 2      |
| 5г       | Прибор аналоговый, показывающий, регистрирующий, сигнализирующий, предел допускаемой основной приведенной погрешности $\pm 0,5$ %, шкала $\pm 2500$ мм ( $\pm 250$ кПа), входной сигнал 4...20 мА, выходной сигнал 4...20 мА.<br>ПГ «Метран», г. Челябинск | А 100-2125   | 1      |
| 6а, 7а   | Термометр, диапазон измерения 0...200 °С, цена деления 2 °С, длина 260 мм.<br>ОАО «Теплоприбор», г. Клин   | ТТ-6   | 2      |
| 8а       | Манометр, диапазон показаний 0...10 кгс/см <sup>2</sup> , класс точности 1,5.<br>АО «Манотомь», г. Томск   | МПЗ-У-10 кгс/см <sup>2</sup> -1,5                    | 1      |
| 9а       | Манометр, диапазон показаний 0...16 кгс/см <sup>2</sup> , класс точности 1,5.<br>АО «Манотомь», г. Томск   | МПЗ-У-16 кгс/см <sup>2</sup> -1,5                    | 1      |
| 10в, 13в | Устройство регулирующее, входные сигналы 4...20 мА. ОАО «ЗЭиМ», г. Чебоксары   | РП4-У-М1   | 2      |
| 10г, 13г | Задатчик ручной.<br>ОАО «ЗЭиМ», г. Чебоксары   | РЗД-12   | 2      |
| 10д, 13д | Блок ручного управления.<br>ОАО «ЗЭиМ», г. Чебоксары   | БРУ-22   | 2      |
| 10е      | Пускатель бесконтактный реверсивный.<br>ОАО «ЗЭиМ», г. Чебоксары   | ПБР-2М   | 1      |

Окончание табл. 1

| Позиция  | Наименование, техническая характеристика приборов и средств автоматизации  | Тип и марка прибора  | Кол-во |
|----------|--|----------------------|--------|
| 10ж      | Механизм электроисполнительный прямоходный с номинальным усилием на выходном штоке 25000 Н, номинальное значение времени полного хода штока 100 с, номинальное значение полного хода штока 50 мм, в составе с реостатным блоком сигнализации положения выходного штока; год разработки – 1999. ОАО «ЗЭиМ», г. Чебоксары  | МЭП-25000/100-50Р-99 | 1      |
| 13е      | Пускатель бесконтактный реверсивный. ОАО «ЗЭиМ», г. Чебоксары  | ПБР-3А               | 1      |
| 13ж      | Механизм электроисполнительный однооборотный с номинальным значением момента на выходном валу 4000 Н·м, номинальное значение времени полного хода 63 с, номинальное значение полного хода 0,25 об., в составе с реостатным блоком сигнализации положения выходного вала; год разработки – 1997. ОАО «ЗЭиМ», г. Чебоксары | МЭО-4000/63-0,25Р-97 | 1      |
| 10и, 13и | Дистанционный указатель положения выходного вала электрического исполнительного механизма с реостатным датчиком. ОАО «ЗЭиМ», г. Чебоксары  | ДУП-М                | 2      |

Таблица 2

*Заказная спецификация приборов и средств автоматизации*

| Позиция | Наименование, техническая характеристика приборов и средств автоматизации  | Тип и марка прибора                            | Кол-во |
|---------|--|--|--------|
| 1а      | Термопреобразователь сопротивления, погружаемый, НСХ 50М, класс допуска В, монтажная длина 250 мм. ПГ «Метран», г. Челябинск   | ТСМ-0193-250                                   | 1      |
| 2а      | Преобразователь термоэлектрический, НСХ К(ХА), длина монтажной части 160 мм, класс допуска 2, количество чувствительных элементов 1. ПГ «Метран», г. Челябинск                       | ТХА Метран-201-01-160-2-1                      | 1      |
| 3а, 10а | Преобразователь избыточного давления, 0...630 кПа, аналоговый, предел допускаемой основной приведенной погрешности $\pm 0,5$ %, выходной сигнал 4...20 мА. ПГ «Метран», г. Челябинск | Метран-43-Ех-ДИ-3141-01-0,5 %-630кПа-4...20 мА | 2      |
| 3б, 10б | Блок питания с линейной характеристикой, напряжение питания 220 В, климатическое исполнение УХЛ 3.1, выходной сигнал 4...20 мА. ЗАО «Манометр», г. Москва                            | БПС-24П, 1-УХЛ 3, 4...20                       | 2      |

Продолжение табл. 2

| Позиция  | Наименование, техническая характеристика приборов и средств автоматизации  | Тип и марка прибора                                     | Кол-во |
|----------|--|---|--------|
| 4а       | Диафрагма камерная, условное давление 10 МПа, условный диаметр 100 мм.<br>ПГ «Метран», г. Челябинск  | ДКС 10-100  | 1      |
| 4б       | Преобразователь разности давлений, аналоговый, предел допускаемой основной приведенной погрешности $\pm 0,5$ %, верхний предел измерений 400 кПа, предельно допускаемое рабочее избыточное давление 4 МПа, выходной сигнал 4...20 мА. ПГ «Метран», г. Челябинск  | Метран-43Ф-Вн-ДД-3494-0,5 %<br>-400 кПа-4 МПа-4...20 мА | 1      |
| 4в       | Блок питания с корнеизвлекающей характеристикой, напряжение питания 220 В, климатическое исполнение ТВ 3, выходной сигнал 4...20 мА. ЗАО «Манометр», г. Москва   | БПС-24К, 2 ТВ 3,<br>4...20                              | 1      |
| 5а       | Сосуд уравнивающий, условное давление 6,3 МПа. ПГ «Метран», г. Челябинск   | СУ-6,3-2-А  | 1      |
| 5б, 13а  | Преобразователь гидростатического давления, аналоговый, предел допускаемой основной приведенной погрешности $\pm 0,5$ %, верхний предел измерений 250 кПа, предельно допускаемое рабочее избыточное давление 10 МПа, выходной сигнал 4...20 мА. ПГ «Метран», г. Челябинск  | Метран-43Ф-ДГ-3595-01-0,5 %-250 кПа-10 МПа-4...20 мА    | 2      |
| 5в, 13б  | Блок питания с линейной характеристикой, напряжение питания 220 В, климатическое исполнение УХЛ 3.1, выходной сигнал 4...20 мА. ЗАО «Манометр», г. Москва  | БПС-24П, 1-УХЛ<br>3, 4...20                             | 2      |
| 6а, 7а   | Термометр, диапазон измерения 0...200 °С, цена деления 2 °С, длина 260 мм.<br>ОАО «Теплоприбор», г. Клин   | ТТ-6  | 2      |
| 8а       | Манометр, диапазон показаний 0...10 кгс/см <sup>2</sup> , класс точности 1,5. АО «Манотомь», г. Томск  | МПЗ-У-10 кгс/см <sup>2</sup> -1,5                       | 1      |
| 9а       | Манометр, диапазон показаний 0...16 кгс/см <sup>2</sup> , класс точности 1,5.<br>АО «Манотомь», г. Томск   | МПЗ-У-16 кгс/см <sup>2</sup> -1,5                       | 1      |
| 10в, 13в | Блок ручного управления.<br>ОАО «ЗЭиМ», г. Чебоксары   | БРУ-22  | 2      |
| 10г      | Пускатель бесконтактный реверсивный.<br>ОАО «ЗЭиМ», г. Чебоксары   | ПБР-2М  | 1      |
| 10д      | Механизм электроисполнительный прямоходный с номинальным усилием на выходном штоке 25000 Н, номинальное значение времени полного хода штока 100 с, номинальное значение полного хода штока 50 мм; в составе с реостатным блоком сигнализации положения выходного штока; год разработки – 1999.<br>ОАО «ЗЭиМ», г. Чебоксары | МЭП-25000/100-50Р-99                                    | 1      |

Окончание табл. 2

| Позиция | Наименование, техническая характеристика приборов и средств автоматизации  | Тип и марка прибора  | Кол-во |
|---------|--|----------------------|--------|
| 13г     | Пускатель бесконтактный реверсивный.<br>ОАО «ЗЭиМ», г. Чебоксары   | ПБР-3А               | 1      |
| 13д     | Механизм электроисполнительный однооборотный с номинальным значением момента на выходном валу 4000Н·м, номинальное значение времени полного хода 63 с, номинальное значение полного хода 0,25 об.; в составе с реостатным блоком сигнализации положения выходного вала; год разработки – 1997.<br>ОАО «ЗЭиМ», г. Чебоксары | МЭО-4000/63-0,25Р-97 | 1      |
| 1       | Контроллер многоканальный, многофункциональный, регулирующий, микропроцессорный КРОСС. В состав контроллера входят следующие блоки (модули):<br>Блок центральный в составе модуля процессора SM2-CPU-1,5   | ЦБ1                  | 1      |
| 2       | Базовый монтажный блок   | SMART2-BASE          | 1      |
| 3       | Модуль согласования  | ИСК1                 | 1      |
| 4       | Модуль устройства связи с объектом   | ТС1-7                | 1      |
| 5       | Модуль устройства связи с объектом   | АП1-8                | 1      |
| 6       | Модуль устройства связи с объектом   | DIO1-8/8             | 1      |
| 7       | Блок питания   | ЛОК 4601-2R/P-ONE/   | 1      |
| 8       | Модуль питания   | DC-24/5              | 1      |
| 9       | Блок терминальный  | T1-AI                | 1      |
| 10      | Блок терминальный  | T1-TC                | 1      |
| 11      | Блок терминальный  | T1-D                 | 1      |
| 12      | Соединение гибкое  | C1-AI                | 1      |
| 13      | Соединение гибкое  | C1-TC                | 1      |
| 14      | Соединение гибкое<br>ОАО «ЗЭиМ», г. Чебоксары  | C1-D                 | 1      |

Таблица 3

*Заказная спецификация приборов и средств автоматизации*

| Позиция | Наименование, техническая характеристика приборов и средств автоматизации   | Тип и марка прибора | Кол-во |
|---------|---|---------------------|--------|
| 1а      | Теплосчетчик СТ «Сибирь».<br>Комплектно поставляется:<br>Термопреобразователь сопротивления, погружаемый, НСХ Pt500, класс допуска В, монтажная длина 80 мм | Pt500               | 2      |
| 1б      | Тепловычислитель  | MULTICAL            | 1      |

| Позиция | Наименование, техническая характеристика приборов и средств автоматизации  | Тип и марка прибора                          | Кол-во |
|---------|--|--|--------|
| 3а      | Преобразователь расхода, электромагнитный, диаметр условный $D_y = 32$ мм, верхний предел измерения 10 т/ч.<br>ООО «ТМ-Комплект», г. Новосибирск   | ПРЭМ-2                                       | 2      |
| 1в      | Персональная ЭВМ   |  | 1      |
| 2а      | Преобразователь избыточного давления, 0...1 МПа, аналоговый, предел допускаемой основной приведенной погрешности $\pm 0,5$ %, выходной сигнал 4...20 мА. Блок питания с линейной характеристикой БПД-40-2К.<br>ПГ «Метран», г. Челябинск | Метран-43-Ех-ДИ-3141-01-0,5 %-1МПа-4...20 мА | 2      |

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Руководящие указания по объему технологических измерений, сигнализации, автоматического регулирования и технологической защиты на тепловых электростанциях. – М.: Союзтехэнерго, 1980. – 81 с.
2. Плетнев Г.П. Автоматическое управление и защита теплоэнергетических установок электростанций. – 3-е изд. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 344 с.
3. Беляев Г.Б., Кузицин В.Ф. Технические средства автоматизации в теплоэнергетике. – М.: Энергоатомиздат, 1982. – 258 с.
4. Наладка средств измерений и систем технологического контроля: справочное пособие / под ред. А.С. Ключева. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 368 с.
5. Наладка средств автоматизации и автоматических систем регулирования: справочное пособие / А.С. Ключев, А.Т. Лебедев и др. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 368 с.
6. Гуров А.М., Починкин С.М. Автоматизация технологических процессов. – М.: Высшая школа, 1979. – 380 с.
7. Орнатский А.П. и др. Парогенераторы сверхкритического давления. – Киев: Вища школа, 1980. – 288 с.
8. Ковалев А.П., Лелеев Н.С., Виленский Т.В. Парогенераторы: учебник для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 376 с.
9. Рыжкин В.Я. Тепловые электрические станции: учебник для вузов / под ред. В.Я. Гиршфельда. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 328 с.



10. Паровые и газовые турбины: учебник для вузов / А.Г. Костюк, В.В. Фролов. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 352 с.
11. Щегляев А.В. Паровые турбины: теория теплового процесса и конструкции турбин: учебник для вузов. В 2 кн. – 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1993. – 348 с.
12. Тепловые и атомные электрические станции: справочник / под ред. В.А. Григорьева. – М.: Энергоатомиздат, 1982. – 642 с.
13. Промышленные приборы и средства автоматизации: справочник / под ред. В.В. Черенкова. – Л.: Машиностроение, 1987. – 847 с.
14. Волошенко А.В., Медведев В.В. Технологические измерения и приборы. Курсовое проектирование. – Томск: Изд-во ТПУ, 2006. – 120 с.
15. Проектирование автоматизированных систем управления технологических процессов: справочное пособие / А.И. Емельянов, О.В. Капник. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 400 с.
16. Проектирование систем автоматизации технологических процессов: справочное пособие / А.С. Клюев и др.; под ред. А.С. Клюева. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 464 с.
17. Клюев А.С. и др. Техника чтения схем автоматического управления и контроля. – М.: Энергия, 1977. – 296 с.
18. Технические средства измерения температуры на объектах теплоэнергетики: метод. указ. курс. и дипл. пр. спец. 210200 / сост. А.В. Волошенко, В.В. Медведев. – Томск: Изд-во ТПУ, 1995. – 26 с.
19. Технические средства измерения давления и расхода на объектах теплоэнергетики: метод. указ. курс. и дипл. пр. спец. 210200 / сост. А.В. Волошенко, В.В. Медведев. – Томск: Изд-во ТПУ, 1995. – 36 с.
20. Преображенский В.П. Теплотехнические измерения и приборы. – М.: Энергия, 1978. – 704 с.
21. Иванова Г.М., Кузнецов Н.Д., Чистяков В.С. Теплотехнические измерения и приборы: учебник для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 232 с.

# РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СХЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ ОБЪЕКТОВ

## П1.1. Состав функциональных схем

В ВКР необходимо разработать функциональную схему АКИР. В процессе разработки функциональной схемы должны быть решены следующие задачи:

- изучение технологической схемы автоматизируемого объекта;
- составление перечня контролируемых параметров технологического процесса и технологического оборудования;
- определение местоположения точек отбора измерительной информации на технологической схеме объекта автоматизации;
- определение предельных рабочих значений контролируемых параметров;
- выбор структуры измерительных каналов;
- выбор методов и технических средств получения, преобразования, передачи и представления измерительной информации;
- размещение технических средств автоматизации (ТСА) на технологическом оборудовании, трубопроводах, по месту и на щитах;
- согласование параметров измерительных каналов и информационно-вычислительного комплекса (ИВК).

При разработке функциональных схем автоматизации и выборе технических средств необходимо учитывать особенности технологического процесса, условия пожаро- и взрывоопасности, агрессивность и токсичность окружающей среды, параметры и физико-химические свойства технологических сред, расстояние от мест установки первичных преобразователей, отборных и приемных устройств до постов контроля, требуемую точность и быстродействие средств автоматизации.

АКИР проектируется, как правило, на основе ТСА, серийно выпускаемых отечественными предприятиями. Предпочтение должно отдаваться унифицированным системам и однотипным техническим средствам, обеспечивающим взаимозаменяемость, простоту сочетания друг с другом и удобство компоновки на щитах.

В качестве технических средств получения и преобразования измерительной информации, а также измерительных приборов следует использовать средства автоматизации ГСП. Необходимо ограничивать количество измерительных приборов, устанавливаемых на щитах, минимальным набором, обеспечивающим выполнение требуемых функций (измерение, регистрация, сигнализация и т. д.).

На чертеже функциональной схемы автоматизации необходимо представить:

- технологическую схему объекта автоматизации;
- первичные и функциональные преобразователи, измерительные приборы и другие средства автоматизации;
- щиты, машины централизованного контроля, ИВК;
- линии связи между техническими средствами автоматизации;
- таблицу условных обозначений, не предусмотренных действующими стандартами;
- основную надпись.

### **П1.2. Изображение технологического оборудования и трубопроводов на функциональных схемах**

Четкое представление об особенностях технологических процессов объекта автоматизации и величине номинальных значений параметров технологических сред можно получить путем изучения литературных источников и справочных материалов [1–12]. На функциональных схемах используются развернутые или принципиальные тепловые схемы объекта автоматизации, отражающие процессы преобразования и использования теплоты. Развернутая тепловая схема включает изображения всего оборудования объекта автоматизации – работающего и резервного, основного и вспомогательного, а принципиальная тепловая схема – изображения основного оборудования.

Технологическое оборудование следует изображать на функциональных схемах автоматизации в соответствии с ГОСТ 21.403–80. Допускается изображение технологического оборудования в виде контуров, упрощенных до такой степени, которая позволяет показать как взаимосвязи отдельных частей технологической цепи, так и принцип ее действия, а также взаимодействие с первичными преобразователями и другими техническими средствами системы автоматизации. Необходимо показать взаимное расположение технологического оборудования и ТСА, при этом внутренние детали и элементы частей технологического оборудования показывают только в тех случаях, если они механически связаны с первичными измерительными преобразователями, измерительными приборами и другими средствами автоматизации.

На технологических трубопроводах показывают только те вентили, задвижки, заслонки, клапаны, другую регулирующую и запорную арматуру, которая непосредственно участвует в работе системы автоматизации или необходима для определения относительного расположения отборных устройств и первичных измерительных преобразователей. Технологическое оборудование и трубопроводы вспомогательного назначения изображают на функциональных схемах при механическом соединении или взаимодействии их со средствами автоматизации.

Внутри контуров условных обозначений технологического оборудования или рядом с ними необходимо приводить поясняющие надписи (полные или сокращенные наименования или позиционные обозначения в соответствии с развернутыми тепловыми схемами).

Трубопроводы и технологические среды изображают на тепловых схемах теплоэнергетических объектов условными обозначениями по ГОСТ 2.784–70, приведенными в табл. П1.1. Расстояние между соседними условными цифровыми обозначениями технологической среды одной и той же технологической линии должно составлять 50...70 мм.

Таблица П1.1

*Условные цифровые обозначения трубопроводов и технологических сред по ГОСТ 2.784–70*

| Наименование технологической среды | Условное обозначение | Наименование технологической среды | Условное обозначение |
|------------------------------------|----------------------|------------------------------------|----------------------|
| Вода                               | — 1 — 1 —            | Жидкое топливо                     | — 15 — 15 —          |
| Пар                                | — 2 — 2 —            | Водород                            | — 16 — 16 —          |
| Воздух                             | — 3 — 3 —            | Ацетилен                           | — 17 — 17 —          |
| Азот                               | — 4 — 4 —            | Метан                              | — 19 — 19 —          |
| Кислород                           | — 5 — 5 —            | Этилен                             | — 21 — 21 —          |
| Аргон                              | — 6 — 6 —            | Пропан                             | — 22 — 22 —          |
| Гелий                              | — 8 — 8 —            | Пропилен                           | — 23 — 23 —          |
| Кислота                            | — 12 — 12 —          | Противопожарный трубопровод        | — 25 — 25 —          |
| Щелочь                             | — 13 — 13 —          | Вакуум                             | — 27 — 27 —          |
| Масло                              | — 14 — 14 —          | Преобладающая в проекте среда      | —————                |

Для уточнения характера технологической среды к условному цифровому обозначению добавляют буквенный индекс, например:

пар насыщенный — 2н — 2н —, пар перегретый — 2п — 2п —, вода осветленная — 1о — 1о —, вода сетевая — 1с — 1с —, вода подпиточная — 1пп — 1пп —, конденсат — 1к — 1к —.

Для условных обозначений жидкостей, газов и других сред, которые не предусмотрены ГОСТ 2.784–70, допускается использование других цифр и букв, например: продукты сгорания (топочные газы) — 28 — 28 —, твердое топливо — Т — Т —.

Если технологическая среда представляет собой смесь нескольких веществ, используют комбинированные условные обозначения, например, пылевоздушная смесь — Т+3 — Т+3 —.

В ГОСТ 2.784–70 предусмотрены также условные обозначения соединений и пересечений технологических коммуникаций и трубопроводов, подвода и отвода технологических сред, которые представлены в табл. П1.2. Трубопроводы, соединенные с входом или выходом техно-

логического оборудования, показанного последним на изображенной части технологической цепи, необходимо обрывать и заканчивать стрелкой, показывающей направление движения технологической среды, и поясняющей надписью, например, «от деаэратора», «к экономайзеру» (см. рис. 1, 2).

Таблица П1.2

*Условные обозначения соединений и пересечений трубопроводов, подвода и выпуска технологических сред*

| Наименование                             | Условное обозначение | Наименование                             | Условное обозначение |
|--|----------------------|--|----------------------|
| Соединение трубопроводов                 |                      | Пересечение трубопроводов                |                      |
| Подвод жидкости под давлением            |                      | Слив жидкости                            |                      |
| Подвод газа, пара, воздуха под давлением |                      | Выпуск газа, пара, воздуха под давлением |                      |

Технологическое оборудование изображают на принципиальных схемах условными обозначениями по ГОСТ 21.403–80 линиями толщиной 0,5 мм. Основные обозначения технологического оборудования приведены в табл. П1.3.

Таблица П1.3

*Условные обозначения технологического оборудования*

| Наименование                           | Обозначение | Наименование                        | Обозначение |
|--|-------------|-------------------------------------|-------------|
| Цилиндр турбины однопоточной           |             | Цилиндр турбины двухпоточной        |             |
| Воздухоподогреватель трубчатый         |             | Воздухоподогреватель регенеративный |             |
| Конденсатор поверхностный двухпоточный |             | Деаэратор                           |             |
| Теплообменник поверхностный            |             | Турбонасос                          |             |

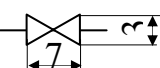
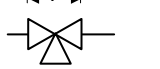
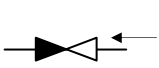

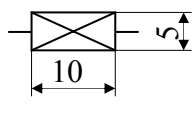
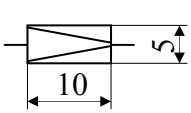
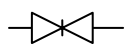
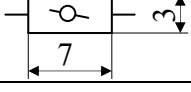
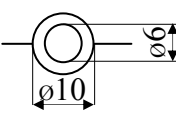
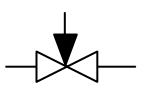
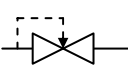
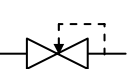
| Наименование                                 | Обозначение   | Наименование                 | Обозначение   |
|--|---|------------------------------|---|
| Бункер кускового топлива                     |    | Бункер пылевидного топлива   |    |
| Питатель ленточный, скребковый, пластинчатый |    | Питатель дисковый            |    |
| Поверхности нагрева                          |    | Экономайзер                  |    |
| Ширмовый пароперегреватель                   |    | Циклон                       |    |
| Мельница молотковая                          |   | Сепаратор механический       |   |
| Мельница шаровая барабанная                  |  | Впрыскивающий пароохладитель |  |
| Вентилятор (дымосос)                         |  | Горелка угловая, щелевая     |  |
| Смеситель или коллектор                      |  | Эжектор                      |  |
| Подшипник                                    |  | Насос                        |  |
| Растопочный Сепаратор                        |  | Уплотнения вала турбины      |  |
| Теплообменник смешивающий                    |  | Фильтр двухкамерный          |  |

Условные обозначения запорной арматуры (вентилей, клапанов, задвижек и т. п.) по ГОСТ 2.785–70 приведены в табл. П1.4.

Если на технологических схемах для обозначения трубопроводов использованы нестандартные условные обозначения, то такие же условные обозначения следует использовать и на функциональных схемах автоматизации. Отдельные агрегаты и установки технологической цепи можно изображать оторванными друг от друга с указаниями на их взаимосвязи с помощью стрелок и надписей.

Таблица П1.4

Условные обозначения запорной арматуры

| Наименование   | Обозначение  | Наименование                                  | Обозначение  |
|--|--|---|--|
| Вентиль, клапан запорный<br>а) проходной<br>б) трехходовой | а) <br>б)  | Клапан обратный<br>а) проходной<br>б) угловой | а) <br>б)  |
| Клапан дроссельный   |   | Редукционно-охлаждающая установка             |   |
| Задвижка   |    | Затвор поворотный                             |    |
| Клапан стопорный   |   | Клапан обратный защитного устройства ПВД      |   |
| Клапан регулирующий «до себя»                              |   | Клапан регулирующий «после себя»              |   |

### П1.3. Изображение технических средств автоматизации на функциональных схемах

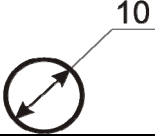
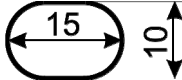


Первичные и функциональные измерительные преобразователи, измерительные приборы и вспомогательную аппаратуру изображают на схемах автоматизации в соответствии с ГОСТ 21.404–85. Если необходимые стандартные условные обозначения отсутствуют, допускается применение нестандартных условных обозначений. Графические условные обозначения первичных и функциональных измерительных преобразователей и измерительных приборов на функциональных схемах автоматизации приведены в табл. П1.5.

Толщина линий контуров условных обозначений технических средств автоматизации 0,5...0,6 мм, толщина горизонтальной линии в графическом условном обозначении технического средства автоматизации (ТСА), установленного на щите, 0,2...0,3 мм.

Отборные устройства для постоянно подключенных измерительных преобразователей или измерительных приборов изображают сплошными линиями толщиной 0,2...0,3 мм. Эти линии должны соединять изображения технологического оборудования или трубопроводов в местах присоединения отборных устройств с условными обозначениями первичных измерительных преобразователей или измерительных приборов. Окружностью диаметром 2 мм указывают местоположение отборного устройства или точки измерения (внутри технологического оборудования или на его поверхности).

Таблица П1.5

*Условные обозначения технических средств  
автоматизации по ГОСТ 21.404–85*

| Наименование  | Условное обозначение  |
|---|---|
| Датчик, преобразователь, прибор,<br>устанавливаемый вне щита:<br>– основное обозначение |    |
| – допустимое обозначение  |    |
| Датчик, преобразователь, прибор,<br>устанавливаемый на щите:<br>– основное обозначение  |  |
| – допустимое обозначение  |  |

Верхние части условных обозначений ТСА (окружности или овала) используют для нанесения условных обозначений измеряемых физических величин и функций, выполняемых техническими средствами автоматизации. Основные условные обозначения измеряемых физических величин приведены в табл. П1.6.

Таблица П1.6

*Условные обозначения измеряемых параметров*

| Обозначение | Основное значение              |
|-------------|--------------------------------|
| <b>Е</b>    | Любая электрическая величина   |
| <b>F</b>    | Расход                         |
| <b>G</b>    | Размер, положение, перемещение |
| <b>H</b>    | Ручное воздействие             |
| <b>L</b>    | Уровень                        |
| <b>M</b>    | Влажность                      |
| <b>P</b>    | Давление, вакуум               |
| <b>Q</b>    | Концентрация, состав и т. п.   |
| <b>S</b>    | Скорость, частота              |
| <b>T</b>    | Температура                    |



Буквы **A, B, C, I, Y, Z** при обозначениях измеряемых физических величин являются резервными. Они могут использоваться для обозначений, не предусмотренных стандартом. Букву **X** применять не рекомендуется.

Дополнительные условные обозначения, уточняющие измеряемые параметры, приведены в табл. П1.7.

Таблица П1.7

*Условные обозначения, уточняющие измеряемые параметры*

| Обозначение | Дополнительное значение                 |
|-------------|---|
| <b>d</b>    | Разность, перепад                       |
| <b>f</b>    | Соотношение, доля, дробь                |
| <b>q</b>    | Суммирование во времени, интегрирование |

Условные обозначения функций, выполняемых техническими средствами автоматизации, приведены в табл. П1.8.

Таблица П1.8

*Условные обозначения функций, выполняемых техническими средствами автоматизации*

| Обозначение | Наименование                        | Обозначение | Наименование                       |
|-------------|-------------------------------------|-------------|------------------------------------|
| <b>A</b>    | Сигнализация                        | <b>H</b>    | Верхний предел измеряемой величины |
| <b>I</b>    | Показание                           |             |                                    |
| <b>R</b>    | Регистрация                         |             |                                    |
| <b>C</b>    | Регулирование, управление           | <b>L</b>    | Нижний предел измеряемой величины  |
| <b>S</b>    | Включение, отключение, переключение |             |                                    |

В табл. П1.9 приведены дополнительные условные буквенные обозначения, отражающие функциональные признаки измерительных приборов, преобразователей и других средств автоматизации.

Таблица П1.9

*Условные обозначения функциональных признаков*

| Обозначение | Функциональный признак                 | Назначение   |
|-------------|--|--|
| <b>E</b>    | Чувствительный элемент                 | Первичное преобразование (термопреобразователи, сужающие устройства и т. п.)         |
| <b>T</b>    | Дистанционная передача                 | Приборы, преобразователи с дистанционной передачей сигнала                           |
| <b>Y</b>    | Преобразование, вычислительные функции | Для построения обозначений измерительных преобразователей и вычислительных устройств |

Функции, выполняемые измерительными приборами, можно также обозначать буквами **G**, **V**, которые являются резервными буквами.

В табл. П1.10 приведены дополнительные обозначения характеристик работы измерительных приборов, преобразователей и других средств автоматизации.

Таблица П1.10

*Условные обозначения характеристик работы ТСА*

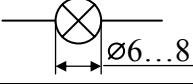
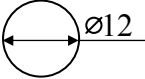
| Обозначение                               | Характеристика                                   |
|---|--|
| <b>Энергия сигнала:</b>                   |  |
| <b>E</b>                                  | электрическая                                    |
| <b>P</b>                                  | пневматическая                                   |
| <b>G</b>                                  | гидравлическая                                   |
| <b>Форма представления сигнала:</b>       |  |
| <b>A</b>                                  | аналоговая                                       |
| <b>D</b>                                  | дискретная                                       |
| <b>Операция, выполняемая устройством:</b> |  |
| $\Sigma$                                  | суммирование                                     |
| $\int$                                    | интегрирование                                   |
| $\times$                                  | перемножение двух и более сигналов               |
| $:$                                       | деление сигналов друг на друга                   |
| $F^n$                                     | возведение в степень $n$                         |
| $\sqrt{n}$                                | извлечение корня степени $n$ из величины сигнала |
| <b>k</b>                                  | умножение на коэффициент                         |
| <b>lg</b>                                 | логарифмирование                                 |

При построении условных обозначений преобразователей сигналов и вычислительных устройств обозначения, определяющие вид преобразования или вычислительные операции, осуществляемые средствами автоматизации, изображают справа от графических условных обозначений этих средств.

На функциональных схемах систем контроля технологических параметров может быть показана различная электроаппаратура (звонки, гудки, сирены, сигнальные лампы и др.). Графические условные обозначения электроаппаратуры представлены в табл. П1.11.

Таблица П1.11

*Условные обозначения электроаппаратуры*

| Наименование     | Условное обозначение   |
|------------------|--|
| Лампа сигнальная |  |
| Электродвигатель |  |

#### П1.4. Позиционные обозначения технических средств автоматизации на функциональных схемах

Техническим средствам автоматизации, изображенным на функциональных схемах, присваивают позиционные обозначения (позиции). Позиционные обозначения изображают в нижней половине графических условных обозначений измерительных приборов и других ТСА. Позиционные обозначения ТСА состоят из двух частей.

Позиционные обозначения присваивают ТСА, работающим в составе комплекта или функциональной группы, например комплекта «первичный измерительный преобразователь – измерительный прибор». Первая часть позиционного обозначения содержит цифру, вторая часть – строчную букву (4а, 7в) или цифру, отделенную от первой части (3–1, 3/2). Буквенные или цифровые обозначения второй части присваивают каждому элементу функциональной группы или комплекта в алфавитном порядке или порядке возрастания, начиная с цифры 1. Последовательность присвоения обозначений второй части осуществляют в зависимости от последовательности прохождения сигнала измерительной информации.

Присвоение номеров позиционных обозначений функциональным группам (комплектam) и отдельным ТСА следует производить по параметрическим группам в соответствии с табл. П1.12.

Таблица П1.12

*Последовательность присвоения номеров позиционных обозначений измерительным приборам и функциональным группам*

| № п/п | Физическая величина | № п/п | Физическая величина            |
|-------|---------------------|-------|--------------------------------|
| 1     | Температура         | 8     | Концентрация                   |
| 2     | Давление-разрежение | 9     | Теплота сгорания               |
| 3     | Расход, количество  | 10    | Количество теплоты             |
| 4     | Уровень             | 11    | Вибрация                       |
| 5     | Влажность           | 12    | Перемещение, длина             |
| 6     | Плотность           | 13    | Положение                      |
| 7     | Вязкость            | 14    | Разность значений двух величин |

Одинаковым функциональным группам (комплектam) или однотипным элементам одного комплекта рекомендуется присваивать одинаковые позиционные обозначения. Например, нескольким термопреобразователям сопротивления с одинаковыми характеристиками, присоединенным к одному измерительному прибору комплекта 7, присваивается позиционное обозначение 7а (7–1, 7/1).

## П1.5. Методика построения условных обозначений технических средств автоматизации

Условные обозначения ТСА изображают на функциональных схемах одним из двух способов – упрощенным или развернутым. При использовании упрощенного способа измерительные приборы и другие средства автоматизации, выполняющие сложные функции (например, измерение, регистрацию, сигнализацию отклонений от нормы) и состоящие из отдельных блоков, изображают одним условным обозначением. Первичные измерительные преобразователи (датчики) и вспомогательную аппаратуру не изображают. При использовании развернутого способа каждый измерительный прибор или блок, входящий в состав одной функциональной группы (комплекта), изображают отдельным условным обозначением.

В условных обозначениях измеряемых физических величин и функциональных признаков первая буква обозначает измеряемую физическую величину (см. табл. П1.6), а вторая буква (при необходимости) ее уточняет (см. табл. П1.7). Последующие буквы в условном обозначении отражают функциональные признаки средства автоматизации (рис. П1.1).



Рис. П1.1. Последовательность буквенных обозначений средств измерения и регулирования

При наличии нескольких функциональных признаков буквы, их отражающие, должны располагаться в следующей последовательности: I, R, C, S, A. В условные обозначения ТСА включают обозначения только тех функциональных признаков, которые используются в конкретном измерительном канале.

Букву **A** используют для обозначения функции сигнализации независимо от того, вынесена сигнальная аппаратура на щит или пульт или используется сигнальная арматура, встроенная в ТСА. Букву **S** используют для обозначения контактного устройства, встроенного в ТСА и используемого для включения, отключения, переключения или блокировки. Если такое контактное устройство используют также для сигнализации, в обозначение включают сочетание двух букв – **SA**.

Если измерительные приборы используют только для измерения, в условные обозначения кроме букв, соответствующих измеряемым физическим величинам, включают букву **I**, например, **TI**, **PI**.

При построении условного обозначения, например, сигнализатора уровня жидкости, блок сигнализации которого является бесшкальным устройством, снабженным встроенными сигнальными и контактными элементами, используют следующие сочетания:

**LA** – сигнализатор уровня жидкости используют для местной или дистанционной сигнализации;

**LS** – сигнализатор уровня используют для включения, отключения насоса и др.;

**LSA** – сигнализатор уровня используют для включения, отключения и одновременно для местной или дистанционной сигнализации.

При построении условных обозначений комплектов технических средств измерения технологических параметров первая буква в условном обозначении каждого входящего в комплект блока должна соответствовать измеряемому комплектом параметру.

Предельные значения измеряемых физических величин, по которым осуществляется определенная функция (включение, отключение, сигнализация), допускается конкретизировать буквами **H** и **L**. Эти буквы изображают справа от условного графического обозначения. Букву **H** изображают на уровне верхней части графического обозначения (окружности, овала), а букву **L** – нижней части графического обозначения.

При необходимости передать в условном обозначении объем информации больший, чем предусмотрен в буквенном обозначении, дополнительную информацию можно разместить справа сверху за пределами графического обозначения. Для конкретизации измеряемой величины концентрации указывают, например, **pH**, **O<sub>2</sub>**, **CO<sub>2</sub>** и т. д.

Для преобразователей указывают функцию преобразования, род сигналов на входе и выходе, например, **A/D** – для преобразователя аналогового сигнала в дискретную форму.

При обозначении буквой **U** нескольких разнородных измеряемых физических величин справа от обозначения приводят расшифровку измеряемых физических величин, например, **U = f(F, P, T)**.

Буквенные условные обозначения всех устройств, выполненных в виде отдельных блоков и предназначенных для ручных операций, на первом месте должны содержать букву **Н**, независимо от того, в состав какого измерительного комплекта они входят, например переключатели цепей измерения.

В условных обозначениях с применением дополнительных функциональных признаков (буквы **Е, Т, У, К**) на первое место ставится буква, обозначающая измеряемую физическую величину. На второе место ставится буква, обозначающая один из дополнительных функциональных признаков. Например, первичный измерительный преобразователь расхода обозначают **FE**, измерительный преобразователь расхода с дистанционной передачей – **FT**, промежуточный преобразователь температуры – **TU** и т. д. В некоторых случаях при построении условных обозначений частей комплектов, предназначенных для измерения качества косвенным методом, первая буква обозначения первичного измерительного преобразователя может отличаться от первой буквы обозначения измерительного прибора. Например, если при измерении качества используют термопреобразователь сопротивления, а измерительным прибором является автоматический мост, то первичный преобразователь следует обозначать **TE**, а измерительный прибор – **QI** или **QIR**.

### **П1.6. Изображение линий связи, щитов и средств вычислительной техники**

На функциональных схемах автоматизации линии связи изображают сплошными тонкими линиями толщиной 0,2...0,3 мм. Независимо от количества электропроводящих жил или количества труб, которые осуществляют в реальной системе связь между элементами этой системы, линии связи изображают одной тонкой линией. При необходимости направление передачи сигнала указывают стрелкой, размещаемой на изображении линии связи. Подвод линий связи к условным графическим обозначениям измерительных приборов и других средств автоматизации допускается в любой точке – сверху, снизу, сбоку.

Допускается пересечение линиями связи изображений технологического оборудования и технологических коммуникаций (трубопроводов и др.). Запрещается пересечение линиями связи условных обозначений измерительных приборов и других средств автоматизации. Если в системе автоматизации линии связи соединяются друг с другом, то на функциональной схеме в месте соприкосновения или пересечения обозначений соответствующих линий связи изображают точки.

Для того чтобы сложная функциональная схема не была загромождена изображением большого количества линий связи с многочисленными пересечениями и изломами, рекомендуется разрывать линии связи. Обрывы линий связи рекомендуется выводить на свободное поле чертежа функциональной схемы ниже или выше технологической схемы, при этом все обрывы должны располагаться на одном уровне по горизонтали.

При наличии обрывов линии связи необходимо нумеровать цифрами, изображаемыми выше или ниже места обрыва. Обрывы одной и той же линии связи нумеруют одной и той же цифрой (адресный метод). Допускается комбинированное изображение линий связи на одном и том же чертеже функциональной схемы автоматизации непрерывными линиями и адресным методом.

В нижней части чертежа функциональной схемы автоматизации прямоугольниками высотой 25...40 мм условно изображают щиты и пульты, включая поставляемые комплектно с технологическим оборудованием (рис. 1, 2 и 3). Условные обозначения измерительных приборов и других технических средств автоматизации размещают внутри контуров прямоугольников, изображающих соответствующие щиты или пульты. Такими же прямоугольниками изображают агрегатированные комплексы и машины централизованного контроля, а также ограничивают условные обозначения измерительных приборов и других средств автоматизации, расположенных вне щитов и не связанных непосредственно с технологическим оборудованием. Прямоугольникам рекомендуется располагать сверху вниз в последовательности, обеспечивающей наибольшую наглядность функциональной схемы автоматизации (рис. 1, 2 и 3).

Прямоугольниками, условно изображающие щиты, пульты, информационно-вычислительные машины (ИВМ) и т. д., ограничивают справа вертикальной линией. Слева в каждом прямоугольнике ограничивают вертикальной линией надпись, характеризующую назначение прямоугольника. Толщина линий изображений прямоугольников – 1 мм.

Если на функциональной схеме автоматизации необходимо изобразить агрегатированный или информационно-измерительный комплекс, то прямоугольник, условно изображающий этот комплекс, рекомендуется разделять горизонтальными линиями на прямоугольники, количество которых соответствует количеству блоков в комплексе. В левой части каждого прямоугольника вертикальной линией выделяется графа, в которую вписывают условное наименование или тип блока по документации завода-изготовителя. В правой части прямоугольника вертикальной линией выделяется графа, в которой указывают общее количество сигналов блока, использованных в данной схеме. Точки входа и выхода сигналов соответствующих блоков показывают внутри конту-

ров прямоугольников, условно изображающих эти блоки, точками диаметром 1,5...2 мм.

При использовании адресного метода линии связи от условных обозначений приборов и других средств автоматизации, находящихся внутри контуров прямоугольников «Приборы по месту», «Местный щит» и т. д., следует обрывать на расстоянии 25...30 мм выше контура верхнего прямоугольника.

На функциональных схемах автоматизации необходимо указывать максимальные или минимальные рабочие значения измеряемых параметров. Для средств измерений, встраиваемых в технологическое оборудование и не имеющих связей с другими ТСА, предельные рабочие значения измеряемых параметров следует указывать рядом с условными обозначениями технических средств измерений. Для технических средств измерений, условные обозначения которых расположены внутри контуров прямоугольников, предельные рабочие значения измеряемых параметров следует указывать рядом с обрывами линий связи, выше прямоугольников. Предельные рабочие значения измеряемых параметров указывают в международной системе единиц физических величин. Перед численным значением разрежения (вакуума) необходимо ставить знак минус.

Пример выполнения изображений линий связи, щитов и ИВМ на функциональной схеме автоматизации представлен на рис. 1, 2 и 3.

### **П1.7. Требования к оформлению чертежа функциональной схемы**

Требованиям наглядности и четкости представления наиболее полно удовлетворяет чертеж функциональной схемы, выполненный на листе формата А1 или А2. Функциональные схемы автоматизации сложных теплоэнергетических объектов допускается расчленять на отдельные функциональные схемы технологических циклов. В этом случае чертеж функциональной схемы может быть выполнен на нескольких листах. На отдельных листах можно выполнять чертежи функциональных схем параметрического контроля (температуры, давления, расхода). При этом на первом листе чертежа функциональной схемы необходимо изобразить технологическую схему, показать местоположение точек контроля, первичные измерительные преобразователи и нумерацию измерительных каналов. Технологическую схему объекта контроля следует изображать в верхней части чертежа. В нижней части чертежа слева от основной надписи изображают прямоугольники, условно обозначающие щиты, агрегатированные комплексы, ИВМ и ограничивающие условные обозначения ТСА, расположенных вне щитов (по месту). Изображения щитов следует располагать в такой последовательности, которая обеспечивает минимальное количество пересечений линий связи,



четкость и простоту чтения функциональной схемы. На функциональной схеме следует избегать дублирования одинаковых частей, относящихся как к технологическому оборудованию и трубопроводам, так и к техническим средствам автоматизации.

Выше основной надписи первого листа чертежа размещают таблицу условных обозначений, принятых на функциональной схеме и не предусмотренных ГОСТ 21.404–85. Пояснительный текст также располагают выше основной надписи. На свободном поле чертежа можно приводить краткую техническую характеристику объекта автоматизации, поясняющие таблицы и диаграммы.

На рис. П1.2 приведен пример выполнения основной надписи чертежа функциональной схемы автоматизации. Размеры основной надписи  $55 \times 185$  мм. Высота строк основной надписи – 5 мм. В основной надписи чертежа функциональной схемы необходимо указать шифр чертежа, наименование чертежа; наименования: объекта автоматизации, объекта проектирования; сокращенное обозначение стадии проектирования (ТРП – технорабочий проект) и сведения о проектировщике.

На основании выбора технических средств системы теплотехнического контроля и функциональной схемы автоматизации составляется по упрощенной форме заказная спецификация технических средств автоматизации. Пример заказной спецификации измерительных приборов и средств автоматизации приведен в табл. 1, 2 и 3. В шифре заказной спецификации указывают ее код – СО1. Пример заполнения основной надписи листов заказной спецификации приведен на рис. П1–3.

Шифр чертежа функциональной схемы: **ФЮРА.421000.015 С2**. Шифр чертежа функциональной схемы включает общероссийский код организации-разработчика чертежа (код ТПУ – ФЮРА), шестизначное цифровое обозначение объекта проектирования, порядковый номер разработки и условное обозначение чертежа. Цифровое обозначение объекта проектирования устанавливается в соответствии с классификатором ЕСКД (42 – обозначение класса объекта проектирования – устройства и системы контроля и регулирования параметров технологических процессов, 1 – обозначение подкласса объекта проектирования – устройства и системы контроля и регулирования параметров технологических процессов (электрические), 000 – обозначение группы, подгруппы и вида объекта проектирования). Далее проставляется трехзначное цифровое обозначение порядкового номера разработки (проекта) в соответствии со списком студентов, составленным в алфавитном порядке, или согласно номеру задания на ВКР. Двухзначное буквенно-цифровое условное обозначение чертежа в соответствии с нормативными документами (С – схема, 2 – функциональная). После обозначений кода организации-разработчика и объекта проектирования ставят точки.

|                         |             |    |      |    |    |      |      |        |    |    |
|-------------------------|-------------|----|------|----|----|------|------|--------|----|----|
|                         |             | 17 | 23   | 15 | 10 | 185  |      | 15     | 15 | 20 |
| ФЮРА.421000.009 С2      |             |    |      |    |    |      |      |        |    |    |
| ПАРОВОЙ КОТЕЛ ТПП – 200 |             |    |      |    |    |      |      |        |    |    |
| Разраб.                 | Иванов В.П. |    | 3.12 |    |    | Стад | Лист | Листов |    |    |
| Провер.                 | Серов А.К.  |    | 8.12 |    |    | ТРП  | 1    | 2      |    |    |
| Схема функциональная    |             |    |      |    |    |      |      |        |    |    |
| ТПУ ЭНИН<br>Гр. 6280    |             |    |      |    |    |      |      |        |    |    |

Рис. П1.2. Основная надпись чертежа функциональной схемы

|   |             |  |      |  |  |      |      |        |  |  |
|---|-------------|--|------|--|--|------|------|--------|--|--|
| ФЮРА.421000.009 СО1                           |             |  |      |  |  |      |      |        |  |  |
| Исполн.                                       | Иванов В.П. |  | 3.12 |  |  | Стад | Лист | Листов |  |  |
| Провер.                                       | Серов А.К.  |  | 8.12 |  |  | ТРП  | 1    | 6      |  |  |
| Спецификация приборов и средств автоматизации |             |  |      |  |  |      |      |        |  |  |
| ТПУ ЭНИН<br>Гр. 6280                          |             |  |      |  |  |      |      |        |  |  |

а

|                     |  |      |    |
|---------------------|--|------|----|
|                     |  | 120  | 15 |
| ФЮРА.421000.009 СО1 |  |      |    |
|                     |  | Лист | 2  |

б

Рис. П1.3. Основная надпись заказной спецификации приборов и средств автоматизации:  
а – первый лист; б – последующие листы

### **СОСТАВЛЕНИЕ ЗАКАЗНОЙ СПЕЦИФИКАЦИИ НА СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ И РЕГУЛИРОВАНИЯ**

#### **П2.1. 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 подходит 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.

## **П2.2. 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 [13, 18, 19] и каталогах заводов-изготовителей. Диапазоны измерений наиболее часто используемых термопреобразователей приведены в табл. П3.4 и П3.5.

Технические термопреобразователи сопротивления имеют классы допуска *A*, *B* и *C*. При классе допуска *A* предел основной допускаемой погрешности имеет минимальное значение, а при классе допуска *C* – максимальное значение. Технические термоэлектрические преобразователи имеют классы допуска 1, 2 и 3. При классе допуска 1 предел основной допускаемой погрешности имеет минимальное значение, а при классе допуска 3 – максимальное значение.

В диапазоне измерений  $-50...+200$  °С 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  $-50...+500$  °С. В других случаях следует применять термоэлектрические преобразователи. На ТЭС чаще всего применяются хромель-копелевые L(ХК) и хромель-алюмелевые К(ХА) 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. П2.1.

Таблица П2.1

*Соотношения 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,<br>15Х1М1Ф                                   | 260   | 320  | 450  | 510  | 520  | 530  | 540  | 550  | 560  | 570  |
| Х17,1Х18Н10Т,<br>Х17Н13М2Т,<br>08Х20Н14С2                  | 200   | 300  | 400  | 480  | 520  | 560  | 590  | 610  | 630  | 640  |
| Условное<br>давление $P_y$ ,<br>МПа (кгс/см <sup>2</sup> ) | Рабочее (избыточное) давление $P_{раб}$ , 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   |

### П2.3. 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  $1/2 \dots 3/4$  этого диапазона, а пульсирующее давление – в пределах  $1/3 \dots 2/3$  диапазона измерений.

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

В качестве первичных измерительных преобразователей давления на ТЭС 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  $0 \dots 5$  мА,  $0 \dots 20$  мА и  $4 \dots 20$  мА.

#### **П2.4. Выбор измерительных преобразователей расхода**

Измерение расходов жидкостей, газов и пара в теплоэнергетике в основном производится расходомерами переменного перепада давления. В состав этих расходомеров входят первичные измерительные преобразователи, 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  $50 \dots 1000$  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.

Сужающие устройства изготавливаются из нержавеющей стали марок 1X18H10T, X17H13M2T, OX13, OX17T и др. Сварные диафрагмы и сопла выпускаются, как правило, на заводах-изготовителях технологического оборудования и поставляются совместно с оборудованием.

Пример заказа сварного сужающего устройства. Тип сопла записывают следующим образом: СКС-250-300 – сопло камерное сварное на условное давление  $P_y = 25$  МПа и условный диаметр  $D_y = 300$  мм. Значение условного давления  $P_y$  определяют по табл. П2.1. Значение условного диаметра  $D_y$  выбирают из ряда чисел: 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 сужающим устройством 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, а горячей воды с температурой более 120 °С – уравнивательные 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 ТЭС 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 [13, 18, 19], каталогах приборостроительных заводов и в инструкциях по эксплуатации преобразователей. Целесообразно использовать в проекте измерительные преобразователи одного и того же завода-изготовителя технических средств автоматизации.



## П2.5. 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 делятся на следующие:

- по способу представления информации – аналоговые, цифровые;
- выполняемым функциям – показывающие, регистрирующие;
- количеству контролируемых точек – одноточечные, многоточечные (трехточечные, шеститочечные, двенадцатиточечные);
- количеству измерительных каналов – одноканальные, многоканальные (двухканальные, трехканальные и др.);
- используемым дополнительным устройствам – сигнализирующие, регулирующие;
- виду шкалы – плоские, выпуклые, прямоугольные;
- виду указателя – стрелочные, световые, цифровые;
- расположению шкалы – с вертикально расположенной шкалой, с горизонтально расположенной шкалой.

На ТЭС 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 ГОСТом и их значения для некоторых измерительных приборов приведены ниже.

Диапазоны измерений измерительных приборов, 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 измерительных приборов, 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  $0,3\text{ВП}$ .

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 двух этапов.

На первом этапе, основываясь на совокупности классификационных признаков, удовлетворяющих поставленным требованиям, выбирают серию измерительных приборов. Например, для измерения температуры с помощью ТПС и ТЭП, 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 измеритель-

ный преобразователь – термопреобразователь сопротивления) выбирают измерительный прибор серии А100-Н, модификация 221.

При выборе технических средств автоматизации следует использовать справочную литературу [13, 18, 19] 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.

## **П2.6. 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 (необязательно), слот расширения для подключения дополнительных модулей, ЖК-дисплей (необязательно), 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 наконечниками «под винт».

Помимо этих общих характеристик контроллеры различаются набором встроенных функций, числом базовых команд, способом программирования и т. п. Наиболее распространенными 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 взаимо-

связанные 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. Наиболее распространенными являются такие контроллеры: Ремиконт Р-130 – ПО «Промприбор» (Россия), ADAM-8000 – «Advantech» (Тайвань) и др.

Помимо специализированных микропроцессорных контроллеров, традиционно используемых в задачах АСУ ТП, 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 АСУ ТП верхнего и нижнего уровней.

Контроллеры РС-совместимые составляют отдельный класс программируемых контроллеров, значение и роль которых с развитием Internet-технологий существенно возрастает. Эти 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, ТурбоСи, 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, возможности 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 пре-

емственности 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.). Среди требований можно выделить следующие:

**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 PC-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. Модульность структуры контроллера.** После расчета каналов ввода/вывода (аналоговых и дискретных) следует сделать выбор типа контроллера: моноблочный, модульный, PC-совместимый. 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.

**3. Соответствие Международным стандартам.** Имеется в виду 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 ГОСТа и разрешение Госгортехнадзора на применение в составе систем автоматизации на поднадзорных объектах.

**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 управления 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.

**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, отсутствии жестких требований к надежности системы либо 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 нужно сформулировать условия для выбора той или иной SCADA-системы.

**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.

#### **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), ремонтпригодность (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, достигаются за счет снижения затрат на кабельную продукцию (особенно в случае беспроводной связи с контроллером), исключения в ряде случаев барьеров искробезопасности, использования интеллектуальных датчиков и блоков ввода/вывода.

## Приложение 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,<br>нижняя часть<br>185 <sub>±3</sub> |                           | 7 <sub>±1</sub>   |
|           | 6 | 0                      | +150 | 2                |                          |   |                           | 285 <sub>±3</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                |           |                                 |                           |

*Примечания:* 1. Длина нижней части, мм: прямых термометров ...103<sub>–5</sub>, 163<sub>–10</sub>; угловых термометров ...104<sub>–8</sub>, 141<sub>–8</sub>.

2. Нижняя часть угловых термометров изогнута под углом 90°.



**Пример заказа:** Термометр, диапазон измерения 0...150 °С, цена деления 2 °С, длина 270 мм. «Теплоприбор», г. Клин. Тип: **ТП-14-2**.

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

При измерении температуры на теплоэнергетических объектах 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.

Технические характеристики ТПС приведены в табл. П3.3 и П3.4.

Термопреобразователи сопротивления типа ТСПУ 205, ТСМУ 205 и ТСМУ (ТСПУ) Метран 274 (276) предназначены для преобразования температуры в унифицированный токовый выходной сигнал (с блоком питания типа БПД-40-2к или БПС-24П).

Таблица П3.3

*Технические характеристики ТПС  
с унифицированным токовым выходным сигналом*

| Наименование   | Метран-274,<br>Метран-276 | ТСПУ-205,<br>ТСМУ-205 |
|--|---------------------------|-----------------------|
| Предел допускаемой основной приведенной погрешности, % | ±0,25; ±0,5               | ±0,25; ±0,5; ±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                   |

**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**. 2. Термопреобразователь сопротивления, монтажная длина 120 мм, предел допускаемой основной приведенной погрешности ±0,25 %, диапазон преобразуемых температур 0...300 °С, выходной сигнал 4...20 мА. Промышленная группа «Метран», г. Челябинск. Тип: **ТСПУ Метран-276-120-0,25-(0...300) °С**.

Технические характеристики ТЭП приведены в табл. П3.5.

Таблица ПЗ.4

## 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                          | A             | 50П<br>100П  | -50                   | +500    | 0,4                    | Сталь 12Х18Н10Т<br>08Х13   | 320...2000                |                             |                           |
|                                   | B             |              |                       |         |                        |                            |                           |                             |                           |
| ТСП-0193-01 (одинарные и двойные) | A             | 50П<br>100П  | -50                   | +500    | 10                     | Сталь 12Х18Н10Т<br>08Х13   | 80...3150                 |                             |                           |
|                                   | B             |              |                       |         |                        |                            |                           |                             |                           |
| ТСП-0193-02 (одинарные и двойные) | A             | 50П<br>100П  | -50                   | +500    | 6,3                    | Сталь 12Х18Н10Т<br>08Х13   | 120...1000                |                             |                           |
|                                   | B             |              |                       |         |                        |                            |                           |                             |                           |
| ТСП-0193                          | B             | 50М<br>100М  | -50                   | +150    | 0,4                    | Сталь 12Х18Н10Т<br>08Х13   | 320...2000                |                             |                           |
|                                   | C             |              |                       |         |                        |                            |                           |                             |                           |
| ТСП-0193-01                       | B             | 50М<br>100М  | -50                   | +150    | 10                     | Сталь 12Х18Н10Т<br>08Х13   | 80...3150                 | Газообразные и жидкие среды | ПГ «Метран», г. Челябинск |
|                                   | C             |              |                       |         |                        |                            |                           |                             |                           |
| ТСП-0193-02                       | B             | 50М<br>100М  | -50                   | +150    | 6,3                    | Сталь 12Х18Н10Т<br>08Х13   | 120...1000                |                             |                           |
|                                   | C             |              |                       |         |                        |                            |                           |                             |                           |
| ТСП-9201                          | A             | 50П<br>100П  | -50                   | +500    | 0,4; 6,3               | Сталь 12Х18Н               | 80...3150                 |                             |                           |
|                                   | B             |              |                       |         |                        |                            |                           |                             |                           |
| ТСП-9201                          | A             | 50П<br>100П  | -50                   | +500    | 0,4; 6,3               | Сталь 12Х18Н               | 320...2000                |                             |                           |
|                                   | B             |              |                       |         |                        |                            |                           |                             |                           |
| ТСП-9201                          | A             | 50П<br>100П  | -50                   | +500    | 0,4; 6,3               | Сталь 12Х18Н               | 120...1000                |                             |                           |
|                                   | B             |              |                       |         |                        |                            |                           |                             |                           |
| ТСП-9203                          | A, B          | 50П<br>100П  | -50                   | +250    | 0,4; 10                | Сталь 12Х18Н10Т            | 120...3150                |                             |                           |
|                                   | A, B          |              |                       |         |                        |                            |                           |                             |                           |
| ТСП-9203                          | B             | 50М<br>100М  | 0                     | +300    | 0,4; 4                 | Сталь 12Х18Н10Т            | 80...500                  |                             | Завод «Эталон», г. Омск   |
|                                   | C             |              |                       |         |                        |                            |                           |                             |                           |
| ТСП-9203                          | B             | 50М<br>100М  | -50                   | +150    | 0,4; 4                 | Сталь 12Х18Н10Т            | 60                        |                             |                           |
|                                   | C             |              |                       |         |                        |                            |                           |                             |                           |
| ТСП-9204                          | B, C          | 50М<br>100М  | -50                   | +180    | 0,1; 0,4               | Латунь Л63                 | 80...500                  |                             |                           |
|                                   | C             |              |                       |         |                        |                            |                           |                             |                           |
| ТСПУ-205                          | ±0,5%         | 100П<br>100М | -50                   | +500    | 1,0; 6,3               | Сталь 12Х18Н10Т            | 100...1250                |                             | ПГ «Метран», г. Челябинск |
|                                   | ±0,5%         |              |                       |         |                        |                            |                           |                             |                           |
| ТСПУ Метран-274                   | ±0,5%         | 100М<br>100П | -50                   | +180    | 0,4; 6,3               | Сталь 12Х18Н10Т            | 100...1250                |                             |                           |
|                                   | ±0,5%         |              |                       |         |                        |                            |                           |                             |                           |
| ТСПУ Метран-276                   | ±0,5%         | 100П<br>100М | -50                   | +500    | 0,4; 6,3               | Сталь 12Х18Н10Т            | 100...1250                |                             |                           |
|                                   | ±0,5%         |              |                       |         |                        |                            |                           |                             |                           |

Таблица ПЗ.5

## Технические характеристики термозлектрических 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 Мегран-201*-01<br>ТХК Мегран-202*-01     | 2                            | К<br>L                       | -40                   | 800(1000)  | 0,4; 6,3                | 12X18H10T,<br>ХН78Т               | 60...3150                 | Газообразные и жидкие среды                       |                                 |
|  |                              |                              | -40                   | 600        |                         |                                   |                           |   |                                 |
| ТХА Мегран-231-06                            | 2                            | К                            | -40                   | 1000       | 0,4; 6,3                | 12X18H10T,<br>ХН78Т               | 280, 320, 420             | Газообразные среды, продукты сгорания             |                                 |
| ТХА Мегран-231*-04<br>ТХК Мегран-232*-04     | 2                            | К<br>L                       | 0                     | 800(900)   | 0,4(-0,4);<br>6,3(-0,5) | 12X18H10T,<br>ХН45Ю               | 250...1000                | Продукты сгорания жидкого (газообразного) топлива |                                 |
|  |                              |                              | 0                     | 600        |                         |                                   |                           |   |                                 |
| ТХА Мегран-231*-01<br>ТХК Мегран-232*-01     | 2                            | К<br>L                       | 0                     | 600        | 60(-12);<br>25,5(-10)   | 12X1MФ                            | 80...200                  | Перегретый пар                                    |                                 |
|  |                              |                              | 0                     | 400        |                         |                                   |                           |   |                                 |
| ТХК Мегран-232*-14                           | 2                            | L                            | 0                     | 400        | -                       | 12X18H10T                         | 320...1600                | Поверхности твердых тел                           | ПП «Мегран»,<br>г. Челябинск    |
| ТХА Мегран-241-01<br>ТХК Мегран-242-01       | 2                            | К<br>L                       | -40                   | 200        | -                       | Лагунь Л63;<br>12X18H10T          | 10...1600                 | Поверхности твердых тел, подшипники               |                                 |
|  |                              |                              | -40                   | 400        |                         |                                   |                           |   |                                 |
| ТПП Мегран-211-01                            | 2                            | S                            | 0                     | 1300       | 0,4                     | Корунд КВПТ                       | 320...2000                | Газовые среды                                     |                                 |
| ТХАУ-205<br>ТХАУ-205-Ex                      | ±0,5 %;<br>±1,0 %;<br>±1,5 % | К(4...20 мА)<br>L(4...20 мА) | 0                     | 400...1200 | 0,1; 6,3                | 12X18H10T                         | 60...1600                 | Нейтральные и агрессивные среды                   |                                 |
|  |                              |                              |                       | 400...600  |                         |                                   |                           |   |                                 |
| ТПП-0192<br>ТПП-0192<br>ТПП-0292             | 2                            | S<br>B<br>B                  | 0                     | +1300      | 0,4                     | Корунд                            | 320...2000                | Окислительные и нейтральные среды                 |                                 |
|  |                              |                              | +600                  | +1600      |                         |                                   |                           |   |                                 |
| ТХА 9312<br>ТХК 9312                         | 2                            | К<br>L                       | -40                   | +900       | 0,4...6,3               | 08X20H14C2<br>12X18H10T           | 120...2000                | Газообразные и жидкие среды                       |                                 |
|  |                              |                              | -40                   | +600       |                         |                                   |                           |   |                                 |
| ТПП2 821 004<br>ТПП2 821 005<br>ТПП2 821 006 | 2                            | S<br>B<br>B                  | 0                     | +1300      | 0,4                     | Корунд с добавкой двуокиси титана | 200...2000                | Окислительные и нейтральные газовые среды         |                                 |
|  |                              |                              | +300                  | +1600      |                         |                                   |                           |   |                                 |
|  |                              |                              | +300                  | +1600      |                         |                                   |                           |   | Опытный завод «Эталон», г. Омск |

\* – Количество чувствительных элементов 1 или 2

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. П2.1). 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.

Таблица ПЗ.6

*Обозначения и технические характеристики защитных гильз*

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

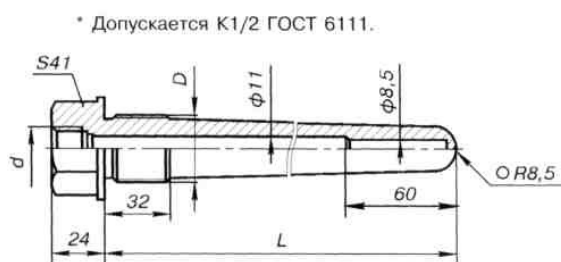
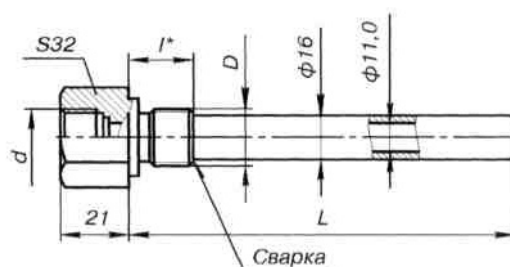


Рис. ПЗ.1. Конструкция защитной гильзы условного обозначения 200.004.00



\*l = 14 мм для D = M20×1,5  
\*l = 16 мм для D = M27×2; G3/4

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

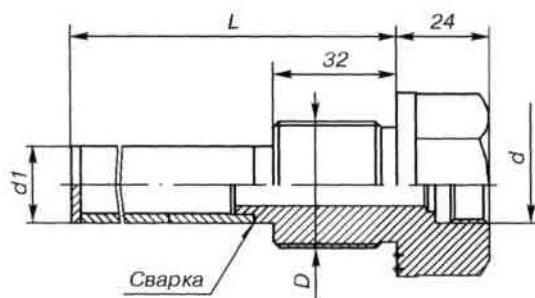


Рис. ПЗ.3. Конструкция защитной гильзы условного обозначения 200.007.00, 200.007.00-01

**Пример заказа защитной гильзы:** Гильза защитная  $P_y = 25$  МПа. ПГ «Метран», г. Челябинск. Тип: **200.006.00-M27×2-M20×1,5-630 мм.**

### 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. Челябинска, 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,<br>4...20 мА,<br>0...10 В |      | 50П, 100П, 50М, 100М,<br>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 |

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        |                              |               |

Таблица ПЗ.12

*Диапазоны измерений приборов типа А100, А543, А100-Н, Диск-250*

| Первичный преобразователь |  | Пределы измерений, °С |         |
|---------------------------|--|-----------------------|---------|
| Тип                       | Обозначение номинальной статической характеристики | Нижний                | Верхний |
| 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    |
| ТШП                       | S (ШП)   | 0                     | 1300    |
|                           |  | 0                     | 1600    |
|                           |  | 0                     | 1700    |
|                           |  | 500                   | 1300    |
|                           |  | 100                   | 1700    |
| ТСП                       | 50П (Pt 50)<br>100П (Pt 100)                       | -200                  | -70     |
|                           |  | -200                  | 50      |
|                           |  | -120                  | 30      |
|                           |  | -50                   | 50      |
|                           |  | -25                   | 25      |



| Первичный преобразователь |  | Пределы измерений, °С |         |
|---------------------------|--|-----------------------|---------|
| Тип                       | Обозначение номинальной статической характеристики | Нижний                | Верхний |
| ТСП                       | 50П (Pt 50)<br>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)<br>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: **А100-Н-211**.  
3. Измерительный прибор аналоговый, показывающий, регистрирующий, сигнализирующий, предел допускаемой основной приведенной погрешности  $\pm 0,5$ ,  $0 \dots 100$  °С, НСХ 50П, выходной сигнал  $4 \dots 20$  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. Челябинска, 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  $0 \dots 5$ ,  $0 \dots 20$ ,  $4 \dots 20$  мА от ТЭП и ТПС или нормирующих измерительных преобразователей температуры. 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,  $0 \dots 150$  °С; 2 – К,  $0 \dots 600$  °С; 3 – 100М,  $0 \dots 100$  °С; 4 – К,  $0 \dots 400$  °С; 5 – 50М,  $0 \dots 150$  °С; 6 – S,  $0 \dots 1300$  °С; 7 – 50М,  $0 \dots 100$  °С; 8 – L,  $0 \dots 100$  °С; 9 – 50П,  $0 \dots 300$  °С; 10 – 50М,  $0 \dots 100$  °С; 11 – 50П,  $0 \dots 500$  °С; 12 – S,  $0 \dots 1100$  °С. Промышленная группа «Метран», г. Челябинск. Тип: **Технограф-160**.

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

#### 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; 100; 160; 250; 400; 600; 1000; 1600        |                |                |  | 160                         |     |
| МП5-У               | 6; 10; 16; 25; 40; 60; 100                                     |                |                |  | 250                         |     |
| МП-60               | 2,5; 4; 6; 10; 16; 25  |                |                |  | 2,5; 4                      | 63  |
| МП-3ВУ<br>виброуст. | 6; 10; 16; 25; 40; 60; 100; 250; 400; 600                      |                |                |  | 1; 1,5; 2,5                 | 100 |
| 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; 16; 25; 40; 60; 100; 160; 250; 400; 600 | 1,5            | +              | Жидкости, пар и газ                                  | 100                         |     |
| ДМ2005Сг            |  |                |                |  | 160                         |     |
| ДМ2005Сг1Ех         |  |                |                |  | 162                         |     |
| МВПЗ-У              | Вакуум – 1<br>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                   | 100                         |     |
| 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.**

### 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;<br>4; 6; 10; 16; 25; 40                                   | 2,5            | ОАО «Саранский приборостроительный завод» |
| Тягомер              | ТмМП-52-М2        |  |                |   |
| Тягонапоромер        | ТНМП-52-М2        | $\pm 0,125$ ; $\pm 0,3$ ; $0,8$ ;<br>$\pm 2$ ; $\pm 5$ ; $\pm 12,5$ ; $\pm 20$ |                |   |
| Напоромер            | НСП-16Сг<br>ВЗТ4  | 1; 1,6; 2,5; 4; 6; 16;<br>25; 40   | 1,5            | ПО «Теплоконтроль», г. Казань             |
| Тягомер              | ТмСП-<br>16СгВЗТ4 |  |                |   |
| Тягонапоромер        | ТНСП-16Сг<br>ВЗТ4 | $\pm 3$ ; $\pm 5$ ; $\pm 8$ ; $\pm 12,5$ ;<br>$\pm 20$                         |                |   |

**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**.

### 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), разрежения (ДВ), давления-разрежения (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 ( $\gamma_d$ ) –  $\pm 0,25\%$  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  $\gamma_d \pm 0,25\%$  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.**

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

Таблица ПЗ.15

*Основные технические параметры и характеристики преобразователей давления*

| Тип преобразователя                                   | Модель    | Ряд верхних пределов измерений по ГОСТ 22520 |  |
|---|-----------|--|--|
|   |           | АП   | МП, МП1                                    |
| <b>Преобразователи избыточного давления (ДИ)</b>      |           |  |  |
| Метран-43-ДИ<br>Метран-43-Ех-ДИ<br>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<br>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<br>Метран-43Ф-Ех-ДИ<br>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<br>Метран-43-Ех-ДВ<br>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<br>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<br>Метран-43-Ех-ДИВ<br>Метран-43-Вн-ДИВ | 3331      | ±5; ±8; ±12,5; ±20 кПа                       | ±2; ±3,15; ±5; ±8; ±12,5; ±20 кПа          |
|   | 3341      | ±30; ±31,5; ±50 кПа                          | ±31,5; ±50 кПа                             |
|   |           | –100...+60 кПа                               | –100...+60 кПа                             |
|   |           | –100...+150 кПа                              | –100...+150 кПа                            |
|   | 3341-01   | –100...+150 кПа                              | –100...+150 кПа                            |
|   |           | –100...+300 кПа                              | –100...+300 кПа                            |
| –100...+530 кПа                                       |           | –100...+530 кПа                              |  |

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

Таблица ПЗ.16

*Основные технические параметры и характеристики преобразователей разности давлений*

| Тип преобразователя                                      | Модель  | Ряд верхних пределов измерений по ГОСТ 22520, кПа |  | Предельно допускаемое рабочее избыточное давление, МПа |
|--|---------|---|--|--|
|  |         | АП  | МП, МП1                                |  |
| Преобразователи разности давлений (ДД)                   |         |   |  |  |
| Метран-43Ф-ДД<br>Метран-43Ф-Ех-ДД<br>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;<br>100                            | 4; 6,3; 10; 16; 25;<br>40; 63; 100     | 6; 10; 16  |
|  | 3494-03 | 100; 160; 250;<br>400; 630                        | 25; 40; 63; 100; 160;<br>250; 400; 630 | 16; 25   |
| Преобразователи гидростатического давления (уровня) – ДГ |         |   |  |  |
| 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<br>Метран-43-Ех-ДГ<br>Метран-43-Вн-ДГ       | 3536    |   |  | 0,25   |
| Метран-43-ДГ   | 3545    | 60; 100; 160; 250                                 | 25; 40; 60; 100; 160;<br>250           | -  |
| Метран-43-Ех-ДГ  | 3545-01 |   |  | 0,4  |
| Метран-43-ДГ<br>Метран-43-Ех-ДГ<br>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<br>Метран-43Ф-Вн-ДГ                     | 3595-01 | 40; 60; 100; 160;<br>250                          | 25; 40; 60; 100; 160;<br>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 выпускаются 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 представ-

лены в табл. ПЗ.17–ПЗ.20. В табл. ПЗ.21–ПЗ.23 представлены соответственно обозначения исполнения 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<br>±γ <sub>д</sub> , % | Исполнение |
|-----------------------|--------|--------------------------|-------------------------|-----------------------------|------------|
|                       |        | кПа                      | МПа                     |                             |            |
| Сапфир-22<br>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;<br>250  |                         | 0,25; 0,5                   | 01; 02     |
| Сапфир-22<br>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<br>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<br>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 ±γ <sub>д</sub> , % | Исполнение |
|-------------------------------------|--------|-------------------------------|--------------------------|------------|
| Сапфир-22МТ-ДВ<br>Сапфир-22МТ-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                      |            |
| Сапфир-22МП-ДВ                      | 2230   | 6; 10; 16; 25                 | 0,5                      |            |
|                                     |        | 40                            | 0,25; 0,5                |            |
| Сапфир-22МП-Ех-ДВ                   | 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<br>МТ-ДИВ    | 2310   | $\pm 0,2; \pm 0,3;$             |                  | 0,5                     | 01<br>02   |
|                        |        | $\pm 0,5; \pm 0,8$              |                  | 0,25; 0,5               |            |
|                        | 2320   | $\pm 1,25; \pm 2; \pm 3; \pm 5$ |                  | 0,5                     |            |
| Сапфир-22<br>МТ-Ех-ДИВ | 2330   | $\pm 3; \pm 5; \pm 8$           |                  | 0,5                     |            |
|                        |        | $\pm 12; \pm 20$                |                  | 0,25; 0,5               |            |
| Сапфир-22<br>МП-ДИВ    | 2340   | $\pm 20$                        |                  | 0,5                     | 01<br>02   |
|                        |        | $\pm 30; \pm 50; \pm 100$       |                  | 0,25; 0,5               |            |
| Сапфир-22<br>МП-Ех-ДИВ | 2350   |                                 | $-0,1 \dots 0,3$ | 0,25; 0,5               |            |
|                        |        |                                 | $-0,1 \dots 0,5$ |                         |            |
|                        |        |                                 | $-0,1 \dots 0,9$ |                         |            |
|                        |        |                                 | $-0,1 \dots 1,5$ |                         |            |
|                        |        |                                 | $-0,1 \dots 2,4$ |                         |            |

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<br>МТ-ДД    | 2410   | 0,4; 0,63; 1; 1,6        |                        | 4                     | 0,25;                   | 01; 02     |
|                       | 2420   | 2,5; 4; 6                |                        | 4; 10                 | 0,5                     | 01; 02; 09 |
|                       |        | 6,3; 10                  |                        | 4; 10                 | 0,5                     |            |
| Сапфир-22<br>МТ-Ех-ДД | 2430   | 6,3; 10                  |                        | 16; 25                | 0,5                     | 01; 02     |
|                       |        | 16; 25; 40               |                        | 16; 25                | 0,25; 0,5               |            |
|                       | 2434   | 6,3; 10                  |                        | 40                    | 0,5                     | 01; 02     |
| 16; 25; 40            |        | 0,25; 0,5                |                        |                       |                         |            |
| Сапфир-22<br>МП-ДД    | 2440   | 40                       |                        | 16; 25                | 0,5                     |            |
|                       |        | 6,3; 100; 160; 250       |                        |                       | 0,25; 0,5               |            |
| Сапфир-22<br>МП-Ех-ДД | 2444   | 40                       |                        | 40                    | 0,5                     | 01; 02     |
|                       |        | 6,3; 100; 160; 250       |                        |                       | 0,25; 0,5               |            |
|                       | 2450   |                          | 0,4; 0,63; 1; 1,6; 2,5 | 16; 25                | 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 вентиляционного блока |
|------------------------|---------------|---|
| 01                     | Сплав 35НХТ10 | Углеродистая сталь                            |
| 02                     | Сплав 35НХТ10 | Сталь 08Х18Г8Н2Т                              |
| 09                     | Титан ВТ1 – 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.**

**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 %.

Таблица П3.25

*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;<br>0,25; 0,4;<br>0,6; 1; 6;<br>10; 16; 25;<br>40; 60 |   |                       |
| ДМЭ-МИ  | перепад (разность) давлений | 4; 6,3; 10; 16;<br>25; 40; 63; 100;<br>160; 250; 400;<br>630 | 1; 1,6  | 0,04; 0,063; 0,1;<br>0,16; 0,25; 0,4;<br>0,63; 1; 1,6; 2,5;<br>4; 6,3 | 2,5;10;16;25;40       |
| ДМЭУ-МИ | уровень                     | 4; 6,3; 10; 16;<br>25; 40; 63; 100;<br>160; 250              |   | 0,04; 0,063; 0,1;<br>0,16; 0,25; 0,4;<br>0,63; 1; 1,6; 2,5            | 2,5;10;16;25;40       |
| ДМЭР-МИ | расход                      | 4; 6,3; 10; 16;<br>25; 40; 63; 100;<br>160; 250; 400;<br>630 |   | 0,04; 0,063; 0,1;<br>0,16; 0,25; 0,4;<br>0,63; 1; 1,6; 2,5;<br>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.**

## **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 –  $\pm 0,25\%$ .

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**.

### ***ПЗ.6.2. Блоки типа 4БП36***

Блоки питания типа 4БП36 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 преобразова-

телей 0...5 мА; 8 преобразователей без гальванического разделения и с выходным сигналом преобразователей 4...20 мА.

Блоки 4БП36 изготавливаются в двух климатических исполнениях: УХЛ 3.1 и ТВ 3. Пример заказа смотри выше. Изготовитель – ЗАО «Манометр», г. Москва.

### **ПЗ.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. ПЗ.26.

Таблица ПЗ.26

*Технические характеристики блоков питания*

| Тип блока                                    | БПК-40          | БПК-40-Ех       | БПД-40-Ех       |
|--|-----------------|-----------------|-----------------|
| Диапазон изменения входного сигнала, мА      | 0...5<br>4...20 | 4...20          | 4...20          |
| Диапазон изменения выходного сигнала, мА     | 0...5<br>4...20 | 0...5<br>4...20 | 0...5<br>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 ±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 напряжение 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**.

#### **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 напряжение 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**.

Технические характеристики приведены в табл. 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, ТСР), 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.

Измерительные нормирующие преобразователи 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 измерительных нормирующих преобразователей приведены в табл. ПЗ.29.

## Технические характеристики ИПП

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

ИПП 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  $\pm 1\%$ . Технические характеристики ИНП приведены в табл. ПЗ.30.

Таблица ПЗ.30

*Технические характеристики ИНП серии ИП-10, ИП-20*

| Тип ИНП                                   | Диапазон измеряемых температур, °С   | Типы ТПС, ТЭП | НСХ  |
|---|--|---------------|------|
| ИП-С10,<br>ИП-С20,<br>ИП-С10И,<br>ИП-С20И | -200...-70; -120...30; -70...180; 0...100; 0...150;<br>0...200; 0...300; 0...400; 0...500; 200...500   | ТСП           | 50П  |
|   | -200...-70; -200...50; -120...30; -90...50; -70...180;<br>-25...25; 0...50; 0...100; 0...150; 0...200; 0...300;<br>0...400; 0...500; 200...500 |               | 100П |
|   | -50...0; -50...50; -50...100; 0...50; 0...100; 0...150;<br>0...180; 50...100   | ТСМ           | 50М  |
|   | -50...0; -50...50; -50...100; -25...25; 0...25; 0...50;<br>0...100; 0...150; 0...180; 50...100   |               | 100М |
| ИП-Т10,<br>ИП-Т20,<br>ИП-Т10И,<br>ИП-Т20И | -50...200; 0...400; 0...600; -50...100; -50...150; 0...100;<br>0...150; 0...200; 0...300; 200...600; 200...800                                 | ТХК           | L    |
|   | 0...400; 0...600; 0...800; 0...1300; 400...900; 700...1300;<br>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.**

### 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 уравнительных 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 уравнительных 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. Челябинска, 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 диафрагмы ДФК по РД 50-411: с коническим входом, износостойчивые, стандартные 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 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     | –              |

## Технические характеристики ДФК

| Условный диаметр, мм | Обозначение диафрагмы при условном давлении 10 МПа | $L$ , мм  | $D$ , мм | $d$ , 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       |

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

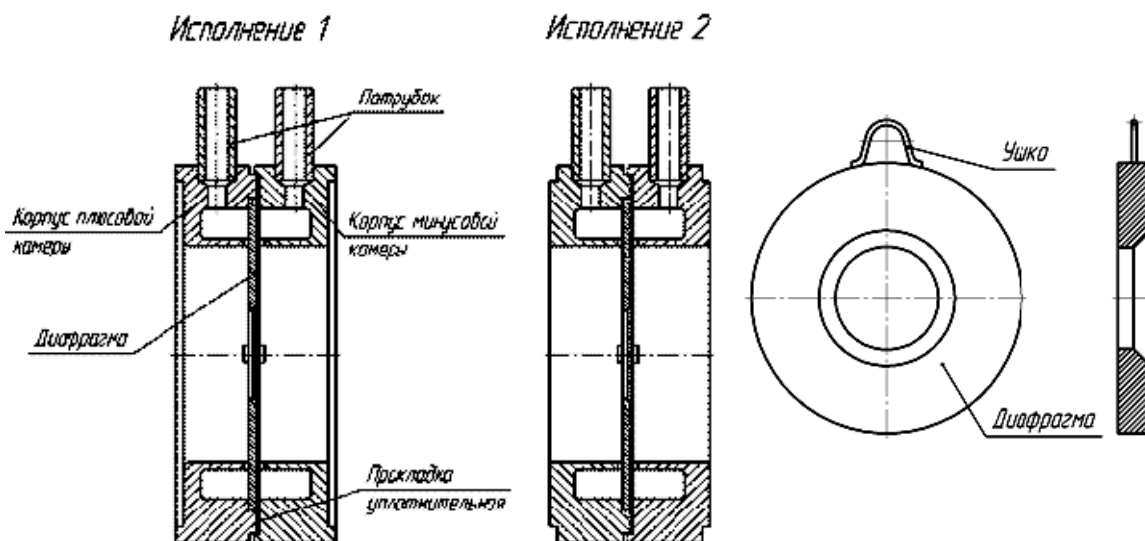


Рис. ПЗ.4. Узел крепления диафрагмы ДКС

Рис. ПЗ.5. Диафрагма ДБС

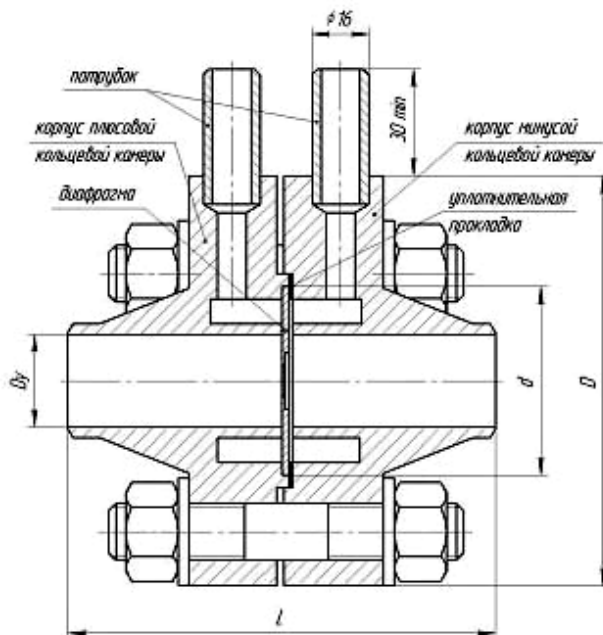


Рис. ПЗ.6. Узел крепления диафрагмы ДФК

**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. Челябинска, 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<br>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.

*Предел измерений по ГОСТ 18140–84 измерительных приборов с унифицированными входными сигналами*

| Измеряемая величина<br>(измерительный прибор)                  | Пределы измерений   |
|--|---|
| Уровень (уровнемер),<br>перепад (перепадамер)                  | 0,04; 0,063; 0,1; 0,16; 0,25; 0,4; 0,63 МПа<br>10; 16; 25; 40; 63; 100; 160; 250; 400; 630; 1000; 2500; 4000;<br>10000; 16000; 25000 Па   |
| Уровень (уровнемер),<br>разряжение и давление (тягионапоромер) | $\pm 0,02$ ; $\pm 0,0315$ ; $\pm 0,05$ ; $\pm 0,08$ ; $\pm 0,125$ ; $\pm 0,2$ ; $\pm 0,315$ МПа.<br>$\pm 5$ ; $\pm 8$ ; $\pm 12,5$ ; $\pm 20$ ; $\pm 31,5$ ; $\pm 50$ ; $\pm 80$ ; $\pm 125$ ; $\pm 200$ ; $\pm 315$ ; $\pm 500$ ;<br>$\pm 800$ ; $\pm 1250$ ; $\pm 2000$ ; $\pm 3150$ ; $\pm 5000$ ; $\pm 8000$ ; $\pm 12500$ 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;<br>25; 40; 60; 100; 160; 250; 400; 600; 1000 МПа   |
| Расход (расходомер<br>переменного $\Delta P$ )                 | Рассчитываются по формуле: $A = a \cdot 10^n$ ,<br>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;<br>$n$ – целое (положительное или отрицательное) число<br>или нуль   |
| Вакуум (вакуумметр)  | $-0,1 \dots 0$ ; $-0,06 \dots 0$ МПа  |
| Вакуум и давление<br>(мановакуумметр)                          | 0,06; 0,15; 0,3; 0,5; 0,9; 1,5; 2,4 МПа.<br>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;  $g = 9,8$  м/с<sup>2</sup> – ускорение свободного падения.

**Примеры заказов:** 1. Прибор аналоговый, показывающий, регистрирующий, сигнализирующий, предел допускаемой основной приведенной погрешности  $\pm 0,5$  %, 0...10 МПа, входной сигнал 4...20 мА, выходной сигнал 4...20 мА. Промышленная группа «Метран», г. Челябинск. Тип: **Диск-250-1121**. 2. Прибор аналоговый, показывающий, регистрирующий, сигнализирующий, предел допускаемой основной приведенной погрешности  $\pm 0,5$  %,  $\pm 200$  мм ( $\pm 2000$  Па), входной сигнал 0...5 мА, выходной сигнал 4...20 мА. Промышленная группа «Метран», г. Челябинск. Тип: **Диск-250-2121**. 3. Прибор аналоговый, показывающий, регистрирующий, сигнализирующий, предел допускаемой основной приведенной погрешности  $\pm 0,5$  %, верхний предел измерения 250 т/ч, входной сигнал 4...20 мА, выходной сигнал 0...5 мА. Промышленная группа «Метран», г. Челябинск. Тип: **Диск-250-1221**.

Технические характеристики измерительных приборов типа А100 и А543 приведены в табл. ПЗ.38.

Таблица ПЗ.38

## Технические характеристики А100 и А 543

| Тип прибора и номер модификации | Конструктивное исполнение |         | Число каналов |
|---------------------------------|---------------------------|---------|---------------|
|                                 | Стеочное                  | 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...10 МПа, входной сигнал 4...20 мА, выходной сигнал 4...20 мА. Второй канал:  $\pm 200$  мм ( $\pm 2000$  Па), входной сигнал 0...5 мА, выходной сигнал 4...20 мА. Третий канал: верхний предел измерения 250 т/ч, входной сигнал 4...20 мА, выходной сигнал 0...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...5, 4...20 мА и напряжение 0...10 В от преобразователей давления или перепада давлений. Предел изменения выходного сигнала передающего преобразователя составляет 0...5 мА и 4...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...16 МПа, входной сигнал 4...20 мА, выходной сигнал 4...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. Челябинска, 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  $\pm 0,25$  %. 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 Гкал/ч, а уравнение (ПЗ.2) – на открытых или закрытых системах теплоснабжения с тепловой нагрузкой более 0,1 Гкал/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 $G_H$                 | Верхний предел измерения $G_B$ |  |
| ВСТ (Т); ВСХ (Т)            | 15...250                    | $0,04 \cdot G_B$                              | 3...1200                       | 90   |
| WPD (Т)<br>M-T150QN(Т)      | 20...300                    | $(0,03...0,09) \cdot G_B$                     | 3...1000                       | 150  |
| ВЭПС (В)<br>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  |

| Тип преобразователя расхода     | Диаметр условный $D_u$ , мм | Диапазон измерения расхода, м <sup>3</sup> /ч |   | Максимальная температура теплоносителя, °С |
|---------------------------------|-----------------------------|---|---|--|
|                                 |                             | Нижний предел измерения $G_H$                 | Диапазон измерения расхода, м <sup>3</sup> /ч |  |
| РУ2К (У)<br>УРСВ «Взлет МР» (У) | 10...1000                   | $0,04 \cdot G_B$                              | 2...2000                                      | 150  |
| UFM001 (У)<br>UFM500 (У)        | 50...1000                   | $0,04 \cdot G_B$                              | 25...2000                                     | 150  |
| РСМ-05.05 (Э)<br>ПРЭМ-2 (Э)     | 15...150                    | $0,006 \cdot G_B$                             | 6...630                                       | 150  |

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

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 теплосистем).

Тепловычислитель обеспечивает сохранение результатов измерений и вычислений за предыдущий период работы в архивах:

- часовом – 1080 записей (часов) – 45 суток;
- суточном – 60 записей (суток);
- месячном – 48 записей (месяцев).

Время сохранности архивных, а также установочных данных при отключении питания не менее 1 года.

Управление теплосчетчиком выполняется с клавиатуры тепловычислителя. Значения измеренных и вычисленных параметров (количество теплоты, время работы теплосчетчика, время простоя) выводятся на индикатор, расположенный на передней панели тепловычислителя.

## **ПЗ.12. Регулирующие устройства**

### ***ПЗ.12.1. Комплекс АКЭСР***

АКЭСР-2 (агрегированный комплекс электрических средств регулирования, серия 2) разработан по агрегировано-блочному типу, выпускается ОАО «ЗЭиМ» (г. Чебоксары). Каждый блок комплекса представляет собой конструктивно законченное изделие. С 01.01.2007 блоки комплекса АКЭСР не выпускаются. Однако блоки комплекса АКЭСР широко распространены и эксплуатируются в системах автоматизации на объектах теплоэнергетики России. Комплекс включает в себя следующие группы блоков:

1. Регулирующие устройства (РП4-М1).
2. Функциональные устройства (блок вычислительных операций БВО-2, блок динамической связи БДС, блок нелинейных преобразований БНП-2, блок суммирования, демпфирования БСД, блок селектирования БСЛ-2, блок суммирования и сигнализации БСС).
3. Устройства оперативного управления (блоки ручного управления БРУ, датчики ручные РЗД, блок интегрирующего датчика БЗИ, блок указателей В-12, указатель положения дистанционный ДУП-М, усилители ФЦ и ПБР).

Устройство регулирующее РП4-М1 предназначено для формирования динамических свойств П, ПИ, а с внешним дифференциатором – ПИД-законов регулирования автоматических регуляторов, содержащих электрические исполнительные механизмы (ИМ) постоянной скорости. В табл. ПЗ.41 представлены типы исполнений и технические характеристики блоков РП4-М1.

Таблица ПЗ.41

## Технические характеристики блоков РП4-М1

| Исполнение | Входной сигнал   | Выходной  |
|------------|--|---|
| РП4-У-М1   | 4 унифицированных постоянного тока (0...5 или 0...20, или 4...20 мА), 1 от ручного задатчика РЗД-12 (РЗД-22)   | Дискретный выход ((0...24) В, 0,3 А постоянного тока), напряжение постоянного тока (0...10 В) |
| РП4-Т-М1   | 2 для подключения ТПС (НСХ 50П, 50М, 100П, 100М) или 1 для подключения ТЭП (НСХ ПП (S), ХК (L), ХА (K)), 1 унифицированный постоянного тока (0...5 мА), 1 от ручного задатчика РЗД-12 (РЗД-22) | Дискретный выход ((0...24) В, 0,3 А постоянного тока), напряжение постоянного тока (0...10 В) |

Блоки группы функциональных устройств предназначены для применения в системах автоматического управления технологическими процессами. В табл. ПЗ.42 приведены назначение и характеристики этих блоков комплекса АКЭСР.

Таблица ПЗ.42

## Характеристики блоков группы функциональных устройств

| Тип блока | Функции  | Характеристики   |
|-----------|--|--|
| БВО-2     | Алгебраическое суммирование по каждому входу (X и Y) унифицированных сигналов с масштабированием; демпфирование результирующего сигнала по каждому входу; проведение между результирующими сигналами одной из операций: сложение, умножение, деление, возведение в квадрат, извлечение квадратного корня   | <b>Входные сигналы:</b><br>0...5 мА, -5...0...+5 мА, 0...20 мА, 4...20 мА; 0...10 В; -10...0...+10 В.<br><b>Выходные сигналы:</b><br>0...5 мА, -5...0...+5 мА, 0...20 мА, 4...20 мА; 0...10 В, -10...0...+10 В. Количество принимаемых сигналов: по входу X – 3, по выходу Y – 2 |
| БДС       | Алгебраическое суммирование до четырех унифицированных сигналов постоянного тока; демпфирование и динамическое преобразование результирующего сигнала по функциональным характеристикам реального дифференцирующего, интегрирующего, инерционного, демпфирующего, пропорционально-интегрального звена с безударной дистанционной подстройкой динамических параметров; динамическое преобразование выходных сигналов РП4-М1 | <b>Входные сигналы:</b><br>0...5 мА, 0...20 мА, 0...10 В, импульсный сигнал 0...24 В.<br><b>Выходные сигналы:</b><br>-5...0...+5 мА, -10...0...+10 В. Гальваническая развязка между входными и выходными цепями  |

| Тип блока | Функции  | Характеристики  |
|-----------|--|---|
| БНП-2     | Демпфирование и нелинейное преобразование входного аналогового сигнала, аппроксимированного кусочно-линейным методом   | <b>Входные сигналы:</b> 0...5 мА, 0...20 мА, 4...20 мА; 0...10 В. <b>Выходные сигналы:</b> 0...5 мА; 0...20 мА; 4...20 мА   |
| БСД       | Алгебраическое суммирование до четырех унифицированных сигналов постоянного тока, сравнение их с сигналом задания, демпфирование суммы   | <b>Входные сигналы:</b> 0...5 мА, 0...20 мА; 0...10 В. <b>Выходные сигналы:</b> -5...0...+5 мА; -10...0...+10 В; 0...5 мА. Гальваническая развязка между входными и выходными цепями  |
| БСЛ-2     | Прием до четырех унифицированных сигналов с гальваническим разделением между собой и выходом, масштабирование, демпфирование их, выделение наибольшего или наименьшего сигнала   | <b>Входные сигналы:</b> 0...5, 0...20, 4...20 мА; 0...10 В. <b>Выходные сигналы:</b> 0...5, 0...20, 4...20 мА; 0...10 В.  |
| БСС       | Алгебраическое суммирование до трех унифицированных сигналов постоянного тока; введение сигнала от внутреннего задатчика либо от внешнего потенциометрического задатчика; демпфирование суммы и формирование выходного релейного сигнала | <b>Входные сигналы:</b> 0...5 мА, 0...20 мА, 4...20 мА, 0...10 В. Диапазон установки зоны возврата – 1...5 %.<br><b>Выходной сигнал:</b> состояние двух групп перекидных контактов. Гальваническая развязка между входными и выходными цепями |

В табл. ПЗ.43 приведена характеристика блоков группы устройств оперативного управления комплекса АКЭСР.

Таблица ПЗ.43

*Характеристика блоков группы устройств оперативного управления*

| Исполнение | Функции   | Примечание   |
|------------|---|--|
| БРУ-22     | Ручное или дистанционное переключение цепей управления на два положения; световая сигнализация положения цепей; управление ИМ   | —  |
| БРУ-32     | Ручное переключение с автоматического режима управления на ручной и обратно; кнопочное управление интегрирующими исполнительными устройствами; световая индикация выходного сигнала регулирующего устройства с импульсным выходным сигналом; определение положения регулирующего органа по сигналу от электрического ИМ | Входные сигналы стрелочного индикатора: унифицированные токовые 0...5 мА, 4...20 мА, напряжения 0...10 В |

| Исполнение | Функции  | Примечание  |
|------------|--|---|
| БРУ-42     | Ручное или дистанционное переключение с автоматического режима управления на ручной и обратно; кнопочное управление интегрирующими исполнительными устройствами; световая индикация режимов управления, выходного сигнала регулирующего устройства с импульсным выходным сигналом; определение положения регулирующего органа по сигналу от электрического ИМ  | —   |
| ДУП-М      | Дистанционное указание положения выходного вала электрического ИМ, имеющего реостатный или индуктивный датчик  | —   |
| БЗИ        | Интегрирование длительности импульсных сигналов; преобразование интеграла в унифицированный сигнал постоянного тока; запоминание значения интеграла; ограничение выходного сигнала по минимальному и максимальному значениям и сигнализацией при достижении указанных уровней. <b>Входной сигнал:</b> среднее двухполупериодное выпрямленное синусоидальное напряжение 24 В. <b>Выходной сигнал:</b> 0...5, 0...20, 4...20 мА или 0...10 В | Используется в АСР каскадно-связанного регулирования по корректирующему каналу. В этом случае на вход блока подается сигнал с корректирующего регулятора (блока РП4-М1) |
| РЗД-12     | Ручная установка сигналов задания для стабилизирующих регуляторов и регуляторов соотношения. <b>Входной сигнал:</b> нет.<br><b>Выходной сигнал:</b> плавное изменение коэффициента деления потенциометра с сопротивлением 10 или 2,2 кОм.  | Разрешающая способность: 0,5 % от максимального сигнала   |
| РЗД-22     | Ручная установка сигнала задания для стабилизирующих регуляторов и регуляторов соотношения, преобразование одного вида унифицированного сигнала постоянного тока или напряжения в другой. <b>Входной сигнал:</b> 0...5, 0...20, 4...20 мА; 0...10 В. <b>Выходной сигнал:</b> 0...5, 0...20, 4...20 мА; 0...10 В  |   |
| —          | Визуальный контроль токового сигнала 0...5 мА и сигнала рассогласования на входе регулирующих блоков   | —   |

| Исполнение          | Функции  | Примечание  |
|---------------------|--|---|
| ФЦ-0610<br>ФЦ-0611  | Пуск, реверс, торможение при снятии входного сигнала и защита асинхронного двигателя (с короткозамкнутым ротором) от перегрузок, сигнализация об исчезновении напряжения питания | Бесконтактное управление электрическими ИМ и приводами с трехфазными электродвигателями.<br><b>Входной сигнал:</b> импульсный, выпрямленного напряжения ( $24 \pm 6$ В) с непрерывным изменением скважности |
| ФЦ-0620<br>ФЦ-0621  | Пуск и реверс синхронного двигателя. Защита от перегрузок отсутствует  |   |
| ФЦ-0650             | Пуск, реверс, защита асинхронного двигателя от перегрузок, торможение вала электрического двигателя при снятии входного сигнала. Предназначен для эксплуатации на АЭС            |   |
| ПБР-2М              | Бесконтактное управление электрическими исполнительными механизмами и приводами, пуск, реверс любых синхронных и асинхронных двигателей мощностью до 1,1 кВт                     | Управление электрическими исполнительными механизмами и приводами с однофазными конденсаторными электродвигателями  |
| ПБР-2МА<br>ПБР-2М2А |  | Тоже что и ПБР-2М, но для применения на АЭС   |
| ПБР-3А              |  | Управление электрическими исполнительными механизмами и приводами с трехфазными синхронными и асинхронными двигателями  |
| ПБР-3АА             |  | Тоже что и ПБР-3А, но для применения на АЭС   |
|                     |  |   |

### ПЗ.12.2. Контроллер Decont-182

Контроллер Decont-182 (относится к классу моноблочных контроллеров) составляет основу аппаратной части программно-технического комплекса Деконт (ОАО «ДЭП», г. Москва). В состав комплекса также входят модули ввода/вывода, отладочный пульт оператора, программное обеспечение. Комплекс Деконт обладает повышенной надежностью работы в условиях электромагнитных помех и работает в широком диапазоне температур  $-40 \dots 70$  °С.

Контроллер Decont-182 представляет собой базовый процессорный модуль с операционной системой реального времени (ОСРВ) и обеспечивает взаимодействие с модулями ввода/вывода, формирует алгоритмы управления, ведет архивы, поддерживает связь с другими контроллерами через два встроенных интерфейса (RS232, RS485) и два сменных интерфейса. Питание контроллера осуществляется напряжением 24 В постоянного тока. Программирование контроллера осуществляется на языке FBD по стандарту IEC-61131-3. Контроллер имеет встро-



енный OPC-сервер, необходимый для создания системы оперативного управления и сбора данных (SCADA-системы).

Отладочный пульт оператора (имеет 2-сточный 16-символьный жидкокристаллический дисплей) предназначен для установки физического адреса и скорости передачи данных модулями ввода/вывода. Экран служит также для отображения статистики обмена по сети и другой вспомогательной информации.

Взаимодействие контроллера с модулями ввода/вывода осуществляется по локальной технологической сети SYBUS (физический интерфейс RS485). Максимально возможное количество модулей, подключаемых к контроллеру, составляет 32. Модули в сети являются пассивными и любой обмен в сети инициируется мастером сети, в качестве которого могут выступать персональный компьютер или контроллер Decont-182. Модули контроллера обеспечивают гальваническую развязку входных/выходных цепей. Технические характеристики некоторых модулей ввода/вывода контроллера Decont-182 представлены в табл. ПЗ.44.

Таблица ПЗ.44

*Технические характеристики модулей ввода/вывода  
контроллера Decont-182*

| Тип модуля | Характеристика модуля  | Входной сигнал  | Выходной сигнал  |
|------------|--|---|--|
| DOUT-R07   | 8 каналов релейного выхода                                       | –   | коммутируемое напряжение: ~250 В, 5 А                    |
| DIN64-T05  | 64 канала дискретного ввода                                      | 24 В постоянного тока   | –  |
| AIN16-120  | 16 каналов ввода/вывода (каждый канал в одном из трех вариантов) | вариант 1: аналоговый ввод 0...20, 4...20 мА;<br>вариант 2: дискретный ввод 24 В постоянного тока | вариант 3: дискретный вывод постоянного тока 24 В, 20 мА |
| AIN8-120   | 8 каналов аналогового ввода                                      | унифицированный сигнал: 0...5, 4...20 мА, 0...10 В  | –  |
| AIN8-U60   | 8 каналов подключения ТЭП  | ТЭДС 0...60 мВ для ТЭП с НСХ ТХА, ТХК по ГОСТ Р50431  | –  |
| R3IN6-50   | 6 каналов для подключения ТПС (трехпроводная схема)              | НСХ 50М и 50П (сопротивление 38...105 Ом)   | –  |
| R3IN6-100  |  | НСХ 100М и 100П (сопротивление 76...210 Ом)   | –  |
| AOUT1-05   | 1 канал аналогового вывода                                       | –   | 0...5 мА   |
| AOUT1-20   | 1 канал аналогового вывода                                       | –   | 0...20 мА  |
| AOUT4-U10  | 4 канала аналогового вывода                                      | –   | 0...10 В   |

### ПЗ.12.3. Контроллер Ремиконт Р-130

Контроллер Ремиконт Р-130 (относится к классу модульных контроллеров) имеет проектную компоновку, т. е. тип и число модулей в зависимости от каналов ввода/вывода выбирает пользователь. Контроллер Ремиконт Р-130 (ОАО «ЗЭиМ», г. Чебоксары) эффективно решает как сравнительно простые, так и сложные задачи управления. Благодаря малоканальности контроллер позволяет, с одной стороны, экономично управлять небольшим агрегатом и, с другой – обеспечить высокую живучесть крупных систем управления. В контроллеры встроены развитые средства самодиагностики, сигнализации и идентификации неисправностей, в том числе при отказе комплектующих изделий, выходе сигналов за допустимые границы, сбое в оперативном запоминающем устройстве, нарушении обмена по сети. Контроллеры Р-130 могут объединяться в локальную управляющую сеть «Транзит» топологии «Кольцо», которая с помощью блока шлюзов (БШ-1) может взаимодействовать с ЭВМ. Контроллер Ремиконт Р-130 нашел широкое применения в системах автоматизированного управления на предприятиях теплоэнергетического комплекса России. Перечень и характеристика блоков контроллера Ремиконт Р-130 приведены в табл. ПЗ.45.

Таблица ПЗ.45

#### Перечень и характеристика блоков контроллера Р-130

| Наименование блока контроллера        | Условное обозначение | Назначение блока  |
|---------------------------------------|----------------------|---|
| Блок контроллера                      | БК-1                 | Процессорный блок контроллера имеет слоты для установки сменных модулей ввода/вывода (см. табл. ПЗ.46)                  |
| Блок питания                          | БП-1                 | Питание блока БК-1  |
|                                       | БП-4                 | Питание входных/выходных цепей (4 нестабилизированных источника постоянного напряжения 24 В), например блоков БУС и БУТ |
| Блок усилителей сигналов от ТЭП и ТПС | БУТ-10               | Усиление и унифицирование сигнала от ТЭП  |
|                                       | БУС-10               | Усиление и унифицирование сигналов от ТПС   |
| Блок усилителя мощности               | БУМ-10               | Усиление коммутируемой мощности выходных ключей 220 В, 2А   |
| Блок шлюза                            | БШ-1                 | Обеспечение интерфейсов ИРПС и PS232  |
| Блок переключения резерва             | БПР-10               | Переключение выходных цепей при резервировании блока БК-1   |
| Пульт настройки                       | ПН-1                 | Настройка, тестирование, отладка и программирование блока БК-1  |

В процессе сбора и обработки сигналов от датчиков возможна их коррекция (линеаризация, фильтрация, арифметические операции).

Контроллер Ремиконт Р-130 принимает на вход следующие сигналы:

- от ТЭП с НСХ (ТХК, ТХА, ТПП, ТПР, ТВР) через блок БУТ-10;
- от ТПС с НСХ (ТСМ и ТСП) через блок БУС-10;
- унифицированные аналоговые сигналы 0...5 мА, 0...20 мА, 0...10 В;
- дискретные сигналы 24 В постоянного тока.

На выходе контроллера Ремиконт Р-130 следующие сигналы:

- унифицированные аналоговые сигналы постоянного тока
- 0...5 мА, 0...20 мА, 4...20 мА;
- дискретные сигналы (транзисторный выход – напряжение коммутации до 40 В постоянного тока, ток нагрузки 0,3 А; релейный выход – переменное напряжение коммутации 220 В, ток нагрузки 2 А).

В блок БК–1 контроллера Ремиконт Р-130 устанавливается два любых сменных модуля ввода/вывода, выбираемых из табл. ПЗ.46.

Таблица ПЗ.46

*Характеристики модулей ввода/вывода блока БК-1*

| Модуль ввода/вывода |     | Количество входных/ выходных сигналов |          |            |          |
|---------------------|-----|---------------------------------------|----------|------------|----------|
|                     |     | аналоговых                            |          | дискретных |          |
| наименование        | код | входные                               | выходные | входные    | выходные |
| МАС                 | 1   | 8                                     | 2        | –          | –        |
| МДА                 | 2   | 8                                     | –        | –          | 4        |
| МСД                 | 3   | –                                     | –        | –          | 16       |
| МСД                 | 4   | –                                     | –        | 4          | 12       |
| МСД                 | 5   | –                                     | –        | 8          | 8        |
| МСД                 | 6   | –                                     | –        | 12         | 4        |
| МСД                 | 7   | –                                     | –        | 16         | –        |

*Примечание.* При заказе блока БК-1 необходимо указывать модульность прибора (БК-1-ХУ, где Х и У – коды соответствующего модуля).

**Пример заказа:** Контроллер малоканальный, многофункциональный, регулирующий, микропроцессорный Ремиконт Р-130. ОАО «ЗЭиМ», г. Чебоксары. В состав входят следующие блоки: блок контроллера **БК-1-26** (1 шт.), блок питания **БП-1** (1 шт.), блок питания **БП-4** (1 шт.), блок шлюза **БШ-1** (1 шт.), пульт настройки **ПН-1** (1 шт.), блок усилителей сигналов от ТЭП **БУТ-10** (2 шт.).

#### **ПЗ.12.4. Контроллер КРОСС**

Контроллер КРОСС (относится к классу РС-совместимых контроллеров) предназначен для общепромышленного применения в составе автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП) в различных отраслях промышленности – энергетической, металлургической, пищевой, стекольной, цементной и т. д. Контроллер КРОСС (ОАО «ЗЭиМ», г. Чебоксары) может использоваться также в качестве автономного средства для управления объектами малой и средней сложности. В составе АСУ ТП контроллер предназначен для обслуживания взрывопожароопасных объектов, в том числе химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств.

Программное обеспечение контроллера позволяет пользователю:

- выполнять широкий круг алгоритмических задач: алгебраических и тригонометрических функций, статических и динамических преобразований, регулирования, программно-логического управления, защиты, учета, регистрации и архивации данных и т. п.;
- обеспечить возможность контроля, управления и тестирования каналов ввода и вывода в автономном режиме и с помощью компьютера, при этом обеспечивается возможность переноса, тиражирования программ;
- достичь снижения затрат на разработку и отладку программ пользователя за счет простоты и удобства программирования, их переноса и документирования, независимости от способов построения и работы устройств ввода/вывода.

Программно-аппаратные средства контроллера направлены на выполнение требований, возникающих при построении АСУ ТП. В первую очередь это возможность обмена данными в реальном масштабе времени через интерфейс Ethernet. Такой обмен, наряду с использованием технологических, процедурных языков программирования по стандарту МЭК 61131-3 (языки LD, IL, ST, FBD, SFC) в системе ISaGRAF, операционной системы реального времени OS-9 обеспечивает контроллеру развитые системообразующие качества.

Высокая надежность контроллера обеспечивается рядом факторов. Среди них использование стандартов на аппаратное и программное обеспечение, снижение числа межмодульных контактных соединений за счет использования последовательной внутренней SPI-шины (четыре сигнальных провода), наличие сторожевого таймера (устройство, определяющее момент зависания процессора контроллера и выполняющее

его автоматическую перезагрузку) и непрерывной внутримодульной диагностики, гальваническая изоляция выходов модулей, а также возможность «горячей» замены (замена модулей контроллера без его выключения) и резервирования модулей устройства связи с объектом (УСО). В табл. ПЗ.47 приведен состав контроллера КРОСС.

Таблица ПЗ.47

*Состав контроллера КРОСС*

| Наименование блока/модуля  | Назначение   |
|--|--|
| Блок центральный ЦБ1<br>в составе модуля процессора<br>SM2-CPU-1,5                               | Является мастером шины SPI, предназначен для управления работой контроллера, организации обмена с внешними устройствами, а также взаимодействия пользователя с контроллером через компьютер и SCADA-программу                                |
| Субмодуль<br>ETHERNET SM2-ETH  | Обеспечивает связь контроллера КРОСС с внешними приборами по локальной сети Ethernet   |
| Базовый монтажный блок<br>SMART2-BASE  | Имеет посадочные места для установки модуля процессора SM2-CPU-1.5, модуля ИСК1, модуля КР-DC24V1  |
| Модуль согласования ИСК1   | Соединяет и согласовывает модули УСО с центральным процессором. Подключение модулей УСО к модулю ИСК1 выполняется через две шины SPI. На каждой шине может быть до восьми модулей УСО. Общее количество модулей УСО – до 31 по четырем шинам |
| Модуль питания КР-DC24V1   | Питание ЦБ1 и модулей УСО при потребляемой мощности не более 10 Вт, представляет собой преобразователь напряжения постоянного тока 24/5 В с гальванической развязкой   |
| Блок питания<br>ЛОК 4601-2R/P-ONE/   | Обеспечивает подключение к питающей сети 220 В и преобразование переменного напряжения в постоянное напряжение 24 В. Выходная мощность модуля 50 Вт  |
| Модуль питания DC-24/5   | Обеспечивает питание модулей УСО на одной шине SPI. Выходная мощность модуля 10 Вт   |
| Модули УСО: AI1-8, AIO1-0/4,<br>AIO1-8/4, AIO1-8/0, TC1-7,<br>TR1-8, DI1-16, DIO1-8/8,<br>DO1-16 | Сбор, первичная обработка информации от датчиков и исполнительных механизмов, а также выдача управляющих воздействий на объект   |
| Блоки терминальные T1-AI,<br>T1-AIO, T1-TC, T1-TR, T1-D  | Позволяют подключать к контроллеру кабели различных сечений от датчиков и исполнительных механизмов  |
| Соединения гибкие C1-AI,<br>C1-AIO, C1- TC, C1- TR, C1-D   | Соединяют модули УСО и терминальные блоки  |

В табл. ПЗ.48 приведены типы и параметры модулей УСО контроллера КРОСС.

Таблица ПЗ.48

*Тип и параметры модулей УСО контроллера КРОСС*

| Тип модуля УСО | Вид и количество каналов на модуль | Характеристика канала  |
|----------------|------------------------------------|--|
| ТС1-7          | Входы 1...7                        | ТЭП с НСХ ПП (S), ХК (L), ХА (K)   |
|                | Вход 8                             | ТПС с НСХ 50М  |
| TR1-8          | Входы 1...8                        | ТПС с НСХ 50П, 50М, 100П, 100М   |
| АП1-8          | Входы 1...8                        | Унифицированный аналоговый сигнал 0...5, 0...20, 4...20 мА, 0...10 В                               |
| АЮ1-8/0        | Входы 1...8                        |  |
| АЮ1-8/4        | Входы 1...8                        | Унифицированный аналоговый сигнал 0...5, 0...20, 4...20 мА   |
|                | Выходы 1...4                       |  |
| АЮ1-0/4        | Выходы 1...4                       |  |
| DI1-16         | Входы 1...16                       | Дискретный сигнал напряжения постоянного тока 0...7 В – логический "0", 18...30 В – логическая "1" |
| DIO1-8/8       | Входы 1...8                        |  |
|                |                                    | Выходы 1...8   |
| DO1-16         | Выходы 1...16                      |  |

Выбор необходимых терминальных блоков и соединений гибких контроллера КРОСС производится согласно табл. ПЗ.49.

Таблица ПЗ.49

*Терминальные блоки и соединения гибкие*

| Терминальный блок | Соединение гибкое       | Примечание   |
|-------------------|-------------------------|--|
| Блок Т1-АИ        | Соединение гибкое С1-АИ | Количество равно количеству модулей АП1-8                |
| Блок Т1-АЮ        | Соединение гибкое С1-АЮ | Количество равно сумме модулей АЮ1-0/4, АЮ1-8/4, АЮ1-8/0 |
| Блок Т1-ТС        | Соединение гибкое С1-ТС | Количество равно количеству модулей ТС1-7                |
| Блок Т1-ТR        | Соединение гибкое С1-ТR | Количество равно количеству модулей ТR1-8                |
| Блок Т1-Д         | Соединение гибкое С1-Д  | Количество равно сумме модулей DI1-16, DIO1-8/8, DO1-16  |

При выборе блоков и модулей, обеспечивающих питание контроллера КРОСС, необходимо руководствоваться мощностью, которую потребляют блоки контроллера, однако можно воспользоваться табл. ПЗ.50.

Таблица ПЗ.50

## Организация схемы питания контроллера КРОСС

| Количество модулей УСО | Количество и наименование блоков и (или) модулей питания  | Примечание   |
|------------------------|---|--|
| Не более 9             | Блок питания LOK 4601-2R/P-ONE/ (1 шт.), модуль питания KP-DC24V1 (1 шт.)   | При использовании в составе контроллера submodule ETHERNET SM2-ETH   |
| Не более 9             | Блок питания LOK 4601-2R/ P-ONE/ (1 шт.), модуль питания DC-24/5 (1 шт.)  | При отсутствии в составе контроллера submodule ETHERNET SM2-ETH  |
| Более 9                | Блок питания LOK 4601-2R/ P-ONE/ (1 шт.), модуль питания DC-24/5 (2 шт.)  | При наличии в составе контроллера 1 модуля ИСК1, т. е. в составе контроллера использовано не более 16 модулей УСО  |
|                        | Блок питания LOK 4601-2R/ P-ONE/ (1 шт.), модуль питания DC-24/5 (по 1 шт. на каждые 8 модулей УСО)                                   | При наличии в составе контроллера 2 модулей ИСК1, т. е. в составе контроллера использовано более 16 модулей УСО  |
|                        | Блок питания LOK 4601-2R/ P-ONE/ (2 шт.), модуль питания KP-DC24V1 (1 шт.), модуль питания DC-24/5 (по 1 шт. на каждые 8 модулей УСО) | Для обеспечения более надежного питания контроллера при использовании в составе контроллера одного модуля ИСК1 (использовано не более 16 модулей УСО) и отсутствии в составе контроллера модуля ETHERNET SM2-ETH |

Табл. ПЗ.51 позволяет сделать необходимой набор модулей и блоков контроллера КРОСС для решения определенной задачи автоматизации.

Таблица ПЗ.51

*Состав и количество блоков (модулей) контроллера КРОСС для решения конкретной задачи автоматизации*

| Наименование блока (модуля)                                  | Необходимость включения блока (модуля) в состав контроллера КРОСС | Количество, шт   |
|--|---|--|
| Блок центральный ЦБ1 в составе модуля процессора SM2-CPU-1,5 | Обязательная единица компоновки контроллера                       | Максимально один   |
| Субмодуль ETHERNET SM2-ETH                                   | Необходимо устанавливать, если организуется сеть Ethernet         | Максимально один (установка модуля исключает применение в составе контроллера модуля KP-DC24V1 и второй модуль ИСК1) |

| Наименование блока (модуля)   | Необходимость включения блока (модуля) в состав контроллера КРОСС                         | Количество, шт   |
|---|---|--|
| Базовый монтажный блок SMART2-BASE  | Обязательная единица компоновки контроллера   | Максимально один   |
| Модуль ИСК1   | Обязательная единица компоновки контроллера   | Один на 16 модулей УСО (установка второго модуля исключает применение в составе контроллера модулей KP-DC24V1 и ETHERNET SM2-ETH)                                |
| Модуль питания KP-DC24V1  | Необходимость определяется схемой организации питания контроллера КРОСС (см. табл. ПЗ.50) | Определяется в соответствии с табл. ПЗ.50 (установка модуля KP-DC24V1 исключает применение в составе контроллера модулей ETHERNET SM2-ETH и второго модуля ИСК1) |
| Блок питания LOK 4601-2R/ P-ONE/  |   |  |
| Модуль питания DC-24/5  |   |  |
| Модули УСО: AI1-8, AIO1-0/4, AIO1-8/4, AIO1-8/0, TC1-7, TR1-8, DI1-16, DIO1-8/8, DO1-16 | Необходимость установки конкретного модуля определяется решаемой задачей                  | Определяется решаемой задачей  |
| Блоки терминальные T1-AI, T1-AIO, T1-TC, T1-TR, T1-D                                    | Обязательная единица компоновки контроллера, выбирается в соответствии с табл. ПЗ.49      | Выбирается в соответствии с табл. ПЗ.49  |
| Соединения гибкие C1-AI, C1-AIO, C1-TC, C1-TR, C1-D                                     | Обязательная единица компоновки контроллера, выбирается в соответствии с табл. ПЗ.49      | Выбирается в соответствии с табл. ПЗ.49  |

**Пример заказа:** Контроллер многоканальный, многофункциональный, регулирующий, микропроцессорный КРОСС. В состав входят следующие блоки (модули): блок центральный ЦБ1 в составе модуля процессора SM2-CPU-1,5 (1 шт.), базовый монтажный блок SMART2-BASE (1 шт.), модуль ИСК1 (1 шт.), блок питания LOK 4601-2R/P-ONE/ (1 шт.), модуль питания KP-DC24V1 (1 шт.), модуль УСО TC1-7 (1 шт.), модуль УСО AI1-8 (1 шт.), модуль УСО DIO1-8/8 (1 шт.), блок терминальный T1-TC (1 шт.), соединения гибкие C1-TC (1 шт.), блок терминальный T1-AI (1 шт.), соединения гибкие C1-AI (1 шт.), блок терминальный T1-D (1 шт.), соединения гибкие C1-D (1 шт.). ОАО «ЗЭиМ», г. Чебоксары.



### ПЗ.12.5. 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 конечных 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:

- однооборотные – МЭО;
- однооборотные фланцевые – МЭОФ;
- прямоходные постоянной скорости – МЭП;
- 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.

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          |
|--|--------|---|
| 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 |        |   |

| Наименование трубопроводной арматуры                                  | Тип ИМ | Значение номинального крутящего момента, Н·м |
|---|--------|--|
| Кран шаровой запорный, запорно-регулирующий, регулирующий трехходовой | МЭОФ   | 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                                     | МЭО    | 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   |        |  |
| Клапан запорно-регулирующий односедельный фланцевый, задвижка клиновья фланцевая, клапан регулирующий, клапан запорно-регулирующий, клапан запорный | МЭП    | 20000, 25000                             |
|   | МЭПК   | 6300                                     |
| Клапан регулирующий фланцевый   | МЭПК   | 6300                                     |

После выбора типа ИМ необходимо определить максимальное значение крутящего момента (для МЭО и МЭОФ) или максимальное значение усилия на штоке (для МЭП и МЭПК), которое возможно при работе ИМ. Расчет соответствующего значения представляет собой сложную задачу, поскольку определяемое значение будет зависеть от многих факторов, таких как плотность, вязкость, давление, температура среды, прокачиваемой по трубопроводу, диаметра трубопровода, места расположения запорной арматуры и т. д. Поскольку целью раздела «Автоматизация» ВКР не является точный расчет запорной арматуры, то при расчете максимальных значений крутящего момента или усилия на штоке можно воспользоваться формулами

$$M_{\max}^{\text{кр}} = 6,89 \cdot D_y - 338;$$

$$F_{\max} = 17 \cdot D_y - 485,$$

где  $M_{\max}^{\text{кр}}$  – расчетное значение на штоке максимального крутящего момента, необходимого для срабатывания соответствующей запорной арматуры, Н·м;  $F_{\max}$  – расчетное значение максимального усилия на штоке, необходимого для срабатывания соответствующей запорной арматуры, Н;  $D_y$  – условный диаметр трубопровода, мм.

При выборе исполнительных механизмов типа МЭО и МЭОФ нужно учитывать номинальный крутящий момент на выходном валу  $M_n$  (необходимо выполнение условия  $M_n > M_{\max}^{\text{кр}}$ ), номинальное время полного хода выходного вала  $T_n$ , номинальное значение полного хода выходного вала  $\varphi_n$ . В табл. ПЗ.54 представлены технические характеристики исполнительных механизмов типа МЭО и МЭОФ.

Таблица ПЗ.54

*Технические характеристики исполнительных механизмов МЭО и МЭОФ*

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

При выборе исполнительных механизмов типа МЭП и МЭПК нужно учитывать номинальное усилие на штоке  $F_n$  (необходимо выполнение условия  $F_n > F_{\max}$ ), номинальное время полного хода штока  $T_{\text{нш}}$ , номинальное значение полного хода штока  $L_n$ . В табл. ПЗ.55 представлены технические характеристики исполнительных механизмов типа МЭП и МЭПК.

Таблица ПЗ.55

*Технические характеристики  
исполнительных механизмов МЭП и МЭПК*

| Группа исполнительных механизмов | $F_n$ , Н           | $T_{\text{нш}}$ , с | $L_n$ , мм       | Тип управляющего устройства |
|----------------------------------|---------------------|---------------------|------------------|-----------------------------|
| МЭПК-2500                        | 365; 730; 1440      | 25; 63; 125         | 20; 40           | ПБР-2М                      |
| МЭПК-6300                        | 2450; 2000;<br>1250 | 50                  | 30; 40; 60       |                             |
| МЭП-2500-99                      | 25000               | 60; 100             | 30; 50           |                             |
| МЭП-2500-00                      | 20000; 25000        | 200; 240;<br>340    | 100; 120;<br>170 |                             |
| МЭП-2500-00К                     | 25000               | 50; 100             | 25; 50           | ПБР-3А                      |
| МЭП-18000-02К                    | 18000               | 170                 | 170              |                             |

При заказе исполнительного механизма необходимо руководствоваться структурой, представленной на рис. ПЗ.7.

**Пример заказа**

1. Механизм электроисполнительный однооборотный с номинальным значением момента на выходном валу 40 Н·м, номинальное значение времени полного хода 10 с, номинальное значение полного хода 0,25 об.; в составе с индуктивным блоком сигнализации положения выходного вала; год разработки – 1999. ОАО «ЗЭиМ», г. Чебоксары. Тип: **МЭО-40/10-0,25У-99**.

2. Механизм электроисполнительный прямоходный с номинальным усилием на выходном штоке 25000 Н, номинальное значение времени полного хода штока 100 с, номинальное значение полного хода штока 50 мм; в составе с реостатным блоком сигнализации положения выходного штока; год разработки – 2000. ОАО «ЗЭиМ», г. Чебоксары. Тип: **МЭП-25000/100-50Р-00**.



Рис. ПЗ.7. Структура условного обозначения исполнительных механизмов

## СОСТАВ И РАБОТА ТИПОВОЙ ОДНОКОНТУРНОЙ АСР

На рис. П4.1 представлена типовая схема одноконтурной АСР с электрическим регулятором непрямого действия.

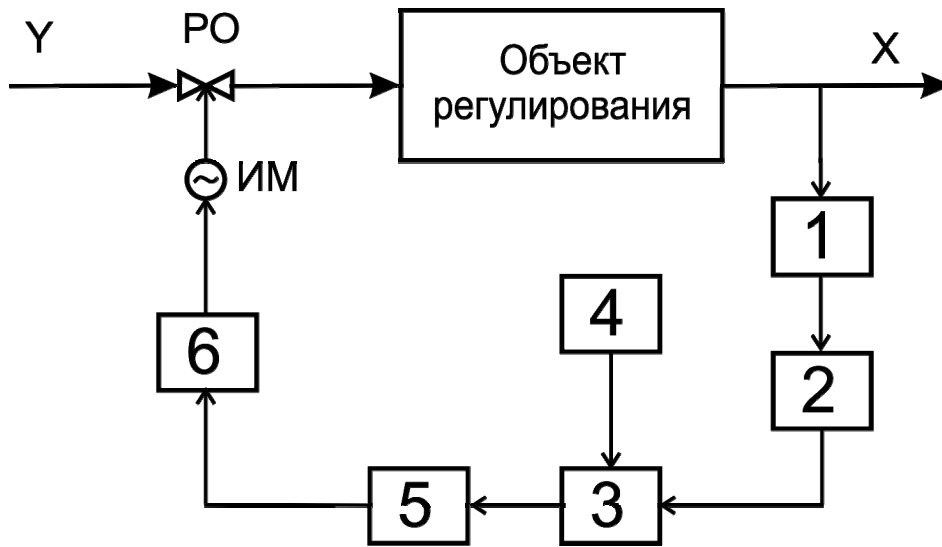


Рис. П4.1. Типовая схема одноконтурной АСР

Цель автоматического регулирования для такой схемы состоит в поддержании регулируемой величины  $X$  на заданном задатчиком 4 значении при помощи изменения величины  $Y$  положением регулирующего органа (РО). Принцип работы схемы (рис. П4.1) состоит в следующем. Регулируемая величина  $X$  оценивается измерительным преобразователем 1. Значение с измерительного преобразователя 1 поступает в промежуточный преобразователь 2 (например, нормирующее устройство, усилительное и т. д.; в реальной схеме может отсутствовать). Значение с промежуточного преобразователя 2 подается на регулирующее устройство 3, в котором сравнивается с заданным значением, вырабатываемым задающим устройством 4. Если регулируемая величина  $X$  равна заданному значению, то АСР находится в состоянии равновесия. При отклонении регулируемой величины  $X$  от заданного значения равновесие нарушается, регулирующее устройство 3 приходит в действие, возникает процесс регулирования. Регулирующее устройство 3 подает выработанное управляющее воздействие на устройство ручного управления 5 (на-

личие устройства зависит от технической реализации регулирующего устройства и от задач, которые ставятся перед АСР), оно осуществляет ручное переключение с автоматического режима управления на ручной и обратно. Усилитель  $\delta$  (наличие устройства зависит от технической реализации регулирующего устройства) в общем случае осуществляет пуск, реверс и останов исполнительного механизма. На выходе исполнительного механизма вырабатывается регулирующее воздействие, передаваемое через регулирующий орган РО на вход объекта. Регулирующее воздействие направлено на уменьшение рассогласования между действительным и заданным значениями регулируемой величины. Регулятор будет воздействовать на объект до тех пор, пока регулируемая величина  $X$  не сравняется с заданным значением.

Выбор технических устройств АСР производится в соответствии с приложениями 2 и 3 настоящего учебного пособия. Выбор измерительных преобразователей подробно освещен в подразделах ПЗ.2, ПЗ.5, ПЗ.9. В качестве промежуточного преобразователя возможно применение нормирующего преобразователя, номенклатура которого представлена в подразделе ПЗ.7. Регулирующие устройства выбираются в соответствии с подразделом ПЗ.12 (в настоящем учебном пособии представлены комплекс АКЭСР, контроллеры Decont-182, Ремиконт Р-130 и КРОСС), в качестве устройств ручного управления возможно применение блоков БРУ (см табл. ПЗ.43), техническая реализация усилителя возможна на блоках ФЦ и ПБР (табл. ПЗ.43). Исполнительный механизм выбирается в соответствии с табл. ПЗ.52–ПЗ.55.

Учебное издание

ВОЛОШЕНКО Александр Викторович  
ГОРБУНОВ Денис Борисович

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ И РЕГУЛИРОВАНИЯ**

Учебное пособие

Научный редактор *кандидат технических наук,  
доцент В.С. Андык*

Выпускающий редактор *Т.С. Савенкова*  
Редактор *Е.А. Тетерина*  
Компьютерная верстка *А.В. Волошенко, В.П. Аршинова*  
Дизайн обложки *Т.А. Фатеева*

Подписано к печати 21.07.2011. Формат 60x84/16. Бумага «Снегурочка».


Печать XEROX. Усл. печ. л. 6,16. Уч.-изд. л. 5.58.

Заказ 1032-11. Тираж 100 экз.



Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
Система менеджмента качества  
Издательства Томского политехнического университета сертифицирована  
NATIONAL QUALITY ASSURANCE по стандарту BS EN ISO 9001:2008



ИЗДАТЕЛЬСТВО  ТПУ. 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30  
Тел/факс: 8(3822)56-35-35, www.tpu.ru