

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Томский политехнический университет»

А. В. Волошенко, Д. Б. Горбунов

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СХЕМ
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»).

**Издательство ТПУ
Томск 2008**

ББК 32.815я73
УДК 681.51.01
В 68

Волошенко А. В., Горбунов Д. Б.
В 68 Проектирование функциональных схем систем автоматического контроля и регулирования: учеб. пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2008. – 108 с.

В учебном пособии изложены материалы по выполнению раздела «Автоматизация» выпускной квалификационной работы по дисциплинам «Теплотехнические измерения» и «Управление, сертификация и инноватика». 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.

Пособие подготовлено на кафедре автоматизации теплоэнергетических процессов ТПУ и предназначено для студентов специальностей 1401014 «Промышленная теплоэнергетика» и 140101 «Тепловые электрические станции» Института дистанционного образования.

ББК 32.815я73
УДК 681.51.01

Рекомендовано к печати Редакционно-издательским советом Томского политехнического университета

Рецензенты:

А. А. Светлаков – доктор технических наук, профессор ТУСУРа;

С. А. Карауш – доктор технических наук, профессор ГНУ НИИ СМ.

© Томский политехнический университет, 2008

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	6
2. КОММЕНТАРИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАЗДЕЛА ПО АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ	7
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	17
Приложение 1. РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СХЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ ОБЪЕКТОВ	19
П1.1. Состав функциональных схем	19
П1.2. Изображение технологического оборудования и трубопроводов на функциональных схемах	20
П1.3. Изображение технических средств автоматизации на функциональных схемах	25
П1.4. Позиционные обозначения технических средств автоматизации на функциональных схемах	29
П1.5. Методика построения условных обозначений технических средств автоматизации	30
П1.6. Изображение линий связи, щитов и средств вычислительной техники.....	33
П1.7. Требования к оформлению чертежа функциональной схемы	35
Приложение 2. СОСТАВЛЕНИЕ ЗАКАЗНОЙ СПЕЦИФИКАЦИИ НА СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ И РЕГУЛИРОВАНИЯ	38
П2.1. Методика выбора первичных измерительных преобразователей.....	38
П2.2. Выбор первичных измерительных преобразователей температуры.....	39
П2.3. Выбор измерительных преобразователей давления	41
П2.4. Выбор измерительных преобразователей расхода	42
П2.5. Методика выбора измерительных приборов	44
П2.6. Методика выбора регулирующих устройств	46
Приложение 3. ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ И РЕГУЛИРОВАНИЯ	52
ПЗ.1. Жидкостные стеклянные термометры.....	52
ПЗ.2. Стандартные термопреобразователи и защитные гильзы	53
ПЗ.3. Аналоговые измерительные приборы температуры	59
ПЗ.3.1. Приборы показывающие и регистрирующие.....	59
ПЗ.3.2. Многоканальные показывающие и регистрирующие приборы.....	62

ПЗ.4. Показывающие приборы давления	
с упругими чувствительными элементами	63
ПЗ.4.1. Манометры, мановакуумметры и вакуумметры	63
ПЗ.4.2. Напоромеры, тягонапоромеры и тягомеры	64
ПЗ.5. Преобразователи давления, уровня и расхода	
в электрический сигнал.....	64
ПЗ.5.1. Преобразователи типа Метран-43	64
ПЗ.5.2. Преобразователи типа Сапфир-22.....	67
ПЗ.5.3. Преобразователи давления МПЭ-МИ	
и разности давлений ДМЭ-МИ, ДМЭУ-МИ, ДМЭР-МИ.....	71
ПЗ.6. Блоки питания и преобразования сигналов	
измерительных преобразователей.....	72
ПЗ.6.1. Блоки типа БПС-24	72
ПЗ.6.2. Блоки типа 4БП36	72
ПЗ.6.3. Блоки типа БПД-40 и БПК-40	73
ПЗ.6.4. Блоки типа БП96	73
ПЗ.6.5. Блоки типов Метран-602, Метран-604, Метран-608	74
ПЗ.7. Нормирующие преобразователи.....	75
ПЗ.7.1. Преобразователи измерительные нормирующие	
серий Ш9321, Ш9322	75
ПЗ.7.2. Преобразователи измерительные нормирующие	
серий ИП-10, ИП-20	76
ПЗ.8. Сосуды разделительные, уравнильные и конденсационные....	78
ПЗ.9. Диффрагмы для расходомеров	79
ПЗ.10. Аналоговые измерительные приборы давления,	
расхода и уровня	82
ПЗ.10.1. Приборы показывающие и регистрирующие.....	82
ПЗ.10.2. Приборы показывающие	84
ПЗ.10.3. Многоканальные показывающие	
и регистрирующие приборы.....	85
ПЗ.11. Теплосчетчики.....	86
ПЗ.12. Регулирующие устройства.....	88
ПЗ.12.1. Комплекс АКЭСР.....	88
ПЗ.12.2. Контроллер decont-182	93
ПЗ.12.3. Контроллер Ремиконт Р-130	94
ПЗ.12.4. Контроллер КРОСС	96
ПЗ.12.5. Исполнительные механизмы	101

Приложение 4. СОСТАВ И РАБОТА ТИПОВОЙ ОДНОКОНТУРНОЙ АСР. 106

ВВЕДЕНИЕ

Студенты Института дистанционного образования теплоэнергетических специальностей и студенты всех специальностей теплоэнергетического факультета 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 материалов 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 и 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, изображение технологического оборудования и трубопроводов, щитов, линий связи, технических средств автоматизации и средств вычислительной техники, позиционные обозначения технических средств автоматизации, 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 выполнении ВКР.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

В соответствии со структурой выпускной квалификационной работы студентами всех специальностей теплоэнергетического и заочного факультетов 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, оформляется согласно СТО ТПУ 2.5.01–2006 и включается 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 измерений 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 ГОСТ (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 [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 функциональных схем показаны технологические объекты, выполненные в условных обозначениях, первичные преобразователи измеряемых технологических параметров и запорная арматура (см. рис. 1–3). В нижней части чертежей функциональных схем показаны преобразователи, устанавливаемые по месту, приборы, средства автоматизации и вычислительной техники, установленные на различных щитах.

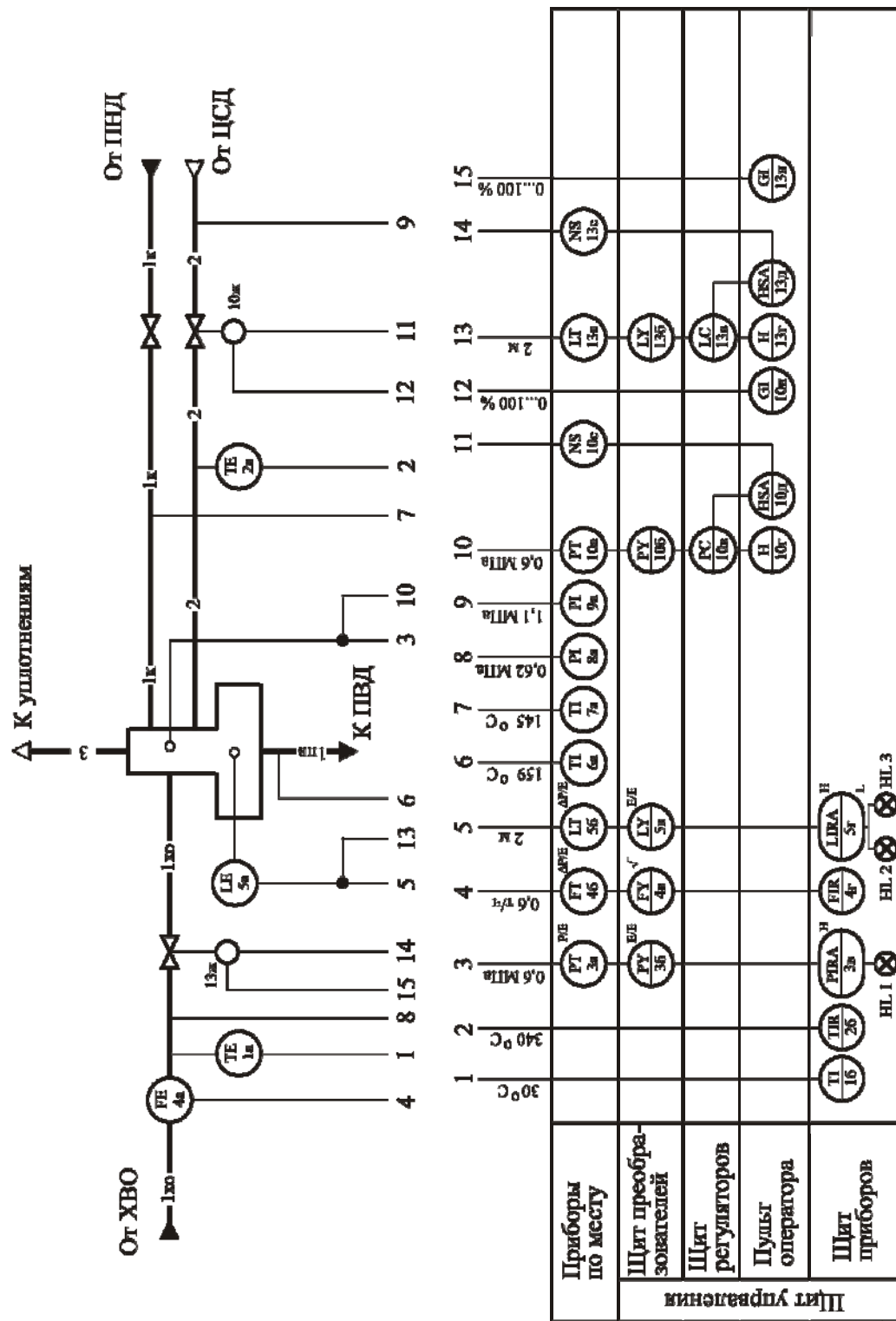


Рис. 1 – Схема функциональная автоматического контроля и регулирования деаэратора

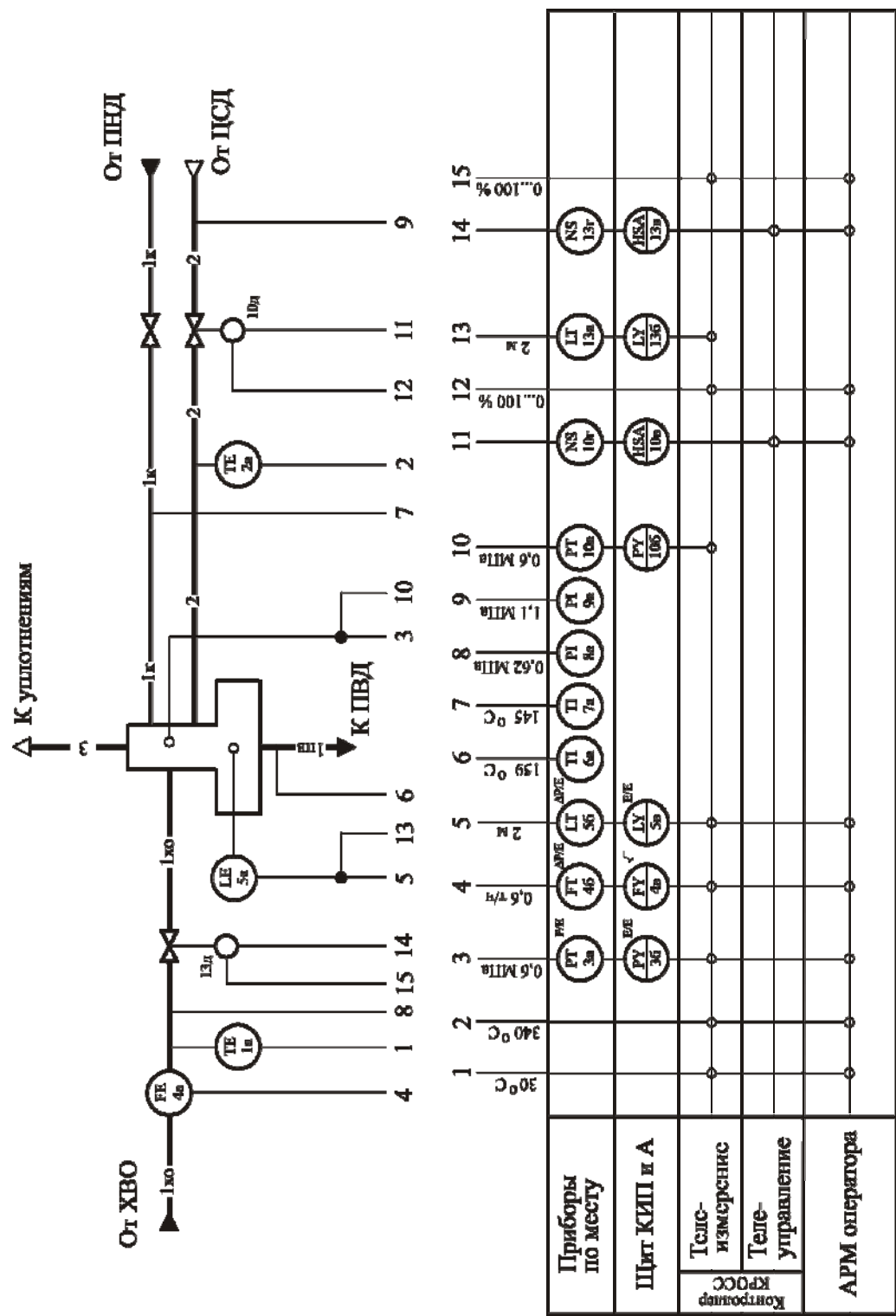


Рис. 2 – Схема функциональная автоматизированного контроля и управления деаэратора

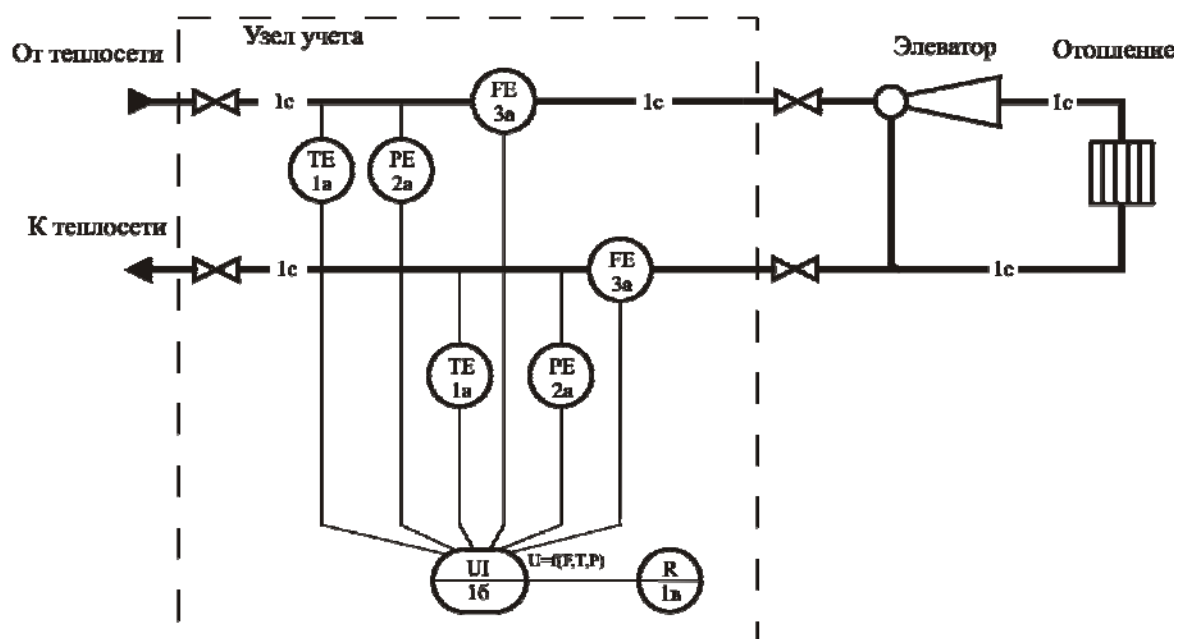


Рис. 3 – Схема функциональная узла учета тепловой энергии

5. Обзор выпускаемых на современном этапе средств измерений 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 таблицах 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
1	2	3	4
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

Продолжение табл. 1

1	2	3	4
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
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. ПГ «Метран», г. Челябинск.	А 100-2125	1
5а	Сосуд уравнильный, 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. 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 3, 4...20	2
5г	Прибор аналоговый, показывающий, регистрирующий, сигнализирующий, предел допускаемой основной приведенной погрешности $\pm 0,5$ %, шкала ± 2500 мм (± 250 кПа), входной сигнал 4...20 мА, выходной сигнал 4...20 мА. ПГ «Метран», г. Челябинск.	А 100-2125	1
6а, 7а	Термометр, диапазон измерения 0...200 °С, цена деления 2 °С, длина 260 мм. ОАО «Теплоприбор», г. Клин.	ТТ-6	2
8а	Манометр, диапазон показаний 0...10 кгс/см ² , класс точности 1,5. АО «Манотомь», г. Томск	МПЗ-У-10 кгс/см ² - 1,5	1

1	2	3	4
9а	Манометр, диапазон показаний 0...16 кгс/см ² , класс точности 1,5. АО «Манотомь», г. Томск.	МПЗ-У- 16 кгс/см ² - 1,5	1
10в, 13в	Устройство регулирующее, входные сигналы 4...20 мА. ОАО «ЗЭиМ», г. Чебоксары.	РП4-У-М1	2
10г, 13г	Задатчик ручной. ОАО «ЗЭиМ», г. Чебоксары.	РЗД-12	2
10д, 13д	Блок ручного управления. ОАО «ЗЭиМ», г. Чебоксары.	БРУ-22	2
10е	Пускатель бесконтактный реверсивный. ОАО «ЗЭиМ», г. Чебоксары.	ПБР-2М	1
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 со- ставе 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 рео- статным 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
1	2	3	4
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 %-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
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, предельно допускаемое 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
5а	Сосуд уравнительный, 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 рабочее 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

Продолжение табл. 2

1	2	3	4
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 3, 4...20	2
6а, 7а	Термометр, диапазон измерения 0...200 °С, цена деления 2 °С, длина 260 мм. ОАО «Теплоприбор», г. Клин.	ТТ-6	2
8а	Манометр, диапазон показаний 0...10 кгс/см ² , класс точности 1,5. АО «Манотомь», г. Томск.	МПЗ-У- 10 кгс/см ² - 1,5	1
9а	Манометр, диапазон показаний 0...16 кгс/см ² , класс точности 1,5. АО «Манотомь», г. Томск.	МПЗ-У- 16 кгс/см ² - 1,5	1
10в, 13в	Блок ручного управления. ОАО «ЗЭиМ», г. Чебоксары.	БРУ-22	2
10г	Пускатель бесконтактный реверсивный. 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. ОАО «ЗЭиМ», г. Чебоксары.	МЭП- 25000/100- 50Р-99	1
13г	Пускатель бесконтактный реверсивный. ОАО «ЗЭиМ», г. Чебоксары.	ПБР-3А	1
13д	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. Контроллер многоканальный, многофункциональный, регулирующий, микропроцессорный КРОСС. В состав контроллера входят следующие блоки (модули):	МЭО- 4000/63- 0,25Р-97	1

1	2	3	4
1	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	TC1-7	1
5	Модуль устройства связи с объектом	AI1-8	1
6	Модуль устройства связи с объектом	DIO1-8/8	1
7	Блок питания	LOK 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	C1-D	1
	ОАО «ЗЭиМ», г. Чебоксары.		

Таблица 3 – Заказная спецификация приборов и средств автоматизации

Позиция	Наименование, техническая характеристика приборов и средств автоматизации	Тип и марка прибора	Кол-во
1	2	3	4
1а	Теплосчетчик СТ «Сибирь». Комплектно поставляется: Термопреобразователь сопротивления, погружаемый, НСХ Pt500, класс допуска В, монтажная длина 80 мм.	Pt500	2
1б	Тепловычислитель.	MULTICAL	1
3а	Преобразователь расхода, электромагнитный, диаметр условный $D_v = 32$ мм, верхний предел измерения 10 т/ч. 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. 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., Кузищин 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.: Высш. шк., 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 / ред. 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.
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. Волощенко 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. Ключев, Б. В. Глазов, А. Х. Дубровский, А. А. Ключев; под ред. А. С. Ключева. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 464 с.

17. Ключев 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. Волощенко, 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. Волощенко, 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.

Приложение 1

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:

- изучена технологическая схема автоматизируемого объекта;
- составлен перечень контролируемых параметров технологического процесса и технологического оборудования;
- на технологической схеме объекта автоматизации определено местоположение точек отбора измерительной информации;
- определены предельные рабочие значения контролируемых параметров;
- выбрана структура измерительных каналов;
- выбраны методы и технические средства получения, преобразования, передачи и представления измерительной информации;
- решены вопросы размещения технических средств автоматизации (ТСА) на технологическом оборудовании, трубопроводах, по месту и на щитах;
- согласованы параметры 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 должна проектироваться, 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 – работающее и резервное, основное и вспомогательное, 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:

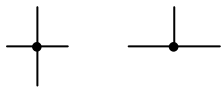

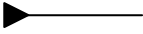
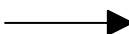
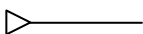
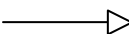
пар насыщенный – 2н – 2н –, пар перегретый – 2п – 2п –,
 вода осветленная – 1о – 1о –, вода сетевая – 1с – 1с –,
 вода подпиточная – 1пп – 1пп –, конденсат – 1к – 1к –.

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 –.

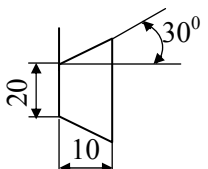
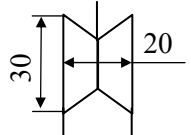
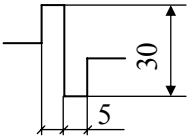
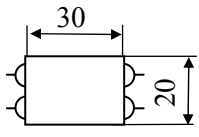
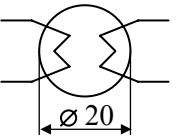
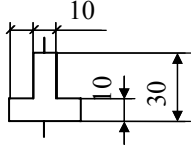
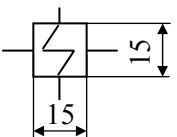
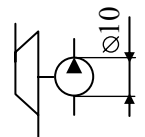
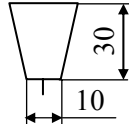
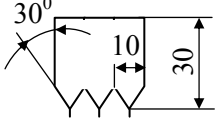
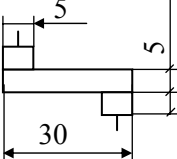
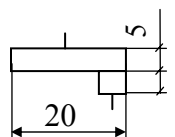
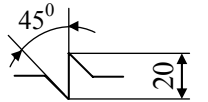
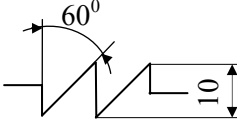
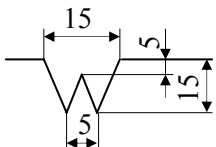
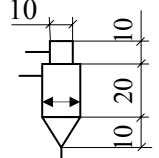
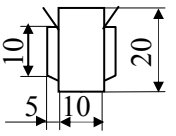
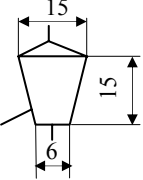
В ГОСТ 2.784–70 предусмотрены также условные обозначения соединений и пересечений технологических коммуникаций и трубопроводов, подвода и отвода технологических сред, которые представлены в табл. П1.2. Трубопроводы, соединенные с входом или выходом технологического оборудования, показанного последним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

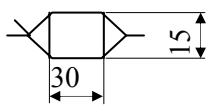

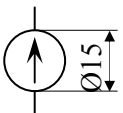
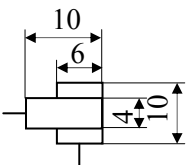
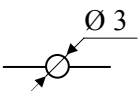
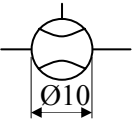
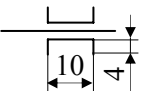
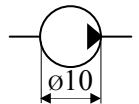
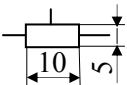
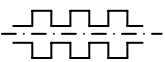
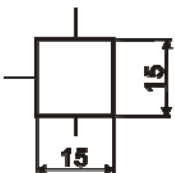
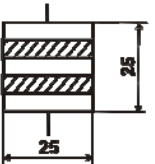
Наименование	Условное обозначение	Наименование	Условное обозначение
Соединение трубопроводов		Пересечение трубопроводов	
Подвод жидкости под давлением		Слив жидкости	
Подвод газа, пара, воздуха под давлением		Выпуск газа, пара, воздуха под давлением	

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
1	2	3	4
Цилиндр турбины однопоточной		Цилиндр турбины двухпоточной	
Воздухоподогреватель Трубчатый		Воздухоподогреватель регенеративный	
Конденсатор поверхностный двухпоточный		Деаэратор	
Теплообменник поверхностный		Турбонасос	
Бункер кускового топлива		Бункер пылевидного топлива	
Питатель ленточный, скребковый, пластинчатый		Питатель дисковый	
Поверхности нагрева		Экономайзер	
Ширмовый пароперегреватель		Циклон	
Мельница молотковая с аксиальным подводом воздуха		Сепаратор механический	

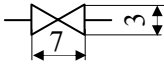
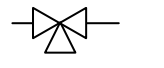
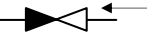

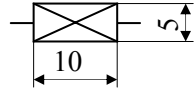
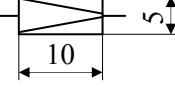
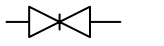
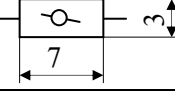
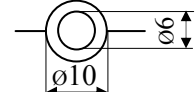
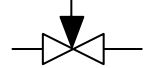
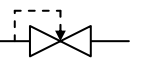
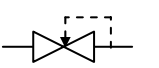
Окончание табл. П1.3

1	2	3	4
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 них взаимосвязи с помощью стрелок и надписей.

Таблица П1.4 – Условные обозначения запорной арматуры

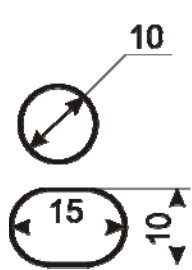
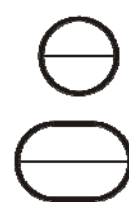
Наименование	Обозначение	Наименование	Обозначение
Вентиль, клапан запорный а) проходной б) трехходовой	а)  б) 	Клапан обратный а) проходной б) угловой	а)  б) 
Клапан дроссельный		Редукционно- охлаждающая установка	
Задвижка		Затвор поворотный	
Клапан стопорный		Клапан обратный защитного устройства ПВД	
Клапан регулирующий «до себя»		Клапан регули- рующий «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.

Таблица П1.5 – Условные обозначения технических средств автоматизации по ГОСТ 21.404–85

Наименование	Условное обозначение
Датчик, преобразователь, прибор, устанавливаемый вне щита: – основное обозначение – допустимое обозначение	
Датчик, преобразователь, прибор, устанавливаемый на щите: – основное обозначение – допустимое обозначение	

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).

Верхние части условных обозначений технических средств автоматизации (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
D	Плотность
E	Любая электрическая величина
F	Расход
G	Размер, положение, перемещение
H	Ручное воздействие
K	Время, временная программа
L	Уровень
M	Влажность
P	Давление, вакуум
Q	Концентрация, состав и т. п.
S	Скорость, частота
T	Температура
V	Вязкость

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 – Обозначения, уточняющие измеряемые параметры

Обозначение	Дополнительное значение
d	Разность, перепад
f	Соотношение, доля, дробь
q	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
A	Сигнализация	H	Верхний предел измеряемой величины
I	Показание		
R	Регистрация		
C	Регулирование, управление	L	Нижний предел измеряемой величины
S	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
E	Чувствительный элемент	Первичное преобразование (термопреобразователи, сужающие устройства и т. п.)
T	Дистанционная передача	Приборы, преобразователи с дистанционной передачей сигнала
Y	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.

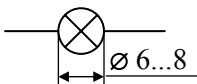

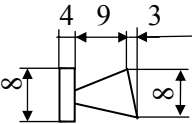
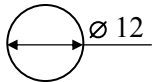
Таблица П1.10 – Условные обозначения характеристик работы ТСА

Обозначение	Характеристика
Энергия сигнала:	
E	электрическая
P	пневматическая
G	гидравлическая
Форма представления сигнала:	
A	аналоговая
D	дискретная
Операция, выполняемая устройством:	
Σ	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
k	умножение на коэффициент
lg	логарифмирование
x(-1)	изменение знака сигнала

Условные обозначения преобразователей сигналов и вычислительных устройств, 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	
Звонок электрический	
Сирена электрическая	
Гудок электрический	
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 (комплексам) 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, вакуум	9	Теплота сгорания
3	Расход, количество	10	Количество теплоты
4	Уровень	11	Вибрация
5	Влажность	12	Линейное перемещение, длина
6	Плотность	13	Положение
7	Вязкость	14	Разность значений двух величин

Одинаковым функциональным группам (комплексам) 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 вспомо-

гательную 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 «сигнализация» 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 буквы **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 вверху за пределами графического обозначения. Для конкретизации измеряемой величины концентрации указывают, например, **pH**, **O₂**, **CO₂** 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)**.

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

В условных обозначениях с применением дополнительных функциональных признаков (буквы **E**, **T**, **Y**, **K**) на первое место ставится бу-

ква, 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.). Пересечение линиями связи условных обозначений измерительных приборов и других средств автоматизации не допускается. 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 (см. рис. 1, 2 и 3). Условные обозначения измерительных приборов и других технических средств автоматизации размещают внутри контуров прямоугольников, изображающих соответствующие щиты или пульты. Таковыми 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. Прямоугольники рекомендуется располагать сверху вниз в последовательности, обеспечивающей наибольшую наглядность функциональной схемы автоматизации см. рис. 1, 2 и 3).

Прямоугольники, 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 контуров 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 55x185 мм. Высота строк основной надписи – 5 мм. В основной надписи чертежа функциональной схемы необходимо указать шифр чертежа, наименования объекта автоматизации, наименование объекта проектирования, наименование чертежа, 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 – обозначения 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.

185									
17	23	15	10	15	15	20			
							ФЮРА.421000.009 С2		
							ПАРОВОЙ КОТЕЛ ТПП – 200		
Разраб.	Иванов В.П.	3.09	Система теплотехнического контроля	Стад	Лист	Листов			
Провер.	Серов А.К.	8.09		ТРП	1	2			
			Схема функциональная	ТПУ	ТЭФ				
					Гр. 6221				

Рис. П1.2. Основная надпись чертежа функциональной схемы

ФЮРА.421000.009 СО1									
Исполн.	Иванов В.П.	3.09	Спецификация приборов и средств автоматизации	Стад	Лист	Листов			
Провер.	Серов А.К.	8.09		ТРП	1	6			
			ТПУ	ТЭФ	Гр. 6221				

ФЮРА.421000.009 СО1									
					15				
					120				
					а				
					б				
					Лист				
					2				

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

Приложение 2

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 выбирают термопреобразователь сопротивления или термоэлектрический преобразователь.

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

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

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

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. ПЗ.4 и ПЗ.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(XK) и хромель-алюмелевые K(XA) ТЭП. Для измерения температуры поверхностей теплоэнергетического оборудования в конкретной точке, например температуры вкладышей подшипников дымососа и т. п., применяют поверхностные ТПС или ТЭП.

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

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

где L – монтажная длина термопреобразователя;

h – высота бобышки, $h = 50$ мм;

S – толщина стенки трубопровода;

D – внутренний диаметр трубопровода.

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

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

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

Защитные чехлы первичных измерительных преобразователей температуры рассчитаны на рабочие давления, не превышающие 6,4 МПа. В трубопроводах теплоэнергетических объектов давление чаще всего превышает эту величину. Поэтому первичные измерительные преобразователи температуры необходимо устанавливать в защитные гильзы. Защитные гильзы рассчитаны на условные давления, равные 25 МПа и 50 МПа. Условное давление определяется по марке стали трубопровода, давлению и температуре рабочей среды. Соотношения между рабочим и условным давлениями представлены в табл. П2.1.

Таблица П2.1 – Соотношение между рабочим и условным давлениями

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

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 техниче-

ских 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 сре-

ды больше 10 МПа, то предпочтительнее применять сопла. Сужающие устройства при избыточном давлении измеряемой среды, не превышающем 10 МПа, крепятся во фланцах, а свыше 10 МПа – ввариваются в трубопровод.

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

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

Пример заказа сварного СУ. Тип сопла записывают следующим образом: СКС-250-300 – сопло камерное сварное на $P_y = 25$ МПа и $D_y = 300$ мм. Значение условного давления P_y определяют по табл. П2.1. Значение условного диаметра D_y выбирают из ряда: 20, 25, 32, 40, 50, 65, 80, 90, 100, 125, 150, 175, 200, 225, 250, 275, 300, 325, 350, 375, 400, 450, 500, 600 мм и т. д.

Для ликвидации гидростатической погрешности, обеспечения равенства плотности жидкости и защиты упругих чувствительных элементов промежуточных преобразователей (дифференциальных манометров) от механических и химических воздействий измеряемой среды между СУ и промежуточными преобразователями в непосредственной близости к СУ монтируют различные специальные сосуды. При измерении расхода пара применяют конденсационные сосуды, агрессивных сред (мазут, природный газ, кислота и т. п.) – разделительные сосуды, горячей воды с температурой более 120 °С – уравнильные 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 использу-

ют 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 имеют следующие классификационные признаки:

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

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 вы-

ходов которых информацию об измеряемой величине можно передать в ИВМ и другие средства автоматизации.

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

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

Диапазоны измерений ИП, работающих в комплекте с термоэлектрическими преобразователями стандартных НСХ L(XK) и K(XA), следующие: $-50...+50$, $-50...+100$, $-50...+150$, $-50...200$, $0...100$, $0...150$, $0...200$, $0...300$, $0...400$, $0...500$, $0...600$, $0...800$, $0...900$, $0...1100$, $0...1300$, $200...600$, $200...800$, $200...1200$, $400...900$, $600...1100$, $700...1300$ °С.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

При выборе технических средств автоматизации следует использовать справочную литературу [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 (необязатель-

но), 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. Яркими представителями являются такие контроллеры: Simatic S7-200 и Simatic S7-300C – Siemens (Германия), Modicon TSX- Schneider Electric (Франция), FX1S и FX1N – Mitsubishi Electric (Япония), Decont-182 – ДЕП (Россия).

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

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

Помимо специализированных микропроцессорных контроллеров, традиционно используемых в задачах АСУ ТП, все чаще для этих целей стали применяться PC-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 PC-совместимые составляют отдельный класс программируемых контроллеров, значение и роль которых с развитием Internet-технологий существенно возрастает. Контроллеры характеризуются наличием встроенной операционной системы (Windows 9x/NT/CE, QNX, MS DOS, Linux, MiniOS7, OS-9 и др.), использованием стандартных системных шин (PC-104, VME, AT96 и др.), возможностью использования стандартного программного обеспечения (ISaGRAF, Си,

ТурбоСи, Си++, Паскаль, Assembler, SCADA-систем Trace Mode, InTouch, Citect и др. баз данных), коммуникационных стандартов, наличием OPC-сервера и других PC-совместимых функций.

Контроллеры PC-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 преемственности программно-аппаратных средств, подготовка обслуживающего персонала и службы ремонта, наличие сопроводительной документации и ее освоение, запас комплектующих, выявленные показатели надежности (наработка на отказ, срок службы, ремонтнопригодность 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 контроллер. Моноблочный контроллер, имеющий, как правило, небольшое число встроенных дискретных входов/выходов и от одного до четырех аналоговых входов/выходов, может использоваться автономно или с дополнительными модулями ввода/вывода сигналов, с организацией обмена данными с контроллером по внутреннему интерфейсу или через коммуникационный порт по сети. При выборе модульного контроллера обеспечивается большее число каналов ввода/вывода, повышается функциональная надежность контроллера за счет функций самодиагностики, упрощается обслуживание контроллера, допускающее в ряде случаев «горячую» замену модулей (без выключения питания) и ряд др. При выборе PC-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 ввиду выбор контроллера, соответствующего Международному стандарту качества ISO 9001, стандартам шинной архитектуры контроллера (VME, PCI, CompactPCI, MicroPC, PC/104 и др.), стандартным протоколам связи промышленных сетей (Profibus, Modbus, Interbus, CAN, Bitbus и др.), стандартам связи с полевыми приборами (HART-протокол, AS-интерфейс, Fieldbus Foundation, RS-485 и др.), стандартам на операционную систему реального времени (QNX, OS 9000, VxWorks и др.), стандартам на программное обеспечение контроллеров (IEC 61131-3), стандартам на степень защиты корпуса (IEC 529), на габаритные размеры, на ударо- и вибропрочность (IEC 68-2) и др. В ряде случаев допускается соответствие отдельных показателей (например: габаритных

размеров, показателей электропитания и др.) отраслевым стандартам (ТУ, ГОСТ).

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

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, при отсутствии жестких требований к надежности системы, либо при ограниченных финансовых возможностях. При решении задач управления сложными ответственными процессами, характеризующимися множеством контролируемых и управляемых величин и их физической распределенностью в пространстве, с повышенными требованиями к надежности системы управления, следует отдавать предпочтение классическим модульным контроллерам.

В этом случае следует сформулировать условия для выбора той или иной SCADA-системы.

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), ремонтно-пригодность (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 _{–15}	16 _{–1}	Толуол
ТП-11	–	–35	+50	1	185 _{±5}	9 _{±1}	Толуол
ТП-14	1	0	+150	2	Прямые 235 _{±5}	7 _{±1}	Керосин
	2	0	+150	2	270 _{±5}	7 _{±1}	
	3	0	+150	2	320 _{±5}	7 _{±1}	
	4	0	+150	2	470 _{±5}	7 _{±1}	
	5	0	+150	2	Угловые, нижняя часть 185 _{±3}	7 _{±1}	
	6	0	+150	2	285 _{±3}	7 _{±1}	
ТП-22	–	–30	+35	0,5	200 _{±10}	9 _{±1}	Ртуть

Таблица ПЗ.2 – Технические данные технических термометров

Термометр		Диапазон измерения, °С		Цена деления, °С	Длина, мм	Диаметр, мм	Термометрическая жидкость
Тип	№	от	до				
ТТ	2	–35	+50	1	260	20 _{–1} ^{0,5}	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_{–5}, 163_{–10}; угловых термометров ...104_{–8}, 141_{–8}.
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**.

ПЗ.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. ПЗ.3 и ПЗ.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 ПЗ.3 – Технические характеристики ТПС с унифицированным токовым выходным сигналом

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

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 $\pm 0,25$ %, 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. ПЗ.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													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10								
ТСП-0193	A	50П 100П	-50	+500	0,4	Сталь 12Х18Н10Т 08Х13	320...2000	Газообразные и жидкие среды	ПП «Метран», г. Челябинск								
	B		-200		10		80...3150										
ТСП-0193-01 (одинарные и двойные)	A		-50		6,3		120...1000										
	B		-200				320...2000										
ТСП-0193-02 (одинарные и двойные)	A	50М 100М	-50	+150	0,4		80...3150										
	B		-200	+180	10		120...1000										
ТСП-0193-01	A		-50	+150	6,3		80...3150										
	B		-200	+180			120...1000										
ТСП-0193-02	A	50П 100П	-50	+500	0,4; 6,3	Сталь 12Х18Н	80...3150	Газообразные и жидкие среды	Завод «Эталон», г. Омск								
	B		-200	+500	0,4; 6,3		320...2000										
ТСП-9201	A		-50		0,4; 6,3		120...1000										
	B		-200				120...1000										
ТСП-9201	A	50П 100П	-50	+500	0,4; 6,3		80...3150			Газообразные и жидкие среды	Твердые тела						
	B		-200				120...2000					Газообразные и жидкие среды					
ТСП-9203	A, B		50П 100П				-50					+250	0,4; 4	Сталь 12Х18Н10Т	80...500	Подшипники	
	A, B						0					+300	60				
ТСП-9203	B	-50		+150	0,4; 10	120...3150											
	C	-200		+180	120...2000												
ТСП-9203	A, B	50П 100П	-50	+250	0,4; 4	Латунь Л63	80...500	Газообразные и жидкие среды	Завод «Эталон», г. Омск								
	A, B		0	+300	60		Твердые тела										
ТСП-9203	B		-50	+150	0,4; 4		120...3150			Газообразные и жидкие среды							
	C		-200	+180	120...2000		Подшипники										
ТСП-9204	B, C	50М 100М	-50	+120	0,1; 0,4		Латунь Л63			20...400	Газообразные и жидкие среды	Завод «Эталон», г. Омск					
	ТСП-9204		B, C	-50	+120					0,1; 0,4			20...400	Подшипники			
ТСП-9204			B, C	-50	+120					0,1; 0,4			Латунь Л63	20...400	Газообразные и жидкие среды	Завод «Эталон», г. Омск	
	ТСП-9204		B, C	-50	+120					0,1; 0,4				20...400			Подшипники

Окончание табл. ПЗ.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ТСПУ-205	±0,5%	100П	-50	+500	1,0; 6,3	Сталь 12Х18Н1 0Т	100...1250	Газообразные, жидкие, сыпучие вещества	ПГ «Метран», г. Челябинск
ТСМУ-205	±0,5%	100М	-50	+180					
ТСМУ Метран-274	±0,5%	100М	-50	+180	0,4; 6,3				
ТСПУ Метран-276	±0,5%	100П	-50	+500					

Таблица ПЗ.5 – Технические характеристики термоэлектрических преобразователей

Тип	Класс допуска	НСХ	Пределы измерений, °С		Условное давление, МПа	Материал защитной арматуры	Длина монтажной части, мм	Область применения	Завод-изготовитель
			нижний	верхний					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ТХА Метран-201*-01	2	К L	-40	800 (1000)	0,4; 6,3	12Х18Н10Т, ХН78Т	60...3150	Газообразные и жидкие среды	ПГ «Метран», г. Челябинск
ТХК Метран-202*-01			-40	600					
ТХА Метран-231-06	2	К	-40	1000	0,4; 6,3	12Х18Н10Т, ХН78Т	280, 320, 420	Газообразные среды, продукты сгорания	
ТХА Метран-231*-04	2	К L	0	800 (900)	0,4 (-0,4); 6,3 (-0,5)	12Х18Н10Т, ХН45Ю	250...1000	Продукты сгорания жидкого (газообразного) топлива	
ТХК Метран-232*-04			0	600					
ТХА Метран-231*-01	2	К L	0	600	60 (-12); 25,5 (-10)	12Х1МФ	80...200	Перегретый пар	
ТХК Метран-232*-01			0						
ТХК Метран-232*-14	2	L	0	400	-	12Х18Н10Т	320...1600	Поверхности твердых тел	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ТХА Метран-241-01 ТХК Метран-242-01	2	К L	-40 -40	200 400	—	Латунь Л63; 12Х18Н10Т	10...1600	Поверхности твердых тел, подшипники	ПГ «Метран», г. Челябинск
ТПП Метран-211-01	2	S	0	1300	0,4	Корунд КВПТ	320...2000	Газовые среды	
ТХАУ-205 ТХАУ-205-Ex	±0,5%; ±1,0%; ±1,5%	K(4...20 мА)	0	400...1200	0,1; 6,3	12Х18Н10Т	60...1600	Нейтральные и агрессивные среды	
ТХКУ-205 ТХКУ-205-Ex		L(4...20 мА)		400...600					
ТПП-0192 ТПР-0192 ТПР-0292	2	S B B	0 +600 +600	+1300 +1600 +1600	0,4	Корунд	320...2000	Окислительные и нейтральные среды	Опытный завод «Эталон», г. Омск
ТХА 9312 ТХК 9312	2 2	K L	-40 -40	+900 +600	0,4-6,3	08Х20Н14С2 12Х18Н10Т	120...2000	Газообразные и жидкие среды	
ТПП2 821 004 ТПР2 821 005 ТПР2 821 006	2	S B B	0 +300 +300	+1300 +1600 +1600	0,4	Корунд с добавкой двуокиси титана	200...2000	Окислительные и нейтральные газовые среды	

* – Количество чувствительных элементов | или 2

* – 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 $\pm 0,5$ %. 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 – Условные обозначения и технические характеристики защитных гильз

Обозначения защитных гильз	Рис.	D , мм	d , мм	d_1 , мм	Длина L , мм	Условное давление, МПа
200.004.00	ПЗ.1	M24×1,5 M33×2	M20×1,5		60, 80, 100, 120, 160, 200, 250, 320, 400, 500, 630	50
200.006.00	ПЗ.2	M20×1,5 M27×2 G3/4-B	M20×1,5		60, 80, 100, 120, 160, 200, 250, 320, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000, 2500, 3150	25
200.007.00	ПЗ.3	M33×2	M20×1,5	20	60, 80, 100, 120, 160, 200, 250, 320, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000	
200.007.00-01				16		

Таблица ПЗ.7 – Условия эксплуатации защитных гильз

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

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

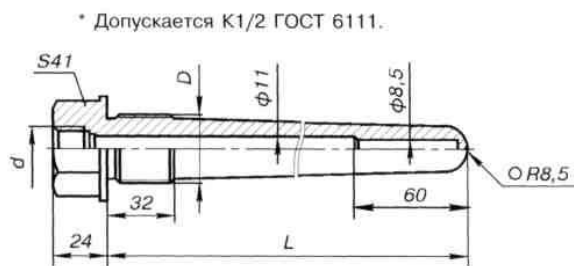


Рис. ПЗ.1 – Конструкция защитной гильзы условного обозначения 200.004.00

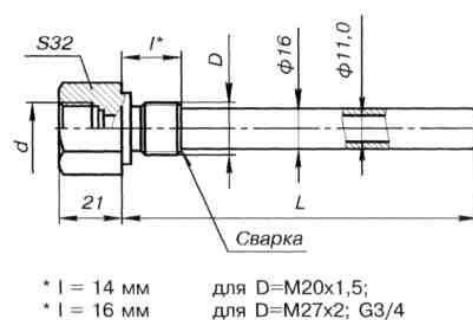


Рис. ПЗ.2 – Конструкция защитной гильзы условного обозначения 200.006.00

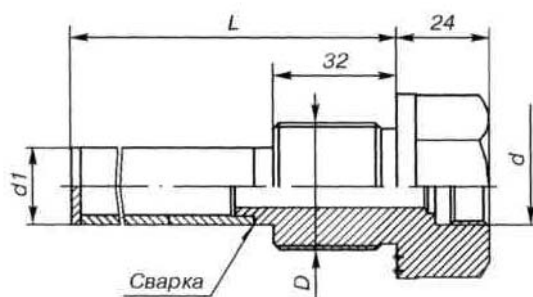


Рис. ПЗ.3 – Конструкция защитной гильзы условного обозначения 200.007.00, 200.007.00-01

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. Челябинск, предназначены для измерения, регистрации и сигнализации температуры, преобразованной в силу тока, напряжение, электрическое сопротивление.

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

Таблица ПЗ.8 – Основные характеристики измерительных приборов

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

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

Таблица ПЗ.9 – Модификации приборов типа А100 и А543

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

Таблица ПЗ.10 – Модификации приборов типа А100-Н

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

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
1	2	3	4
ТХК	L (ХК)	-50	50
		-50	100
		-50	150
		-50	200
		0	100
		0	200

1	2	3	4
		0	300
		0	400
		0	600
		200	600
		200	800
TXA	K (XA)	0	300
		0	400
		0	600
		0	800
		0	1100
		0	1300
		200	600
		200	1200
		400	900
		600	1100
TIII	S (III)	0	1300
		0	1600
		0	1700
		500	1300
		100	1700
TCII	50П (Pt 50) 100П (Pt 100)	-200	-70
		-200	50
		-120	30
		-50	50
		-25	25
	50П (Pt 50) 100П (Pt 100)	0	50
		0	100
		0	150
		0	200
		0	300
		0	400
		0	500
		0	600
		0	800
		0	1000
		200	500
		200	600
TCM	50M (Cu 50) 100M (Cu 100)	-50	0
		-50	50
		-50	100
		0	50
		50	100
		0	100
		0	150
		0	180
		0	200

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

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

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

ПЗ.3.2. Многоканальные показывающие и регистрирующие приборы

Приборы типа Технограф-160 двенадцатиканальные, выпускаемые промышленной группой «Метран» г. Челябинск, предназначены для измерения, регистрации и сигнализации температуры в комплекте с ТЭП и ТПС стандартных градуировок. Напряжение питания приборов составляет 220 В с частотой питающей сети 50 Гц. Приборы принимают на вход сигналы от ТЭП с НСХ К(ХА), L(ХК), S(ПП) и ТПС с НСХ 50П, 100П, 50М и 100М, подключаемых по четырехпроводной схеме, а также унифицированный токовый сигнал 0...5, 0...20, 4...20 мА от ТЭП и ТПС или нормирующих измерительных преобразователей 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...150 °С; 2 – К, 0...600 °С; 3 – 100М, 0...100 °С; 4 – К, 0...400 °С; 5 – 50М, 0...150 °С; 6 – S, 0...1300 °С; 7 – 50М, 0...100 °С; 8 – L, 0...100 °С; 9 – 50П, 0...300 °С; 10 – 50М, 0...100 °С; 11 – 50П, 0...500 °С; 12 – S, 0...1100 °С. Промышленная группа «Метран» г. Челябинск. Тип: **Технограф-160**.

П3.4. Показывающие приборы давления с упругими чувствительными элементами

П3.4.1. Манометры, мановакуумметры и вакуумметры

Технические характеристики приборов приведены в табл. П3.13.

Таблица П3.13 – Технические характеристики показывающих манометров, мановакуумметров и вакуумметров

Тип	Верхние пределы измерения, кгс/см ²	Класс точности	Сигн. контакт.	Характеристика измеряемой среды	Диаметр корпуса, мм
МПЗ-У	0,6; 1; 1,6; 2,5; 4; 6; 10; 16; 25; 40; 60; 100; 160; 250; 400; 600; 1000; 1600	1,5	—	Неагрессивные некристаллизующиеся жидкости, пар, газ	100
МП4-У					160
МП5-У					250
МП-60					63
МП-3ВУ 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 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/см², класс точности 1,5. ОАО «Манотомь», г. Томск. Тип: **МПЗ-У-4 кгс/см²-1,5**.

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 ± 20 кПа. Технические характеристики приборов приведены в табл. ПЗ.14.

Таблица ПЗ.14 – Технические характеристики напоромеров, тягомеров и тягонапоромеров

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

слорода 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 (γ_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
Преобразователи избыточного давления (ДИ)			
Метран-43-ДИ Метран-43-Ех-ДИ Метран-43-Вн-ДИ	3131	10; 16; 25; 40 кПа	1,6; 2,5; 4; 6; 10; 16; 25; 40 кПа
	3141	60; 100; 160; 250 кПа	10; 16; 25; 40; 60; 100; 160; 250 кПа
	3141-01	160; 250; 400; 600; 630 кПа	25; 40; 60; 100; 160; 250; 400; 600 кПа
	3153-01**	0,4; 0,6; 1,0 МПа	—
	3156-01	1,6; 2,5 МПа	0,1; 0,16; 0,25; 0,4; 0,6; 1; 1,6; 2,5 МПа
	3163-01	4; 6; 10; 16 МПа	1; 1,6; 2,5; 4; 6; 10; 16 МПа
	3173-01	25; 40 МПа	4; 6; 10; 16; 25; 40 МПа
	3175	16; 25; 40 МПа	4; 6; 10; 16; 25; 40 МПа
Метран-43-ДИ Метран-43-Ех-ДИ	3133*	10; 16; 25; 40 кПа	1,6; 2,5; 4; 6; 10; 16; 25; 40 кПа
	3143*	60; 100; 160; 250 кПа	10; 16; 25; 40; 60; 100; 160; 250 кПа
	3153	0,4; 0,6; 1,0 МПа	0,1; 0,16; 0,25; 0,4; 0,6; 1,0 МПа
Метран-43Ф-ДИ Метран-43Ф-Ех-ДИ Метран-43Ф-Вн-ДИ	3196	0,4; 0,6; 1; 1,6; 2,5 МПа	0,1; 0,16; 0,25; 0,4; 0,6; 1; 1,6; 2,5 МПа
	3196-01	4; 6; 10; 16 МПа	1; 1,6; 2,5; 4; 6; 10; 16 МПа
	3196-02	16; 25; 40; 60; 63; 100 МПа	4; 6; 10; 16; 25; 40; 60; 100 МПа
Преобразователи разрежения (ДВ)			
Метран-43-ДВ Метран-43-Ех-ДВ Метран-43-Вн-ДВ	3231	10; 16; 25; 40 кПа	1,6; 2,5; 4; 6; 10; 16; 25; 40 кПа
	3241	60; 100 кПа	4; 6; 10; 16; 25; 40; 60; 100 кПа
Метран-43-ДВ Метран-43-Ех-ДВ	3233	10; 16; 25; 40 кПа	1,6; 2,5; 4; 6; 10; 16; 25; 40 кПа
	3243	60; 100 кПа	4; 6; 10; 16; 25; 40; 60; 100 кПа
Преобразователи давления–разряжения (ДИВ)			
Метран-43-ДИВ Метран-43-Ех-ДИВ 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 Метран-43Ф-Ех-ДД Метран-43Ф-Вн-ДД	3494	1; 1,6; 2,5; 4	0,4; 0,63; 1; 1,6; 2,5; 4	4
	3494-01	6,3; 10; 16; 25	2,5; 4; 6,3; 10; 16; 25	6; 10
	3494-02	16; 25; 40; 63; 100	4; 6,3; 10; 16; 25; 40; 63; 100	6; 10; 16
	3494-03	100; 160; 250; 400; 630	25; 40; 63; 100; 160; 250; 400; 630	16; 25
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 Метран-43-Ех-ДГ Метран-43-Вн-ДГ	3536			0,25
Метран-43-ДГ	3545	60; 100; 160; 250	25; 40; 60; 100; 160; 250	–
Метран-43-Ех-ДГ	3545-01			0,4
Метран-43-ДГ Метран-43-Ех-ДГ Метран-43-Вн-ДГ	3546			0,4
Метран-43Ф-ДГ	3595	10; 16; 25; 40	4; 6; 10; 16; 25; 40	6
Метран-43Ф-Ех-ДГ Метран-43Ф-Вн-ДГ	3595-01	40; 60; 100; 160; 250	25; 40; 60; 100; 160; 250	10

ПЗ.5.2. Преобразователи типа Сапфир-22

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

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

ветственно 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 $\pm\gamma_d$, %	Исполне- ние
		кПа	МПа		
Сапфир-22 МТ-ДИ	2110	0,4; 0,6; 1,0; 1,6		0,25; 0,5	01; 02
	2120	2,5; 4; 6; 10		0,5	01; 02
	2130	6; 10		0,5	01; 02
		16; 25; 40		0,25; 0,5	
Сапфир-22 МТ-Ех-ДИ	2140	40; 60; 100; 60; 250		0,25; 0,5	01; 02
	2150		0,4; 0,6; 1,0; 1,6; 2,5	0,25; 0,5	01; 02; 09
	2151		0,4; 0,6; 1,0; 1,6; 2,5	0,25; 0,5	11; 12
Сапфир-22 МП-ДИ	2160		2,5; 4; 6; 10; 16	0,25; 0,5	01; 02; 09
	2161		2,5; 4; 6; 10; 16	0,25; 0,5	11; 12
	2170		16; 25; 40; 60; 100	0,25; 0,5	01; 02; 09
Сапфир-22 МП-Ех-ДИ	2171		16; 25; 40; 60; 100	0,25; 0,5	11; 12
	2180		160	0,5; 1	01
	2181		250	0,5; 1	01
	2182		400	1	01
	2154		0,4; 0,6; 1,0; 1,6; 2,5	0,25; 0,5	02
	2164		2,5; 4; 6; 10; 16	0,25; 0,5	02

Таблица ПЗ.18 – Аналоговые и микропроцессорные измерительные преобразователи разрежения

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

Таблица ПЗ.19 – Аналоговые и микропроцессорные измерительные преобразователи избыточного давления и разрежения

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

Таблица ПЗ.20 – Аналоговые и микропроцессорные измерительные преобразователи разности давлений

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

Таблица ПЗ.21 – Обозначение исполнения преобразователей Сапфир по материалам, контактирующих с измеряемой средой

Обозначение исполнения	Мембрана	Фланец, ниппель, корпус вентильного 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.**

ПЗ.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 ПЗ.25 – Технические и метрологические характеристики

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

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

ПЗ.6. Блоки питания и преобразования сигналов измерительных преобразователей

ПЗ.6.1. Блоки типа БПС-24

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

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

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

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

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

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 4...20	4...20	4...20
Диапазон изменения выходного сигнала, мА	0...5 4...20	0...5 4...20	0...5 4...20
Предел допускаемой основной погрешности, %:			
по пропорциональному каналу	±0,2	±0,2	±0,1
по корнеизвлекающему каналу	±0,25	±0,25	–
Выходное напряжение, В	36	24	24
Количество гальванически развязанных каналов	1	1	1; 2

Пример заказа: Блок питания с линейной характеристикой, предел допускаемой основной погрешности ±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 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 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.

Таблица ПЗ.28 – Технические характеристики блоков типов Метран-602, Метран-604, Метран-608

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

ПЗ.7. Нормирующие преобразователи

ПЗ.7.1. Преобразователи измерительные нормирующие серий Ш9321, Ш9322

Измерительные нормирующие преобразователи серий Ш9321, Ш9322 предназначены для преобразования сигналов от термопреобразователей сопротивления (ТСМ, 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.

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

Таблица ПЗ.29 – Технические характеристики ИНП

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

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

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

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

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

Таблица ПЗ.30 – Технические характеристики ИНП серии ИП-10, -20

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

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

ПЗ.8. Сосуды разделительные, уравнительные 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 уравнительные (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. Челябинск, рассчитаны на условные давления до 10 МПа и на условные диаметры трубопроводов от 50 до 1200 мм. В зависимости от конструкции, способа установки, условного давления и условного диаметра трубопровода выделяют следующие диафрагмы:

1. **ДКС** (исполнение 1 или 2) – диафрагма камерная, устанавливаемая во фланцах трубопровода.

2. **ДБС** – диафрагма бескамерная, устанавливаемая во фланцах трубопровода.

3. **ДФК** – диафрагма фланцевая камерная, сочетающая камерный способ отбора перепада давления и фланцевое соединение, используется в трубопроводах с условным проходом менее 50 мм и условным давлением 10 МПа. Диск диафрагмы изготавливается в соответствии с РД 50-411-83. Возможные варианты диска диафрагмы ДФК по РД 50-411: с коническим входом, износоустойчивые, стандартные диафрагмы для

трубопроводов с внутренним диаметром менее 50 мм. Материал диска диафрагмы – сталь 12Х18Н10Т ГОСТ 5632, материал корпуса камер – сталь 20 ГОСТ 1050 или сталь 12Х18Н10Т.

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

Таблица ПЗ.33 – Технические характеристики ДКС

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

Таблица ПЗ.34 – Технические характеристики 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	–

Таблица ПЗ.35 – 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.

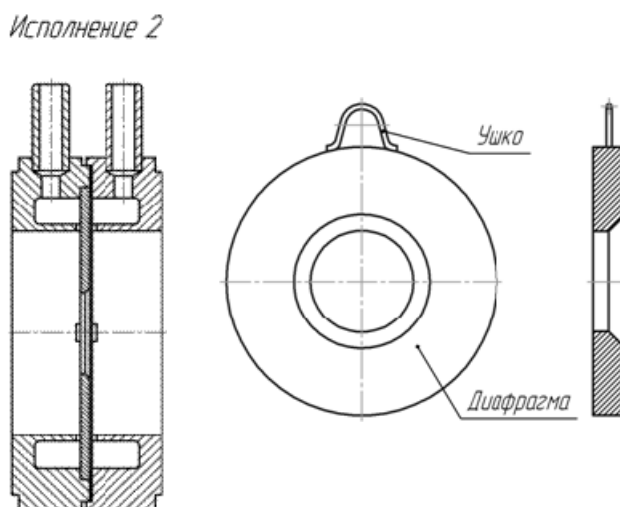
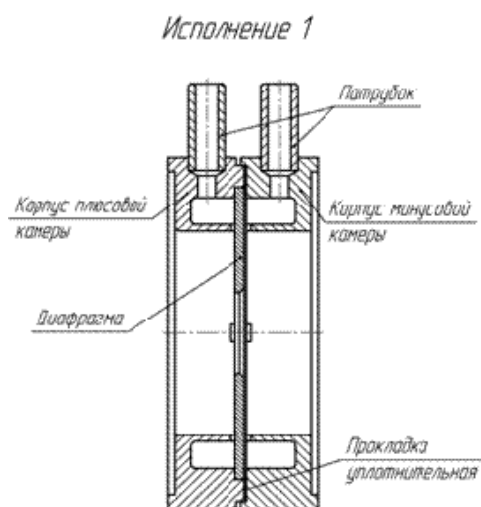


Рис. ПЗ.4 – Узел крепления диафрагмы ДКС

Рис. ПЗ.5 – Диафрагма ДБС

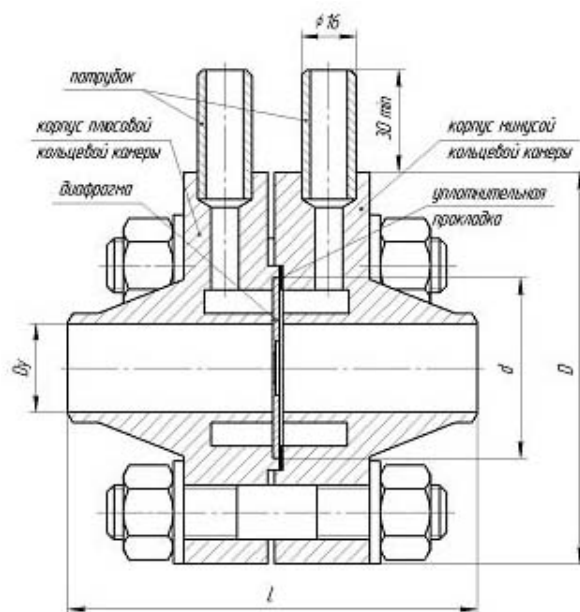


Рис. ПЗ.6 – Узел крепления диафрагмы ДФК

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. Челябинск, предназначены для измерения, регистрации и сигнализации давления, расхода и уровня. Приборы выпускают обыкновенного (Диск-250, А100, А543) и искробезопасного (Диск-250И) исполнений. Напряжение питания приборов составляет 220 В с частотой питающей сети 50 Гц. Приборы принимают на вход унифицированный токовый сигнал 0...5, 4...20 мА и напряжение 0...10 В от преобразователей давления или перепада давлений. Предел изменения выходного сигнала передающего преобразователя приборов типа А100, А543 и Диск-250 составляет 0...5 и 4...20 мА. Предел допускаемой основной погрешности от нормирующего значения по показаниям и преобразованию равен $\pm 0,5\%$, а по регистрации и сигнализации равен $\pm 1\%$.

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

Таблица ПЗ.36 – Технические характеристики Диск-250

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

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

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

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

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

Примечания: 1. Верхние пределы измерения приведены для гидростатических уровнемеров.
2. Расчет верхнего предела измерения (H , мм) гидростатического уровнемера производится по формуле $H = P/g$, где P – предел измерения в Па, указанный в табл. ПЗ.37; $g = 9,8$ м/с² – 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 $\pm 0,5$ %, ± 200 мм (± 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 А 543 приведены в табл. ПЗ.38.

Таблица ПЗ.38 – Технические характеристики А100 и А 543

Тип прибора и номер модификации	Конструктивное исполнение		Число каналов
	Сточное	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: ± 200 мм (± 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. Челябинск, предназначены для измерения, регистрации и сигнализации давления, расхода и уровня. Напряжение питания приборов составляет 220 В с частотой питающей сети 50 Гц. Приборы принимают на вход унифицированный токовый сигнал 0...5, 0...20, 4...20 мА и напряжение 0...5 В от преобразователей давления или перепада давлений. Предел допускаемой основной погрешности от нормирующего значения по показаниям и цифровой регистрации $\pm 0,25\%$, а по аналоговой регистрации и сигнализации равен $\pm 0,5\%$.

Приборы обеспечивают:

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

Пример заказа: Прибор показывающий, регистрирующий, сигнализирующий, предел допускаемой основной приведенной погрешности $\pm 0,25\%$. Данные по двенадцати каналам: 1 – 4...20 мА, 0...10 МПа;

2 – 0...5 мА, ±200 мм (±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 ТСП-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_y , мм	Диапазон измерения расхода, м ³ /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) М-Т150QN(Т)	20...300	$(0,03 \dots 0,09) \cdot G_B$	3...1000	150
ВЭПС (В) ВЭРК-2000 (В)	15...350	$0,03 \cdot G_B$	4...1600	150
Метран-300ПР (В)	25...300	$0,03 \cdot G_B$	0,2...2000	150
РУ2К (У) УРСВ «Взлет МР» (У)	10...1000	$0,04 \cdot G_B$	2...2000	150
UFM001 (У) UFM500 (У)	50...1000	$0,04 \cdot G_B$	25...2000	150
РСМ-05.05 (Э) ПРЭМ-2 (Э)	15...150	$0,006 \cdot G_B$	6...630	150

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

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, задатчики ручные РЗД, блок интегрирующего задатчика 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
1	2	3
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	Входные сигналы: 0...5 мА, -5...0...+5 мА, 0...20 мА, 4...20 мА; 0...10 В; -10...0...+10 В. Выходные сигналы: 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

1	2	3
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	Входные сигналы: 0...5 мА, 0...20 мА, 0...10 В, импульсный сигнал 0...24 В. Выходные сигналы: -5...0...+5 мА, -10...0...+10 В. Гальваническая развязка между входными и выходными цепями
БНП-2	Демпфирование и нелинейное преобразование входного аналогового сигнала, аппроксимированного кусочно-линейным методом	Входные сигналы: 0...5 мА, 0...20 мА, 4...20 мА; 0...10 В. Выходные сигналы: 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	Входные сигналы: 0...5 мА, 0...20 мА; 0...10 В. Выходные сигналы: -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	Входные сигналы: 0...5, 0...20, 4...20 мА; 0...10 В. Выходные сигналы: 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	Входные сигналы: 0...5 мА, 0...20 мА, 4...20 мА, 0...10 В. Диапазон установки зоны возврата – 1...5 %. Выходной сигнал: 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
1	2	3
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
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. Входной сигнал: среднее двухполупериодное выпрямленное синусоидальное напряжение 24 В. Выходной сигнал: 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)

1	2	3
РЗД-12	Ручная установка сигналов задания для стабилизирующих регуляторов и регуляторов соотношения. Входной сигнал: нет. Выходной сигнал: 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. Входной сигнал: 0...5, 0...20, 4...20 мА; 0...10 В. Выходной сигнал: 0...5, 0...20, 4...20 мА; 0...10 В	
—	Визуальный контроль токового сигнала 0...5 мА и сигнала рассогласования на входе регулирующих блоков	—
ФЦ-0610 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. Входной сигнал: импульсный, выпрямленного напряжения (24±6 В) с непрерывным изменением скважности
ФЦ-0620 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 кВт	Управление электрическими исполнительными механизмами и приводами с однофазными конденсаторными электродвигателями
ПБР-2МА		Тоже что и ПБР-2М, но для применения на АЭС
ПБР-2М2А		Управление электрическими исполнительными механизмами и приводами с трехфазными синхронными и асинхронными двигателями
ПБР-3АА		Тоже что и ПБР-3М, 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 встроенный 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
1	2	3	4
DOUТ-R07	8 каналов релейного выхода	—	коммутируемое напряжение: ~250 В, 5 А

1	2	3	4
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; 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	НСХ 50М и 50П (сопротивление 38...105 Ом)	—
R3IN6-100	(трехпроводная схема)	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 теп-

лоэнергетического 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, 2 А
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 регулируемый 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 и операционной системы реального времени OS-9, обеспечивают контроллеру развитые системообразующие качества.

Высокая надежность контроллера обеспечивается рядом факторов, среди которых 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
1	2
Блок центральный ЦБ1 в составе модуля процессора 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 ETHERNET SM2-ETH	Обеспечивает связь контроллера КРОСС с внешними приборами по локальной сети Ethernet
Базовый монтажный блок 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

1	2
Модуль питания KP-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 LOK 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, AIO1-8/4, AIO1-8/0, TC1-7, TR1-8, DI1-16, DIO1-8/8, DO1-16	Сбор, первичная обработка информации от датчиков и исполнительных механизмов, а также выдача управляющих воздействий на объект
Блоки терминальные T1-AI, T1-AIO, T1-TC, T1-TR, T1-D	Позволяют подключать к контроллеру кабели различных сечений от датчиков и исполнительных механизмов
Соединения гибкие C1-AI, 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
TC1-7	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
AI1-8	Входы 1...8	Унифицированный аналоговый сигнал 0...5, 0...20, 4...20 мА, 0...10 В
AIO1-8/0	Входы 1...8	
AIO1-8/4	Входы 1...8	Унифицированный аналоговый сигнал 0...5, 0...20, 4...20 мА
	Выходы 1...4	
AIO1-0/4	Выходы 1...4	Дискретный сигнал напряжения постоянно-го тока 0...7 В – логический "0", 18...30 В – логическая "1"
DI1-16	Входы 1...16	
DIO1-8/8	Входы 1...8	
	Выходы 1...8	
DO1-16	Выходы 1...16	Дискретный сигнал, бесконтактный ключ, коммутируемое постоянное напряжение до 40 В, ток до 2 А

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 T1-AI	Соединение гибкое C1-AI	Количество равно количеству модулей AI1-8
Блок T1-AIO	Соединение гибкое C1-AIO	Количество равно сумме модулей AIO1-0/4, AIO1-8/4, AIO1-8/0
Блок T1-TC	Соединение гибкое C1- TC	Количество равно количеству модулей TC1-7
Блок T1-TR	Соединение гибкое C1- TR	Количество равно количеству модулей TR1-8
Блок T1-D	Соединение гибкое C1-D	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 субмодуля ETHERNET SM2-ETH
	Блок питания LOK 4601-2R/ P-ONE/ (1 шт.), модуль питания DC-24/5 (1 шт.)	При отсутствии в составе контроллера субмодуля 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.
1	2	3
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)
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 **ЛОК 4601-2R/P-ONE/** (1 шт.), модуль питания **КР-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.

П3.12.5. 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 концевых выключателей и датчика положения ИМ. Концевые выключатели ИМ позволяют отключать электродвигатель при достижении крайних положений выходного вала ИМ. В зависимости от назначения ИМ комплектуются различными датчиками положения: индуктивным, реостатным (диапазон 0...120 Ом), токовым (0...5 мА или 4...20 мА, или 0...20 мА). Широко распространены следующие типы электрических ИМ:

- Механизмы однооборотные – МЭО.
- Механизмы однооборотные фланцевые – МЭОФ.
- Механизмы прямоходные постоянной скорости – МЭП.
- Механизмы прямоходные кривошипные переменной скорости – МЭПК.

Выбор необходимого типа ИМ в первую очередь определяется типом запорной арматуры. Данные, представленные в табл. П3.52 и П3.53, позволяют 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
1	2	3
Кран шаровой запорно-регулирующий	МЭОФ	6,3; 12,5; 16; 25; 40; 100; 250
Кран шаровой запорный		6,3; 12,5; 16; 25; 40; 100; 250; 320; 630; 1000; 2500
Кран шаровой регулирующий		6,3; 12,5; 16; 25; 40; 100; 250
Кран шаровой трехходовый		
Кран шаровой запорный, регулирующий, в том числе трехходовый		
Кран шаровой запорный, запорно- регулирующий, регулирующий трехходовый		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)	МЭО	6,3; 40
Клапан отсечной быстродействующий		40; 250
Заслока 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 фланце- вый, задвижка клиновья фланцевая, клапан регулиру- ющий, 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 необходимо 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 φ_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	φ_n , об. (°)	Тип управляющего устройства
МЭО-6,3-99; МЭОФ-6,3-98	6,3; 12,5; 16; 25	12,5; 25; 30; 63	0,25 (90)	ПБР-2М
МЭО-16-93; МЭОФ-16-96	16; 40	10; 25; 63	0,25 (90); 0,63 (225)	
МЭО-16-01; МЭОФ-16-02	6,3; 16; 40	10; 25; 63; 160		
МЭО-250-99; МЭОФ-250-99	40; 100; 250			
МЭО-87Б	40; 100; 250			
МЭО-250-99К; МЭОФ-250-99К	100; 250			
МЭО-40-99К	16; 40	10; 25; 63		ПБР-3А; ФЦ-0610; ФЦ-0620
МЭО-630-92К; МЭО-630-92КБ	250; 630	10; 25; 63; 160		
МЭО-1600-92К; МЭО-1600-92КБ	630; 1600			
МЭО-4000-97К	4000	63; 160		
МЭО-10000-97К	10000			
МЭОФ-16-96К	16; 32; 40	10; 15; 25; 37; 63		
МЭОФ-16-99К	40	10; 25		
МЭОФ-1600-04К	1600	30	0,25 (90)	
МЭОФ-630-97К	320; 630; 1000	10; 15; 25; 37; 63;	0,25 (90);	
МЭОФ-1600-96К	630; 1000; 1600; 2500	160	0,63 (225)	

При выборе исполнительных механизмов типа МЭП и МЭПК необходимо 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; 1250	50	30; 40; 60	
МЭП-2500-99	25000	60; 100	30; 50	
МЭП-2500-00	20000; 25000	200; 240; 340	100; 120; 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**.

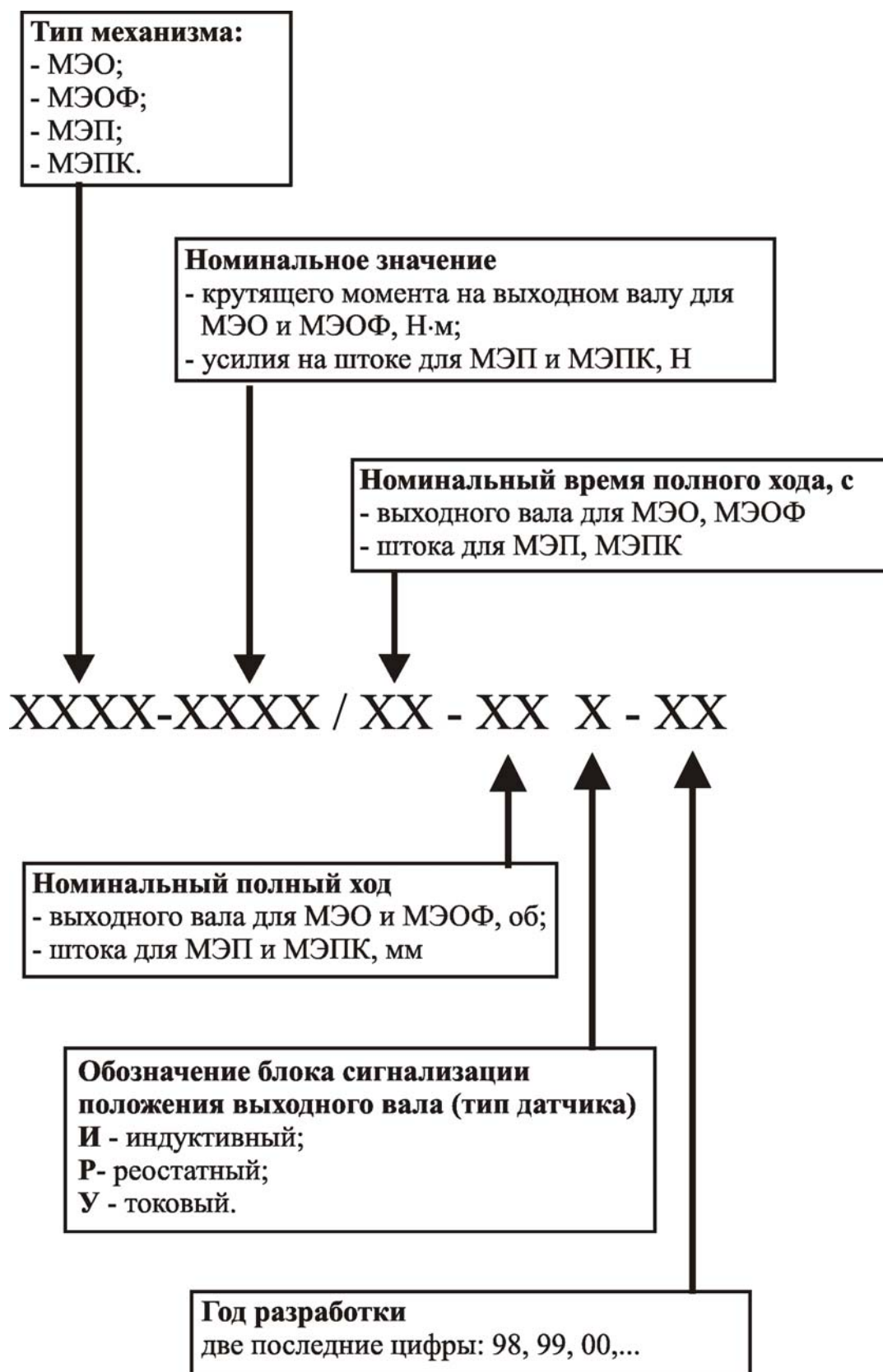


Рис. ПЗ.7 – Структура условного обозначения исполнительных механизмов

Приложение 4

СОСТАВ И РАБОТА

ТИПОВОЙ ОДНОКОНТУРНОЙ АСР

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

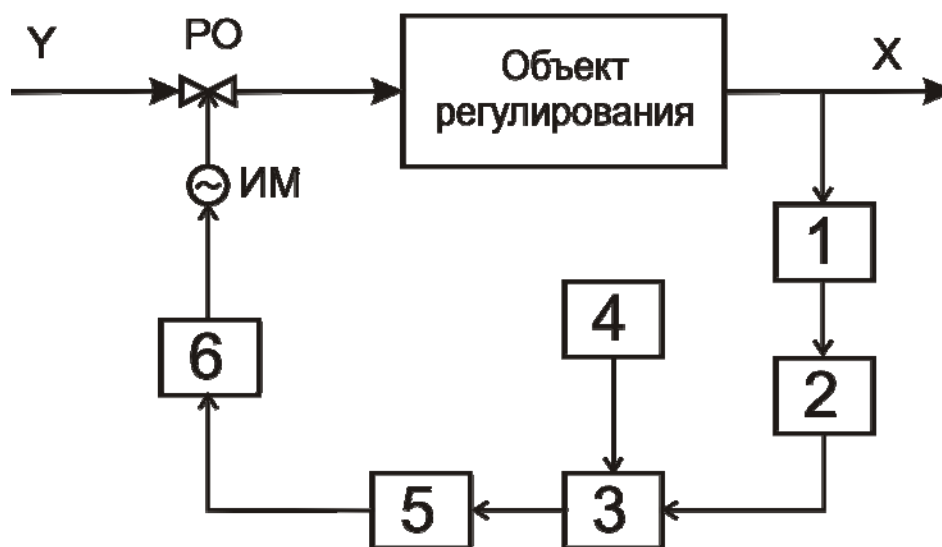


Рис. П4.1– Типовая схема одноконтурной АСР

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 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 (наличие устройства зависит от технической реализации регулирующего устройства и от задач, которые ставятся перед АСР), которое осуществляет ручное переключение с автоматического режима управления на ручной и обратно. Усилитель 6 (наличие устройства зависит от технической реализации регулирующего устройства) в общем случае осуществляет пуск, реверс и останов исполнительного механизма ИМ. На выходе исполнительного механизма ИМ 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 «Х» 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.

**Александр Викторович Волошенко
Денис Борисович Горбунов**

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СХЕМ
СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ
И РЕГУЛИРОВАНИЯ**

Учебное пособие

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

Редактор А. А. Цыганкова

Подписано к печати 17.04.2008. Формат 60×84/16.

Бумага «Классика».

Печать RISO. Усл.печ.л. 6,28. Уч.-изд.л. 5,68.

Заказ . Тираж 120 экз.



Томский политехнический университет
Система менеджмента качества
Томского политехнического университета
сертифицирована
NATIONAL QUALITY ASSURANCE
по стандарту ISO 9001:2000



ИЗДАТЕЛЬСТВО



ТПУ.

634050, г. Томск, пр. Ленина, 30.