

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Ивановский государственный химико-технологический университет

Е.В. Ерофеева, Б.А. Головушкин

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ**

Учебное пособие

Иваново 2012

УДК 658.512.011.56

Ерофеева, Е.В. Проектирование систем автоматизации: учеб. пособие / Е.В. Ерофеева, Б.А. Головушкин; Иван. гос. хим.-технол. ун-т. - Иваново, 2012. - 96 с.

В учебном пособии рассматриваются вопросы проектирования систем автоматизации. Приведены примеры практических заданий, а также примеры выполнения схем автоматизации, принципиальных схем электро- и пневмопитания, схем соединения внешних проводов.

Предназначено для студентов, изучающих дисциплину «Проектирование автоматизированных систем» в рамках направлений: «Автоматизация технологических процессов и производств», «Управление в технических системах» очной и заочной форм обучения.

Табл. 11. Рис. 53.

Печатается по решению редакционно-издательского совета Ивановского государственного химико-технологического университета.

Рецензенты: кафедра «Автоматизация технологических процессов» Ивановского государственного энергетического университета; П.В. Гриневич (ООО «Индасофт», г. Москва)

© Ерофеева Е.В., Головушкин Б.А., 2012

© Ивановский государственный  
химико-технологический  
университет, 2012

## ВВЕДЕНИЕ

Современные системы автоматизации в химической промышленности, как правило, являются сложными системами. Искусством проектирования таких систем студенты овладевают постепенно, шаг за шагом, выбирая наилучшие технические решения, обеспечивающие качество процессов управления, надежность, живучесть и безопасность систем автоматизации. В сфере промышленного производства в настоящее время практический интерес представляют автоматизированные системы управления технологическими процессами – АСУТП.

Цель учебного пособия – помочь студентам получить навыки по проектированию современных систем автоматизации химико-технологических процессов. Содержание пособия отвечает основным задачам учебной дисциплины «Проектирование автоматизированных систем».

В учебном пособии рассмотрены вопросы проектирования АСУТП с применением современных датчиков и регулирующих органов. Теоретический учебный материал тесно переплетен с практическими заданиями, которые способствуют его усвоению. В пособии приведен перечень заданий к практическим занятиям по курсу «Проектирование автоматизированных систем», приведены примеры структурных схем автоматизации, схем автоматизации, принципиальных схем электро- и пневмопитания, а также схем соединения внешних проводок.

Данное учебное пособие призвано углубить знания по предмету «Проектирование автоматизированных систем» за счет детального изучения проектирования схем автоматизации и рабочих чертежей реальных химико-технологических процессов.

## **1. Стадия создания и основные сведения о проектировании систем автоматизации**

Основные этапы создания систем автоматизации следующие:

- научно-исследовательские работы;
- проектирование;
- экспертиза и утверждение проекта;
- разработка нестандартного оборудования;
- комплектация оборудования, монтаж и наладка;
- внедрение.

Качество проектирования во многом определяет качество системы автоматизации, ее эффективность, стоимость, экономичность, надежность, приспособляемость и другие показатели. Качество внедрения обеспечивает достижение проектных показателей.

Цель и задачи проектирования во многом определяются сложностью проектируемой системы. Под проектированием системы автоматизации понимают процесс обоснованного выбора характеристик системы автоматизации и разработки документации, достаточной на первом этапе проектирования для утверждения намеченных затрат, дополнительной численности, дополнительных площадей и организационно-технических решений, а на втором этапе – для заказа и комплектации оборудования, его монтажа и наладки, а также для организации работы по внедрению. Документы проекта должны также содержать задания проектировщикам смежных профессий, а при необходимости – задания на выполнение опытно-конструкторских работ (ОКР) и научно-исследовательских работ (НИР). В проектирование АСУ ТП также входит разработка программ и их отладка.

Порядок организации работ по созданию систем автоматизации, состав проекта и его объем определяются уровнем проектируемой системы. Кроме этого, порядок проектирования зависит также и от того, является ли проект

системы автоматизации разделом проекта промышленного объекта (т. е. одновременное проектирование промышленного объекта и его системы автоматизации) или проектирование системы автоматизации является мероприятием по техническому перевооружению (например, проектирование АСУ ТП для действующего производства).

### **1.1. Задание на проектирование, исходные данные и материалы**

Задание на проектирование систем автоматизации технологических процессов составляется генеральным проектировщиком или заказчиком с участием специализированной организации, которой поручается разработка проекта. Задание на проектирование должно содержать следующие данные:

- а) наименование предприятия и задачу проекта;
- б) основание для проектирования;
- в) перечень производств, цехов, агрегатов, установок, охватываемых проектом с указанием для каждого особых условий при их наличии (например, класс взрыво- и пожароопасности помещений, наличие агрессивной, влажной, сырой, запыленной окружающей среды и т. д.);
- г) стадийность проектирования;
- д) требования к разработке вариантов технического проекта;
- е) планируемый уровень капитальных затрат на автоматизацию и примерных затрат на научно-исследовательские работы, опытно-конструкторские работы и проектирование с указанием источников финансирования;
- ж) сроки строительства и очередности ввода в действие производственных подразделений предприятия;
- з) наименование организаций-участников разработки проекта предприятия;
- и) предложения по централизации управления технологическими процессами и структуре управления объектом, по объему и уровню автоматизации;
- к) предложения по размещению центральных и местных пунктов управления, щитов и пультов;
- л) особые условия проектирования.

Для выполнения проектов систем автоматизации должны предоставляться следующие данные и материалы:

- а) технологические схемы с характеристиками оборудования, с трубопроводными коммуникациями и указанием действительных внутренних диаметров, толщин стенок и материалов труб;
- б) перечни контролируемых и регулируемых параметров с необходимыми требованиями и характеристиками;
- в) чертежи производственных помещений с расположением технологического оборудования и трубопроводных коммуникаций с указанием рекомендуемых мест расположения щитов и пультов;
- г) техническая документация по типовым проектам и проектным решениям;
- д) дополнительные исходные данные и материалы;
- е) схемы управления электродвигателями, типы пусковой аппаратуры и станций управления для использования при проектировании автоматизации;
- ж) схемы водоснабжения с указанием диаметров труб, расхода, давления и температуры воды;
- з) схемы воздухообеспечения с указанием давления, температуры, влажности и запыленности воздуха, наличие устройств очистки и осушки воздуха;
- и) данные, необходимые для расчета регулирующих органов;
- к) требования к надежности систем автоматизации;
- л) результаты научно-исследовательских и опытно - конструкторских работ, содержащие рекомендации по проектированию систем и средств автоматизации; результаты НИР должны содержать математическое описание динамических свойств объекта управления. Если эти математические зависимости неизвестны, то в задании на проектирование должны приводиться экспериментальные временные или частотные характеристики, снятые на опытных или аналогичных действующих установках, графически отражающие динамические свойства объекта по каждому из каналов управления. Для АСУТП – принципы построения системы в целом: иерархию, структуру, функции, алгоритмы и т. п.

## 1.2. Перечень параметров, подлежащих контролю и управлению

В рамках проведения практических занятий по курсу ПАС задание на проектирование предлагается выполнить в виде перечня параметров, подлежащих контролю и управлению.

Для составления перечня на контролируемые и регулируемые параметры необходимо воспользоваться технологической схемой аппарата. Пользуясь знаниями, полученными в курсе «Процессы и аппараты химической технологии», студент описывает технологический процесс, выбирает диаметры условного прохода трубопроводов, материалы, из которых изготовлены трубопроводы и т.д. В качестве каналов управления выбираются те каналы, где по заданию требуется предусмотреть регулирование, остальные считаются каналами возмущения. Под контролем понимается получение информации о том или ином параметре в виде показания (на вторичном измерительном приборе, либо на видеотерминале), регистрации (на самописце, либо печатающем устройстве), сигнализации о выходе за границы допустимых значений (световая или звуковая сигнализация на щите, либо мнемосхеме технологического процесса). Контролю подлежат те параметры, измерение текущих значений которых облегчает пуск, наладку и ведение технологического процесса. К их числу обычно относятся входные величины, при изменении которых в объект поступают возмущающие воздействия. При оперативном управлении возникает необходимость контролировать наиболее важные выходные величины, например, состав и количество получаемого готового продукта, его температуру, давление и т.п. С целью получения данных, необходимых для расчета технико-экономических показателей, также следует контролировать такие параметры, как количество потребляемой электроэнергии, тепло- и хладоносителей и т.п.

К выбору сигнализируемых величин следует приступить после анализа объекта в отношении его взрыво- и пожароопасности, токсичности и агрессивности перерабатываемых продуктов и других специфических особенностей производства. Сигнализации подлежат параметры, изменение которых может

привести к аварии или серьезному нарушению технологического процесса. К ним относятся, например, концентрация взрывоопасных веществ в воздухе производственных помещений, уровень жидкости или сыпучих материалов, давление, температура и т.д. Таким образом, необходимо предусматривать технологическую сигнализацию, которая выполняет роль предупреждения аварийных ситуаций и сигнализацию «положения», которая информирует о состоянии контролируемых объектов и элементов управления.

В ходе анализа технологического процесса необходимо устанавливать перспективы развития аварийных ситуаций, давать оценку их возможных последствий с целью определения наиболее показательных характеристик процесса, которые могли бы быть использованы для прогнозирования и предупреждения аварий (срабатывания систем автоматической защиты).

Перечень контролируемых и регулируемых параметров должен включать (табл. 1):

- наименование контролируемых и регулируемых параметров с указанием их номинальных значений и допустимых отклонений, в случае программного регулирования прилагается программа изменения параметров;
- точки отбора измерительных импульсов и места установки первичных измерительных преобразователей (датчиков) для каждого измеряемого параметра;
- наименование управляющих (регулирующих) воздействий и места установки регулирующих органов, диаметр трубопроводов;
- характеристику технологических сред в местах установки первичных измерительных преобразователей и регулирующих органов по их коррозионной активности, пожаро- и взрывоопасности.

**ПЕРЕЧЕНЬ КОНТРОЛИРУЕМЫХ И РЕГУЛИРУЕМЫХ ПАРАМЕТРОВ**

.....  
наименование объекта управления

№ п/п	Наименование параметра, место отбора измерительного импульса	Заданное значение параметра, допустимые отклонения	Отображение информации				Регулирование	Наименование регулирующего воздействия, место установки регулирующего органа. Условный проход трубопровода	Характеристика среды в местах установки			
			показание	регистрация	суммирование	сигнализация			датчиков		регулирующих органов	
									агрессивная	пожаро- и взрывоопасная	агрессивная	пожаро- и взрывоопасная
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Величина pH среды в аппарате	11,5 ± 0,5 ед. pH	+	+	-	+	+	Изменение подачи разбавителя	+	-	-	-

### **1.3. Стадии проектирования систем автоматизации технологических процессов и состав проектной документации**

Проектирование систем автоматизации технологических процессов выполняются в две стадии: **проект и рабочая документация**, или в одну стадию: **рабочий проект**.

В **проекте** разрабатывается следующая документация:

1. Технико-экономическое обоснование (ТЭО) применяемых в проекте технических средств.
2. Структурная схема управления и контроля (для сложных систем управления).
3. Структурная схема комплекса технических средств (КТС).
4. Структурные схемы комплексов средств автоматизации.
5. Схемы автоматизации технологических процессов.
6. Планы расположения щитов, пультов, средств вычислительной техники и т. д.
7. Заявочные ведомости приборов и средств автоматизации, средств вычислительной техники, электроаппаратуры, трубопроводной арматуры, щитов и пультов, основных монтажных материалов и изделий, нестандартизированного оборудования.
8. Технические требования на разработку нестандартизированного оборудования.
9. Локальная смета на монтажные работы, приобретение и монтаж технических средств систем автоматизации.
10. Пояснительная записка.
11. Задания генпроектировщику (смежным организациям или заказчику) на разработки, связанные с автоматизацией объекта:
  - а) обеспечение средств автоматизации электроэнергией, сжатым воздухом, гидравлической энергией, теплоносителями, хладагентами

- (требуемых параметров); на теплоизоляцию трубных проводок и устройств;
- б) проектирование помещений систем автоматизации (для установки щитов, пультов, средств вычислительной техники, датчиков и т. д.), а также помещений для работы оперативного персонала, кабельных сооружений (туннелей, каналов, эстакад и т. п.), проемов и закладных устройств в строительных конструкциях;
  - в) обеспечение средствами производственной связи;
  - г) размещение и установку на технологическом оборудовании и трубопроводах закладных устройств, первичных приборов, регулирующих и запорных органов и т. п.;
  - д) устройства пожаротушения и пожарной сигнализации.

Перечисленные задания передаются генпроектировщику, а копии заданий хранятся в деле проекта.

В состав **рабочей документации** систем автоматизации включают следующие документы:

1. Рабочие чертежи, предназначенные для производства работ по монтажу технических средств автоматизации (основной комплект):

- общие данные по рабочим чертежам (ведомости рабочих чертежей и документов основного комплекта, ведомость ссылочных и прилагаемых комплектов, исходные данные и результаты расчетов сужающих устройств и регулирующих органов, перечень заказных конструкций, первичных приборов регулируемых на технологическом и другом оборудовании и коммуникациях);
- структурная схема контуров управления и контроля;
- структурная схема комплекса технических средств;
- схемы автоматизации технологических процессов;
- принципиальные, электрические, гидравлические и пневматические схемы контроля, автоматического регулирования, управления, сигнализации и питания;

- схемы внешних электрических и трубных проводок; при необходимости рекомендуется разрабатывать таблицы соединений и таблицы подключения;
- чертежи расположения оборудования и внешних электрических и трубных проводок;
- чертежи установок средств автоматизации.

## 2. Эскизные чертежи общих видов нетиповых средств автоматизации:

- эскизные чертежи на детали, конструкции и устройства, применяемые при установке средств автоматизации в случае отсутствия типовых чертежей или невозможности применения типовых чертежей опорных конструкций, конструкций крепления к строительным основаниям новых технических средств или при работе приборов в особых условиях (например, агрессивных средах.);
- эскизные чертежи на щиты и пульты (кроме серийно выпускаемых щитов и пультов автоматизации конкретного технологического или инженерного оборудования, например, щитов котлов, компрессоров, приточных вентсистем).

## 3. Спецификация по разделам:

- приборы;
- комплексы технических средств;
- щиты и пульты;
- электроаппараты;
- трубопроводная арматура;
- кабели и провода;
- материалы;
- монтажные изделия;
- технические средства автоматизации, поставляемые комплектно с оборудованием.

Одновременно с рабочей документацией систем автоматизации разрабатывают техническую документацию на изготовление и поставку на объект технических средств автоматизации, в том числе:

- опросные листы на приборы;
- карты заказа на электроаппараты;
- таблицу соединений и подключения проводок в щитах и пультах;
- документацию для заказа комплектов средств централизованного контроля и регулирования, телемеханики, вычислительной техники, программно-технических комплексов, микропроцессорных средств и контроллеров, систем и установок пневмоавтоматики и др.

Задания на выполнение работ, связанных с автоматизацией технологических процессов, включают в себя:

- задание на размещение элементов систем автоматизации на технологическом оборудовании и трубопроводах;
- задание на проектирование помещений систем автоматизации;
- задание на комплектные операторские пункты;
- задание на проектирование кабельных сооружений;
- задание на обеспечение средств автоматизации электроэнергией;
- задание на обеспечение средств автоматизации сжатым воздухом;
- задание на обеспечение средств автоматизации гидравлической энергией.

## **2. Выбор комплекса технических средств**

Процедура выбора технических средств выполняется в два этапа. На первом этапе выбирают наиболее подходящий комплекс технических средств из предлагаемых отечественными и зарубежными производителями. На втором этапе производят формирование конкретного набора технических средств для проектируемой АСУТП на базе ранее выбранного комплекта.

Выбор базового комплекта технических средств определяется основными характеристиками управляемого технологического комплекса, из которых важнейшими являются:

1) тип технологического процесса (изменения агрегатного состояния или химического состава продукции, транспортирования сырья и т.д.);

2) характер протекания процесса во времени (непрерывный или дискретный);

3) протяженность технологического объекта управления (технологическая линия, агрегат и др.);

4) особенности исполнительных устройств (электропривод, пневмопривод, электронагрев и др.);

5) степень пожаро- и взрывоопасности;

6) особенности окружающей среды (температура, влажность, агрессивность и др.);

7) перспективы развития и модернизации техпроцесса.

Выбор конкретного набора технических средств определяется следующими специфическими требованиями к АСУТП:

1) уровень иерархии;

2) число и характер измеряемых и регулируемых параметров, а также требования к точности измерений и качеству регулирования;

3) выполняемые функции (управление технологическим циклом, стабилизация параметров на заданном уровне, многосвязное автоматическое регулирование, автоматическая оптимизация и др.);

4) связь с другими автоматизированными системами;

5) перспективы развития АСУТП данного типа.

Выбор технических средств не является одноразовым действием. Состав технических средств АСУТП многократно уточняется в процессе проектирования.

## 2.1. Выбор датчиков

В настоящее время на производстве в основном применяются **аналоговые датчики** с выходным унифицированным токовым сигналом на выходе  $4 \div 20$  мА.

Преимущества стандарта  $4 \div 20$  мА перед другими способами подключения датчиков: двухпроводная схема подключения; не требуется калибровка датчика на контроллере; высокая степень защиты от наводок с силовых кабелей; контроль короткого замыкания и обрыва цепи. Датчик подключается напрямую к контроллеру, если контроллер имеет встроенный блок питания аналоговых датчиков (рис.2). Если контроллер не имеет встроенного блока питания датчиков или его мощности не хватает для подключения датчиков, используется внешний блок питания (рис.1). Как правило, для питания датчиков используют блоки питания 24 В или 36 В, например, Метран 602, БП – 96 и т.д.

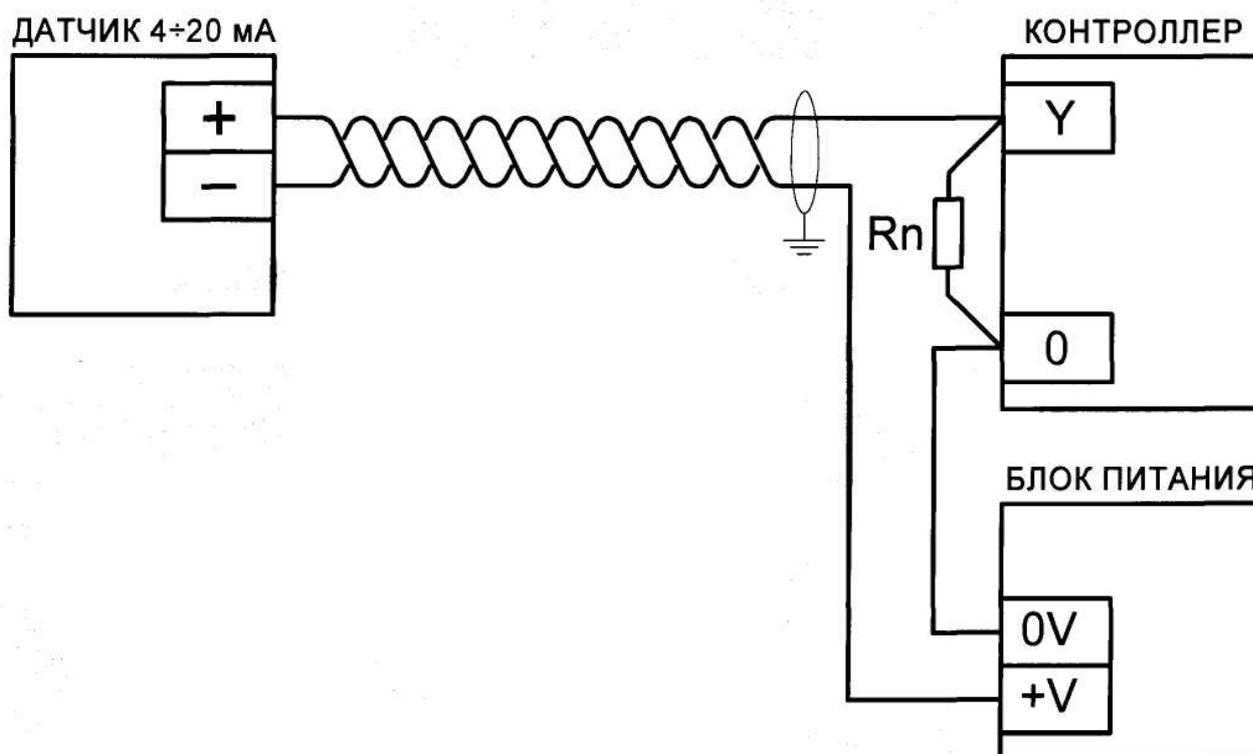


Рис. 1. Схема подключения аналогового датчика к контроллеру без встроенного блока питания аналоговых входов

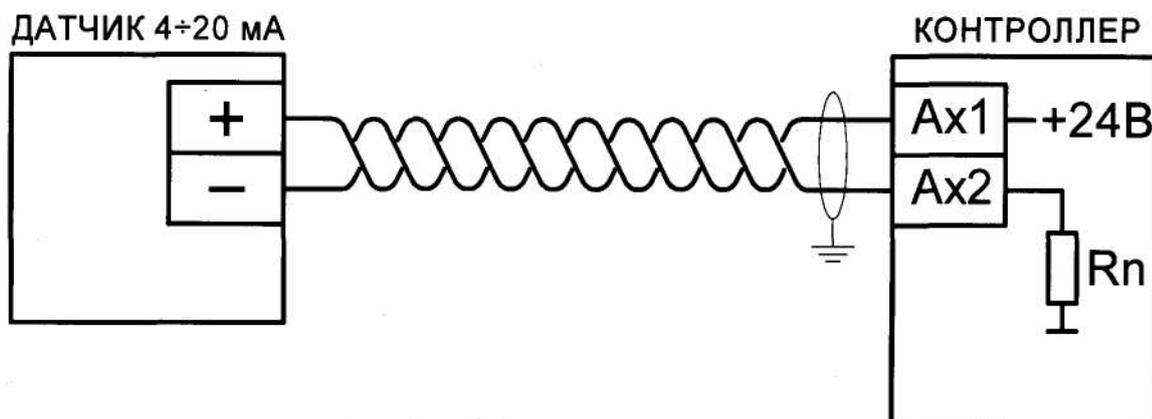


Рис. 2. Схема подключения аналогового датчика к контроллеру со встроенным блоком питания аналоговых входов

Для вновь проектируемых производств целесообразно применение «**интеллектуальных датчиков**» с HART протоколом. Для действующих реконструируемых и модернизируемых производств целесообразно планировать переход на «интеллектуальные датчики».

Интеллектуальный датчик – это электронное устройство, основанное на объединении чувствительных элементов, схем преобразования сигналов и средств микропроцессорной техники. Такого рода датчики обладают способностью автоматической адаптации к источнику сигнала и изменяющимся условиям окружающей среды, а также способностью контролировать свои функции и корректировать ошибки измерений.

Введем понятие HART-протокола. HART-протокол (*Highway Addressable Remote Transducer Protocol*) – цифровой промышленный протокол передачи данных. HART-протокол был разработан в середине 1980-х годов американской компанией Rosemount. В начале 1990-х годов протокол был дополнен и стал открытым коммуникационным стандартом.

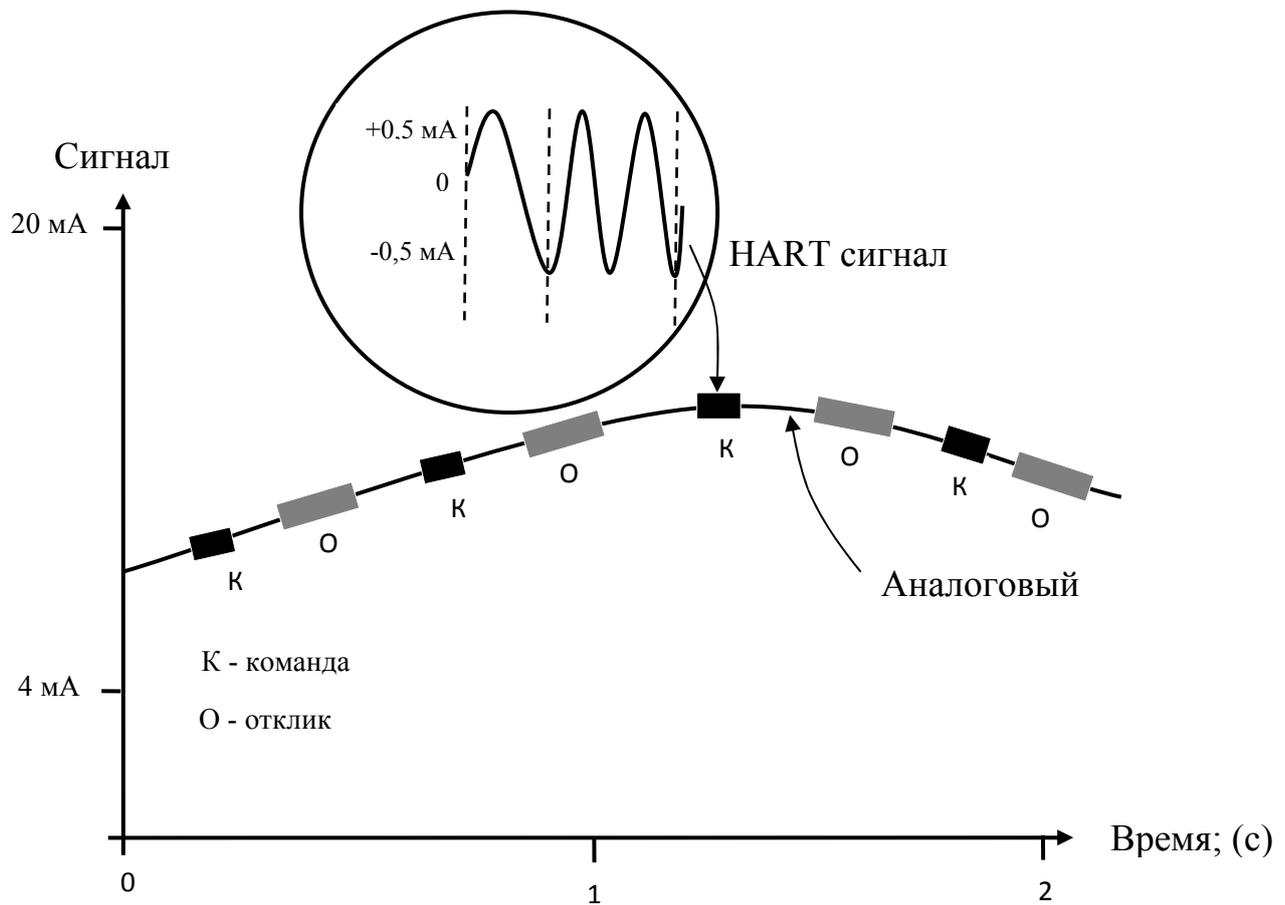


Рис. 3. Принцип обмена данными по HART-протоколу

HART протокол использует принцип частотной модуляции для обмена данными на скорости 1200 Бод. Схема, поясняющая работу приборов по HART протоколу, представлена на рис.3.

Для передачи логической "1" HART использует один полный период частоты 1200 Гц, а для передачи логического "0" – два неполных периода 2200 Гц. Как видно на рисунке, HART составляющая накладывается на токовую петлю 4 ÷ 20 мА. Поскольку среднее значение синусоиды за период равно "0", то HART сигнал никак не влияет на аналоговый сигнал 4 ÷ 20 мА. HART протокол построен по принципу "главный - подчиненный", то есть полевое устройство отвечает по запросу системы. Протокол допускает наличие двух управляющих устройств (управляющая система и коммутатор). Существует два режима работы датчиков, поддерживающих обмен данными по HART протоколу.

**Режим передачи цифровой информации одновременно с аналоговым сигналом.** Обычно в этом режиме датчик работает в аналоговых

АСУ ТП, а обмен по HART-протоколу осуществляется посредством HART-коммуникатора или компьютера. При этом можно удаленно (расстояние до 3000 м) осуществлять полную настройку и конфигурирование датчика. Оператору нет необходимости обходить все датчики на предприятии, он может их настроить непосредственно со своего рабочего места.

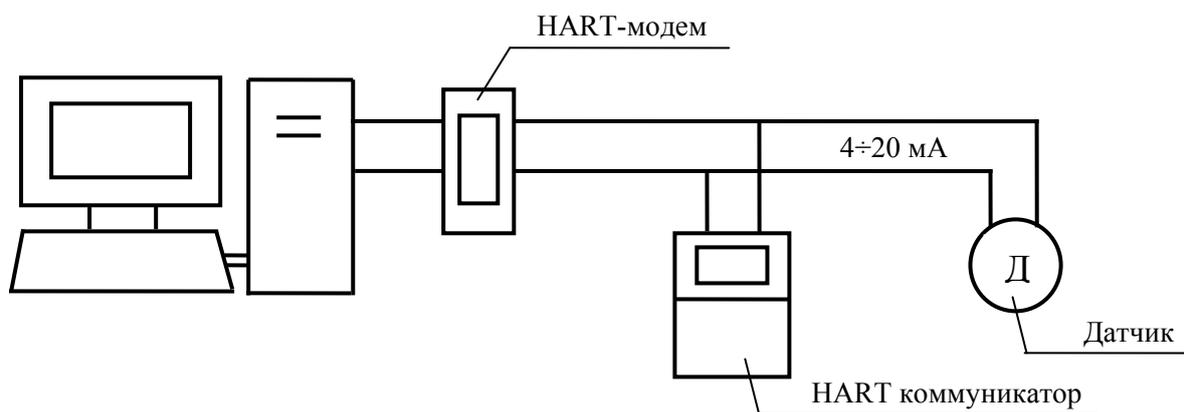


Рис. 4. Режим передачи цифровой информации одновременно с аналоговым сигналом

Введем понятие **HART коммуникатора**. HART коммуникатор – это портативное устройство для считывания информации, удаленной настройки и конфигурирования интеллектуальных полевых приборов, поддерживающих HART-протокол. HART коммуникатор имеет доступ ко всем параметрам приборов, а также может работать в качестве вторичного мастера в АСУТП.

Введем понятие **HART модема**. HART модем предназначен для связи персонального компьютера или системных средств АСУТП с интеллектуальными датчиками и другими устройствами, поддерживающими HART-протокол. HART модем обеспечивает высокую надежность передачи данных и используется с программным обеспечением для настройки интеллектуальных устройств с HART-протоколом.



а)

б)

в)

Рис. 5. Средства коммуникации:

а – HART- модем; б – HART- коммуникатор; в – HART - мультиплексор

Обычно в аналоговой АСУТП присутствует множество интеллектуальных полевых приборов, работающих в режиме  $4 \div 20\text{мА} + \text{HART}$ . В этом случае удаленная настройка и конфигурирование датчиков при помощи HART-коммуникатора или HART-модема требует последовательного подключения коммуникационного устройства к каждой линии  $4 \div 20 \text{ мА}$ , идущей от соответствующих приборов. Для решения поставленной задачи предлагается использовать HART-мультиплексор.

**HART-мультиплексор** предназначен для связи персонального компьютера или средств АСУТП с интеллектуальными датчиками и другими устройствами, поддерживающими HART-протокол. Мультиплексор имеет несколько выходов (8-ми канальный, 16-ти канальный) для подключения HART-устройств (до 15-ти устройств). Также мультиплексор обеспечивает преобразование информационного сигнала HART в цифровой сигнал интерфейса RS485 или RS232, при этом аналоговый сигнал  $4 \div 20\text{мА}$  может использоваться системой регистрации и управления. При использовании HART-мультиплексора затраты на кабельную продукцию существенно снижаются (рис.6).

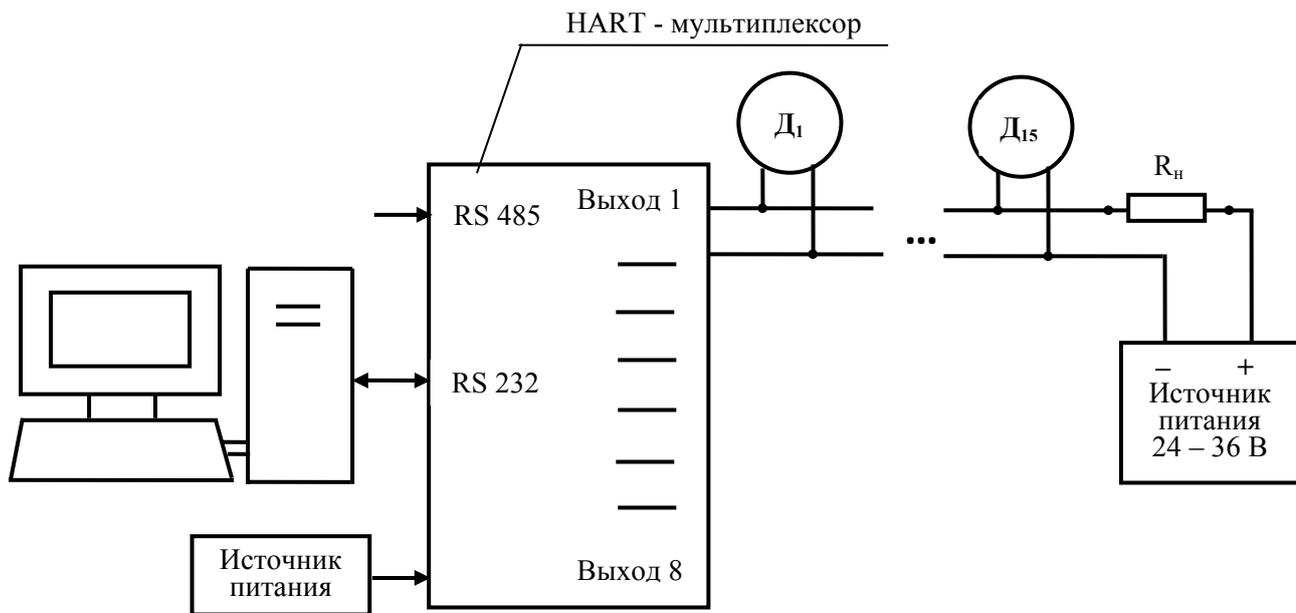


Рис. 6. Управление полевыми приборами через мультиплексор

**В многоточечном режиме** датчик передает и получает информацию только в цифровом виде. Аналоговый выход автоматически фиксируется на минимальном значении (только питание устройства - 4 мА) и не содержит информации об измеряемой величине. Информация о переменных процесса считывается по HART-протоколу. К одной паре проводов может быть подключено до 15 датчиков. Их количество определяется длиной и качеством линии, а также мощностью блока питания датчиков. Все датчики в многоточечном режиме имеют свой уникальный адрес от 1 до 15, и обращение к каждому идет по соответствующему адресу. Коммуникатор или система управления определяет все датчики, подключенные к линии, и может работать с любым из них.

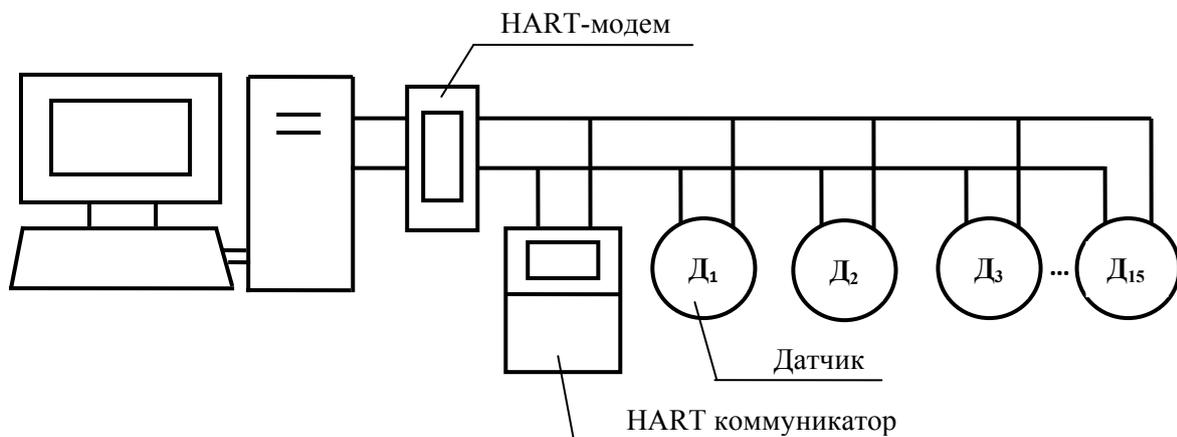


Рис. 7. Многоточечный режим работы датчиков

Интеллектуальный датчик может выполнять следующие функции:

- контролировать измеряемую величину, а именно преобразовывать входной сигнал в сигнал требуемого вида;
- реагировать на изменяющиеся условия в точках контроля, то есть изменение чувствительности и динамических характеристик в соответствии с диапазоном и скоростью изменения выходной величины;
- преобразовывать полученный сигнал в форму, обеспечивающую помехозащищенную передачу к устройству обработки данных по каналу связи;
- предварительную обработку выходного сигнала;
- подавление помех;
- обеспечение и контроль собственного функционирования,
- работать в диалоговом режиме с центральной системой управления, принимать команды, передавать измеренные значения в цифровой форме, передавать сообщения об аварии (неисправности).

Таким образом, интеллектуальный датчик может передавать следующие данные:

- градуированную переменную процесса;
- состояние (статус) устройства, то есть информирует оператора об изменениях качества измерений и возможности возникновения проблем;
- идентификационный номер устройства;
- отметка времени получения информации о переменной процесса;
- серийный номер устройства;
- подтверждение действительности калибровки.

*Преимущества интеллектуальных датчиков по сравнению с аналоговыми датчиками.*

Использование интеллектуальных датчиков дает возможность по новому подойти к распределению функций между основными элементами систем контроля и управления, а именно освободить центральный процессор от необходимости обработки больших объемов первичной информации.

Использование микропроцессоров в составе датчиков улучшает метрологические и эксплуатационные характеристики последних, так как интеллектуальный датчик – это совокупность аппаратных и программных средств, обеспечивающих отображение свойств объекта в виде некоторой структуры данных, формируемых в результате обработки выходного сигнала первичного чувствительного элемента по определенному алгоритму.

### **Многофункциональные датчики**

Многофункциональные датчики могут одновременно фиксировать несколько параметров процесса при помощи внутренних датчиков. Например, современный кориолисовый расходомер измеряет не только расход потока, но и плотность и температуру потока.

### **Многосенсорные системы**

В последнее время, чтобы повысить качество и доступность информации о состоянии того или иного объекта применяют многосенсорные системы, то есть состояние объекта оценивается ни по одному датчику, а по данным с нескольких одинаковых или разных датчиков. Многосенсорные системы обрабатывают сигналы от многих датчиков, причем для каждого конкретного случая вырабатывается определенный алгоритм, учитывающий специфику объекта. Многосенсорные системы незаменимы для предупреждения аварийных ситуаций.

### **Стандарт связи Wireless HART**

Стандарт связи Wireless HART - это открытый стандарт связи, позволяющий расширить площадь действия HART. Wireless HART дает доступ к работающим автономно устройствам и позволяет без использования кабелей передавать данные с них. Устройство Wireless HART может питаться от батарей, что позволяет обойтись без протягивания кабеля Wireless HART к отдаленным станциям и удешевляет процесс установки. Сеть Wireless HART включает три типа устройства: устройства Wireless HART, адапторы и шлюзы. Устройства Wireless HART пересылает информацию в сети. Адапторы позволяют подключать проводные устройства HART к беспроводным сетям Wireless HART.

Шлюзы обеспечивают коммуникацию между всеми устройствами сети. Они управляют сетью, определяют маршруты и контролируют безопасность. Чтобы настроить устройства и адапторы Wireless HART, установщик может использовать стандартный программатор HART или модем.

В последнее время низовая автоматика (датчики и регулирующие устройства с исполнительными механизмами) используют протокол Fieldbus. **Протокол Fieldbus** – это протокол двунаправленной связи для полевого оборудования. Протокол призван заменить аналоговую связь  $4 \div 20$  мА, на которой работает в настоящее время низовая автоматика.

Использование протокола Fieldbus открывает новые возможности управления процессом:

- цифровой протокол обеспечивает точную обработку информации и строгий контроль качества информации;
- поддерживается мультиплексорная передача, что позволяет передавать параметры функциональных блоков контрольно–измерительных приборов и средств автоматизации;
- связь между контрольно–измерительными приборами позволяет реализовать автономное распределенное управление;
- возможность взаимодействия позволяет объединять в единую систему устройства от различных поставщиков;
- широкий выбор устройств от различных поставщиков позволяет сконфигурировать оптимальную систему;
- объединять можно самые разнородные системы, такие как контрольно–измерительные приборы, анализаторы и электрическое оборудование, заводскую вычислительную сеть, сочетать корпоративную бизнес–автоматизацию и офисные приложения;
- настройку и проверку оборудования можно выполнять дистанционно.

Необходимо обратить внимание, что в отличие от сигналов  $4 \div 20$  мА и HART, шина Fieldbus имеет двунаправленный характер.

Полевые шины позволяют существенно сократить число каналов ввода–вывода в систему, поскольку могут делать измерения и передачу множественных переменных процесса, одновременно производя сопутствующие вычисления, компенсацию нелинейностей и т.д.

## **2.2. Выбор исполнительных механизмов и регулирующих органов**

В настоящее время отечественной и зарубежной промышленностью выпускается большое количество регулирующих органов (задвижки, дисковые затворы, заслонки дроссельные, задвижки шиберные, шаровые краны, клапаны), что позволяет подобрать нужный вариант практически для любых задач управления. Приведем краткий перечень производителей регулирующих органов.

*Дисковые затворы:* ИнтерАрм, Пентяжпромарматура, АДЛ, Кво-Арм, Промарматура, Семеновский арматурный завод, АБС ЗЭиМ Автоматизация, Watts, Kvant, Krombach.

*Шаровые краны:* Фобос, ПП «Автоматика-Инвест», АДЛ, Кво-Арм, Экс-Форма, Химприбор-1, Naval, НПО «Автоматика» г. Владимир.

*Клапаны:* Армагус, Руст-95, ЛГ-Автоматика, Котельниковский арматурный завод, Импульс, ЧЗЭМ.

*Задвижки:* Армагус, Пентяжпромарматура, Благовещенский арматурный завод, ИКАР, Муромский завод трубопроводной арматуры, ЧЗЭМ.

*Заслонки:* Амакс, ГипроНИИГаз, ОКТЗ.

К регулирующим органам необходимо предусмотреть исполнительный механизм, т.е. привод. В химической, пищевой, фармацевтической и др. промышленности применяется в основном электропривод и пневмопривод (рис.8). В таблице приведены типы электрических исполнительных механизмов, получивших наибольшее распространение (рис. 8, б).

Типы электроприводов к регулирующим органам

№ п/п	Тип работы органа (используемая арматура)	Тип привода
1	Поворотный (дисковый затвор, кран шаровый, клапан)	ПЭОМ МЭОФ ПЭОЗ МЭО
2	Многооборотный (задвижка, клапан, дисковый затвор)	ПЭМ МЭМ
3	Прямоходный (клапан)	МЭП МЭПК ПЭП ЭПР

Регулирующие органы с пневмоприводом в АСУТП (характерны для пожаровзрывоопасных производств) требуют применение электропневмопозиционеров (рис. 8, а). Электропневмопозиционер обеспечивает координацию положения пневматического исполнительного механизма, в зависимости от управляющего сигнала (аналоговый сигнал 4-20мА; команда, переданная по каналу цифрового обмена HART). Нашли широкое распространение следующие электропневмопозиционеры: ЭПП-300 (к клапанам РУСТ), ЭПП-Ех (к регулирующим органам НПО «Автоматика»), Sipart PS2 фирмы «Siemens» (рекомендованы к клапанам фирмы ЛГ-Автоматика), 3582i «FISHER» (рекомендованы к клапанам ПОУ) и т.д.

Современной промышленностью выпускаются три вида клапанов.

**Регулирующие клапаны** обеспечивают высокоточное регулирование потока среды и перекрытие трубопровода.

**Отсечные клапаны** – двухпозиционные клапаны для открытия – закрытия трубопровода с тем или иным классом герметичности (выше, чем у регулирующих) и требуемой скоростью.

**Регулирующе-отсечные** (либо запорно-регулирующие) клапаны обеспечивают как регулирование, так и перекрытие трубопровода с герметичностью, соответствующей отсечному клапану.

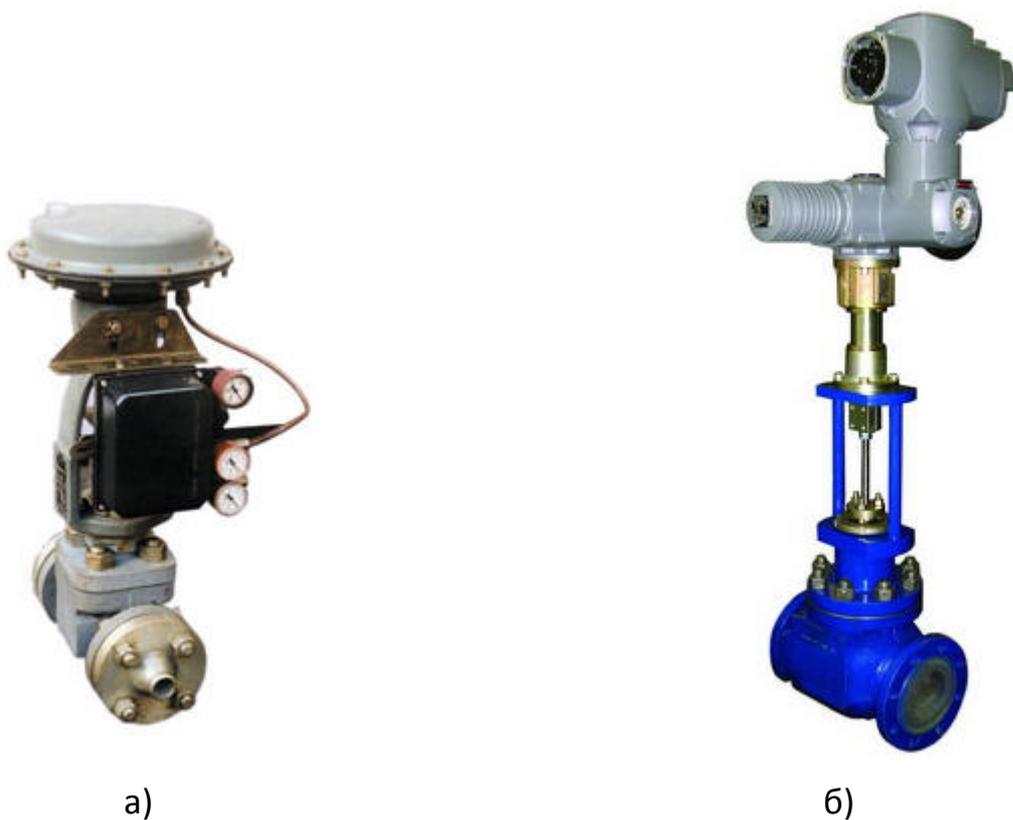


Рис. 8. Внешний вид регулирующих клапанов: а – с пневмоприводом в комплекте с электропневмопозиционером, б – с электроприводом

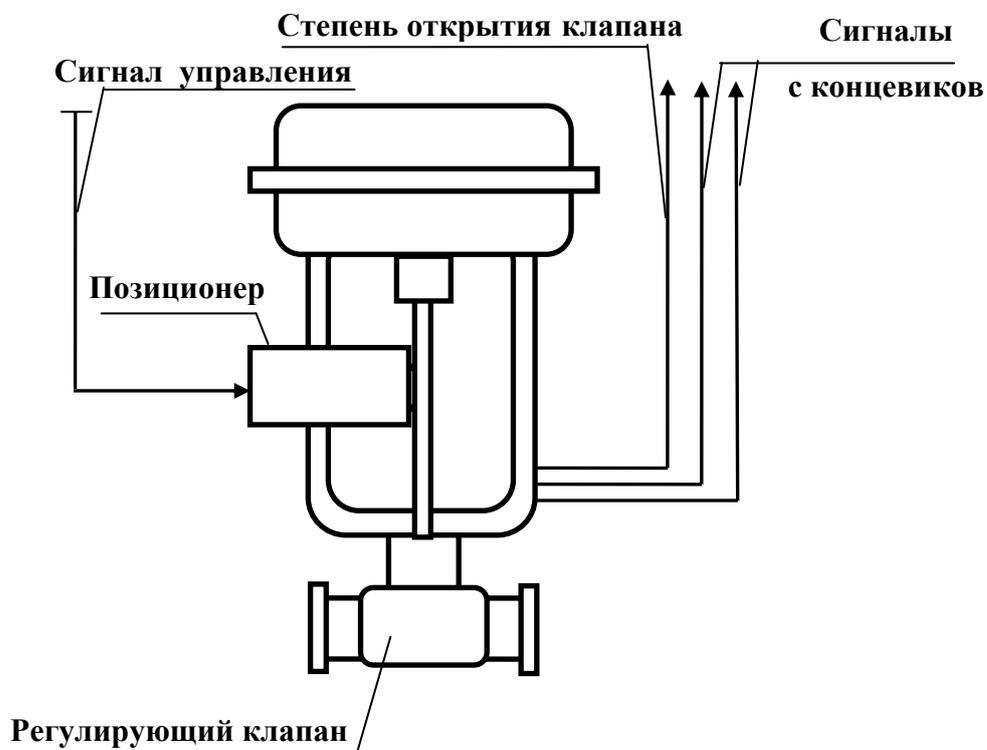


Рис. 9. Регулирующий клапан и исполнительный механизм с аналоговым управлением

### **Клапаны специального назначения.**

Необходимо отметить, что выпускается большое количество клапанов специального назначения: клапаны с обогревом, клапаны для загрязненных и вязких сред; антишумовые и антикавитационные клапаны на сложные позиции с высоким перепадом давления; клапаны на паровые среды; клапаны для микрорасходов; клапаны на большие расходы; футерованные клапаны для управления потоками особо агрессивных и стерильных жидкостей; шланговые клапаны для работы с потоками вязких жидкостей, суспензий, пульп, запыленных газов, сыпучих сред, а также сред, имеющих склонность к налипанию.

В настоящее время на предприятиях России эксплуатируются в основном клапаны с аналоговым управлением. На рис. 9 представлен регулирующий клапан с пневмоприводом с аналоговым управлением 4÷20мА, снабженный датчиком положения регулирующего органа. Однако будущее несомненно за клапанами с цифровым управлением и надо отметить, что передовые предприятия уже перешли на выпуск таких клапанов. На рис. 10 представлен регулирующий клапан с пневмоприводом с цифровым управлением по протоколу Fieldbus, экономия кабельной продукции в сравнении с аналоговым управлением очевидна.

### **2.3. Структурные схемы измерения и управления**

Структурные схемы измерения и управления относятся к конструктивным структурным схемам с элементами функциональных признаков. На структурной схеме отображаются в общем виде основные решения проекта по функциональной, организационной и технической структуре автоматизированной системы управления технологическими процессами (АСУ ТП) с соблюдением иерархии системы, взаимосвязей между

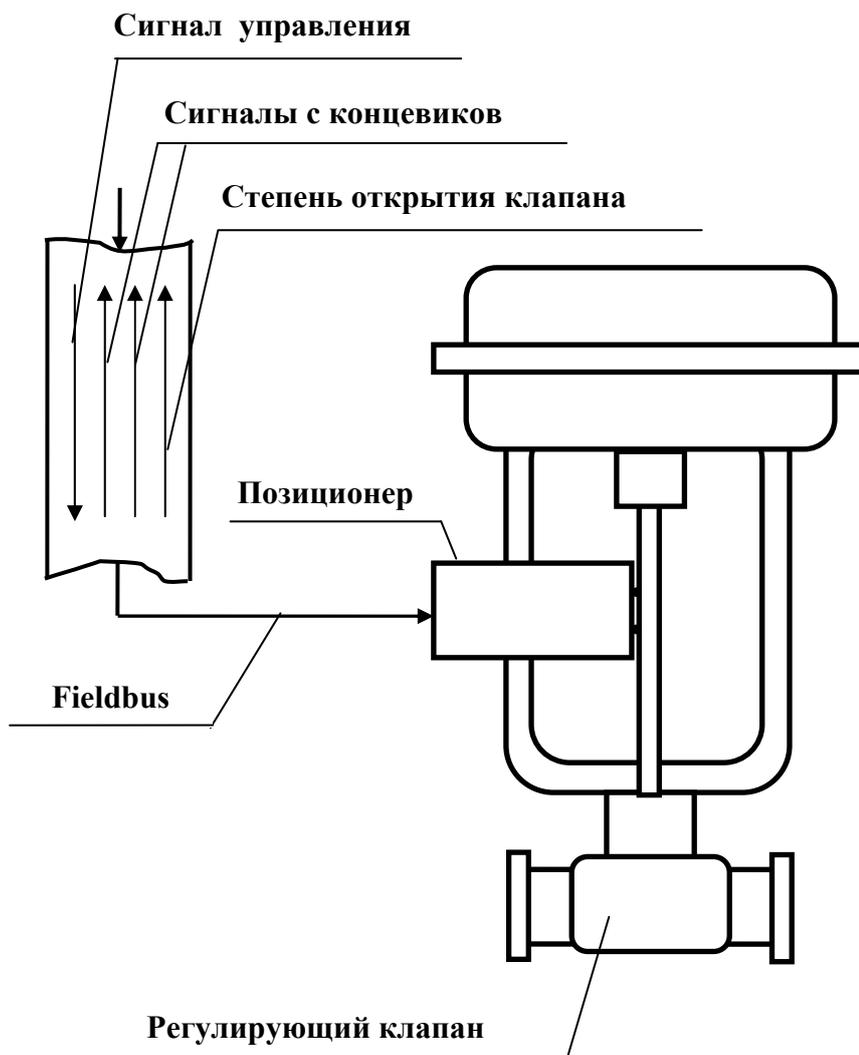


Рис. 10. Регулирующий клапан и исполнительный механизм с цифровым управлением по протоколу Fieldbus

пунктами контроля и управления, оперативным персоналом и технологическим объектом управления. Принятые при выполнении структурной схемы принципы организации оперативного управления технологическим объектом, состав и обозначения отдельных элементов структурной схемы должны сохраняться во всех проектных документах на АСУ ТП, в которых они конкретизируются и детализируются.

Размеры всех условных обозначений не регламентируются и выбираются по усмотрению исполнителя с соблюдением одинаковых размеров для однотипных изображений. В тексте и надписях не допускается сокращения слов, за

исключением общепринятых, а также установленных в соответствующих стандартах.

#### **2.4. Структурные схемы комплексов технических средств**

Структурные схемы комплексов технических средств (КТС) и средств автоматизации конкретизируют технические решения, принятые при разработке структурных схем измерения и управления.

На структурной схеме агрегатированные и модульные элементы комплекса технических средств и средств автоматизации изображают в виде прямоугольников с соответствующими надписями или с указанием в них условных обозначений. Расшифровка этих обозначений с указанием их функций производится в таблице, помещённой на чертеже схемы. Связи между элементами схемы изображаются линиями со стрелками, показывающими направление прохождения сигналов. Допускается отдельные элементы КТС АСУТП показывать в виде изображения реального устройства автоматизации (контроллер, ПЭВМ, датчик, регулирующий орган и т.д.)

Пример структурной схемы КТС АСУ ТП участка приготовления гипохлорита натрия представлен на рис. 11. При разработке данной схемы были приняты следующие проектные решения. На нижнем уровне системы управления применены датчики электрические с унифицированными токовыми выходными сигналами; пневматические регулирующие, регулирующие-отсечные и отсечные клапаны, работающие с электропневмопозиционерами и электропневмораспределителями; также применены шланговые и футерованные клапаны с электроприводом. Средний уровень представлен технологическим контроллером – МФК-1500, состоящим из процессорного модуля, модулей ввода-вывода и блока клавиатуры и индикации. Верхний уровень представляет собой станцию управления инженера-технолога, реализованную на базе персональной ЭВМ.

На рис. 12 представлена структура КТС АСУТП полимеризации этилена. Данная структура КТС относится к распределенным АСУ ТП. Распределенные АСУТП строятся на базе объектов, расположенных на различных, часто

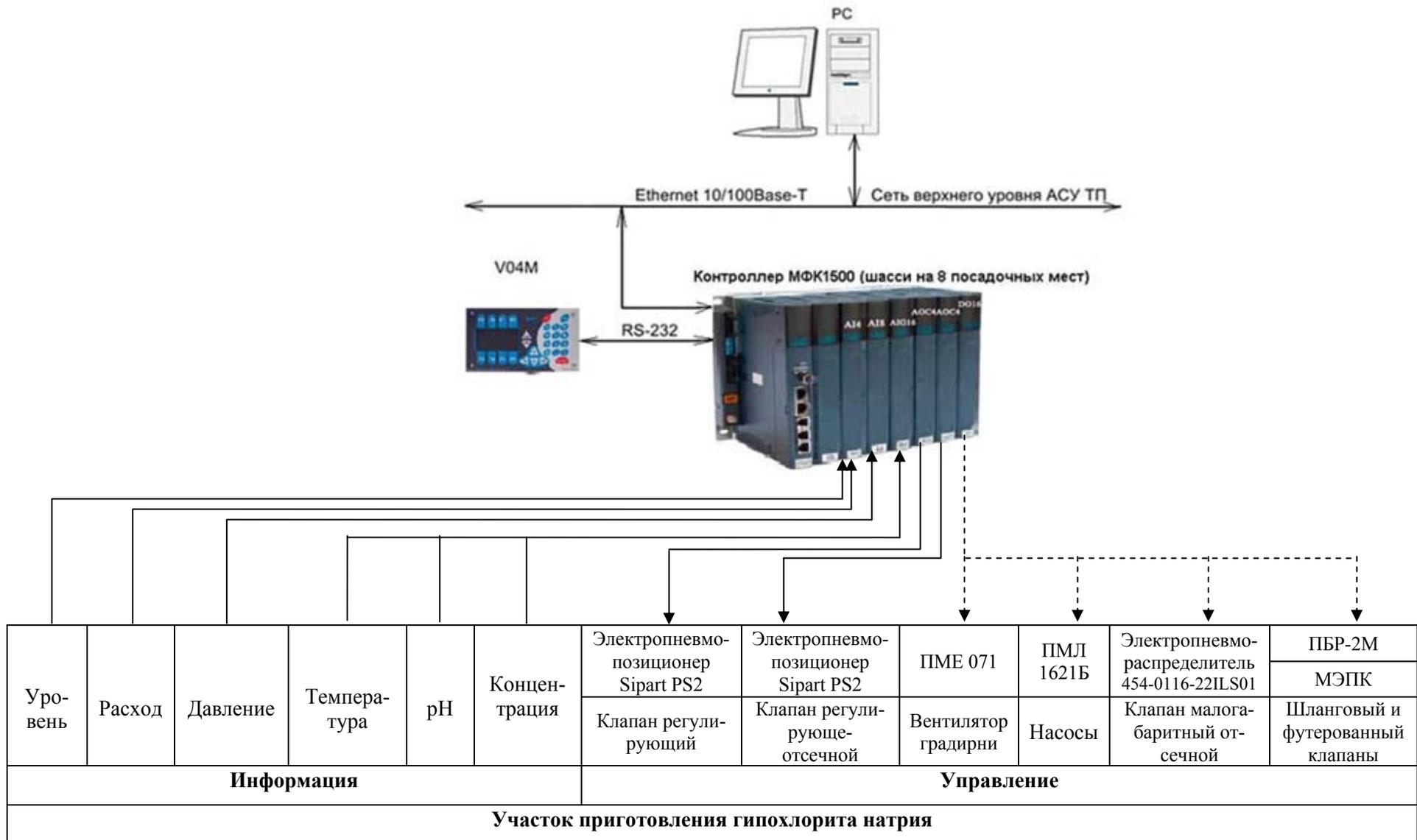


Рис. 11. Структура комплекса технических средств автоматизированной системы управления участка приготовления гипохлорита натрия

далеко расположенных, закрытых и открытых площадках. Эта особенность накладывает определенные структурные требования при проектировании распределенных АСУ ТП. А именно: приближение контроллерной техники к технологическому процессу; обеспечение высоконадежных каналов обмена технологической информацией между отдельными автоматизированными объектами и централизованной системой управления и контроля; распределенная система электропитания; обеспечение надежного контура заземлений на каждой отдельной площадке объекта автоматизации; защита контрольно-измерительных и информационных каналов от внешних воздействий; усиление передаваемых сигналов и т.д.

### **3. Разработка схемы автоматизации и рабочих чертежей**

#### **3.1. Схемы автоматизации**

Схемы автоматизации являются основным техническим документом, определяющим функционально-блочную структуру отдельных узлов автоматического контроля, управления и регулирования технологического процесса и оснащения объекта управления приборами и средствами автоматизации (в том числе средствами телемеханики и вычислительной техники).

При разработке схем автоматизации (ранее применялось название и сейчас оно используется достаточно широко - функциональные схемы автоматизации) необходимо решить следующие задачи:

- получение первичной информации о состоянии технологического процесса и оборудования;
- непосредственное воздействие на технологический процесс для управления им;
- стабилизация технологических параметров процесса;
- контроль и сигнализация (если это необходимо) технологических параметров процесса и состояния технологического оборудования.

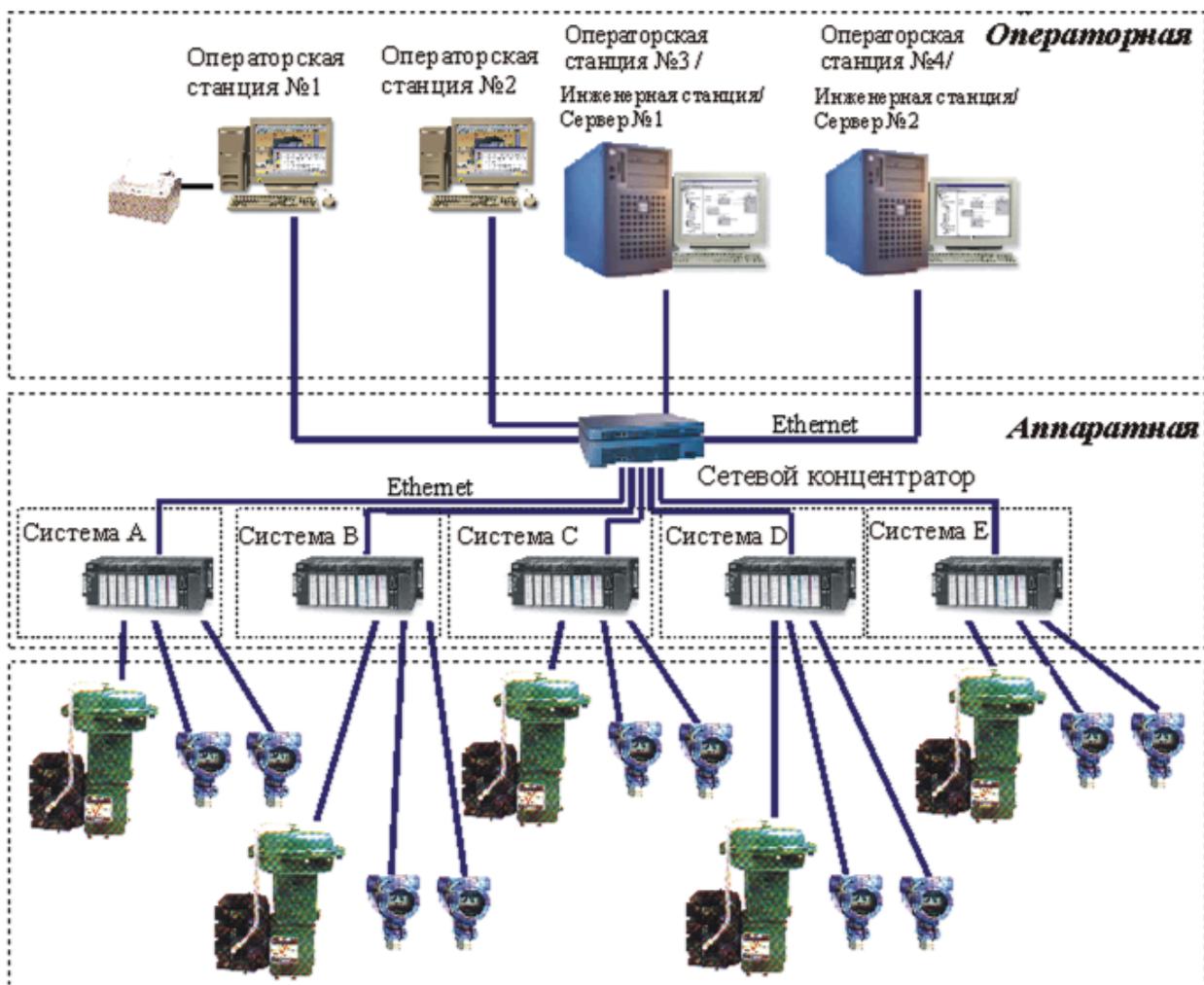


Рис. 12. Структура КТС АСУТП полимеризации этилена  
(разработчик ООО «ИНДАСОФТ» г.Москва)

Функциональные задачи автоматизации, как правило, реализуются с помощью технических средств, включающих в себя: отборные устройства, средства получения первичной информации, средства преобразования и переработки информации, средства представления и выдачи информации обслуживающему персоналу, комбинированные, комплектные и вспомогательные устройства.

Результатом составления схем автоматизации являются:

- 1) выбор методов измерения технологических параметров;

- 2) выбор основных технических средств автоматизации, наиболее полно отвечающих предъявляемым требованиям и условиям работы автоматизируемого объекта;
- 3) определение приводов исполнительных механизмов регулирующих, либо запорных органов технологического оборудования;
- 4) размещение средств автоматизации на щитах, пультах, технологическом оборудовании и трубопроводах и т. п. и определение способов представления информации о состоянии технологического оборудования.

Приборы, средства автоматизации, электрические устройства и элементы вычислительной техники на функциональных схемах автоматизации показываются в соответствии с ГОСТ 21.404-85 и отраслевыми нормативными документами.

При отсутствии в стандартах необходимых изображений разрешается применять нестандартные изображения, которые следует выполнять на основании характерных признаков изображаемых устройств.

Схемы автоматизации могут быть выполнены двумя способами:

- 1) развернуто с изображением МПК, щитов, пультов управления, при помощи условных прямоугольников (как правило, в нижней части чертежа), в пределах которого показываются устанавливаемые на них средства автоматизации;
- 2) упрощенно с изображением средств автоматизации на технологических схемах вблизи отборных и приемных устройств без построения прямоугольников, условно изображающих щиты, пульта и т.д.

Преимуществом первого способа является большая наглядность, в значительной степени облегчающая чтение схемы. Приборы, встраиваемые в технологические коммуникации, показывают в разрыве линии изображения трубопроводов; приборы, устанавливаемые на технологическом оборудовании показывают рядом. Остальные технические средства показывают условными графическими обозначениями в прямоугольниках в нижней части схемы. Прямоугольники, изображающие МПК, щиты, пульта располагают в такой

последовательности, чтобы обеспечивалась простота и ясность схемы и минимум пересечений линий связи. В каждом прямоугольнике с левой стороны дается его наименование (заголовок).

При втором способе достигается сокращение объема документации. При этом способе позиционные обозначения элементов схем в каждом контуре регулирования выполняются арабскими цифрами, а исполнительные механизмы обозначения не имеют.

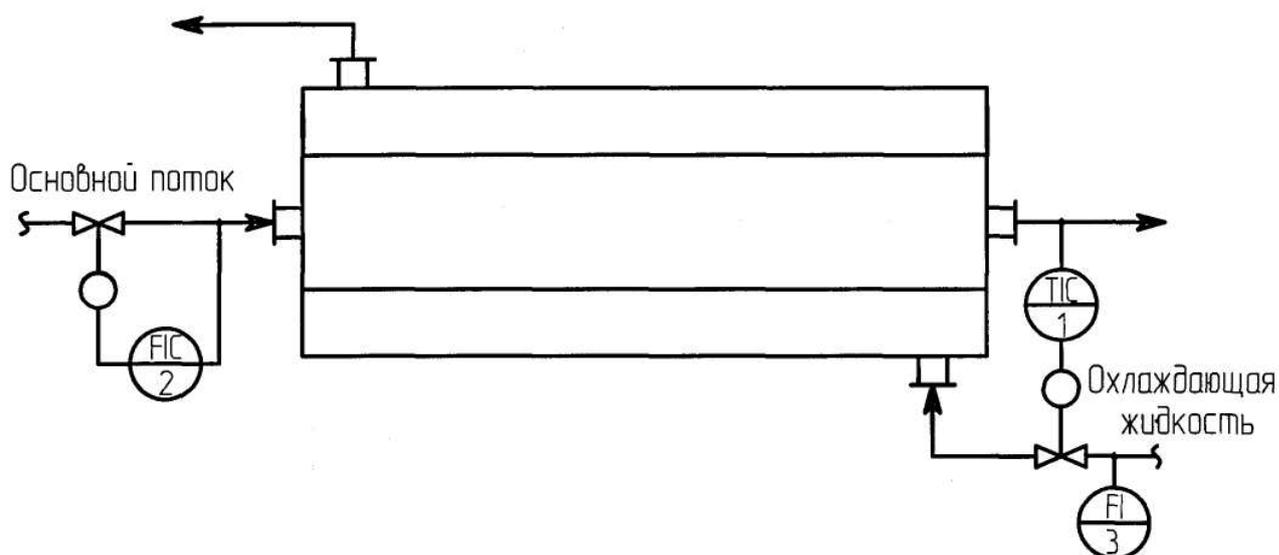
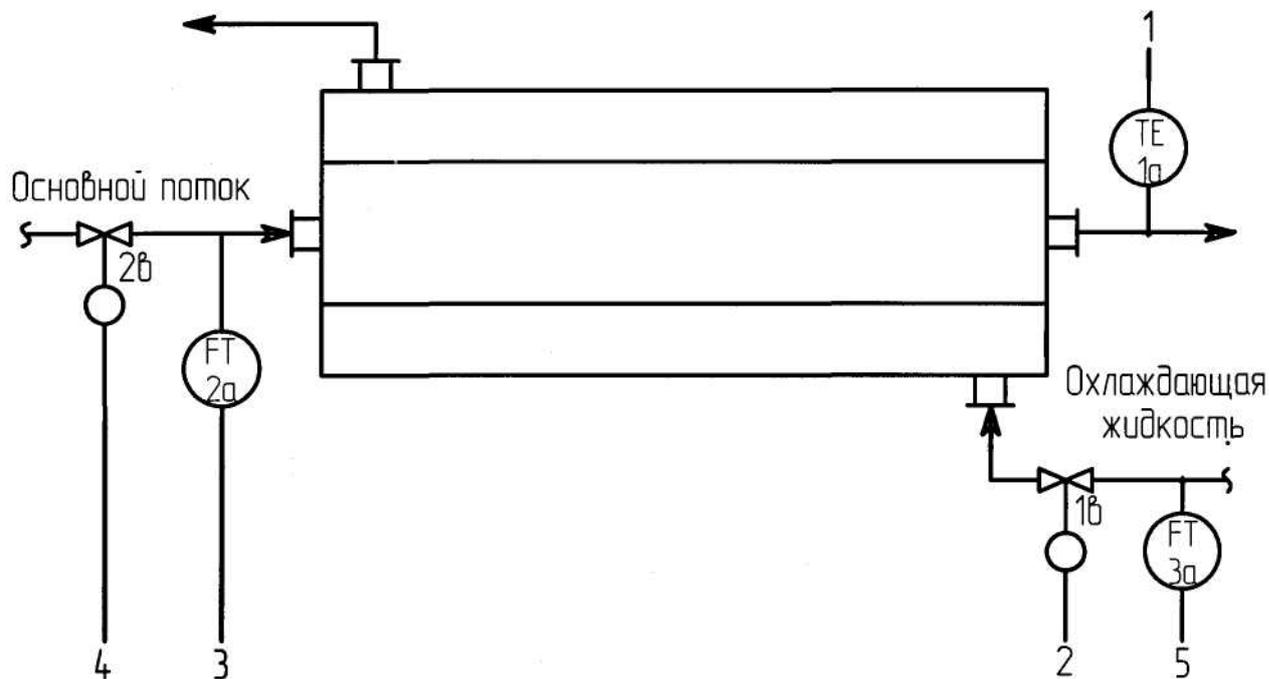


Рис. 13. Свернутая схема автоматизации теплообменника

### Составление спецификации на приборы и средства автоматизации

Спецификация на приборы и средства автоматизации выполняется по форме, представленной в табл. 3. Эта форма может быть рекомендована только для учебных работ.

В правой графе "Номер позиции" указывают позицию приборов и средств автоматизации по схеме автоматизации. В графе "Наименование и краткая характеристика" указывается название прибора, его технические характеристики и особенности. Например, датчик для измерения гидростатического давления (уровня). В графе "Тип прибора" указывается марка прибора, например, Метран-150-L. В графе "Примечание" при необходимости указывают "Поставляется в комплекте", "Разработка специального конструкторского бюро" или "Разработка ИГХТУ" и так далее.



		1	2	3	4	5
		$20 \pm 2^\circ\text{C}$		$2 \pm 0,03 \text{ м}^3/\text{ч}$		$1 \pm 1,4 \text{ м}^3/\text{ч}$
По месту			NS 1b		NS 2b	
МК "ТКМ-700"	аналоговый ввод					
	аналоговый вывод					
	дискретный ввод					
	дискретный вывод					
ПЭВМ	видеотерминал					
	печать					
	пульт управления					

Рис. 14. Развернутая схема автоматизации теплообменника

Приборы и средства автоматизации, указанные в спецификации, следует группировать по параметрам или по функциональному признаку.

### Спецификация на приборы и средства автоматизации

Номер позиции по схеме автоматизации	Наименование и краткая характеристика прибора	Тип прибора (марка)	Количество	Примечание

### Описание схемы автоматизации

Описание схемы автоматизации предполагает объяснения в сжатой форме, какие задачи по автоматизации данного технологического объекта были поставлены и каким образом решены. Подробное описание того, как проходит сигнал от точки измерения через функциональные блоки до места приложения управляющего воздействия (регулирующего органа), нужно сделать только для тех контуров, которые являются:

- наиболее ответственными;
- сложными, работа которых требует пояснения.

### 3.2. Принципиальные электрические схемы

Принципиальные схемы составляют на основании схем автоматизации, исходя из заданных алгоритмов функционирования отдельных узлов контроля, сигнализации, автоматического управления и общих технических требований, предъявляемых к автоматизированному объекту.

Разработка принципиальных электрических схем всегда содержит определенные элементы творчества и требует умелого применения электрических цепей и типовых функциональных узлов, оптимальной компоновки их в единую систему с учетом удовлетворения предъявляемых к схемам требований, а также возможного упрощения и минимизации схем. Схема должна обеспечивать высокую надежность, простоту и экономичность, четкость действий

при аварийных режимах, удобство оперативной работы, эксплуатации, четкость оформления.

Данная схема должна обеспечивать электроснабжение всех электроприемников (ПЛК-программно-логических контроллеров, ПЭВМ, датчиков, преобразователей, вторичных приборов, регулирующих устройств и т.д.)

Согласно ПУЭ (изд.7 от 08.07.2002г.) надежность электроснабжения приемников подразделяется на три категории. Электроприемники *первой категории* - электроприемники, электроснабжение которых может повлечь за собой опасность для жизни людей, материальный ущерб, расстройство сложного технологического процесса, брак продукции, нарушение функционирования особо важных элементов коммунального хозяйства. Электроприемники *второй категории* – электроприемники, перерыв в электроснабжении которых приводит к массовому недоотпуску продукции, простоям оборудования. *Третья категория* – все остальные электроприемники, не попадающие под определения первой и второй категорий. Электроприемники первой и второй категории должны иметь два независимых источника электроснабжения с автоматическим вводом резерва (АВР) в случае выхода из строя первого источника. АВР должен привести к бесперебойности электроснабжения схемы. Для объектов, отнесенных к третьей категории достаточно иметь один ввод. Если на объекте имеются потребители различных категорий, то для электропитания следует применять схему электроснабжения по высшей категории. Можно порекомендовать применение следующих модификаций АВР: УАВР-ЩАП12, УАВР-ЩАП23, УАВР-Я8301, УАВР-Я8302, SUE 3000, ASCO300, ASCO7000.

В зависимости от напряжения электроприемников применяются однофазные или трехфазные схемы электропитания. Если в проектируемом объекте отсутствуют электроприемники, требующие напряжения 380В, схема электропитания строится однофазной. Для питания приборов напряжением постоянного тока 24В или 36В применяются специальные блоки питания, либо понижающие трансформаторы с выпрямителями после них.

## **Графическое оформление принципиальных электрических схем**

Графические обозначения элементов схем устанавливаются группой стандартов «Обозначения условные графические в схемах»: ГОСТ 2.721-74 (обозначения общего применения) и рядом других ГОСТов. Общие правила выполнения схем определяются стандартами: ГОСТ 2.701-84 «Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению»; ГОСТ 2.702-75 «Правила выполнения электрических схем»; ГОСТ 2.708-81 «Правила выполнения электрических схем цифровой вычислительной техники».

В тех случаях, когда возникает необходимость в применении каких-либо графических изображений, не предусмотренных стандартами, допускается применять нестандартизованные графические обозначения, приводя при этом необходимые пояснения на схеме. Условные графические обозначения элементов, размеры которых в стандартах не установлены, изображаются на схемах в размерах, в которых они выполнены в соответствующих стандартах на условные графические обозначения.

Допускается все значения пропорционально уменьшать, однако при этом просвет между двумя соседними линиями условного графического обозначения должен быть не менее 1 мм. Размеры условных графических обозначений можно и увеличить, если это, например, необходимо для вписывания в них поясняющих знаков.

### **Обозначение цепей**

Обозначение участков цепей служит для их опознания и может также отражать их функциональное назначение в электрической схеме. Требования к обозначению цепей принципиальных электрических схем определены ГОСТ 2.709-72. Согласно этому стандарту все участки электрических цепей, разделенные контактами аппаратов, обмотками реле, приборов, машин, резисторами и другими элементами, должны иметь разное обозначение. Участки цепей, проходящие через разъемные, разборные или неразборные контактные соединения, должны иметь одинаковое обозначение.

Для обозначения участков цепей принципиальных электрических схем применяют арабские цифры и прописные буквы латинского алфавита. Цифры и буквы, входящие в обозначение, следует выполнять одним размером шрифта.

Чтение принципиальных схем и особенно эксплуатация электрических установок значительно упрощаются, если при разработке схемы производить обозначение цепей по функциональному признаку в зависимости от их назначения. Так, например, может быть рекомендовано для цепей управления, регулирования и измерения использовать группу чисел 1-399, для цепей сигнализации 400-799, для цепей питания 800-999. Вместо групп цифр функциональная принадлежность цепей принципиальной схемы может быть выражена и условно принятыми буквами.

Общие цепи питания переменным током маркируются буквами, обозначающими фазы (например А800, В801 и т.д.). Нулевой провод маркируется с добавлением буквы N.

Силовые цепи постоянного тока обозначаются: нечетными числами – участки цепей положительной полярности, четными – участки цепей отрицательной полярности.

Последовательность обозначений должна быть от ввода источника питания к потребителю, а разветвляющиеся участки обозначают сверху вниз в направлении слева направо.

На рис. 15 представлен пример принципиальной электрической схемы распределительной сети. Схема выполнена с применением АВР – А1, для питания датчиков с унифицированным токовым выходным сигналом применен блок питания для преобразования сетевого напряжения 220В в стабилизированное напряжение 24В – А2. Можно порекомендовать применение следующих модификаций блоков питания: Метран-602, Метран-604, Метран-608, Метран-602-Ех, БП КАРАТ-22, БП-96. Для защиты электропотребителей применены выключатели автоматические - QF, например ВА-47-29. Схема дополняется перечнем элементов принципиальной электрической схемы распределительной сети, где предусмотрено позиционное обозначение, наименование, краткая ха-

рактеристика и количество блоков питания датчиков с унифицированным выходным сигналом, блоков питания контроллера, выключателей автоматических и т.д. (табл. 4).

Таблица 4

Перечень элементов принципиальной электрической  
схемы распределительной сети

Позиционные обозначения	Наименование и краткая характеристика	Количество	Примечание

### 3.3. Принципиальные пневматические схемы

Принципиальные пневматические схемы составляют на основании функциональных схем автоматизации, исходя из заданных алгоритмов функционирования отдельных узлов контроля, сигнализации, автоматического регулирования и управления и общих технических требований, предъявляемых к автоматизированному объекту.

Принципиальные схемы пневмопитания выполняются, если в системе управления присутствуют пневматические приборы и средства автоматизации. В последнее время пневматические приборы и средства автоматизации вытесняются электроавтоматикой, но регулирующие органы с пневмоприводом не сдают своих позиций и по-прежнему широко выпускаются как отечественной, так и зарубежной промышленностью.

На рис. 16 дан пример выполнения принципиальной схемы пневмопитания, где запитаны три пневмоприемника: электропневмопозиционеры SIPART PS2.

Форма выполнения принципиальных пневматических схем должна способствовать облегчению процесса их чтения, усвоения и анализа. Принципиальные пневматические схемы выполняются без учета масштаба.

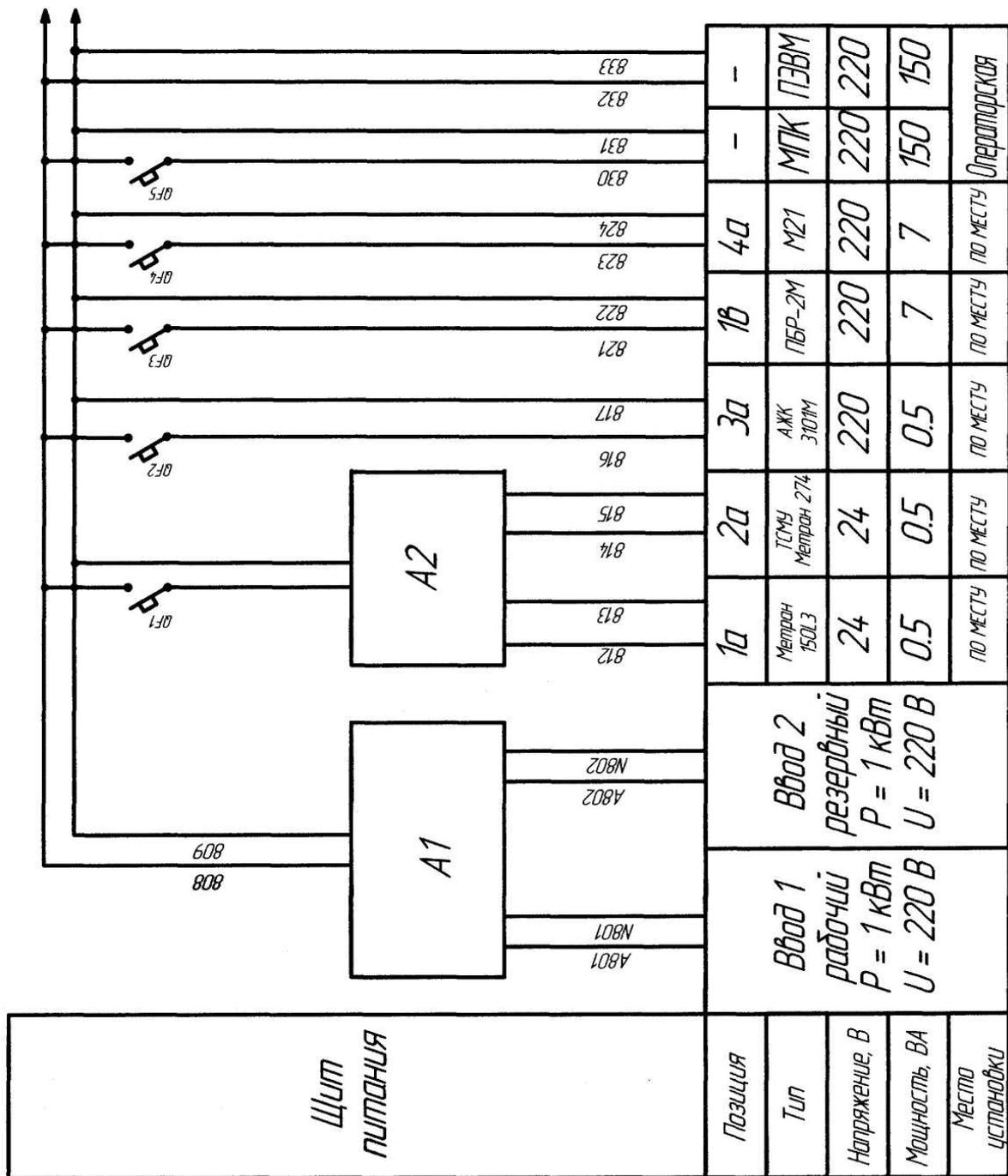


Рис. 15. Пример принципиальной схемы электропитания

На принципиальных пневматических схемах питания, аппаратуру и трубопроводы рекомендуется изображать обозначениями в соответствии со следующими ГОСТами: фильтр воздуха – ГОСТ 2.780-68; редуктор давления воздуха – ГОСТ 2.785-70; вентиль запорный (кран проходной) – ГОСТ 2.785-70; кран трехходовой – ГОСТ 2.785-70; манометр контрольный – ГОСТ 21.404-85; трубопровод сжатого воздуха – ГОСТ 2.784-70, исполнительные механизмы и регулирующие органы – ГОСТ 21.404-85.

Трубные линии связи на принципиальных пневматических схемах показываются сплошной основной линией, а встречающиеся в некоторых схемах электрические цепи – штрихпунктирной. Маркируются трубные линии связи на принципиальных пневматических схемах цифрами по порядку. Все номера, присвоенные пневматическим линиям связи в принципиальных схемах, сохраняются во всех остальных схемах проекта.

В разрабатываемых принципиальных пневматических схемах могут применяться следующие сокращенные позиционные обозначения приборов и средств пневмоавтоматики: Р–регулятор (в схемах питания - редуктор); РС – регулятор соотношения; РО – регулирующий орган; ВИП – вторичный измерительный прибор; Д – датчик; ИУ – измерительное устройство; М – манометр; РЗ – ручной задатчик; П – позиционер; Ф – фильтр (в схемах питания); В – вентиль (в схемах питания) и т.д. Во второй части позиционного обозначения обычно указывается порядковый номер элемента в пределах элементов данного вида, например: Ф2 и т.д. Все поименованные элементы схемы (редукторы, фильтры, манометры, вентили и т.д.) должны быть внесены в перечень аппаратуры пневмопитания (табл.5). В перечне должно быть дано обозначение элемента схемы, его наименование и техническая характеристика, тип, количество. В примечании обычно указывается комплектность поставки. Воздуховоды на принципиальной пневматической схеме питания позиционного обозначения или маркировки не имеют. Однако на всех коллекторах и воздухопроводах от источника питания до последнего запорного органа на ответвлениях к пневмоприемникам должен быть указан размер условного прохода трубопровода.

## Перечень аппаратуры пневмопитания

Обозначение	Наименование, техническая характеристика	Тип	Количество	Примечание

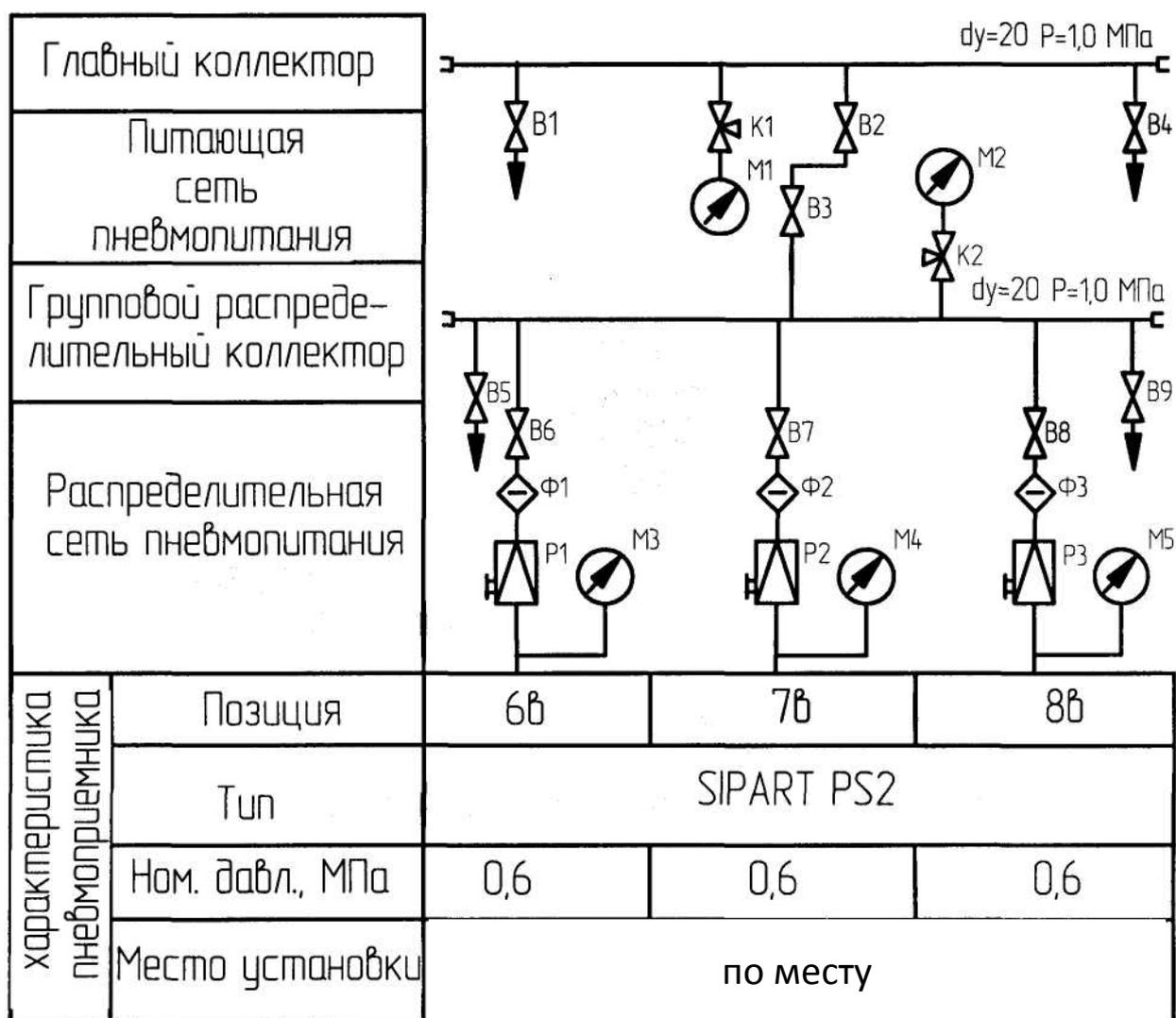


Рис. 16. Пример принципиальной схемы пневмопитания

## 3.4. Схемы соединений внешних проводов

Схема соединений внешних проводов – это комбинированная схема, на которой показаны электрические и трубные связи между приборами и средствами автоматизации, установленными на технологическом оборудовании, вне щитов и на щитах, а также подключения проводов к приборам и щитам.

Схемы соединений внешних проводок выполняют на основании следующих материалов:

- схем автоматизации технологических процессов;
- принципиальных электрических и пневматических схем автоматизации;
- эксплуатационной документации на приборы и средства автоматизации, примененные в проекте;
- чертежей расположения технологического, сантехнического, энергетического и др. оборудования и трубопроводов с отборными и приемными устройствами, а также строительных чертежей со всеми необходимыми для прокладки внешних проводок закладными и приварными конструкциями, туннелями, каналами, проемами и т. д.

Схемы соединений внешних проводок в общем случае должны содержать: первичные приборы; щиты; пульты; стивы; внешитовые приборы; групповые установки приборов; внешние электрические и трубные проводки; защитное зануление систем автоматизации; технические требования; перечень элементов.

Первичные приборы и исполнительные устройства изображаются вверху под таблицей с поясняющими надписями (или в зеркальном изображении внизу над таблицей поясняющих надписей). Щиты, пульты, стивы, МПК изображают в виде прямоугольников в средней части чертежа (при расположении таблицы с поясняющими надписями сверху и снизу поля чертежа) или в нижней части поля чертежа (при расположении таблицы только сверху). Внутри прямоугольника указывается наименование щита, пульта, стива, МПК. Размеры прямоугольников произвольные, достаточные для размещения на них информации.

Выбор приводов и кабелей, способа выполнения электропроводок, выбор труб производят в соответствии с указаниями «Проектирование электрических и трубных проводок систем автоматизации». Электрические соединительные коробки изображают в виде прямоугольника, внутри которого размещают сборки зажимов с необходимой нумерацией и показывают подключение к ним

жил кабелей (проводов) с соответствующей маркировкой. Около графических обозначений соединительных и протяжных коробок указывают их обозначения и порядковый номер. Кроме того, для каждой проводки приводят ее техническую характеристику: для проводов – марку, сечение, расцветку (при необходимости), а также длину; для кабелей – марку, количество и сечение жил и при необходимости количество занятых жил, которое указывают в прямоугольнике, справа от обозначения данного кабеля; для металлорукава – тип и длину; для трубы – диаметр, толщину стенки и длину.

Схема дополняется перечнем элементов схемы соединения внешних проводок (табл.6). В перечне должны быть указаны в следующей последовательности: кабельная продукция, провода, трубопроводы, соединительные и протяжные коробки, запорная арматура. Для всех элементов должно быть приведено позиционное обозначение в соответствии со схемой; наименование и краткая характеристика, количество, либо метраж (если речь идет о кабельной продукции, проводах и т.д.). На рис.17 приведен пример схемы соединения внешних проводок с применением регулирующих органов с электроприводом МЭПК 6300, работающих в комплекте с пускателями ПБР-2М. На рис.18 приведен пример схемы соединения внешних проводок с применением регулирующего органа с пневмоприводом, работающих в комплекте с электропневмопозиционером ЭПП-300.

Таблица 6

Перечень элементов схемы соединения внешних проводок

Позиционное обозначение	Наименование и краткая характеристика	Кол-во	Прим.
	Кабель контрольный с медными жилами, изоляция - ПВХ пластикат марки ППИ 30/30; наполнитель - ПВХ пластикат марки ППВ 28; оболочка - ПВХ пластикат марки ППО 30/35		
1-4,6-9	КВВГ-нг-LS 4 × 1,0	251 м	
5	КВВГ-нг-LS 10× 1,5	31м	
КС №1	Коробка соединительная клеммная КСК-8	1	

Наименование параметра	Расход		Давление	
	Жидкость	Природный газ	Дымовые газы	Природный газ
Место отбора изм. импульса	Линия подачи жидкости	Линия подачи природного газа	Линия отбора дымовых газов	Линия подачи природного газа
Позиция	1а	3а	5а	7а

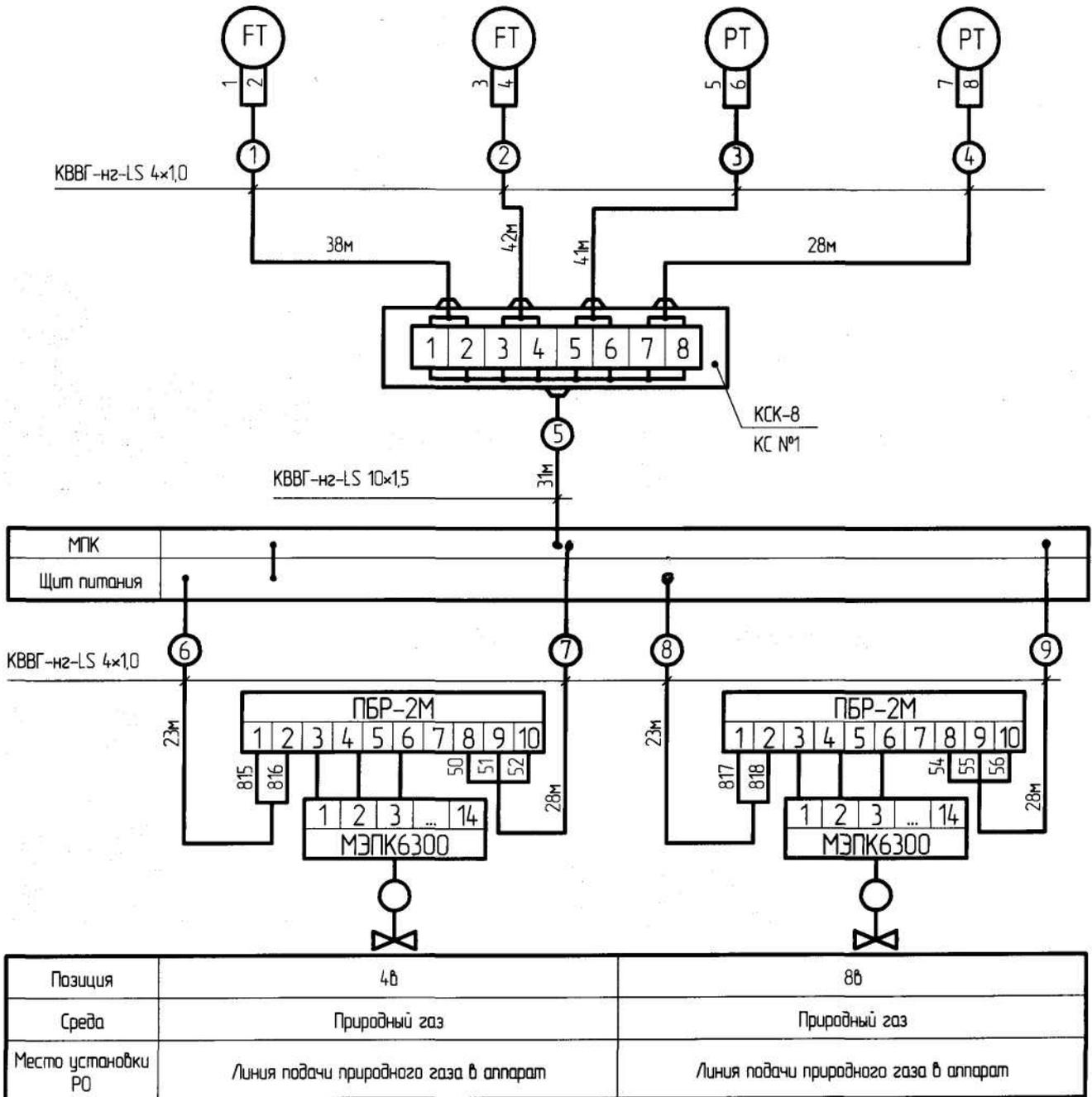


Рис. 17. Схема соединений внешних проводок (регулирующие органы с электроприводом)

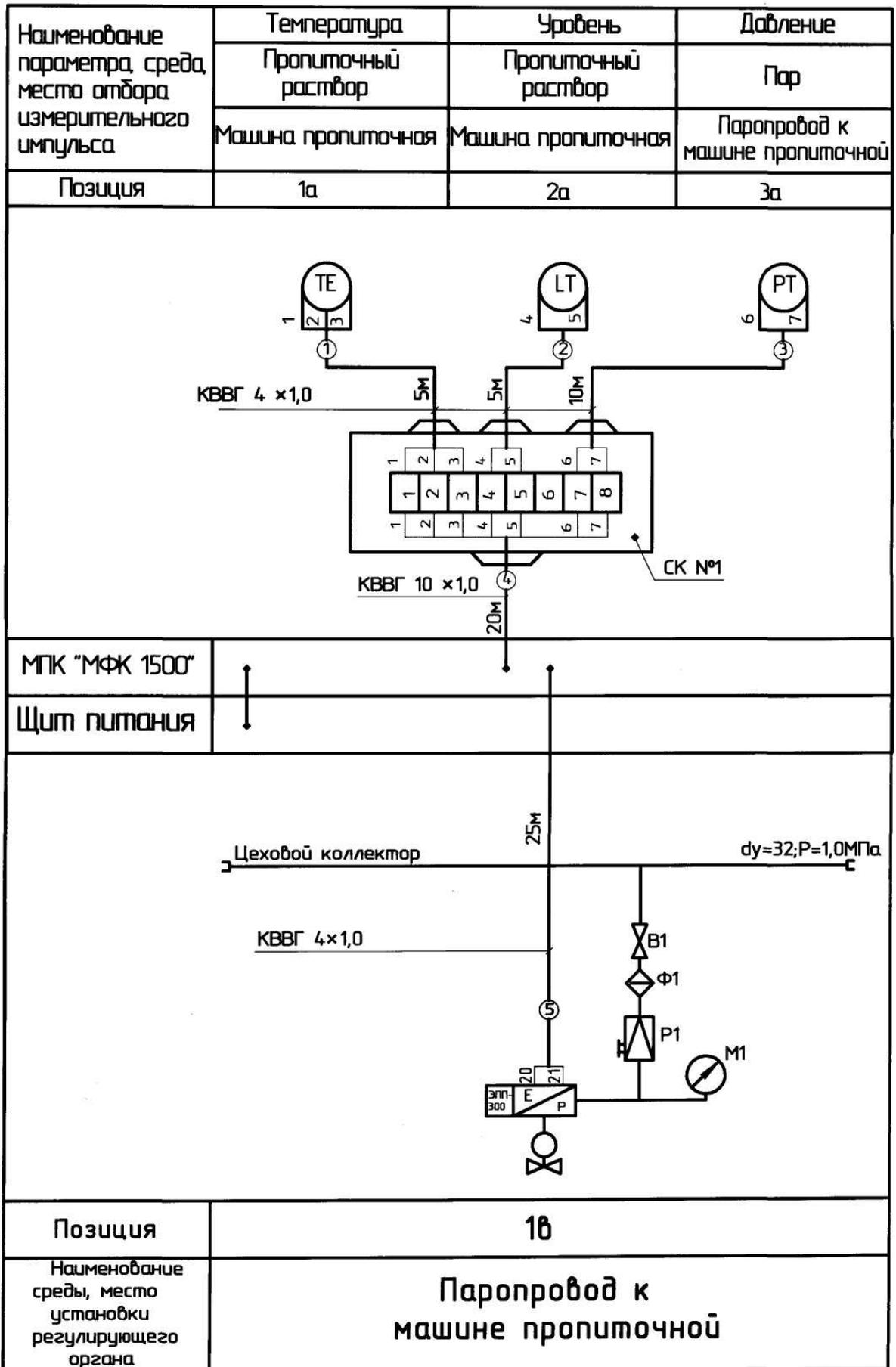


Рис. 18. Схема соединений внешних проводов (регулирующий орган с пневмоприводом)

## 4. Практические занятия по курсу ПАС

**Занятие № 1.** *Исследование аппарата (технологического процесса) как объекта автоматизации.*

По индивидуальной схеме аппарата (варианты задания смотри ниже) необходимо кратко описать технологический процесс; классифицировать переменные; выделить каналы возмущения и каналы управления, обосновать их выбор. Составить в виде таблицы перечень контролируемых и регулируемых параметров.

**Занятие № 2.** *Выбор комплекса технических средств системы управления.*

Обосновать выбор комплекса технических средств – КТС для локальной схемы автоматизации и схемы автоматизации с применением МПК – микропроцессорного контроллера. Разработать структурные схемы КТС АСУТП.

**Занятие № 3.** *Разработка схем автоматизации.*

Разработать и оформить схемы автоматизации (локальная схема автоматизации и схема автоматизации с применением МПК). Составить спецификации на приборы и средства автоматизации.

**Занятие № 4.** *Разработка принципиальной пневматической схемы питания приборов и средств автоматизации.*

Разработать и оформить принципиальную пневматическую схему питания приборов и средств автоматизации (при наличии пневмоприемников), составить перечень элементов схемы пневмопитания (по схеме автоматизации с применением МПК).

**Занятие № 5.** *Разработка принципиальной электрической схемы питания приборов и средств автоматизации.*

Разработать и оформить принципиальную электрическую схему питания приборов и средств автоматизации, составить перечень элементов схем (по схеме автоматизации с применением МПК).

### **Занятие № 6. Разработка схемы соединений внешних проводок.**

Разработать и оформить схему соединений внешних проводок, составить перечень элементов схемы соединений внешних проводок (по схеме автоматизации с применением МПК).

## **4.1. Задания к практическим занятиям**

### **Задание № 1**

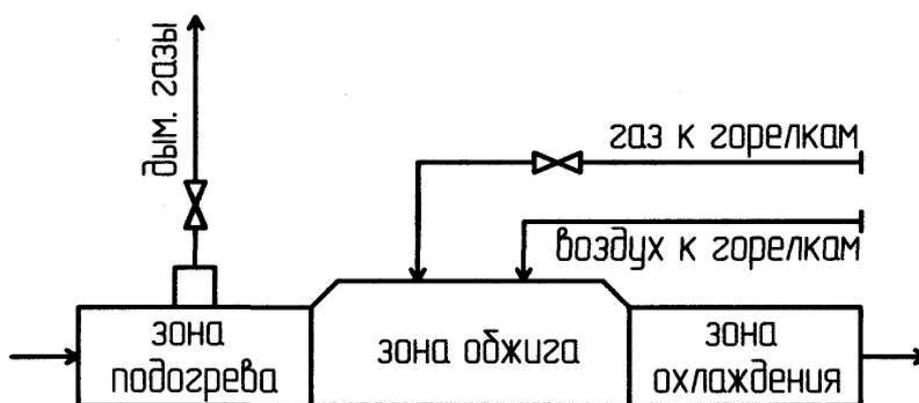


Рис. 19. Печь обжига

Туннельная печь предназначена для обжига красного кирпича. Кирпич последовательно проходит три зоны: зону подогрева, зону обжига, зону охлаждения. В зоне обжига расположены горелочные устройства

*Предусмотреть:* регулирование давления дымовых газов на выходе печи  $60 \div 100$  Па; контроль и сигнализацию содержания СО (меньше 0,1 об.%) в дымовых газах; контроль и сигнализацию содержания кислорода (меньше 4 об.%) в дымовых газах; при содержании кислорода в дымовых газах больше 4 об.% предусмотреть отсечку подачи природного газа на печь.

### Задание № 2

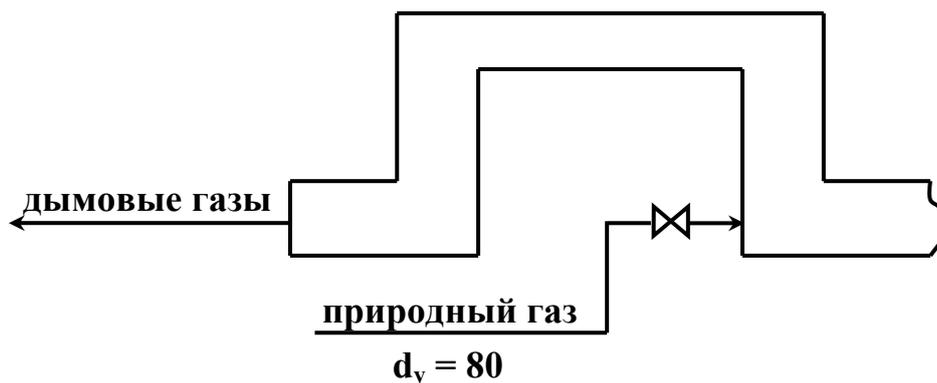


Рис. 20. Печь первичного риформинга

Предусмотреть: регулирование расхода природного газа на печь  $40000 \pm 30 \text{ м}^3/\text{ч}$ ; контроль и сигнализацию температуры дымовых газов на выходе печи  $200 \div 260 \text{ }^\circ\text{C}$ ; блокировку подачи природного газа на печь при падении давления (менее  $0,14 \text{ МПа}$ ) в линии подачи природного газа. Условия считать пожаровзрывоопасными.

### Задание № 3

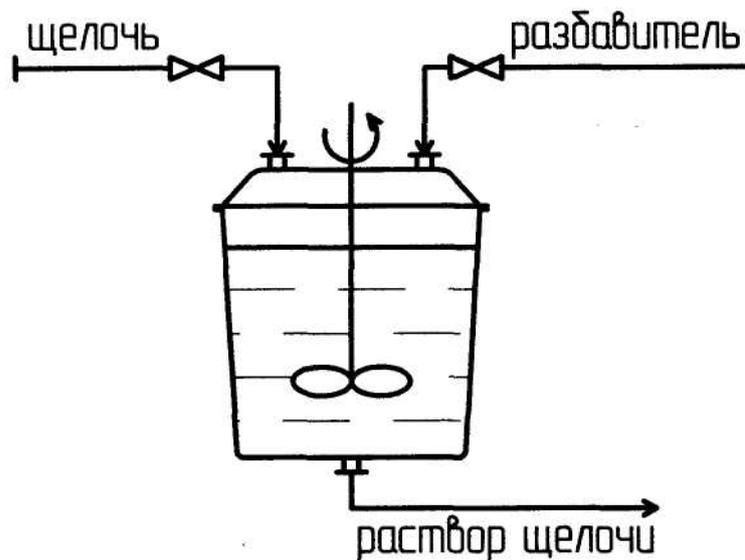


Рис. 21. Смеситель

Смеситель представляет собой емкостной аппарат с мешалкой, работающий по непрерывной схеме. Цель работы смесителя - получение раствора щелочи заданной концентрации.

*Предусмотреть:* регулирование концентрации щелочи (NaOH) на выходе смесителя; стабилизацию расхода щелочи на смеситель  $0,5 \pm 0,02$  л/мин; регулирование уровня в смесителе  $1,2 \pm 0,06$  м, при падении давления на линии подачи щелочи менее  $0,15$  МПа предусмотреть отсечку подачи щелочи.

#### Задание № 4

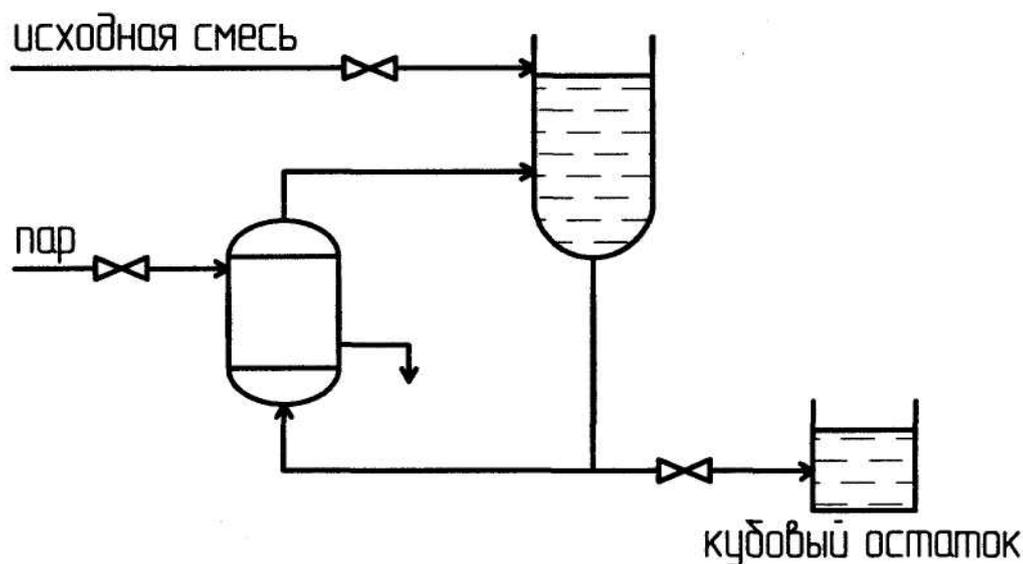


Рис. 22. Низ ректификационной колонны

Ректификационная колонна – аппарат для разделения жидких смесей, составляющие которых имеют различную температуру кипения. Конечными продуктами ректификационной колонны является дистиллят, выходящий из верхней части колонны и кубовый остаток (менее летучий компонент), отбираемый из нижней части колонны.

*Предусмотреть:* регулирование температуры в кубе колонны  $80 \pm 4^\circ\text{C}$ ; регулирование уровня в кубе колонны  $400 \pm 40$  мм; регулирование расхода исходной смеси на аппарат  $20 \pm 1$  л/мин; при падении давления пара на паропроводе (менее  $0,3$  МПа), предусмотреть отсечку подачи исходной смеси на колонну. Условия считать пожаровзрывоопасными.

### Задание № 5

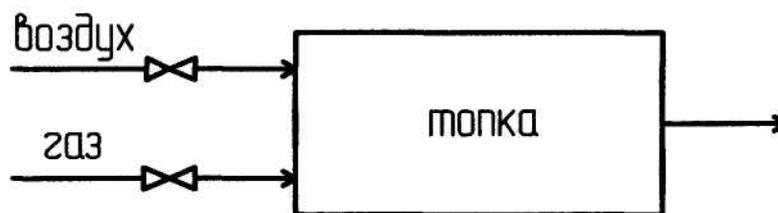


Рис. 23. Топка

В топку на горение (одна горелка) подается природный газ. Для оптимального ведения процесса горения необходимо поддерживать нужное соотношение топливо: воздух.

*Предусмотреть:* регулирование температуры в топке  $800 \pm 10^\circ\text{C}$ ; регулирование соотношения газ-воздух на горение 1:3; измерение текущего и суммарного расхода газа на горение; при погасании пламени горелки предусмотреть отсечку подачи газа на топку. Условия считать пожаровзрывоопасными.

### Задание № 6

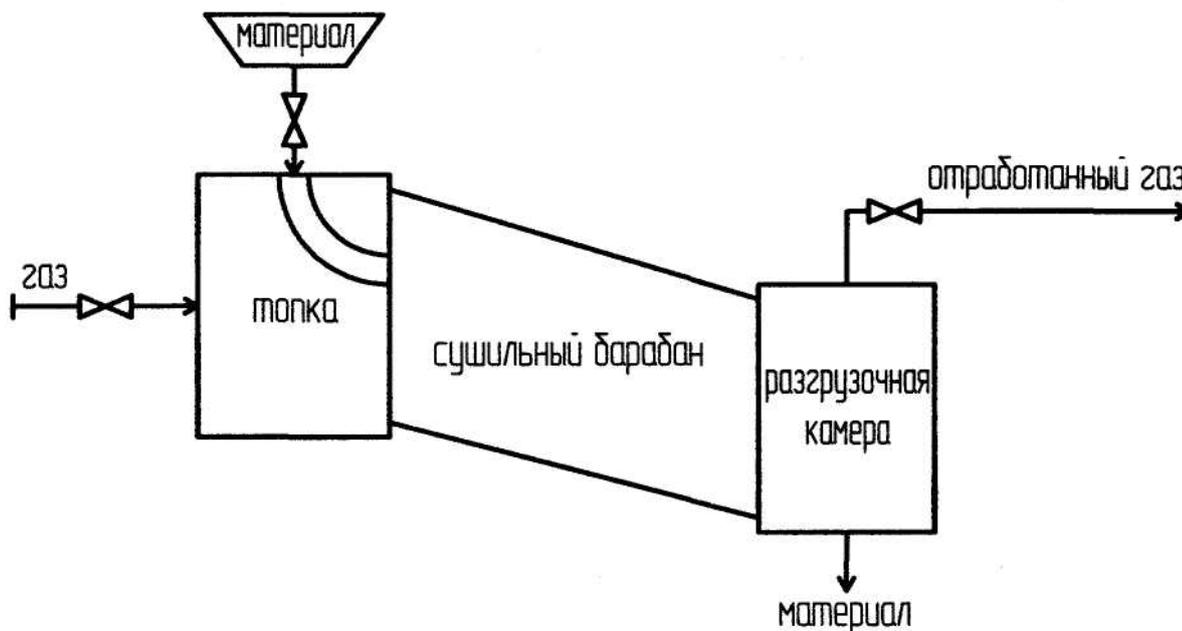


Рис. 24. Сушильный барабан

Сушильный барабан предназначен для сушки материала (например, глины) до заданной влажности. Для установленного теплового режима и влажности материала загрузку поддерживают максимально возможной.

*Предусмотреть:* регулирование температуры в топке  $1100 \pm 40$  °С; регулирование влажности высушенного материала  $40 \pm 2$  % за счет управления шибером на линии подачи материала в сушильный барабан с коррекцией по температуре  $120-130$  °С в начале сушильного барабана; при отсутствии разрежения в линии отвода отработанных газов  $100 \pm 20$  Па предусмотреть отсечку подачи газа к топке сушильного барабана.

### Задание № 7

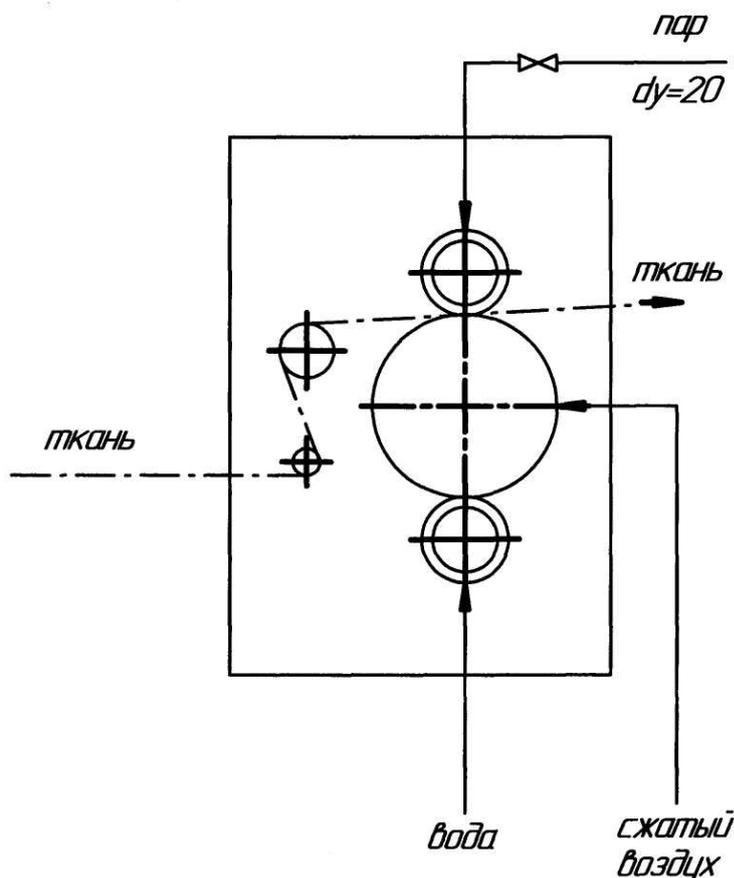


Рис. 25. Отделочный каландр

Каландр предназначен для гладкой и серебристой отделок хлопчатобумажных, вязких, штапельных и смесовых тканей. Ткань подается в жало валов каландра, образованное верхним обогреваемым металлическим и эластич-

ным наборным валами. Эффект каландрирования достигается в жале валов с воздействием на ткань давления, создаваемого системой прижима валов, и температуры обогреваемого металлического вала. Нижний охлаждаемый металлический вал обеспечивает равномерную нагрузку в жале валов, охлаждение и прикатку наборного вала во время работы. Оба металлических вала каландра (верхний и нижний) малопрогибные с двойной рубашкой, что позволяет вести обработку ткани при повышенных нагрузках. Верхний металлический вал обогревается паром высокого давления, что позволяет получить рабочую температуру до 210 °С с высокой равномерностью по длине вала. Источником тепловой энергии для обогрева металлического вала является электропарогенератор. Нижний металлический вал охлаждается водой, что позволяет предотвратить перегрев эластичного вала. На каландре предусмотрен развод валов при прохождении швов и в момент останова. Это позволяет обезопасить наборный вал от повреждений и прижогов при останове.

*Предусмотреть:* регулирование температуры поверхности обогреваемого вала  $200 \pm 2$  °С; контроль и сигнализацию давления сжатого воздуха, подводимого к каландру, не менее 0,5 МПа; контроль и сигнализацию давления охлаждающей воды не менее 1,2 МПа; при падении давления на паропроводе (менее 0,5 МПа) предусмотреть останов линии.

### **Задание № 8**

Никелирование – самый популярный гальванотехнический процесс, придающий изделию не только привлекательный вид, но и механическую и коррозионную стойкость.

*Предусмотреть:* регулирование уровня в ванне  $1\ 500 \pm 20$  мм; регулирование температуры в ванне  $160 \pm 5$  °С; контролирование и суммирование расхода теплоносителя, подаваемого в змеевик ванны; блокировку подачи исходного раствора при падении давления на линии подачи теплоносителя (ниже 0,2 МПа).

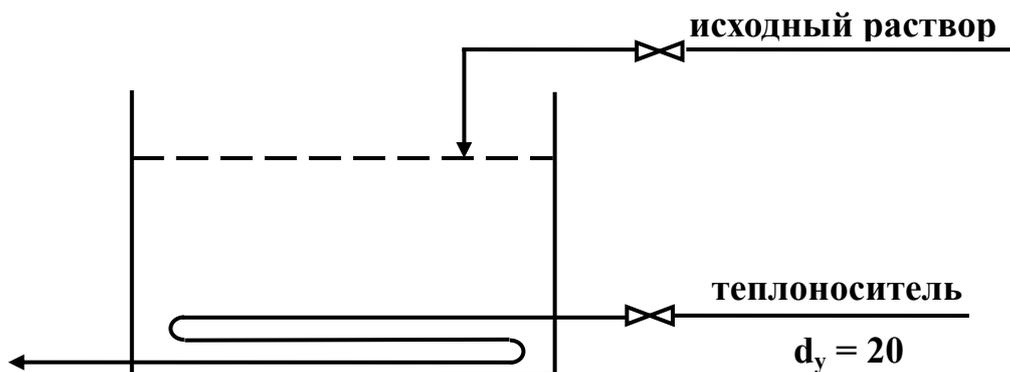


Рис. 26. Технологическая схема ванны никелирования

### Задание № 9

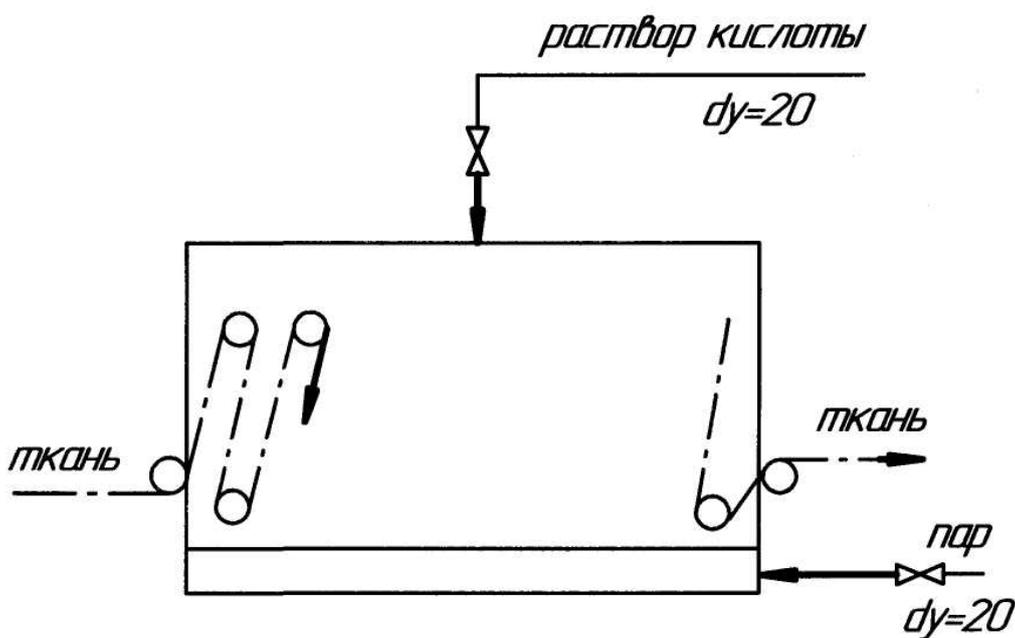


Рис. 27. Кисловочная ванна

Кисловочная ванна – одна из основных машин линии отварки и беления ткани. Она предназначена для кислотки ткани, а именно для удаления с ткани пятен после отварки и нейтрализации остатков щелочи. Кисловка проводится раствором технической серной кислоты. Ванна оборудована двойным дном для подогрева раствора глухим паром.

*Предусмотреть:* регулирование температуры раствора  $45 \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$ ; регулирование уровня кислотного раствора  $1 \pm 0,1 \text{ м}$ ; контроль концентрации  $\text{H}_2\text{SO}_4$  в ванне  $2,7 \pm 0,15 \text{ г/л}$ ; при обрыве ткани предусмотреть отсечку подачи кислотного раствора.

### Задание № 10

Термофиксационная камера предназначена для фиксации красителя на волокне с помощью горячего воздуха температурой  $160 \div 180^\circ\text{C}$ . Нагрев воздуха осуществляется паровым калорифером и ТЭНом (теплоэлектронагреватель). Для управления ТЭНом можно использовать регулятор напряжения.

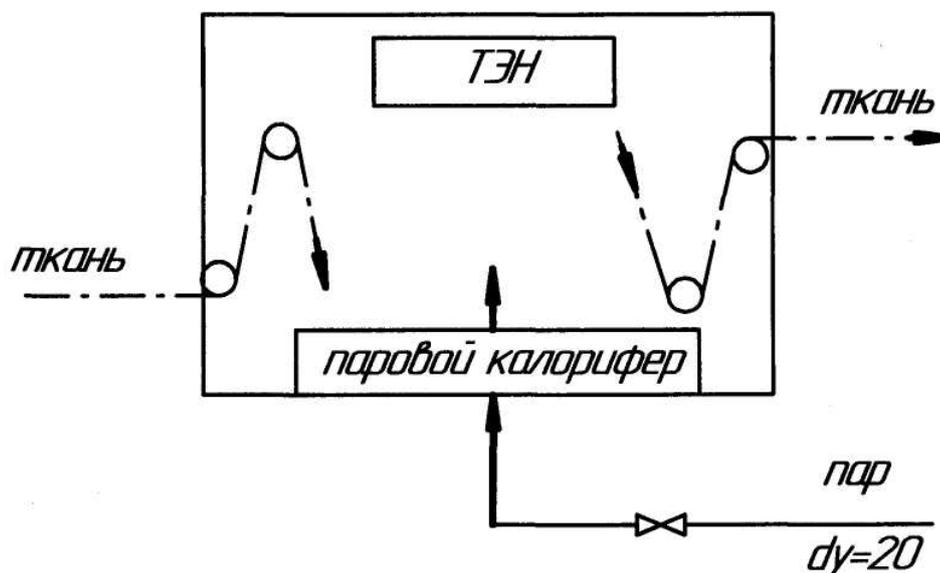


Рис. 28. Термофиксационная камера

*Предусмотреть:* регулирование температуры в камере  $170 \pm 5^\circ\text{C}$  за счет управления ТЭНом; регулирование давления пара перед калорифером  $0,5 \pm 0,05 \text{ МПа}$ , контроль метража ткани на выходе; контроль давления на паропроводе – не менее  $0,5 \text{ МПа}$ .

## Задание № 11

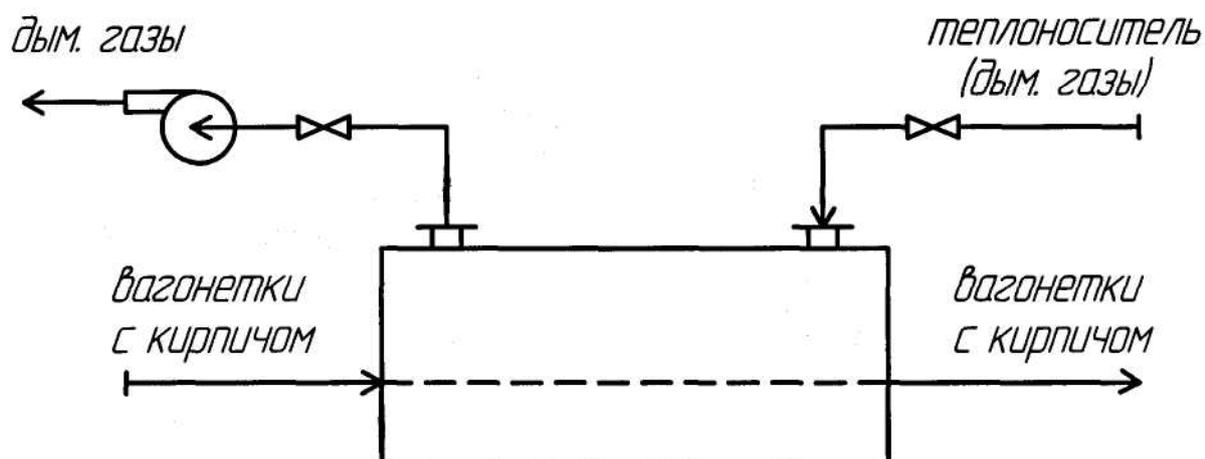


Рис. 29. Туннельная сушилка

Туннельная сушилка предназначена для сушки кирпича. В сушилке расположен рельсовый путь для передвижения вагонеток с кирпичом. Вагонетки перемещаются в туннеле в направлении, противоположном направлению движения теплоносителя.

Теплоносителем является нагретый сухой воздух (например, дымовые газы). По мере продвижения вагонеток влажный кирпич встречает теплоноситель с более высокой температурой и меньшей влажностью.

*Предусмотреть:* контроль и сигнализация температуры теплоносителя к сушилке  $110 \div 120^{\circ}\text{C}$ ; контроль температуры отработанного теплоносителя  $20 \div 35^{\circ}\text{C}$ ; регулирование расхода теплоносителя на сушилку  $6500 \pm 200 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

## Задание № 12

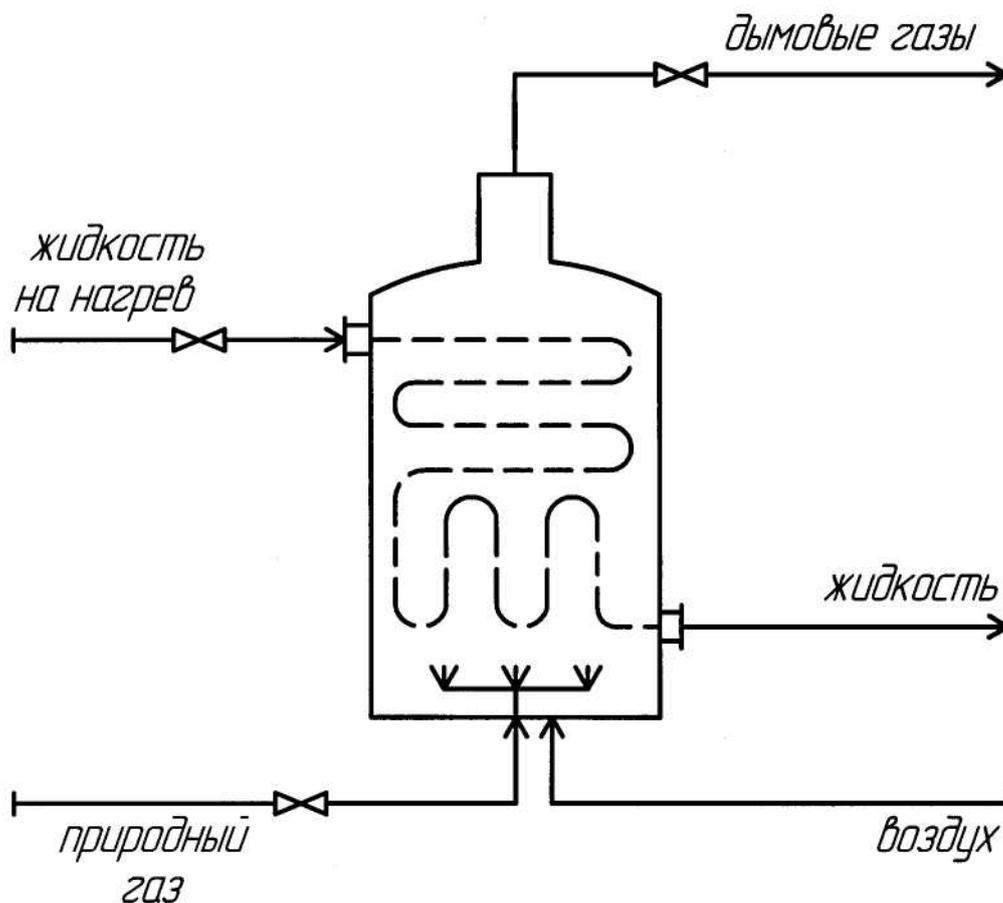


Рис. 30. Печь

Данная печь предназначена для подогрева жидкости, представляет собой цилиндрический аппарат, внутри которого смонтирован змеевик. Печь оснащена 3 газовыми горелками, разделена на две зоны: радиантную (нагрев жидкости осуществляется за счет лучистой энергии сжигаемого топлива и радиации разогретых стен печи) и конвективную (нагрев осуществляется за счет отходящих дымовых газов).

*Предусмотреть:* регулирование температуры жидкости на выходе печи  $140 \pm 7^\circ\text{C}$ ; при погасании пламени хотя бы одной горелки предусмотреть отсечку подачи природного газа на печь; контроль и сигнализацию давления в верхней части печи (на выходе дымовых газов) 0,6-3,0мм вод. ст. При выборе средств автоматизации учесть, что производство пожаровзрывоопасное.

### Задание № 13

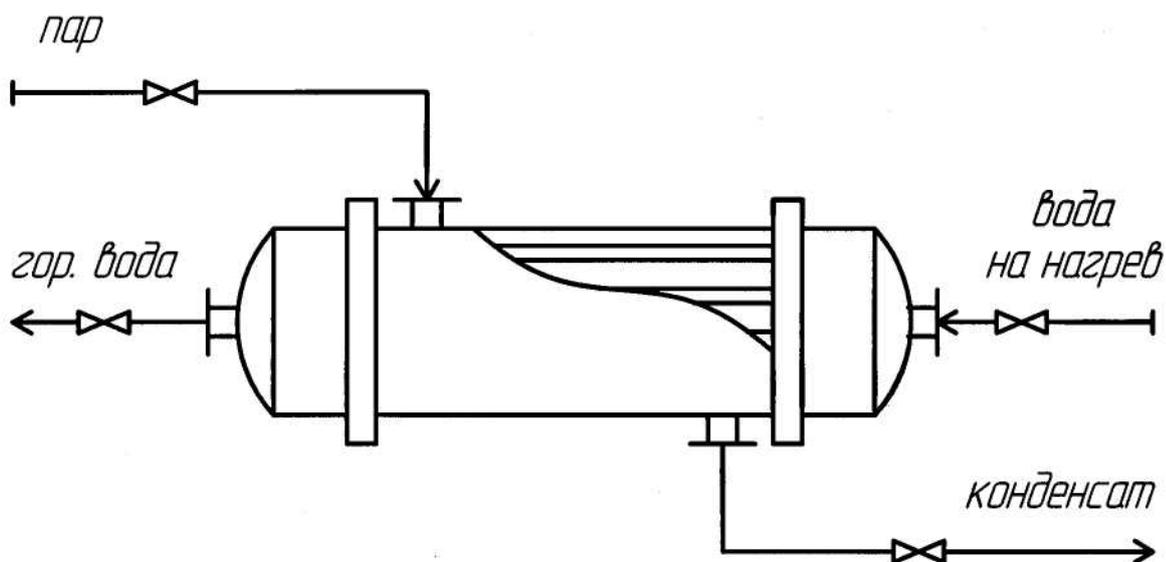


Рис. 31. Пароводяной подогреватель

Подогреватель пароводяной скоростной кожухотрубный предназначен для подогрева воды в системах отопления и горячего водоснабжения коммунальных (тепловых пунктах, котельных), общественных, производственных и прочих потребителей (зданий, сооружений). Корпус, камеры, крышки подогревателя изготовлены из стали, трубная система из пучка латунных трубок. Нагреваемая вода движется по латунным трубкам подогревателя. Пар поступает в межтрубное пространство через патрубок в верхней части корпуса, конденсат отводится через патрубок в нижней части корпуса.

*Предусмотреть:* регулирование температуры горячей воды на выходе подогревателя  $130 \pm 5^{\circ}\text{C}$ ; регулирование уровня конденсата в межтрубном пространстве теплообменника  $300 \pm 30\text{мм}$ ; контроль расхода пара на подогреватель; при падении давления на линии подачи воды на нагрев ниже  $0,2\text{МПа}$  предусмотреть отсечку подачи воды на подогреватель.

## Задание № 14

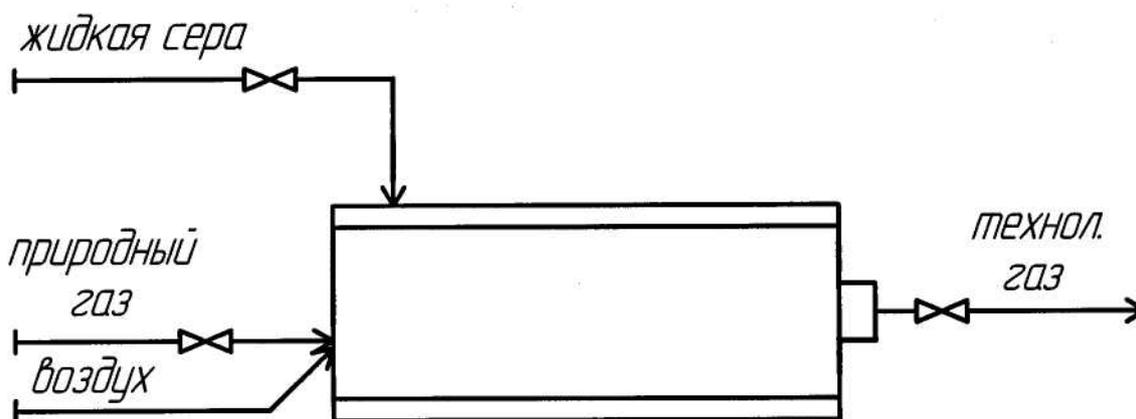


Рис. 32. Печь для сжигания жидкой серы

На сжигание в печь циклонного типа поступает жидкая фильтрованная сера с температурой от 135 °С до 145 °С, а также природный газ и воздух в расчетном соотношении. При сгорании серы образуется диоксид серы по реакции:  $S + O_2 = SO_2 + 362,4 \text{ кДж}$ . Небольшое количество диоксида серы окисляется до триоксида. Процесс горения жидкой серы зависит от условий обжига (температуры, скорости газового потока), от физико-химических свойств серы (наличия в ней зольных и битумных примесей и др.)

Процесс горения состоит из отдельных стадий: смешение капель жидкой серы с воздухом; прогрев и испарение капель; образование газовой фазы; горение паров в газовой фазе. Перечисленные стадии неотделимы друг от друга протекают одновременно и параллельно.

*Предусмотреть:* регулирование расхода жидкой серы на печь  $10 \pm 0,5 \text{ м}^3/\text{ч}$ ; контроль и сигнализацию температуры серы на входе в печь  $135 \div 145 \text{ °С}$ ; контроль температуры среды в топке  $900 \div 1200 \text{ °С}$ ; контроль давления в топке  $35 \div 42 \text{ кПа}$ . Условия считать пожаровзрывоопасными.

### Задание № 15

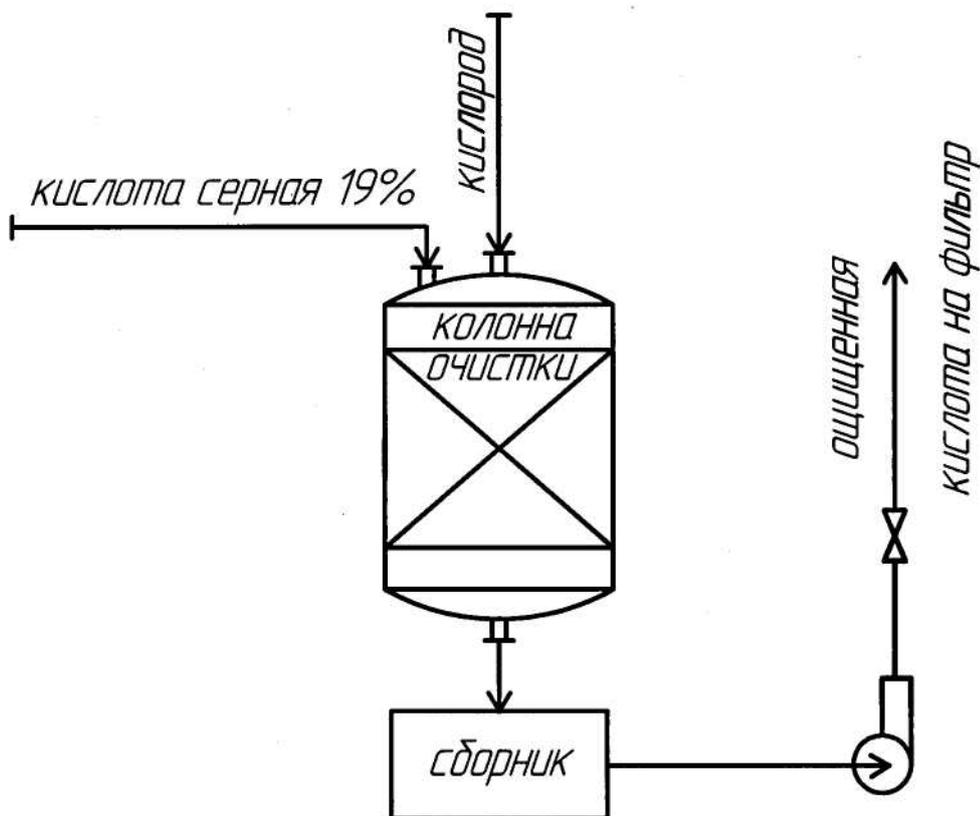


Рис. 33. Колонна очистки

Колонна очистки серной кислоты это цилиндрический аппарат из гуммированной стали вместимостью  $20 \text{ м}^3$ , заполненный активированным углем. В колонне уголь находится между двумя колосниковыми решетками. В колонну непрерывно подается кислота и кислород, очищенная кислота перетекает в сборник вместимостью  $2,5 \text{ м}^3$ . После сборника очищенная кислота с помощью насоса подается на фильтр.

*Предусмотреть:* регулирование расхода серной кислоты  $18 \div 08 \text{ м}^3/\text{ч}$  на колонну очистки; измерение давления кислорода  $50 \div 60 \text{ кПа}$ ; измерение давления в колонне  $0 \div 20 \text{ кПа}$ ; измерение давления на нагнетательной линии насоса – не менее  $0,3 \text{ МПа}$ . Условия считать пожаровзрывоопасными.

## Задание № 16

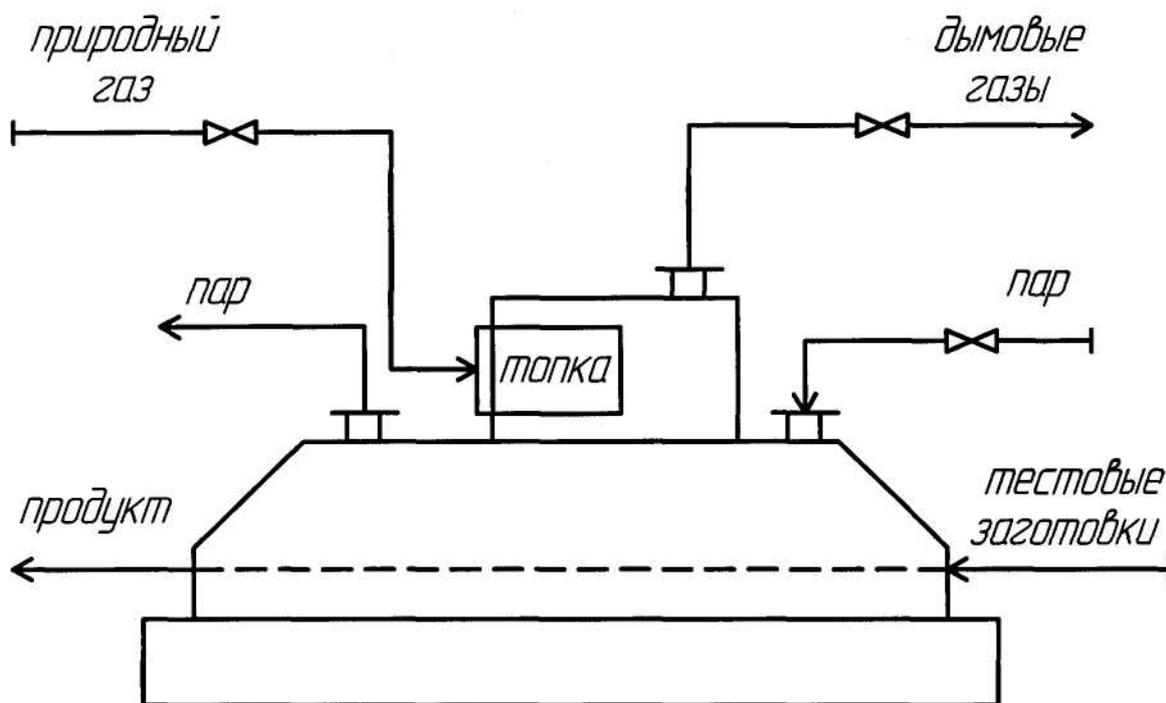


Рис. 34. Тоннельная печь

Тоннельная хлебопекарная печь (рис. 34) предназначена для выпечки хлебобулочных изделий. Печь состоит из топочного пространства (топка) и пекарной камеры, куда поступают тестовые заготовки. В топочное пространство подается природный газ на горелку. Также в печь поступает пар для создания определенной влажности в пекарной камере. Тестовые заготовки проходят последовательно все зоны пекарной камеры.

*Предусмотреть:* регулирование расхода природного газа на топочное пространство печи  $168 \pm 3$  м<sup>3</sup>/ч; регулирование расхода пара на печь  $126 \pm 3$  кг/ч; контроль и сигнализацию температуры в пекарной камере  $185 \div 195$  °С; при погасании пламени горелки предусмотреть отсечку подачи природного газа на печь.

## Задание № 17

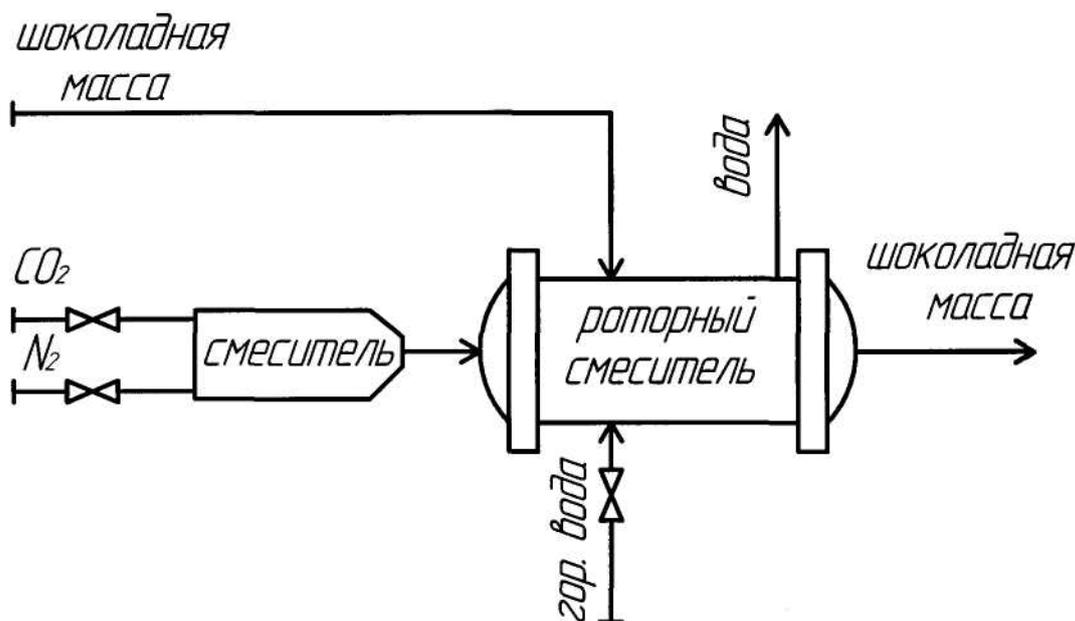


Рис. 35. Установка для получения пористого шоколада

Получение пористого шоколада заключается в интенсивном насыщении шоколадной массы газовой смесью (азот и углекислота). Насыщение происходит при избыточном давлении: при формовании пузырьки воздуха расширяются и твердеющий шоколад приобретает пористую структуру. Установка для насыщения шоколадной массы газовой смесью представляет собой роторный смеситель с водяной рубашкой, предназначенной для поддержания заданной температуры массы. Ротор снабжен большим количеством пальцев для наилучшего перемешивания и насыщения шоколадной массы и газовой смеси.

*Предусмотреть:* регулирование расхода углекислоты на смеситель  $20 \pm 10$  л/мин; регулирование расхода азота на смеситель  $5 \pm 1$  л/мин; регулирование температуры шоколадной массы на выходе роторного смесителя  $30 \pm 1^\circ\text{C}$ ; контроль давления на линии подачи горячей воды  $0,15 \div 0,2$  МПа.

## Задание № 18

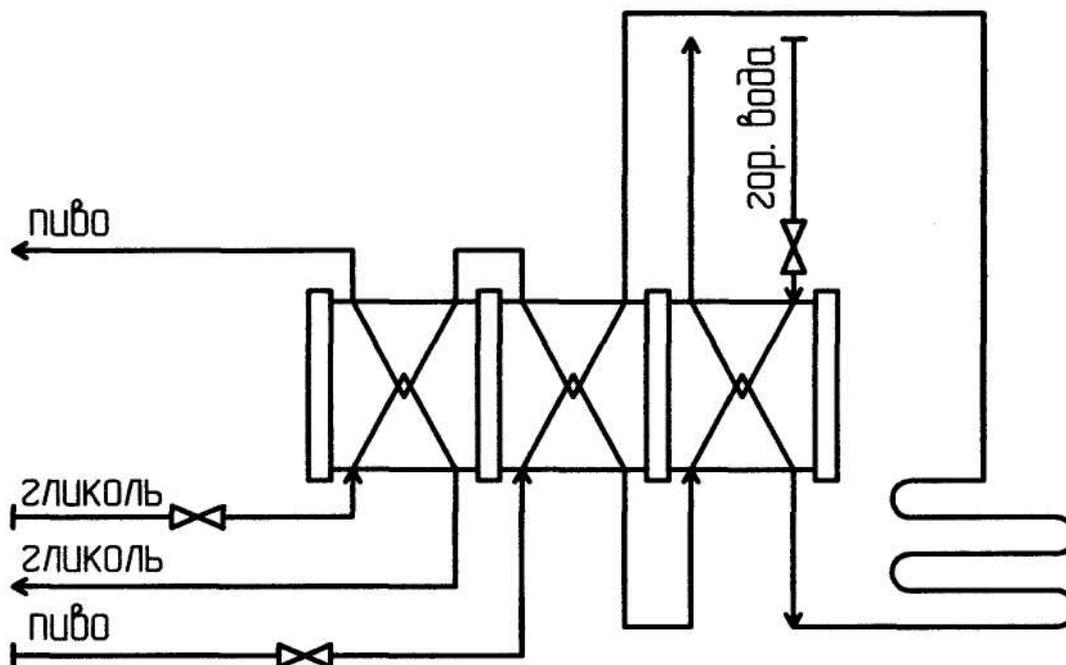


Рис. 36. Пастеризатор пива

Пастеризатор состоит из трех секций теплообмена и лежака. В начале пиво нагревается потоком горячего пива во второй секции, затем пастеризуется при температуре  $71^{\circ}\text{C}$  за счет подачи горячей воды в третью секцию. Далее пиво поступает на лежак, проходя по которому охлаждается до температуры  $50^{\circ}\text{C}$ . Далее пиво поступает в секцию охлаждения - это первая секция пастеризатора. В этой секции пиво охлаждается до температуры  $5^{\circ}\text{C}$  за счет подачи гликоля.

*Предусмотреть:* регулирование расхода пива на пастеризатор  $1000 \pm 10$  л/ч; регулирование температуры пастеризации  $71 \pm 1^{\circ}\text{C}$ ; регулирование температуры готового пива  $5 \pm 1^{\circ}\text{C}$ ; контроль давления на линии подачи гликоля  $0,17 \div 0,2$  МПа; контроль давления на линии подачи горячей воды  $0,15 \div 0,2$  МПа,

### Задание № 19

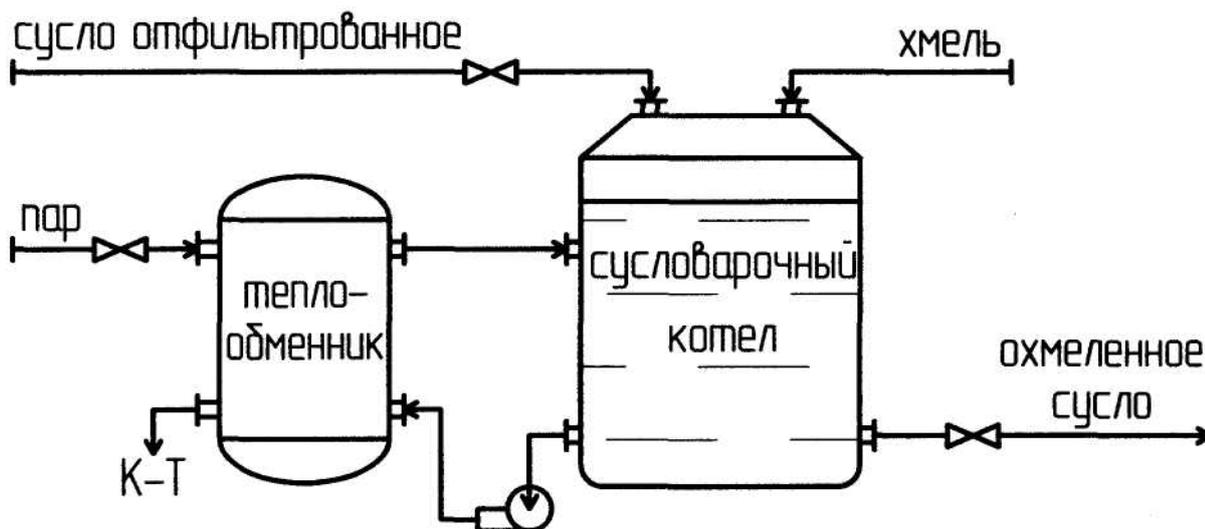


Рис. 37. Сусловарочный котел

Сусловарочный котел работает по периодической схеме: заполнение котла суслом, добавление хмеля, кипячение, слив охмеленного сусла. Цель кипячения сусла – стерилизация сусла, стабилизация и ароматизация его состава горькими веществами хмеля. Стерилизация сусла достигается уже через 15 мин. кипячения. При кипячении хмеля в сусло переходит значительная часть его углеводов, а также белковых, горьких, дубильных, ароматических и минеральных веществ.

*Предусмотреть:* заполнение котла суслом до уровня 1,6 м; регулирование температуры кипячения сусла  $103 \pm 5^\circ\text{C}$ ; контроль и сигнализацию pH сусла в котле  $5 \div 5,3$  ед. pH; контроль давления на паропроводе  $3 \div 4$  бар.

### Задание № 20

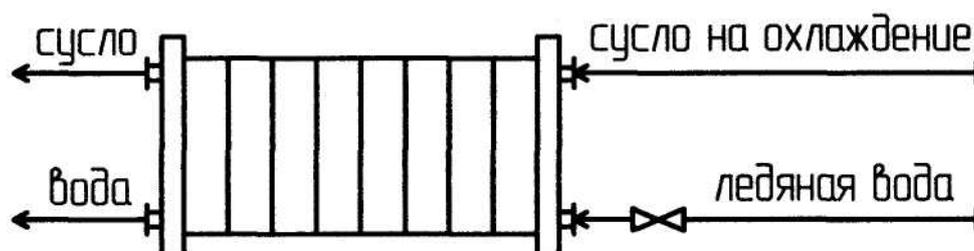


Рис. 38. Пластинчатый теплообменник

Пластинчатый теплообменник – устройство для передачи тепла от горячей среды к холодной через стальные, медные и т.д. пластины, которые стянуты в пакет. При стягивании пластин в пакет образуются каналы по которым и протекают жидкости, участвующие в теплообмене.

Данный пластинчатый теплообменник предназначен для быстрого охлаждения суслу ледяной водой в производстве пива с температуры  $40 \div 45^{\circ}\text{C}$  до  $6 \div 8^{\circ}\text{C}$ , т.к. сусло температуры  $20 \dots 40^{\circ}\text{C}$  является благоприятной средой для инфицирующей микрофлоры.

*Предусмотреть:* регулирование температуры суслу на выходе  $7 \pm 1^{\circ}\text{C}$ ; контроль суммарного количества охлажденного суслу на выходе теплообменника; контроль температуры суслу на входе в теплообменник  $30 \div 60^{\circ}\text{C}$ ; при падении давления на линии подачи ледяной воды ниже  $0,15\text{МПа}$  предусмотреть отсечку подачи суслу на охлаждение.

### Задание № 21

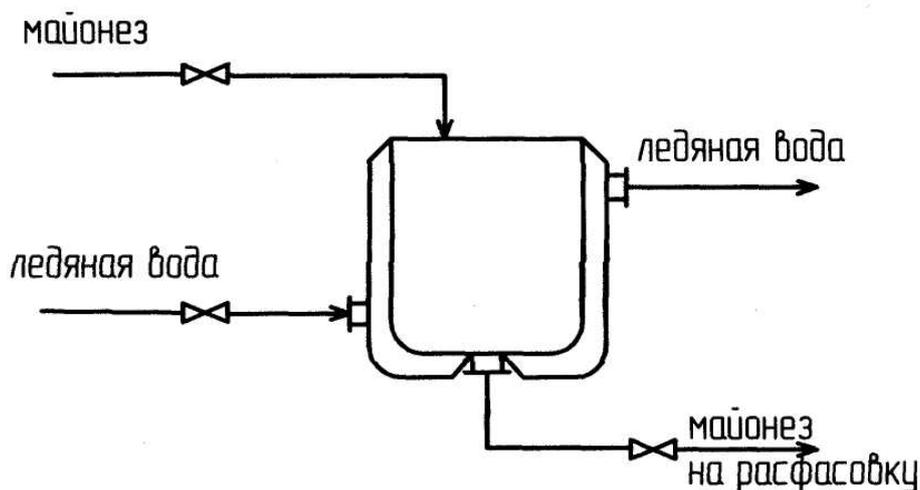


Рис. 39. Буферная емкость для хранения майонеза

Буферная емкость предназначена для хранения майонеза перед расфасовкой. Майонез хранится охлажденным, поэтому емкость имеет рубашку для подачи холодной воды. Уровень майонеза в емкости не может превышать 80% от Н - высоты емкости.

*Предусмотреть:* регулирование температуры майонеза в буферной емкости  $9 \pm 1^\circ\text{C}$ ; контроль давления на линии подачи холодной воды в рубашку  $0,15 \div 0,2$  МПа; контроль уровня в емкости 0-80% от Н; при уровне выше 80% необходимо прекратить подачу майонеза в емкость.

### Задание № 22

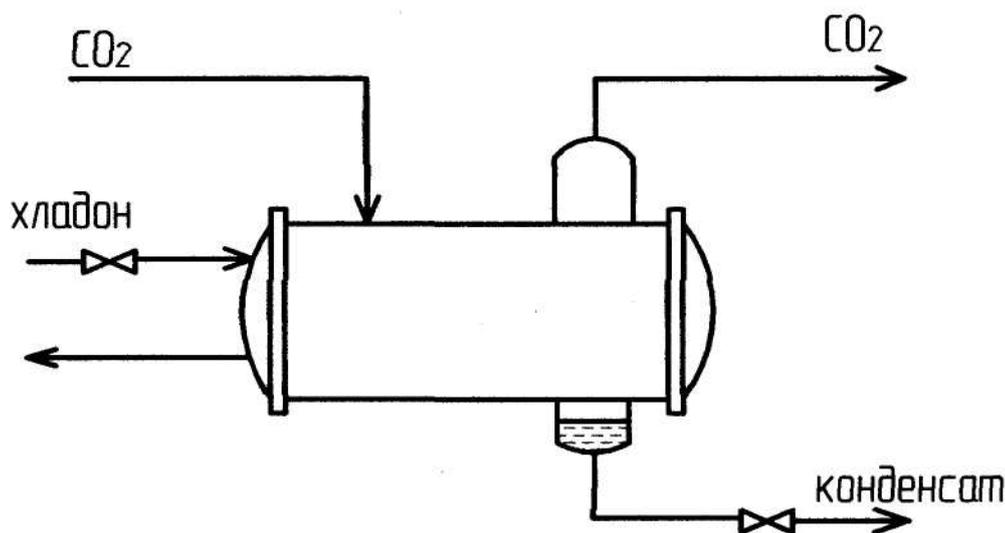


Рис. 40. Охладитель углекислого газа

Охладитель углекислого газа это кожухотрубный горизонтальный теплообменник, совмещенный с сепаратором. Кожух и трубный пучок теплообменника изготовлены из низколегированной нержавеющей стали. В межтрубное пространство подается газообразный  $\text{CO}_2$ , в трубное пространство – хладон. В теплообменнике углекислый газ охлаждается с температуры  $35^\circ\text{C}$  до температуры  $14^\circ\text{C}$ . За счет охлаждения углекислого газа происходит конденсация жидкости и отделение конденсата в сепарационной части теплообменника.

*Предусмотреть:* регулирование температуры углекислого газа на выходе теплообменника  $14 \pm 2^\circ\text{C}$ ; контроль давления на линии подачи хладона  $1,55 \div 1,7$  МПа; контроль температуры хладона на входе в теплообменник  $-35^\circ\text{C}$ ; регулирование уровня конденсата в сепараторе  $25 \pm 5$  мм.

### Задание № 23

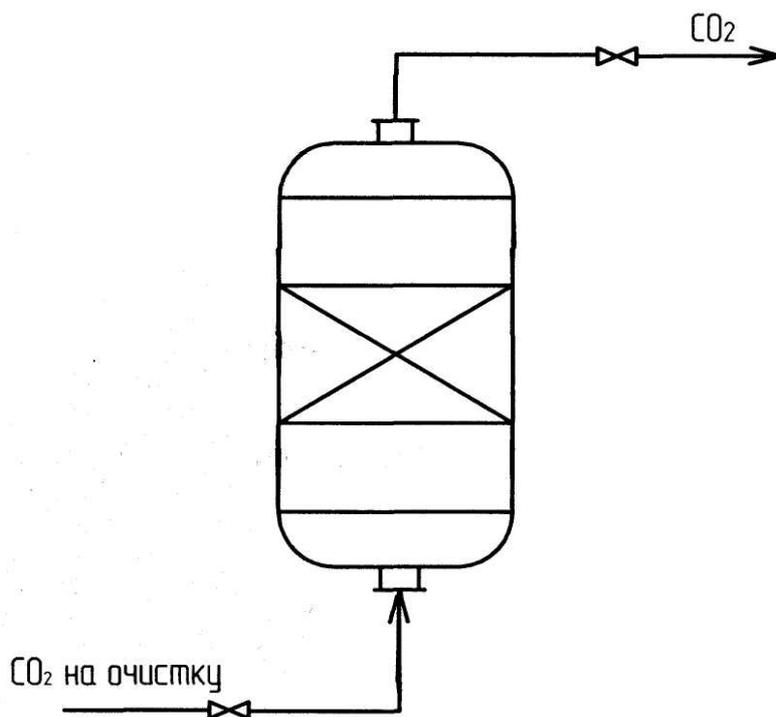


Рис. 41. Адсорбер

Адсорбер предназначен для осушки углекислого газа, т.е. для удаления остаточной влаги, содержащейся в  $\text{CO}_2$  до точки росы не более  $-50^\circ\text{C}$ . Адсорбер заполнен алюмогелем (600 кг). Продолжительность цикла адсорбции 8 часов, после чего 8 часов длится цикл регенерации алюмогеля.

*Предусмотреть:* регулирование давления подачи  $\text{CO}_2$  на адсорбер  $1,94 \pm 0,8$  МПа; контроль и сигнализацию температуры  $\text{CO}_2$  на входе в адсорбер  $14 \div 16^\circ\text{C}$ ; контроль и сигнализацию влаги в  $\text{CO}_2$  после осушки по точке росы

- 50 °С; так как адсорбер работает циклически, применить отсечные клапаны на входе и выходе CO<sub>2</sub>.

### Задание № 24

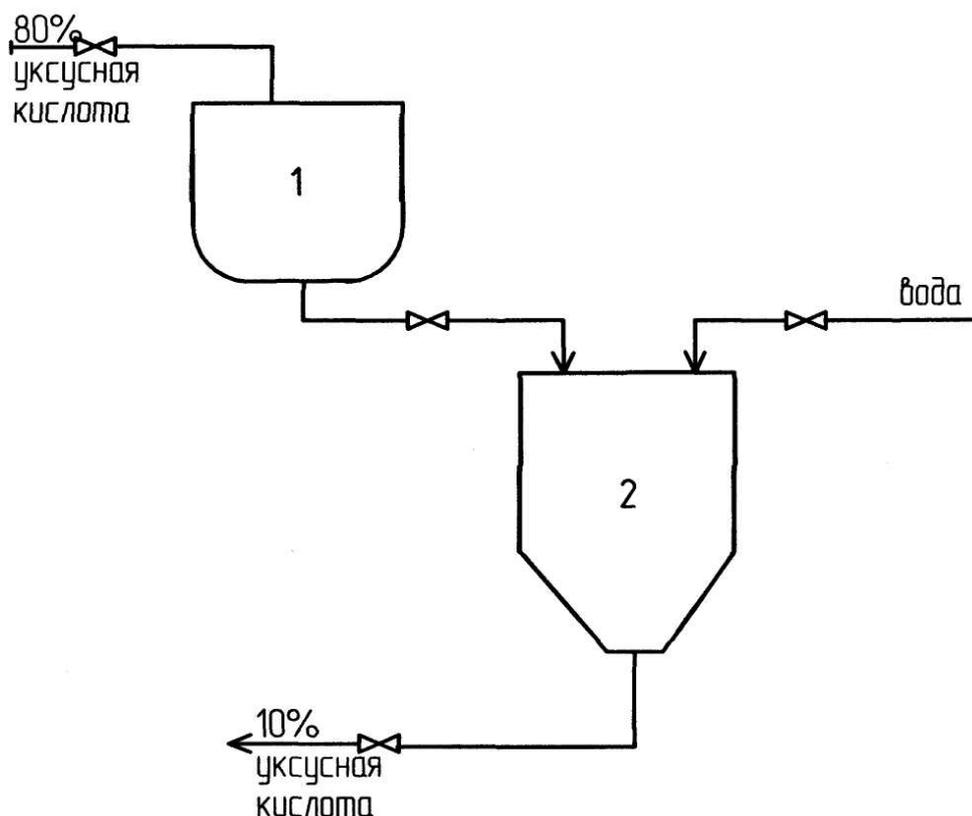


Рис. 42. Смеситель уксусной кислоты

Для приготовления майонеза необходима 8 ÷ 10 % уксусная кислота. Для этого смешивают 80 % уксусную кислоту и отфильтрованную и пастеризованную воду в нужной пропорции.

*Предусмотреть:* подачу в емкость 2 рецептурного количества воды - 50 л; подачу в емкость 2 рецептурного количества 80 % уксусной кислоты - 3,2 кг из весового дозатора 1.

## Задание № 25

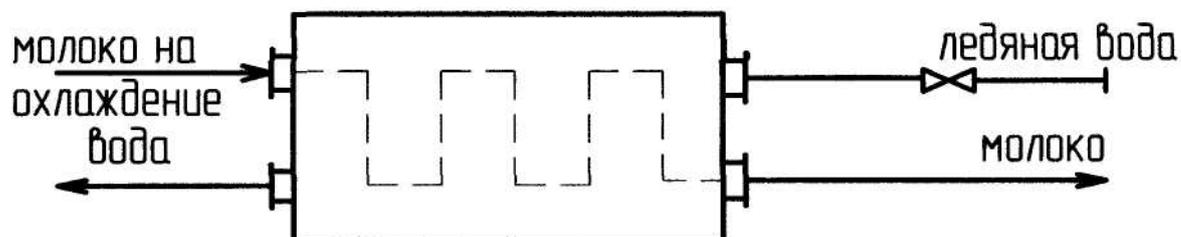


Рис. 43. Охладитель молока

Молоко является скоропортящимся продуктом, поэтому охлаждение его – обязательная операция при первичной обработке. Как правило, используются односекционные пластинчатые охладители молока. В качестве хладагента используется ледяная вода.

*Предусмотреть:* регулирование температуры молока на выходе из охладителя  $4 \pm 1$  °С; контроль текущего расхода молока  $0 \div 2$  м<sup>3</sup>/ч; при падении давления ледяной воды на охладитель ниже 2 бар предусмотреть отсечку подачи молока на охладитель.

## 5. Каталог средств автоматизации

### 5.1. Каталог датчиков

#### Датчики давления

При выборе датчиков следует учитывать величину измеряемого давления (различают абсолютное, избыточное и давление разрежения), а также агрессивность измеряемых сред.

1. Датчик давления Метран - 55 предназначен для измерения давления жидкости (в том числе агрессивных сред), пара, газа. Выпускают:

а) датчик для измерения избыточного давления – Метран - 55 - ДИ (Метран-55-Ех-ДИ – взрывозащищенное исполнение). Верхний предел измерений: 0,1 МПа ÷ 100 МПа;

б) датчик для измерения давления разрежения – Метран - 55 - ДВ (Метран-55-Ех-ДВ – взрывозащищенное исполнение). Пределы измерений: 0,1 МПа ÷ 0,06 МПа;

в) датчик для измерения абсолютного давления – Метран-55-ДА (Метран-55-Ех-ДА – взрывозащищенное исполнение). Верхний предел измерений: 0,6 МПа ÷ 16Мпа;

2. Датчик давления Метран - 150 предназначен для измерения давления жидкости, пара, газа. Имеет взрывозащищенное исполнение. Выпускают:

а) датчик для измерения избыточного давления – Метран - 150 CG (фланцевое исполнение), Метран-150 CGR (копланарное исполнение), верхний предел измерений: 0,025 кПа ÷ 10 МПа. Датчик для измерения избыточного давления – Метран - 150 TG, Метран-150 TGR (штуцерное исполнение), верхний предел измерений: 3,2 кПа ÷ 60 МПа;

б) датчик для измерения абсолютного давления – Метран - 150 ТА (штуцерное исполнение), верхний предел измерений: 3,2 кПа ÷ 25 МПа, Метран-150 TAR (штуцерное исполнение), верхний предел измерений: 1,6 МПа ÷ 68 МПа.



а)



б)

Рис. 44. Датчики фирмы Метран:

а) датчик давления Метран - 150 TG; б) датчик уровня Метран - 150 L

## **Датчики уровня**

При измерении необходимо учитывать агрессивность измеряемых сред, диапазон измерения и погрешность приборов.

1. Датчик для измерения гидростатического давления (уровня) жидкостей – Метран-150 – L. Имеет взрывозащищенное исполнение. Пределы измерений:  $0,4 \div 25$  м,  $P_{\text{доп}} = 0,4$  МПа. Измеряемая среда: нейтральные и агрессивные жидкости.
2. Преобразователь уровня – буйковый электрический УБ-ЭМ-1(простое исполнение), УБ-ЭМ-1-Ех (взрывозащищенное исполнение). Пределы измерений:  $0,25 \div 10$  м . Температура измеряемой среды  $-50 \div 450$  °С, плотность среды  $400 \div 2000$  кг /м<sup>3</sup>, допустимая основная погрешность  $\pm 0,24, \pm 0,5\%$ .
3. Радарный уровнемер для бесконтактного измерения уровня жидких, вязких, пастообразных и сыпучих сред – УЛМ-31 (простое исполнение), УЛМ-11 (взрывозащищенное исполнение). Пределы измерений:  $0,6 \div 30$  м.
4. Сигнализатор уровня РОС-101 предназначен для контроля уровня электропроводных и неэлектропроводных жидких, твердых (сыпучих) сред. Обеспечивает сигнализацию «наличия» или «отсутствия» контролируемой среды на установленном уровне. Имеет взрывозащищенное исполнение. Температура измеряемой среды –  $100^{\circ}\text{C}$ ; рабочее давление до 2,5 МПа. Выходной сигнал дискретный.

## **Датчики массы (веса)**

Тензодатчики фирмы «Тензо-М» с аналоговым выходом  $4 \div 20$  мА выпускаются балочного типа, мембранного, типа платформа. Область применения тензодатчиков балочного типа и типа платформа – платформенные весы, бункерные весы, взвешивание емкостей. Область применения тензодатчиков сжатия мембранного типа – для взвешивания емкостей, баков.

T2 – тензодатчик балочного типа из нержавеющей стали, диапазон нагрузки 20-200кг;

T4 – тензодатчик балочного типа из нержавеющей стали, диапазон нагрузки

30-1000кг;

T70A – тензодатчик датчик типа платформа, алюминиевый, верхний предел измерения 15, 30, 60, 100, 150кг;

T100A – тензодатчик датчик типа платформа, алюминиевый, верхний предел измерения 100, 150, 60, 300, 600кг;

M50 – тензодатчик сжатия мембранного типа из нержавеющей стали, верхний предел измерения 0.5, 1, 2, 3, 5тонн;

Тензодатчики фирмы «Тензо-М» выпускаются в комплекте с силопередающим устройством.

### **Датчики расхода**

При выборе датчиков расхода необходимо учитывать характеристику измеряемой среды (агрессивность, температуру и т.д.) и трубопровода (диаметр условного прохода, наибольшее давление). Для учета суммарных значений расхода на линию применяют счетчики-расходомеры.

1. Датчик для измерения перепада давлений (расхода) – Метран-150 CD (фланцевое исполнение), Метран-150 CDR (копланарное исполнение). Имеет взрывозащищенное исполнение. Пределы измерений: 0,025 кПа ÷ 10 МПа. Измеряемая среда: газ, жидкость, пар. Работает в комплекте с диафрагмой камерной стандартной – ДКС- $P_y$  - $d_y$ , где  $P_y$  – условное давление в МПа,  $d_y$  – условный диаметр трубопровода (50 ÷ 500 мм); либо с диафрагмой фланцевой камерной – ДФК- $P_y$  - $d_y$ , где  $P_y$  – условное давление в МПа,  $d_y$  – условный диаметр трубопровода (20 ÷ 40 мм); либо с диафрагмой бескамерной стандартной – ДБС- $P_y$  - $d_y$ , где  $P_y$  – условное давление в МПа,  $d_y$  – условный диаметр трубопровода (300 ÷ 1000 мм).
2. Расходомер кориолисовый Метран – 360 предназначен для измерения массового и объемного расхода (либо суммарного значения расхода) газа, жидкостей (в том числе агрессивных), эмульсий, суспензий, тяжелых и высоковязких сред. Диапазон измерений расхода 87 ÷ 43550 л/ч, наибольшее давление в трубопроводе 15,8 МПа.

3. Расходомер переменного перепада давлений Метран-350 с использованием осредняющей напорной трубки ОНТ Annubar предназначен для измерения расхода жидкости, газа, пара. Температура измеряемой среды  $-184 \div 677$  °С, избыточное давление в трубопроводе до 25 МПа, условный диаметр трубопровода  $12,5 \div 2400$  мм.
4. Расходомер-счетчик электромагнитный «ВЗЛЕТ ЭР» предназначен для измерения объемного расхода (до  $3056 \text{ м}^3/\text{ч}$ ) электропроводящих жидкостей (наименьшая удельная проводимость рабочей жидкости  $5 \cdot 10^{-4} \text{ См/м}$ ) в том числе для горячей и холодной воды;  $d_y$  от 10 до 300мм, наибольшее давление в трубопроводе 2,5МПа.

### **Датчики температуры**

Для измерения температуры применяются датчики как с унифицированным токовым сигналом на выходе, так и без него. В случае применения датчиков без унифицированного токового сигнала на выходе в составе МПК необходимо предусматривать модули ввода сигналов низкого уровня, расшифровывающие сигналы с термопар и термометров сопротивления.

### **Термометры сопротивления и термопары**

1. Датчик температуры ТСМ Метран 204. Пределы измерений:  $-50 \div 180$ °С. Измеряемая среда: газ, жидкость.
2. Датчик температуры ТСП Метран 205. Пределы измерений:  $-200 \div 500$ °С. Измеряемая среда: газ, жидкость.
3. Датчик температуры ТСМ Метран 253 (взрывозащищенное исполнение). Пределы измерений:  $-50 \div 150$ °С. Измеряемая среда: газ, жидкость.
4. Датчик температуры ТСП Метран 255 (взрывозащищенное исполнение). Пределы измерений:  $-200 \div 500$ °С. Измеряемая среда: газ, жидкость.
5. Датчик температуры ТХК Метран 252 (взрывозащищенное исполнение). Пределы измерений:  $-40 \div 600$ °С. Измеряемая среда: газ, жидкость.
6. Датчик температуры ТХА Метран 251 (взрывозащищенное исполнение). Пределы измерений:  $-40 \div 900$ °С. Измеряемая среда: газ, жидкость.

7. Датчик температуры ТХК Метран 242. Пределы измерений:  $-40 \div 400^{\circ}\text{C}$ .  
Измерение поверхности твердых тел.
8. Интеллектуальный преобразователь температуры Метран 280. Пределы измерений:  $500 \div 1200^{\circ}\text{C}$ . Измеряемая среда: газ.
9. Датчик температуры ROSEMOUNT 248 В. Пределы измерений:  $100 \div 1820^{\circ}\text{C}$ . Измеряемая среда: газ.
10. Накладной датчик температуры воды ДТС 3225-РТ 1000.В2 для измерения температуры воды в системах отопления и вентиляции, крепится на трубопровод. Пределы измерений:  $-50 \div 120^{\circ}\text{C}$ .

#### ***Датчики температуры с унифицированным выходным сигналом***

1. Датчик температуры ТСМУ Метран 274. Пределы измерений:  $0 \div 180^{\circ}\text{C}$ .  
Измеряемая среда: газ, жидкость, сыпучие вещества.
2. Датчик температуры ТСПУ Метран 276. Пределы измерений:  $0 \div 500^{\circ}\text{C}$ .  
Измеряемая среда: газ, жидкость, сыпучие вещества.
3. Датчик температуры ТХАУ Метран 271. Пределы измерений:  $0 \div 1000^{\circ}\text{C}$ .  
Измеряемая среда: газ, жидкость, сыпучие вещества.

#### **Датчики влажности**

1. Оптический влагомер ткани ВО - 1М предназначен для измерения влажности ткани в %. Основан на измерении влажности по степени отражения от ткани инфракрасного излучения.
2. Влагомер АМЕТЕК модель 3050 ТЕ – интеллектуальный датчик влажности для современных АСУТП. Предназначен для измерения влажности в потоке газа, измеряя частоту колебаний кварцевого кристалла. Выходной сигнал  $4 \div 20$  мА, дискретный выход при превышении заданной влажности, возможность передачи данных по интерфейсу RS-232, RS-485.
3. Микроволновой влагомер – MICRORADAR-113В для измерения влажности силикатной массы, формовочных смесей, глины, порошков, песка и т.д. Прибор предназначен для работы в бункерах и дозаторах. Принцип действия основан на измерении величины поглощения СВЧ энергии влажным материалом. Диапазоны измерения:  $0,5 \div 3\%$ ,  $3 \div 15\%$ ,  $15 \div 30\%$ .

## Датчики концентрации и величины рН

Измерение концентрации раствора (как правило, многокомпонентной смеси) часто сводится к измерению того или иного косвенного параметра – плотности, электропроводности, величины рН и т.д.

Для анализа выбросов отработанных газов после печей, котлов и т.д. следует применять газоанализаторы на  $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{CO}$ . Для анализа воздуха рабочих помещений применяют сигнализаторы загазованности.

1. Анализатор жидкости кондуктометрический – кондуктометр АЖК-3101 М. К – одноканальное средство измерения, состоящее из первичного преобразователя и измерительного прибора. Предназначен для измерения, показания и сигнализации крайних значений концентрации растворов кислот ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ;  $\text{HCl}$ ;  $\text{HNO}_3$ ), щелочей ( $\text{NaOH}$ ,  $\text{KOH}$ ) и солей ( $\text{NaCl}$ ,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) в % при температуре измеряемой среды до  $95\text{ }^\circ\text{C}$ . Выходной сигнал  $4 \div 20\text{ мА}$ , либо дискретный.



Рис. 45. Анализаторы жидкости кондуктометрические:

а – кондуктометр АЖК-3101 М, состоящий из датчика и показывающего вторичного прибора; б – кондуктометр двухканальный АЖК-3122, состоящий из двух датчиков и вторичного прибора

2. Кондуктометр – трансмиттер с контактным датчиком АЖК-3110 (АЖК-3110-Ех) – моноблочное одноканальное средство измерения, состоящее из датчика и электронного блока. Предназначен для измерения удельной электрической проводимости растворов кислот ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ;  $\text{HCl}$ ;  $\text{HNO}_3$ ), щелочей ( $\text{NaOH}$ ,  $\text{KOH}$ ) и солей ( $\text{NaCl}$ ) в  $\text{мкСм/см}$  или в % при температуре измеряемой среды до

95 °С. Выходной сигнал аналоговый 4 ÷ 20 мА, либо цифровой – интерфейс RS-485, протокол ModBus.

3. Кондуктометр – трансмиттер с бесконтактным индуктивным датчиком АЖК-3130 (АЖК-3130-Ex) – моноблочное одноканальное средство измерения, состоящее из датчика и электронного блока. Предназначен для измерения больших значений удельной электрической проводимости растворов кислот ( $H_2SO_4$ ; HCl;  $HNO_3$ ), щелочей (NaOH, KOH) и солей (NaCl,  $HN_4NO_3$ ,  $Na_2CO_3$ ) в мСм/см или в % при температуре измеряемой среды до 95 °С. Может применяться для работ с загрязненными жидкостями. Выходной сигнал аналоговый 4 ÷ 20 мА, либо цифровой – интерфейс RS-485, протокол ModBus.
4. Анализатор жидкости кондуктометрический промышленный двухканальный АЖК-3122 состоит из двух первичных преобразователей и двухканального измерительного прибора. Предназначен для измерения и показания удельной электрической проводимости растворов кислот, щелочей и солей в мкСм/см при температуре измеряемой среды до 95 °С. Выходной сигнал аналоговый 4 ÷ 20 мА, либо цифровой – интерфейс RS-485, протокол ModBus.
5. pH -метр промышленный pH - 4131 (разработан взамен pH - 4120). Предназначен для измерения, цифровой индикации и сигнализации активности ионов водорода (рН) водных сред. Работает в комплекте с комбинированным электродом. Диапазон измерения 0 ÷ 14 ед. рН, выходной сигнал 4 ÷ 20 мА, либо цифровой – интерфейс RS-485, протокол ModBus.



Рис. 46. pH -метры промышленные:

- а – pH-метр типа pH-4131 в комплекте с комбинированным электродом;
- б – pH-метр – трансмиттер типа pH-4101 с окном для индикации

6. рН-метр с удаленным первичным преобразователем промышленный рН- 4121. Предназначен для измерения, цифровой индикации и сигнализации активности ионов водорода (рН) водных сред. Работает в комплекте с комбинированным электродом. Длина линии связи между первичным преобразователем и измерительным прибором до 300 м, сечение провода не менее  $0,35 \text{ мм}^2$ . Диапазон измерения  $0 \div 14$  ед. рН, выходной сигнал  $4 \div 20$  мА, либо цифровой – интерфейс RS-485, протокол ModBus.
7. рН-метр – трансмиттер промышленный рН-4101 (рН-4101-Ex) – моноблочное устройство, предназначенное для автоматического измерения, цифровой индикации активности ионов водорода (рН) водных сред в комплекте с проточной или погружной арматурой для комбинированного электрода. Диапазон измерения  $0 \div 14$  ед. рН, выходной сигнал  $4 \div 20$  мА, либо цифровой – интерфейс RS-485, протокол ModBus.
8. Сигнализатор загазованности для контроля содержания топливного углеводородного (природного) газа – УКЗ-РУ-СН4 и угарного (СО) газа – УКЗ-РУ-СО в воздухе помещений; выход дискретный.
9. Стационарный многокомпонентный газоанализатор промышленных выбросов – АНКАТ-410-*i*, где *i* – количество каналов (до 16); выходной сигнал токовый  $4 \dots 20$  мА, либо релейный. Диапазоны измерения: по  $\text{O}_2$  ( $0 \div 21$  об. %), по СО ( $0 \div 4000 \text{ млн}^{-1}$ ), по  $\text{CO}_2$  ( $0 \div 30$  об. %).
10. Газоанализатор – АДГ-304 предназначен для анализа дымовых газов. Виды газоанализаторов и диапазоны измерения: по угарному газу АДГ-304-СО ( $0 \div 5000 \text{ ppm}$ ), по кислороду АДГ-304- $\text{O}_2$  ( $0 \div 21$  об. %), по угарному газу и кислороду диапазон АДГ-304-СО/ $\text{O}_2$ .

### **Датчики контроля пламени**

Датчики контроля пламени горелок печей, котлов и т.д. необходимы для обеспечения противоаварийной защиты как обслуживающего персонала, так и оборудования.

1. Блок контроля пламени – БКП ФД преобразует сигнал фотоэлектрического датчика ФД в дискретный сигнал при погасании пламени горелочного устройства.
2. Комплект розжига и контроля пламени КРиК-2 предназначен для автоматического дистанционного розжига и контроля наличия пламени горелок котлов и печей.



Рис. 47. Блок контроля пламени БКП в комплекте с фотодатчиком ФД



Рис. 48. Регулятор напряжения РЕН-1

### Датчики скорости и метража

Данные датчики необходимы для контролирования хода технологического процесса, а также для расчета технико-экономических параметров работы линии, цеха и т.д.

1. Универсальный счетчик готовой продукции УСГП-03 предназначен для измерения и показания длины готовой продукции (ткани, кабеля и т.д.). Поставляется комплектно с фотодатчиком, либо с мерным колесом. Содержит центральный счетчик, счетчик сменной выработки, счетчик отрезков. Преустановка длины имеется. Также измеряет скорость движения. Выход дискретный.
2. Цифровой тахометр М-21 предназначен для измерения линейной (м/мин) и круговой (об/сек; об/мин) скорости. Выход дискретный.
3. Электронный счетчик метража и скорости ткани показывающий МТ-511 предназначен для измерения скорости ткани ( $0 \div 999$  м/мин; точность изме-

рения 1 м/мин); предел измерения длины ( $0 \div 999$  м); диапазон суммирования 9999 м. Устанавливается по месту.

### **Автомат пропуска шва ткани**

Автомат пропуска шва ткани АПШТ –  $i$  (где  $i = 1, 2, 3, 4$  – число точек контроля ткани) предназначен для обнаружения шва ткани, в том числе гладких швов (встык, оверлочные). При обнаружении шва автомат вырабатывает дискретный сигнал, поступающий на исполнительный механизм управления рабочими органами технологической машины.

Датчик шва ткани также применяется для измерения скорости движения ткани, длины кусков ткани, обнаружения обрыва ткани. Состоит из датчика и электронного блока. Скорость движения ткани от  $5 \div 160$  м/мин, ширина ткани  $800 \div 1600$  мм. Также выпускается самонастраивающийся автомат пропуска шва ткани – АПШТС – IV, скорость движения ткани от  $5 \div 80$  м/мин, ширина ткани  $800 \div 1600$  мм.

### **Регулятор напряжения**

Данный регулятор необходим для регулирования температуры воздуха, если воздух нагревается ТЭНами. Регулятор напряжения РЕН - 1. N. m. Ш, где N - нагрузка в кВт;  $m = 1$  при однофазном подключении (для нагрузок менее 2000 кВт);  $m = 3$  при трехфазном подключении (для нагрузок более 2000 кВт, максимальная нагрузка 6000 кВт); Ш – шкафное исполнение.

Регулятор напряжения предназначен для преобразования напряжения переменного тока в регулируемое напряжение переменного или постоянного тока пропорционально величине управляющего сигнала. Применяется для плавного управления электрической мощностью, подводимой к нагревательным элементам.

## **5.2. Каталог средств коммуникации**

1. HART-модем Метран-681 предназначен для связи персонального компьютера или системных средств АСУТП с интеллектуальными полевыми прибора-

ми, поддерживающими HART-протокол. Обеспечивает возможность настройки подключенных HART-устройств из любой точки токовой цепи; используются с программами HART-Master, HART OPC-сервер или с другим программным обеспечением (AMS Device Manager, Rosemount Radar Master, Radar Configuration Tools, Engineering Assistant и т.д.).

2. HART-мультиплексор Метран-670 предназначен для связи интеллектуальных HART-датчиков с компьютером или АСУТП. Мультиплексор обеспечивает преобразование информационного сигнала HART в цифровой сигнал с интерфейсом RS485 или RS232, при этом аналоговый сигнал  $4 \div 20$  мА может использоваться системой регистрации и управления.
3. Полевой коммуникатор модели 475 предназначен для настройки диагностики полевых приборов и клапанов для эффективного устранения неисправностей в полевых условиях. Коммуникатор выявляет проблемы в источниках питания, проводит диагностику клапанов, определяет неправильные коммутации и неисправные приборы в производственных условиях без использования компьютера. Коммуникатор поддерживает все устройства с протоколами HART, FOUNDATION fieldbus, Wireless HART и искробезопасен при использовании в любых условиях.
4. HART-коммуникатор Метран-650 предназначен для считывания информации, удаленной настройки и конфигурирования интеллектуальных полевых приборов с HART-протоколом.
5. HART-USB модем Метран-682 предназначен для связи персонального компьютера или системных средств АСУТП с любыми интеллектуальными устройствами, поддерживающими HART-протокол. Модем обеспечивает возможность настройки подключенных HART-устройств из любой точки токовой цепи; может применяться с различным программным обеспечением (AMS Device Manager, HART-мастер, HART OPC-сервер, Rosemount Radar Master, Radar Configuration Tools, Engineering Assistant, Visual Instrument и т.д.); имеет два световых индикатора (питание и информационный обмен); обеспечивает высокую надежность приема/передачи данных.

6. Беспроводной шлюз 1420 обеспечивает сбор данных от беспроводных полевых приборов и последующую интеграцию этих данных в систему верхнего уровня, используя стандартные протоколы обмена данными.



а)

б)

в)

Рис. 49. Средства коммуникации:

а – HART-USB модем Метран-682; б – HART- коммуникатор Метран-650;  
в – беспроводной шлюз 1420

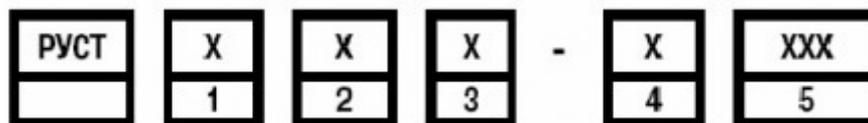
### 5.3. Каталог исполнительных механизмов и регулирующих органов

Приведем примеры отечественных конкурентоспособных клапанов.

#### Клапаны фирмы «РУСТ-95»

Закрытое акционерное общество «РУСТ-95» г. Москва производит клапаны регулирующие, запорные, запорно-регулирующие с диаметром условного прохода  $d_y$  от 15 до 400мм, условным давлением  $P_y$  от 1,6 до 25МПа, температурой регулируемой среды от  $-196$  до  $+550^{\circ}\text{C}$ . Выпускаются запорные клапаны серии РУСТ 310-1с пневмоприводом (в комплекте с электропневмопозиционером ЭПП300) и РУСТ310-2 с электроприводом (МЭПК, АУМА); запорно-регулирующие серии РУСТ 410-1 с пневмоприводом и РУСТ 410-2 с электроприводом (МЭПК, АУМА); регулирующие серии РУСТ 510-1 с пневмоприводом и РУСТ 510-2 с электроприводом (МЭПК, АУМА).

Приведем данные для выбора и заказа клапанов серии РУСТ,



где **1** – тип клапана: 3 – запорный, 4 – запорно-регулирующий, 5 – регулирующий; **2** – номер серии: 1 – с сальниковым уплотнением штока, 2 – с сильфонным уплотнением штока; **3** – тип корпуса: 0 – прямой проходной, 1 – угловой; **4** – тип привода: 1 – пневматический, 2 – электрический, 3 – ручной; **5** – климатическое исполнение: У – минус 40 плюс 70°С, УХЛ (1) – минус 60 плюс 70°С.

После условного обозначения должна следовать описательная часть со следующей информацией:

- диаметр условного прохода (Ду), мм :15; 20; 25; 32; 40; 50; 65; 80; 100; 150; 200; 250; 300; 400;
- условное давление (Ру), кгс/см<sup>2</sup> : 16; 25; 40; 63; 100; 160; 250;
- рабочая среда;
- максимальная температура рабочей среды: от минус 196 до +550;
- требуемый класс герметичности: А, В по ГОСТ 9544-80; V, VI по DIN, ANSI;  
III, IV по ГОСТ 23866-87;
- минимальная температура рабочей среды, если она ниже, чем по климатическому исполнению;
- материал корпусных деталей: углеродистые и легированные стали, хастеллой (коррозионностойкий никелевый сплав);
- условная пропускная способность и пропускная характеристика;
- исходное положение клапана при комплектации пневмоприводом: НЗ – нормально закрытый, НО – нормально открытый;
- время аварийного закрытия/открытия при комплектации пневматическим приводом НО или НЗ: не более 10 сек; по специальному заказу - менее 2 сек.

Пример условного обозначения клапана при заказе: запорно-регулирующий клапан **РУСТ 410-1 УХЛ(1)**, Ду80, Ру16, 150°С, кл. герм. «В», корпус 12Х18Н10Т, К<sub>vy</sub> 50Р, НЗ.

### **Клапаны ЗАО «Автоматика» г. Владимир**

Закрытое акционерное общество «Автоматика» г. Владимир производит шаровые краны: запорные и регулирующие с диаметром условного прохода -  $d_y$  от 10 до 80мм, условным давлением -  $P_y$  от 1,6 до 4,0МПа, температура регулируемой среды от -60 до +200°С. Выпускаются ШКП – шаровые запорные краны с пневмоприводом AIR TOPQUE (в комплекте с электропневмораспределителем РДВ) и ШКЭ – шаровые запорные краны с электроприводом МЭОФ. Выпускаются ШРКП – краны шаровые регулирующие с пневмоприводом AIR TOPQUE (в комплекте с позиционерами SIPART PS2, ЭПП, ЭПП-Ex).

### **Клапаны ПНФ «ЛГ Автоматика» г. Москва**

Производственно-научная фирма «ЛГ Автоматика» г. Москва производит клапаны малогабаритные регулирующие, отсечные, регулирующие-отсечные с диаметром условного прохода  $d_y$  от 10 до 200мм, условным давлением  $P_y$  от 1,6 до 16МПа, температура регулируемой среды от -250 до + 600°С. Выпускаются клапаны регулирующие КМР.Э (с электроприводами МЭПК, ЭПР, AUMA, DRENMO и т.д.) и клапаны регулирующие с пневмоприводом КМР ЛГ с позиционером SIPART PS2. Выпускаются клапаны регулирующие-отсечные КМРО.Э (с электроприводами МЭПК, ЭПР, AUMA, DRENMO и т.д.) и клапаны регулирующие-отсечные с пневмоприводом КМРО ЛГ с позиционером SIPART PS2. Выпускаются клапаны отсечные КМО.Э (с электроприводами МЭПК, ЭПР, AUMA, DRENMO и т.д.) и клапаны отсечные с пневмоприводом КМО ЛГ.

Фирма «ЛГ автоматика» также выпускает большой спектр специальных клапанов:

– клапаны с обогревом КМП-Э с электроприводом для автоматического управления потоками жидкостей и газов, которые необходимо транспортировать при определенной температуре; корпус клапана обогревается газовыми

или жидкими теплоносителями, также возможен электрообогрев;  $d_y = 10 \div 125$  мм,  $P_y = 1,6 \div 16$  МПа;

- клапаны для загрязненных и вязких сред;
- антишумовые и антикавитационные клапаны на сложные позиции с высоким перепадом давления;
- клапаны на паровые среды в том числе на острый пар, пар высокого давления, перегретый пар;
- клапаны на разреженные среды (вакуум);
- клапаны для микрорасходов  $d_y$  до 25 мм;
- клапаны на большие расходы  $d_y = 200$  мм,  $d_y = 250$  мм;
- клапаны высокого давления для регулирования потоков жидкостей и газов при давлениях до 40 МПа;
- футерованные клапаны для управления потоками особо агрессивных, летучих и стерильных жидкостей (рис. 50);
- шланговые клапаны для работы с потоками вязких жидкостей, суспензий, пульп, запыленных газов, сыпучих сред, а также сред, имеющих склонность к налипанию (рис. 51).

### **Приведем технические данные для выбора и заказа клапанов КМР, КМО, КМРО**

1. Тип клапана КМР ЛГ клапан малогабаритный, регулирующий;  
КМО ЛГ клапан малогабаритный, отсечной;  
КМРО ЛГ клапан малогабаритный, регулирующие-отсечной.
2. Условное давление  $P_y$ , МПа **1** - 1,6; **2** - 2,5; **3** - 4,0; **4** - 6,3; **5** - 10,0; **6** - 16,0.
3. Тип корпуса **0** - прямой проходной; **1** – угловой.
4. Температура регулируемой среды, °С **1**- -40/-60... +225; **2**- -40/-60... + 450;  
**3**- -40/-60... +550; **4**- -40/-60... + 600;  
**6**- -90... +220; **7**- -250... + 220;  
**8**- -40/-60... +320.
5. Материал корпуса **С**-сталь углеродистая; **НЖ**- сталь нерж.

12X18H10T; **М** - сталь нерж.

10X17H13M2T; **Т** - сплавы титана.

6. Условный проход  $D_y$ , мм 10; 15; 20; 25; 32; 40; 50; 65; 80; 100; 125; 150; 200.

7. Условная пропускная способность  $K_{vy}$  (только для клапанов КМР, КМРО).

Таблица 8

Условная пропускная способность

$d_y$	$K_{vy} \text{ м}^3/\text{ч}$																																			
	0,006	0,016	0,040	0,1	0,16	0,25	0,4	0,6	1,0	1,6	2,5	4,0	6,3	8,0	10,0	12,0	14,0	16,0	20,0	25,0	32,0	40,0	50,0	63,0	80,0	100,0	125,0	160,0	200,0	250,0	320,0	400,0				
10	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		
15	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		
20	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		
25	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		
32				*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		
40				*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		
50				*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		
65												*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		
80												*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
100																			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
125																				*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
150																					*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
200																						*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

8. Пропускная характеристика **Л** – линейная;  
 (только для клапанов КМР, **Р** – равнопроцентная;  
 КМРО) **РР** – расширенный диапазон регулирования.

9. Класс герметичности по **а** – класс герметичности «А»;  
 ГОСТ 9544-93 **в** – класс герметичности «В»;  
 (только для клапанов КМО, **с** – класс герметичности «С».  
 КМРО)

*По умолчанию, класс герметичности для регулирующих клапанов - IV по ГОСТ 23866-87, для отсечных, если не указано иное, - «В», для регулирующие-отсечных-«С» по ГОСТ 9544-93*

10. Исходное положение  
клапана

**НО** – нормально открытое;

**НЗ** – нормально закрытое.

11. Климатическое  
исполнение по  
ГОСТ 15150-69

**У** t окр. среды -40...+70°C относит.

влажность 80% при 15°C;

**УХЛ(1)** t окр. среды -50.. .+70°C относит.

влажность 80% при 15°C.

Пример условного обозначения клапана при заказе: клапан регулирующей КМР на  $P_y$  2,5 МПа, проходной, с температурой рабочей среды - 40 ... + 225°C, с корпусом из стали 12Х18Н10Т, с  $D_y$  50мм, с  $K_{vy}$  12 м<sup>3</sup>/ч, с равнопроцентной пропускной характеристикой, НО, рассчитанный на работу при температуре окружающей среды от - 50 ... + 70°C, будет иметь следующее обозначение: **КМР 201 НЖ 50 12 Р НО УХЛ(1)**.



Рис. 50. Футерованные клапаны с электроприводом МЭПК и ЭПР



Рис. 51. Шланговый клапан с электроприводом МЭПК

## 5.4. Каталог кабельной продукции и проводов

Для разработки схемы соединения внешних проводов необходимо выбрать провода и кабельную продукцию. Отечественной промышленностью выпускается кабельная продукция для прокладки в условиях агрессивных сред, пожароопасных помещений и т.д. Для выбора кабельной продукции можно порекомендовать следующих производителей: «Подольсккабель», «Рыбинский кабельный завод», «Сарансккабель», «Электрокабель», НПП «Герда» и др.

**Провод ППВ** – провод медный двухжильный с поливинилхлоридной изоляцией для монтажа электрических цепей на номинальное напряжение до 450В частотой до 400Гц или постоянное напряжение до 1000В, выпускается ППВ 2×0.75; 2×1.0; 2×1.5; 2×2.5; 2×4.0.

Таблица 9

### Кабели контрольные

Марка	Конструкция	Условия эксплуатации
<b>КВВГ</b> <b>АКВВГ</b>	<b>Жилы</b> -однопроволочный медный (КВВГ) или алюминиевый (АКВВГ) проводник; <b>Изоляция</b> - ПВХ пластикат; <b>Наружная оболочка</b> - ПВХ пластикат.	Для прокладки в помещениях, каналах, туннелях при отсутствии механических воздействий в условиях агрессивной среды.
<b>КВВГз</b> <b>АКВВГз</b>	То же, с заполнением из ПВХ пластиката.	Для прокладки в помещениях, каналах, туннелях при отсутствии механических воздействий, а также для электроустановок, требующих уплотнения кабелей при вводе.
<b>КВВГЭ</b> <b>АКВВГЭ</b>	<b>Жилы</b> -однопроволочный медный (КВВГЭ) или алюминиевый (АКВВГЭ) проводник; <b>Изоляция</b> -ПВХ пластикат; <b>Общий экран</b> поверх скрученных жил-алюминиевая фольга; <b>Наружная оболочка</b> - ПВХ пластикат.	Для прокладки в помещениях, каналах, туннелях при отсутствии механических воздействий, в условиях агрессивной среды и влияния внешних электрических полей.

<b>КВВБГ</b> <b>АКВВБГ</b>	<b>Жилы</b> -однопроволочный медный (КВВБГ) или алюминиевый (АКВВБГ) проводник; <b>Изоляция</b> -ПВХ пластикат; <b>Оболочка</b> -ПВХ пластикат; <b>Защитный покров</b> -типа БГ (подушка из крепированной бумаги и битума; броня из двух стальных оцинкованных лент).	Для прокладки в помещениях, каналах, туннелях, если кабель не подвергается значительным растягивающим усилиям.
<b>КВВБ</b> <b>АКВВБ</b>	<b>Жилы</b> -однопроволочный медный проводник; или алюминиевый (АКВВБ) <b>Изоляция</b> - ПВХ пластикат; <b>Оболочка</b> - ПВХ пластикат; <b>Защитный покров</b> - (крепированная бумага и битум) броня из двух стальных оцинкованных лент; <b>Наружный покров</b> из кабельной пряжи с поливкой битумом и меловым составом.	Для прокладки в помещениях, каналах, туннелях, в земле (траншеях), в т. ч. в условиях агрессивной среды и в местах, подверженных воздействию блуждающих токов, если кабель не подвергается значительным растягивающим усилиям.
<b>КВБбШв</b> <b>АКВБбШв</b> <b>в</b>	<b>Жилы</b> -однопроволочный медный (КВБбШв) или алюминиевый (АКВБбШв) проводник; <b>Изоляция</b> -ПВХ пластикат; <b>Разделительный слой</b> - ПВХ пластикат; <b>Защитный покров (накладывается поверх разделительного слоя)</b> - типа БбШв (броня из двух стальных оцинкованных лент, наложенных с перекрытием по спирали; защитный шланг, выпрессованный из ПВХ пластиката); <b>Наружная оболочка</b> - ПВХ пластикат.	Для прокладки в помещениях, каналах, туннелях, в земле(траншеях), в т. ч. в условиях агрессивной среды и в местах, подверженных воздействию блуждающих токов, если кабель не подвергается значительным растягивающим усилиям.
<b>КВВГнг,</b> <b>АКВВГнг</b>	<b>Жилы</b> -однопроволочный медный (КВВГЭнг) или алюминиевый (АКВВГЭнг) проводник; <b>Изоляция</b> - ПВХ пластикат; <b>Наружная оболочка</b> - ПВХ пластикат пониженной пожароопасности.	Кабели, не распространяющие горение, применяются в кабельных сооружениях, требующих повышенной пожаробезопасности.

<b>КВВГЭнг, АКВВ- ГЭнг</b>	<b>Жилы</b> - однопроволочный медный (КВВГЭнг) или алюминиевый (АКВВГЭнг) проводник; <b>Изоляция</b> - ПВХ пластикат; <b>Промежуточная оболочка</b> - ПВХ пластикат пониженной горючести; <b>Общий экран поверх скрученных жил</b> - алюминиевая или медная фольга; <b>Наружная оболочка</b> - ПВХ пластикат пониженной горючести.	Кабели, не распространяющие горение, применяются в кабельных сооружениях, требующих повышенной пожаробезопасности. Кабели могут быть проложены в помещениях, каналах, туннелях при отсутствии механических воздействий на кабель и необходимости защиты электрических цепей от влияния внешних электрических полей.
------------------------------------	--	---

**Кабели марок ГЕРДА-КВ** (без брони), ГЕРДА-КВК (в броне из стальных оцинкованных проволок) и ГЕРДА-КВБ (в броне из стальных оцинкованных лент) по ТУ 3581-019-76960731-2010 предназначены для формирования цифровых информационных шин, подключения датчиков с цифровым частотно-модулированным сигналом, сигналом 4-20 мА, по интерфейсу RS-485, RS-482, RS-422, в системах Foundation Fieldbus, PROFIBUS, HART, Ethernet и других, требующих использование «витой пары» в качестве канала приема/передачи данных. Кабели предназначены для стационарной прокладки внутри и снаружи помещений. Число витых пар: 1...44; Сечение жил: 0,35...2,5 мм<sup>2</sup>

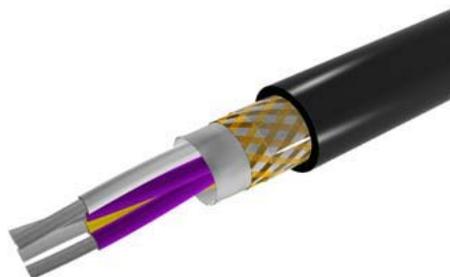


Рис. 52. Кабель ГЕРДА-КВ

## Исполнение кабелей марки ГЕРДА

Показатель пожарной безопасности	Тип исполнения кабеля в соответствии с показателем пожарной безопасности (по ГОСТ Р 53315-2009)
нг	Кабели, не распространяющие горение при групповой прокладке
– (без индекса)	Кабели, не распространяющие горение при одиночной прокладке
нг-LS	Кабели, не распространяющие горение при групповой прокладке, с пониженным дымо- и газовыделением
нг-FRLS	Кабели огнестойкие, не распространяющие горение при групповой прокладке, с пониженным дымо- и газовыделением
нг-HF	Кабели, не распространяющие горение при групповой прокладке и не выделяющие коррозионно-активных газообразных продуктов при горении и тлении
нг-FRHF	Кабели огнестойкие, не распространяющие горение при групповой прокладке и не выделяющие коррозионно-активных газообразных продуктов при горении и тлении
нг-LS	Кабели, не распространяющие горение при групповой прокладке, с пониженным дымо- и газовыделением
нг-FRLS	Кабели огнестойкие, не распространяющие горение при групповой прокладке, с пониженным дымо- и газовыделением
нг-HF	Кабели, не распространяющие горение при групповой прокладке и не выделяющие коррозионно-активных газообразных продуктов при горении и тлении
нг-FRHF	Кабели огнестойкие, не распространяющие горение при групповой прокладке и не выделяющие коррозионно-активных газообразных продуктов при горении и тлении

## Номинальное сечение жил и число витых пар

Номинальное сечение жилы, мм <sup>2</sup>	Число витых пар
0,35; 0,5; 0,75; 1,0; 1,2; 1,5; 2,5	1×2; 2×2; 3×2; 4×2; 5×2; 6×2; 7×2; 8×2; 9×2; 10×2; 12×2; 14×2; 15×2; 16×2; 19×2; 20×2; 21×2; 24×2; 27×2; 30×2; 37×2; 40×2; 44×2

**Пример обозначения при заказе:** «Кабель ГЕРДА-КВКнг 7х(2х0,5)э ХЛ ТУ3581-019-76960731-2010» – кабель монтажный парной скрутки с медными лужеными жилами, с 7-ю экранированными парами жил номинальным сечением 0,5мм<sup>2</sup>, изоляция жил из ПВХ, оболочка из поливинилхлоридной композиции пониженной горючести, экран пар из медной луженой проволоки, под наружной оболочкой броня из стальных оцинкованных проволок, кабель хладостойкого исполнения, температура эксплуатации от –60° до +70°С.

## 5.5. Каталог вспомогательного оборудования

### Коробки соединительные клеммные

Коробка **соединительная клеммная КСК** предназначена для соединения кабелей при монтаже различного технологического оборудования. Коробка выпускается на 8, 12, 16, 20, 24, 32 и 36 пар контактов. Наименование при заказе: КСК-8 – коробка соединительная клеммная на 8 пар контактов (рис. 48).

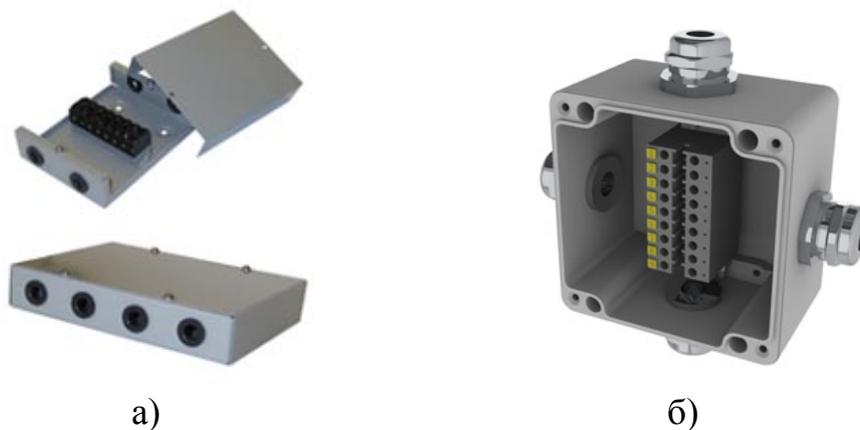


Рис. 53. Коробки соединительные:  
а – тип КСК; б – ГЕРДА-КСА9

### Коробки соединительные взрывозащищённые алюминиевые

ГЕРДА-КСА ТУ3424-010-45416838-2006 предназначены для соединения и разветвления бронированных и небронированных кабелей с медными или алюминиевыми жилами в цепях переменного или постоянного тока.

Область применения – взрывоопасные зоны помещений и наружных установок согласно ГОСТ Р 51330.13-99, гл.7.3. ПУЭ, ГОСТ Р МЭК 60079-14-2008.

Внутри корпуса на DIN-рейке установлены клеммные зажимы для жил сечением 0,2 ... 4 мм<sup>2</sup>.

В кабельные вводы установлены взрывозащищенные заглушки. При вводе кабеля заглушка удаляется и вместо нее устанавливается уплотнительное кольцо нужного диаметра (входит в комплект поставки). Коробка соединительная имеет внешний и внутренний заземляющий зажим. Стандартно коробка соединительная изготавливается с взрывозащитой вида «e». Если требуется взрывозащита вида «искробезопасная электрическая цепь *i*» — в конце обозначения коробки необходимо добавить «*Ehi*» (например, «ГЕРДА-КСА9-*Ehi*»). Для морозостойкого исполнения (–55°С до +85°С) необходимо добавить к обозначению коробки «ХЛ» (например, «ГЕРДА-КСА9-ХЛ»).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Клюев, А.С. Проектирование систем автоматизации технологических процессов: справочное пособие / А.С. Клюев, Б.В. Глазов, А.Х. Дубровский; под общ. ред. А.С. Клюева. – Изд. 2-е; перераб. и доп. – М: Энергоатомиздат, 1990. – 464 с.

2. Федоров, Ю.Н. Справочник инженера по АСУТП: Проектирование и разработка: учебно-практическое пособие / Ю.Н. Федоров. – М.:Инфра-Инженерия, 2008. – 928 с.

3. Соснин, О.М. Основы автоматизации технологических процессов и производств: учеб. пособие / О.М. Соснин. – Изд. 2-е. – М.: Академия, 2010. – 150 с.

4. Клюев, А.С. Проектирование систем автоматизации / А.С. Клюев, В.Д. Таланов, А.М. Демин. – М.: Фирма «Испо-Сервис», 1998. – 123 с.

5. Супрунов, Н.А. Проектирование систем автоматизации химико-технологических процессов: учеб. пособие / Н.А. Супрунов; Иван. гос. хим.-технол. ун-т. – Иваново, 2002. – 92 с.

### **Internet-ресурсы:**

1. [www.controlengineering.ru](http://www.controlengineering.ru), журнал за сентябрь 2011.
2. [www.metran.ru/](http://www.metran.ru/)

## Оглавление

Введение.....	3
1. Стадия создания и основные сведения о проектировании систем автоматизации.....	4
1.1. Задание на проектирование, исходные данные и материалы.....	5
1.2. Перечень параметров, подлежащих контролю и управлению.....	7
1.3. Стадии проектирования систем автоматизации технологических процессов и состав проектной документации.....	10
2. Выбор комплекса технических средств.....	13
2.1. Выбор датчиков.....	15
2.2. Выбор исполнительных механизмов и регулирующих органов....	24
2.3. Структурные схемы измерения и управления.....	27
2.4. Структурные схемы комплексов технических средств.....	29
3. Разработка схемы автоматизации и рабочих чертежей.....	31
3.1. Схемы автоматизации.....	31
3.2. Принципиальные электрические схемы.....	36
3.3. Принципиальные пневматические схемы.....	40
3.4. Схемы соединения внешних проводов.....	43
4. Практические занятия по курсу ПАС.....	48
4.1. Задания к практическим занятиям.....	49
5. Каталог средств автоматизации.....	70
5.1. Каталог датчиков.....	70
5.2. Каталог средств коммуникации.....	80
5.3. Каталог исполнительных механизмов и регулирующих органов..	82
5.4. Каталог кабельной продукции и проводов.....	88
5.5. Каталог вспомогательного оборудования.....	92
Список литературы.....	94

Учебное издание  
Ерофеева Елена Владимировна  
Головушкин Борис Анатольевич

## **Проектирование систем автоматизации**

Учебное пособие

Редактор В.Л. Родичева

Подписано в печать 27.06.2012. Формат 60x84 1/16. Бумага писчая.  
Усл.печ.л. 5,58. Уч.-изд.л. 6,19. Тираж 50 экз. Заказ 2949

ФГБОУ ВПО Ивановский государственный  
химико-технологический университет

Отпечатано на полиграфическом оборудовании  
кафедры экономики и финансов ФГБОУ ВПО «ИГХТУ»  
153000, г. Иваново, пр. Ф. Энгельса, 7