

Министерство образования Республики Беларусь  
БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ ПОЛИТЕХНИЧЕСКАЯ АКАДЕМИЯ

-----  
Кафедра "Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха"

О.А. Мухин  
В.В. Покотилев

АВТОМАТИЗАЦИЯ СИСТЕМ  
ТЕПЛОГАЗОСНАБЖЕНИЯ И ВЕНТИЛЯЦИИ

Методическое пособие  
и курсовой работе для студентов специальности  
29.07 - "Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана  
воздушного бассейна"

М и н с к 1 9 9 2

Мухин О.А., Покотилов В.В. Автоматизация систем теплогазоснабжения и вентиляции: Методическое пособие к курсовой работе для студентов специальности 29.07 - "Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна". - Мн.: ВГПА, 1992. - 120 с.

Пособие содержит методики и примеры составления схем автоматизации ряда объектов систем ТГВ, выполненных с учетом требований ГОСТ 21.404-85.

Приведены сведения о государственной системе приборов и средств автоматизации, а также методика расчета распределительных регулирующих органов и сужающих устройств для измерения расхода среды и терминология автоматизации.

Пособие может быть использовано в дипломном проектировании и практической инженерной работе.

Разделы 1, 2, 3.3, 3.4, 5, 6, 7, 8.1, 8.2, 8.4, прил. 1, 2, 3, 6 написаны О.А. Мухиным, разделы 3.1, 3.2, 4, 8.3, прил. 4, 5 - В.В. Покотиловым.

Рецензенты:

В.В. Вабицкий, Ю.Г. Стегаличев

## В в е д е н и е

Существующие и строящиеся промышленные, гражданские и жилищные объекты в различной степени оснащаются средствами автоматизации. Проекты автоматизации разрабатываются на основании методики проектирования, которая постоянно совершенствуется в связи с появлением новых стандартов, нормативных материалов, с изменением системы проектной документации, появлением новых приборов, новых систем автоматического регулирования, проектно-компонованных комплексов и т.п. Поэтому одной из главных целей изучения дисциплины "Автоматизация систем теплогазоснабжения и вентиляции" является привитие навыка чтения и составления различных схем автоматизации объектов ТЭВ, овладения азбукой автоматизации — условными обозначениями и методикой разработки схем.

В ходе проектирования автоматизированных объектов используются специфические условные обозначения для построения технологических схем, а также структурных, принципиальных, схем автоматизации и специальная методика их составления.

На примерах составления схем автоматизации с достаточной полнотой и наглядностью можно судить о взаимной связи технологического оборудования и технических средств автоматизации (ТСА), последовательности их работы и принципа действия. Эти схемы также необходимы при производстве наладочных работ и в эксплуатации.

При составлении различных схем необходимо изучить ряд нормативных документов (ГОСТ и ОСТ, строительные нормы и правила, технические условия и т.п.), на основании которых можно определить уровень автоматизации объекта, т.е. степень оснащения различными подсистемами автоматизации, исходя из алгоритма функционирования конкретного объекта автоматизации (например, требуется ли подсистема сигнализации, локального или централизованного контроля, автоматической защиты и т.п.).

Важную роль при проектировании играет изучение государственной системы приборов и средств автоматизации (ГСЦ), определяющей техническую политику автоматизации данной отрасли, принципы новых разработок для устройств автоматизации с целью сокращения типоразмеров, повышения надежности и реализации широкого применения информационно-вычислительных машин.

Практически в любой системе или объекте используются распре-

действительные регулирующие органы - клапаны, задвижки, шиберы и т.п. Они, как правило, являются неотъемлемой частью объекта или системы, на них возлагается задача ручного или автоматического управления технологическим режимом. Умение правильно рассчитать и подобрать регулирующий орган должен владеть инженер любого профиля независимо от того, какую систему он проектирует или эксплуатирует.

Наиболее распространенным методом измерения расхода жидких и газообразных сред, протекающих по трубопроводам, является метод переменного перепада давлений. Он основан на зависимости перепада давления, возникающего на сужающем устройстве, от расхода среды.

В практической работе инженеров очень часто встречаются приближенный расчет сужающего устройства и расчет его градуировочной характеристики.

Указанные вопросы должны в той или иной мере найти отражение при выполнении курсовой работы.

И, наконец, в ходе изучения дисциплины "Автоматизация систем ТЭВ" специалист встречается с новой для него терминологией, новыми понятиями, которые он должен применять в практической деятельности. Знание терминологии помогает совершенствовать техническую документацию, работу над справочной литературой, учебными пособиями (прил. I).

## 1. ГОСУДАРСТВЕННАЯ СИСТЕМА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРИБОРОВ И СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ (ГСП)

В большинстве случаев при автоматизации производственных процессов имеют дело с управляемой подсистемой - комплексом технологического оборудования, осуществляющего процесс (объект автоматизации - ОА), и информационно-управляющей подсистемой, которую представляют технические средства автоматизации - ТСА.

Операции управления процессом осуществляются, как правило, автоматически, но человеку все же не удается полностью исключить себя из процесса управления, так как механизмы и автоматы не могут решать творческих задач, возникающих в ходе эксплуатации. Различают жесткое и гибкое управление; для первого характерны более простые функции - включение-выключение, подача команд; гибкое управление обычно связано с использованием АСУ и более сложных систем.

В ходе управления человек-оператор может воздействовать на АСУ или АСУ через задающее или счетно-решающее устройство либо взять управление на себя, т.е. непосредственно воздействовать на органы управления.

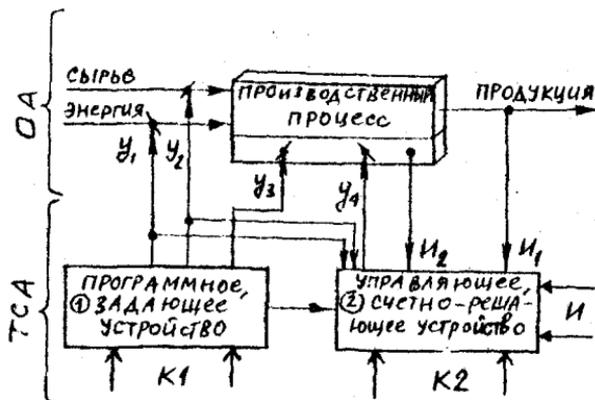


Рис. I.I. Обобщенная блок-схема системы автоматизации технологического процесса

На рис. I.I представлена обобщенная блок-схема системы автоматизации технологического процесса, на которой показаны каналы связи, количественные потоки сырья, энергии и продукции. К их органам управления приложены главные управляющие воздействия  $U_1$  и  $U_2$ , формирующиеся на основе информации  $I_1$ , получаемой от потока готовой продукции и технологического процесса  $I_2$ , а также внешних команд  $K$ . Помимо этого, имеется возможность воздействовать на процесс на промежуточных стадиях или на отдельные подобъекты автоматизации, входящие в общую систему при помощи управляющих импульсов  $U_3, U_4$ . Второй блок ТСА кроме обычных регуляторов может содержать и вычислительные средства. Оператор осуществляет контролируемые, программируемые, управляющие и обслуживающие функции.

Многообразие технологических процессов (ТП), алгоритмов их функционирования и управления, особенностей эксплуатации определяет и разнообразие технических средств автоматизации (ТСА).

Технической базой для создания автоматизированных систем уп-

равления является ГСП, создаваемая на единых системотехнических принципах упорядочения и унификации методов и средств автоматизации, рекомендованных ГОСТ 26.207-83.

В настоящее время выпускается более 2000 типов приборов и средств автоматизации на основе стандартизации и унификации параметров сигналов связи, источников питания, присоединительных размеров, нормирования условий эксплуатации и т.п. Важными задачами являются оптимизация номенклатуры, агрегатирование, информационная совместимость изделий, обеспечение их заданных конструктивных, метрологических, надежностных и точностных характеристик.

Из многообразия измеряемых и регулируемых величин ГСП выделяет пять структурных групп, приведенных в табл. I.I.

Т а б л и ц а I.I

Структура основных измеряемых и регулируемых величин

Группа	Состав величин
Теплоэнергетические	Температура, давление, перепад давлений, уровень, расход
Электроэнергетические	Сила тока, напряжение, потенциал, разность потенциалов, ЭДС, мощность, частота, индуктивность, емкость, сопротивление
Механические	Линейные и угловые величины, угловая скорость, момент силы, число изделий, твердость, вибрация, масса, звуковое давление
Физические свойства	Влажность, электропроводимость, плотность, вязкость, мутность
Химический состав	Массовое содержание, химические свойства и состав газов, жидкостей, твердых тел

В качестве информационных сигналов связи ГСП использует унифицированные сигналы - электрические и пневматические. Из электрических наибольшее распространение нашли сигналы постоянного тока и напряжения (0-5; 0-20 мА), пневматические сигналы (20-100 кПа).

Устройства ГСП классифицируют, прежде всего, по функциональному признаку:

I) измерительные преобразователи (датчики) и измерительные системы;

- 2) преобразователи и передающие устройства;
- 3) устройства центральной части;
- 4) исполнительные устройства.

Первая группа служит для информации о поведении объекта управления, вторая — для преобразования, передачи, обработки и хранения информации, третья обеспечивает формирование управляющих команд, четвертая — использование информации в виде формирования управляющего воздействия на объект. Непосредственно с объектом связаны датчики и исполнительные устройства.

Устройства центральной части, куда входят логические устройства, регуляторы, задатчики и т.п., являются самой сложной группой ГСП. Они реализуют алгоритмы контроля, управления, регулирования, достаточно универсальны и применяются в различных отраслях народного хозяйства.

В зависимости от сложности выполняемой задачи устройства центральной части разделяют на 4 уровня:

- 1) средства для получения информации и воздействия на процесс;
- 2) средства, используемые для локального регулирования отдельных параметров и в одноконтурных системах контроля;
- 3) средства для централизованного контроля и регулирования, для построения АСУТП.
- 4) вычислительная техника, автоматические системы для осуществления сложных алгоритмов управления (например, цифрового решения оптимизационных задач).

Устройства I-го и 2-го уровней применяются автономно, как правило, содержат конструктивные элементы в одном корпусе (регуляторы прямого действия), используют, в основном, аналоговые формы сигналов.

В системах теплогазоснабжения, вентиляции и охраны воздушного бассейна преимущественно применяются средства I-го и 2-го уровней, выполняющие функции контроля параметров, сигнализации, позиционного регулирования и регулирования по П-ПИ-ПИД алгоритмам.

Устройства централизованного контроля и регулирования предназначены для построения АСУ крупными технологическими агрегатами, установками, производствами. Они подразделяются на две большие группы пневматических и электрических средств. Примером могут быть приборные и блочно-модульные комплексы технических средств "Старт", "Центр", "Цикл", "Каскад", АСК, АКЭСР и др.

Вычислительные средства автоматизации управления предназначены для создания человеко-машинных систем АСУТП, АСУА, АСУО, ОАСУ с перспективой образования ОГАС - общегосударственной автоматизированной системы управления.

Структура вычислительных средств этого уровня выделяет две группы средств - управляющие вычислительные машины и универсальные ЭВМ, причем первая группа используется в АСУТП, вторая - в АСУ организационно-экономического плана.

В основные функции АСУТП входит:

- контроль параметров ТП;
  - дистанционное управление технологическим оборудованием и исполнительными устройствами;
  - измерительное преобразование;
  - контроль и сигнализация состояния оборудования и отклонения параметров;
  - автоматическое регулирование;
  - выбор режима работы регуляторов и ручное управление задатками;
  - ручной ввод данных;
  - регистрация параметров;
  - расчет ТЭП;
  - учет производства и составление данных за смену;
  - диагностика технологических линий (агрегатов);
  - оптимизация отдельных ТП;
  - анализ состояния ТП;
  - прогнозирование основных показателей производства;
  - оценка работы смены;
  - контроль выполнения плановых заданий;
  - контроль проведения ремонтов;
  - подготовка и выдача оперативной информации в АСУП;
  - получение производственных ограничений и заданий от АСУП.
- При рассмотрении структуры АСУТП различают автоматические системы регулирования (АСР) и автоматические системы управления (АСУ). АСР представляют собой замкнутые системы, функционирующие без участия человека и предназначенные для стабилизации режимов технологических процессов (рис. 1.2).

Структура АСУ, как правило, включает формирование оператором управляющих воздействий для реализации оптимального режима объек-

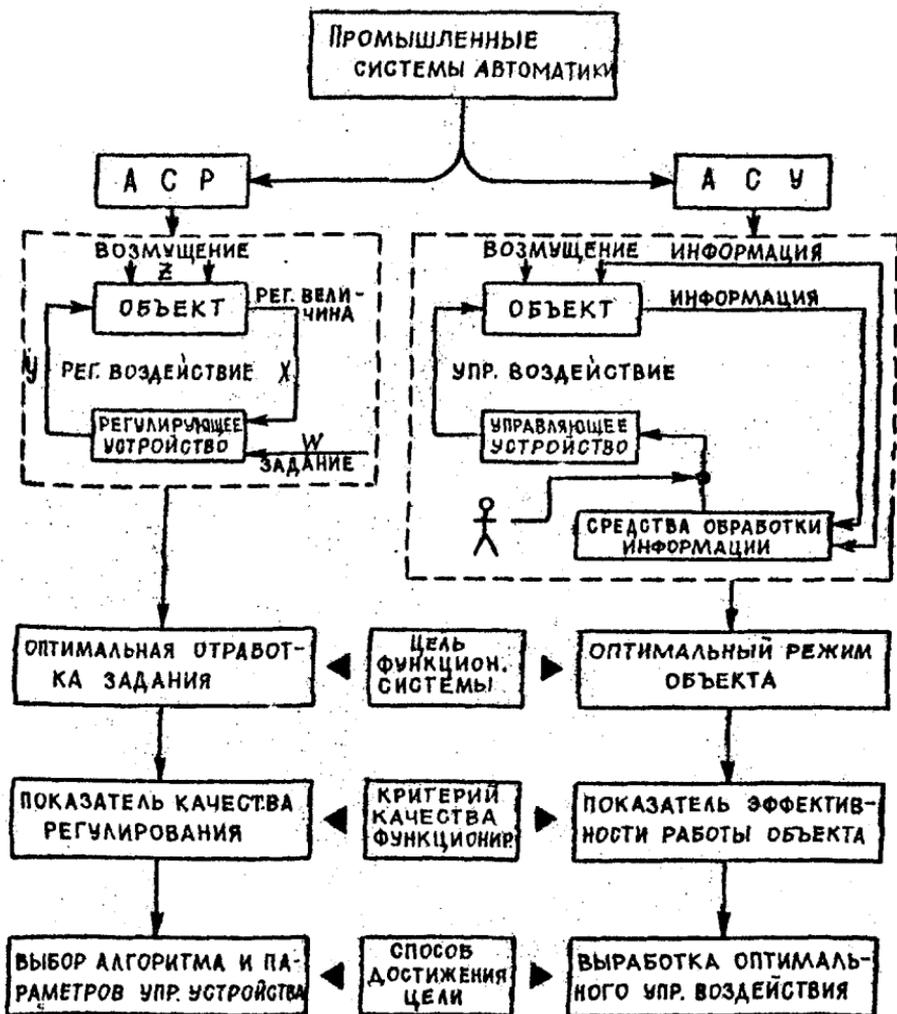


Рис. 1.2. Структура АСУТ

та (оптимальные КПД, расходы топлива и т.п.). Следует различать автоматизированный и автоматический режимы АСУ по степени участия в управлении человека (автоматический режим реализуется без участия человека).

Технические средства, имеющиеся в составе ГСП для локальных систем контроля и регулирования, учитывают требования самых различных автоматизированных систем. Автоматизация таких объектов, как котельные установки, кондиционеры, теплообменники, холодильные установки и т.д., осуществляется, как правило, обычными АСР, несмотря на наличие около десятка измеряемых величин. Средства локальной автоматики обычно применяются по месту, как местные приборы, - например, регуляторы прямого действия.

Вопрос о целесообразности использования конкретных средств ГСП решается с обязательным учетом технико-экономической эффективности выбранного варианта проекта.

По имеющимся оценкам, примерно 70 % всей возможной в перспективе экономии топлива и энергии даст технический прогресс в области производства и потребления энергоресурсов, предлагающий разработку и использование нового, более экономичного энергопотребляющего оборудования, внедрение менее энергоемких технологий, широкое применение приборов автоматического регулирования и контроля. Около 20 % перспективной экономии можно получить на основе улучшения тепловой изоляции зданий, снижения потерь топлива при хранении и транспортировке, уменьшения потерь электрической и тепловой энергии при передаче. Остальные 10 % экономии могут дать чисто организационные мероприятия.

На современном этапе необходимо осуществить крутой поворот к ускоренному развитию энергосберегающей техники и технологии и энергоэкономных направлений производства во всех отраслях. Улучшение использования топливно-энергетических ресурсов рассматривается как межотраслевая проблема, которая должна иметь программное обеспечение - научно-техническое, материально-техническое, организационное и экономическое.

## 2. МЕТОДИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ СХЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ

### 2.1. Общие положения

Проект автоматизации выполняется на основании задания ,

составляемого генеральным проектировщиком или заказчиком, и представления исходных данных и материалов.

Задание должно содержать следующие основные данные: наименование предприятий; основания для проектирования; перечень производств, цехов, установок, агрегатов с указанием особых условий их эксплуатации; уровень капитальных затрат; сроки и очередность строительства; предложения по управлению ТП и размещению пультов и пунктов управления и др.

В число основных исходных данных и материалов входят: технологические схемы с характеристиками оборудования и коммуникаций; перечни контролируемых и регулируемых параметров; чертежи помещений и технологического оборудования; схемы водо- и воздухоснабжения; требования к надежности; техническая документация по типовым проектам и решениям и др. дополнительная документация.

Системы автоматизации являются частью системы управления объектом, поэтому проект автоматизации должен быть увязан с проектом системы управления объектом в целом.

Проектирование систем автоматизации выполняют в соответствии со СНиП I.02.01-85 в две (проект и рабочая документация) или в одну (рабочий проект) стадии.

На стадии рабочей документации разрабатываются:

1. Структурные схемы - управления и контроля, комплекса технических средств, комплектов средств автоматизации, - отражающие укрупненную структуру системы управления и взаимосвязи между пунктами контроля и управления объектом и отдельными должностными лицами.

2. Схемы автоматизации, отражающие функционально-блочную структуру отдельных подсистем и оборудование объекта управления приборами и средствами автоматизации (используется при изучении общего принципа действия системы).

3. Принципиальные схемы, служащие основанием для разработки конструкторской документации. На них приводится полный состав элементов, модулей, вспомогательной аппаратуры и связей между ними, которые дают детальное представление о принципе действия отдельного узла или устройства.

4. Монтажные схемы, показывающие соединения электрических и трубных подводок в пределах комплектных устройств (щитов,

пультов и т.п.), а также места их ввода.

5. Схемы соединений, показывающие внешние связи между измерительными устройствами и щитами (пультами) автоматизации.

6. Схемы подключения, показывающие внешнее подключение устройств.

7. Схемы расположения, показывающие расположение составных частей устройств на планах и других чертежах ЕСКД.

8. Общие виды щитов и пультов.

9. Нетиповые чертежи установки ТСА.

10. Общие виды нестандартного оборудования.

11. Расчеты регулирующих органов.

12. Пояснительная записка.

13. Заказные спецификации приборов и ТСА.

14. Перечень типовых чертежей.

15. Уточненные задания, связанные с автоматизацией объекта.

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 обслуживаемому персоналу, комбинированные, комплексные и вспомогательные устройства.

## 2.2. Стадии проектирования схем автоматизации

В проекте автоматизации необходимо придерживаться определенной последовательности при разработке конкретных схем. В первую очередь, необходимо определить, где будут размещаться пункты управления и операторские помещения, определить основные функции и технические средства, обеспечивающие реализацию этих функций в каждом пункте управления и контроля. Надо также выявить требуемый характер взаимосвязей технологических подразделений, пунктов контроля и управления между собой, и при необходимости - с автоматизированной системой управления технологическим процессом (АСУТП). Результатом решения перечисленных задач является структурная схема управления и контроля, которая выполняется на стадиях технического проекта и рабочих чертежей.

Система автоматизации может быть представлена конструктив-

ной, функциональной или алгоритмической структурой. В первом случае каждая часть представляет собой самостоятельное конструктивное целое, во втором - служит для выполнения определенной функции, в третьем - для выполнения определенного алгоритма преобразования входной величины.

Следующим этапом проектирования является разработка схем автоматизации, которые выполняются по чертежам технологической части и структурной схемы автоматизации. Составление схем производится на основании анализа алгоритмов управления объектом, требований к точности контроля и регистрации, качеству и надежности регулирования технологических параметров.

Далее на основании схемы автоматизации разрабатываются принципиальные схемы автоматизации, которые определяют полный состав приборов, аппаратов и устройств, а также связей между ними. Эти схемы определяют принципы действия системы, монтажа, производства наладочных работ и эксплуатации. Различают электрические, гидравлические, пневматические и комбинированные (например, электрогидравлические) принципиальные схемы.

Принципиальные схемы служат основанием для разработки монтажных таблиц щитов и пультов, схем подключения и т.п.

В проекте автоматизации приводится таблица условных обозначений, которые не предусмотрены стандартами.

### 2.3. Проектирование структурных схем

Под структурой управления понимают совокупность частей автоматической системы, на которые она может быть разделена по определенному признаку, и путей (каналов) передачи воздействий между ними. Графическое изображение структуры называют структурной схемой.

Структура управления может состоять из нескольких пунктов управления, связанных друг с другом, т.е. иметь разные уровни управления объектом автоматизации. Различают одноуровневые централизованные, одноуровневые децентрализованные и многоуровневые структурные схемы (рис.2.1). Структурные схемы рекомендуется разрабатывать в соответствии с требованиями руководящего технического материала (РТМ 252.40-76 Минприбора).

Схемы выполняются, как правило, на одном чертеже, где в

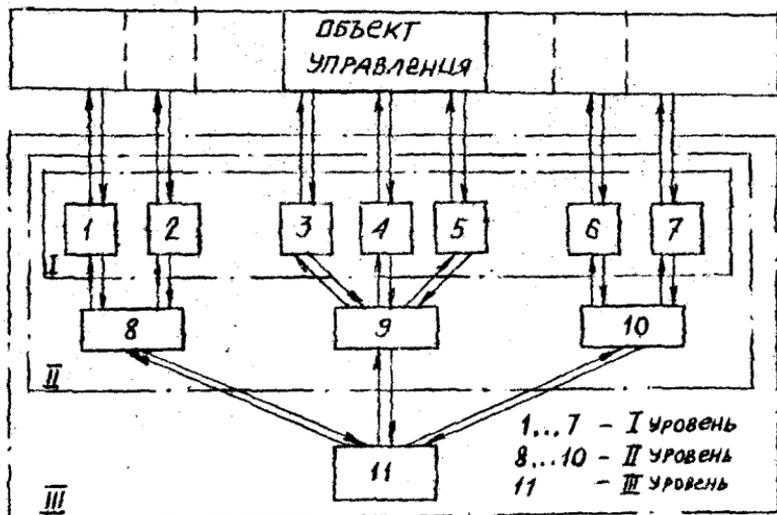


Рис.2.1. Структурная схема управления

виде условных изображений показывают:

технологические подразделения - цеха объекта, участки или группы оборудования, а также оперативные посты и организацию их обслуживания;

пункты контроля и управления - оперативные и диспетчерские щиты и пульта, входящие в систему управления объектом, а также не входящие в состав проекта, но имеющие связь с ним;

технологический персонал и группы ремонтной, наладочной и лабораторной служб;

основные функции и технические средства (устройства), обеспечивающие их реализацию в каждом пункте контроля и управления;

линии оперативной связи, указывающие направления поступления информации, опроса, выдачи команд, распоряжений и т.п.

Цеха, участки объекта изображаются прямоугольниками, в которых указывается наименование технологического оборудования. Оперативные и диспетчерские щиты и пульта управления изображаются также в виде прямоугольников с нанесением поясняющих надписей и нумерации.

## 2.4. Проектирование схем автоматизации

Схема автоматизации дает общее представление об автоматизируемом объекте (системе) и является основным техническим документом, определяющим функционально-блочную структуру и объем автоматизации объекта и его отдельных установок и агрегатов, а также степень оснащения их приборами и средствами автоматизации.

При проектировании систем автоматизации ТП основные технические решения отображаются на схемах автоматизации.

Разработка схемы автоматизации учитывает состав и содержание задач по управлению ТП, организацию пунктов контроля и управления, взаимосвязь между ними и определяется структурной схемой.

К числу основных задач при выполнении схемы автоматизации относятся:

получение первичной информации о состоянии ТП и оборудования;

воздействие на ТП для обеспечения алгоритма управления;

стабилизация и управление технологическими параметрами;

контроль и регистрация параметров ТП и состояния технологического оборудования.

На схеме автоматизации условными обозначениями показывают: технологическое оборудование, исполнительные устройства, коммуникации, органы управления и технические средства автоматизации-ТСА (приборы, регуляторы, вычислительные устройства, элементы телемеханики) с указанием связи между технологическим оборудованием и элементами автоматики, а также связей между отдельными элементами ТСА. Взаимосвязи определяются назначением подсистем автоматизации - контроля, сигнализации, блокировки, управления, регулирования и др. Изображают комплектные устройства (агрегатированные комплексы, машины централизованного контроля, управляющие вычислительные машины, полуккомплекты телемеханики и т.п.), а также ручной ввод данных в машину. При необходимости приводят таблицу условных обозначений, не предусмотренных стандартами, и пояснения к схеме.

Сложные технологические системы рекомендуется расчленять на отдельные технологические узлы и выполнять для них отдельные схемы автоматизации.

Для однотипных технологических объектов, не связанных между собой и имеющих одинаковые щиты и одинаковое оснащение приборами и средствами автоматизации, схему выполняют для одного из них, и на ней дают пояснения. Например: "Схема составлена для агрегата I; для агрегатов 2-5 схемы аналогичны".

Для однотипных технологических объектов или частей, имеющих общие щиты, пульты, на схеме показывают технологическое оборудование одного объекта (части). При этом приборы и средства автоматизации, устанавливаемые на щите, показывают полностью для всех объектов. Если приборы однотипны и контролируемые параметры имеют одинаковые значения, их показывают на схеме один раз, и рядом с условным обозначением проставляют их количество. Если параметры имеют разное значение, на щите показывают все приборы.

При использовании многоотчетного прибора в нескольких однотипных агрегатах на схеме показывают только один агрегат и один первичный измерительный преобразователь или по одному на каждый параметр, а около прибора - линии от остальных преобразователей.

#### 2.4.1. Изображение технологической схемы

Технологическую схему изображают в соответствии со схемой, принятой в технологической части проекта.

Технологическое оборудование и коммуникации изображаются на схеме упрощенно, без вспомогательных трубопроводов и аппаратов; показывается только та регулирующая и запорная арматура, которая непосредственно участвует в контроле и управлении технологическим процессом. Внутренние детали и элементы частей оборудования показывают в случае их механического соединения с приборами и средствами автоматизации.

Изображение технологического оборудования и коммуникаций выполняется в виде плоской схемы и располагается в верхней части схемы автоматизации (примерно 2/3 по высоте схемы). Возле изображения технологического оборудования указывают позиции дополнительной спецификации или поясняющие надписи. Необходимые виды, разрезы и сечения дают по ГОСТ 2.305-68 или условными обозначениями соответствующего стандарта отрасли.

Технологические трубопроводы жидкости и газа изображают однолинейными с условными кодами, приведенными в табл. 2.1. Ус-16

Таблица 2.1

## Условные цифровые обозначения некоторых трубопроводов для жидкостей и газов

По ГОСТ 2.784-70 Среда рабочая	Обозначение	Коммуни- кации	Рекомендуемые ГПИ Сантехпроект по СН 460-74 и ГОСТ 21.609-83	Обозначение
Вода	I	Теплопро- воды	Общее обозначение	T0
Пар	2		Отопление, вентиляция, СКВ, тепловые сети, подающий/обратный	T1/T2
Воздух	3	Газопро- воды	Горячее водоснабжение, подающий/цир- куляционный	T3/T4
Азот	4		Производственные нужды, подающий/ об- ратный	T5/T6
Кислород	5		Паропровод (T7-P < 0,13 МПа; T8-P > 0,13 МПа) / конденсатопровод	T7, T8/T9
Аргон	6	Воздухо- воды	Общее обозначение	A1
Аммиак	II		При разных параметрах воздуха	A11-A19
Масло	14	Водо- проводы	Низкого давления	G1
Горячее жидкое	15		Среднего давления	G2
Водород	16		Высокого давления (0,3-0,6 МПа/0,6-1,2 МПа)	G3/G4
Ацетилен	17		Продувочный (свеча)/продувочный	G5/G6
Хладон(фреон)	18	Канали- зация	Общее обозначение	K0
Метан	19		Хозяйственно-питьевой	K1/K2
Этан	20		Оборотной воды, подающий/обратный	K3-K12
Этилен	21		Противопожарный/производственный	
Пропан	22		Общее обозначение	
Пропилен	23		Бытовая (фекальная)/дождевая (ливневая)	
Бутан	24		Производственная	
Противопожарный трубопровод	26			
Вакуумный трубопровод	27			

ловные обозначения трубопроводов проставляют через расстояния не менее 50 мм. Для сред, не предусмотренных табл.2.1, допускается вводить другие цифровые коды с обязательным пояснением.

Направление движения потоков жидкости или газа показывают стрелками в виде равностороннего треугольника с размером стороны 5 мм.

Трубопроводы, идущие к конечным аппаратам и устройствам, в которых нет приборов и ТСА, допускается обрывать с пояснением, например: "от насоса" или "к баку конденсата".

Выполненная таким образом технологическая схема должна давать ясное представление о принципе ее работы и взаимодействии с ТСА.

#### 2.4.2. Изображение приборов и средств автоматизации

Приборы и средства автоматизации показывают условными обозначениями по ГОСТ 21.404-85. Эта система обозначений основывается на функциональных признаках, выполняемых приборами.

Графические условные обозначения приборов и средств автоматизации приведены в табл.2.2-2.5.

Отборное устройство для постоянно подключенных приборов не имеет специального обозначения. Место его подсоединения определяется пересечением линий связи с технологическими коммуникациями. Однако место расположения отборного устройства или точки измерения внутри объекта допускается обозначать окружностью диаметром 2 мм.

Сложные приборы, выполняющие несколько функций, допускает-

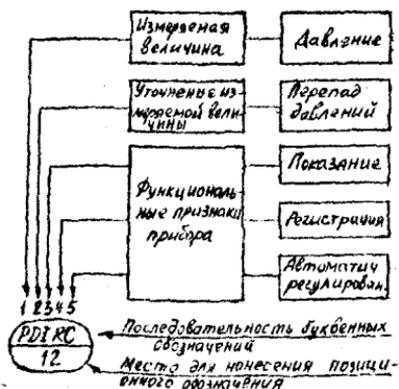


Рис. 2.2. Пример построения графических условных обозначений

ся изображать несколькими окружностями, примыкающими друг к другу.

Методика построения графических условных обозначений показана на примере, приведенном на рис.2.2. В верхней части окружности (эллипса) наносятся буквенные обозначения измеряемой величины, ее уточнения и функционального признака прибора, в нижней - позиционное обозначение, цифровое или буквенно-цифровое, служащее для нумерации комплекта измерения, регулирования или отдельных элементов комплекта.

Как видно из примера, приведенное обозначение реально соответствует автоматическому регулятору перепада давлений с показывающей шкалой и устройством для регистрации (записи) показаний.

При использовании стандартных кодов можно руководствоваться следующими правилами:

1. Буква А применяется для обозначения функции "Сигнализация" независимо от того, вынесена ли сигнальная аппаратура на какой-либо щит или для сигнализации используются лампы, встроенные в сам прибор. Буква S применяется для обозначения контактного прибора, используемого для включения, отключения, блокировки и т.п. При применении контактного устройства прибора для включения, отключения и одновременно для сигнализации следует использовать в обозначении прибора обе буквы: S и А.

2. Для конкретизации измеряемой величины около изображения прибора (справа от него) указывают наименование или символ измеряемой величины, - например: "напряжение", "ток",  $O_2$ , pH и т.д.

3. Буква U может быть использована для обозначения прибора, измеряющего несколько разнородных величин. Подробная расшифровка измеряемых величин должна быть приведена около прибора или на поле чертежа.

4. Для обозначения величин, не предусмотренных стандартом, могут быть использованы резервные буквы.

5. Для обозначения дополнительных значений допускается заменять буквы D, F, Q строчными d, f, q.

6. Буква E применяется для обозначения чувствительных элементов: термометров термоэлектрических (термопар), термометров сопротивления, датчиков пирометров, сужающих устройств расходомеров и т.п.

7. Буква T означает промежуточное преобразование - дистанционную передачу сигнала. Ее применяют для приборов с дистан-

ционной передачей показаний, - например, бесшкальных манометров (дифманометров) и т.п.

8. Буква К применяется для обозначения приборов, имеющих станцию управления, т.е. переключатель для выбора вида управления (автоматическое, ручное и для дистанционного управления).

9. При использовании в обозначениях дополнительных букв на первом месте ставится буква, обозначающая измеряемую величину, а на втором - одна из дополнительных букв: Е, Т, К, У. Например, первичные измерительные преобразователи температуры (термопары, термометры сопротивления и др.) обозначаются ТЕ и т.д.

10. Дополнительные обозначения, приведенные в табл.2.3, наносятся справа от графического обозначения прибора.

11. Как исключение, устройства, предназначенные для разных операций и выполненные в виде отдельных блоков, обозначают первой буквой Н, - например, переключатели электрических цепей управления (измерения), переключатели воздушных и газовых линий обозначаются НЗ, байпасные панели дистанционного управления - НС, кнопки (ключи) для дистанционного управления, задатчики - Н.

Примеры построения условных обозначений приведены в табл.

2.4.

Т а б л и ц а 2.2

Графические условные обозначения приборов средств автоматизации и линий связи по ГОСТ 21.404-85

№ пп	Наименование	Обозначение
1	2	3
1	Прибор, устанавливаемый по месту (основное обозначение)	
	Допускаемое обозначение 	
2	Прибор, устанавливаемый на щите, пульте (основное обозначение)	
	Допускаемое обозначение 	
3	Отборное устройство для постоянно подключенных приборов	
4	Исполнительный механизм. Общее обозначение	
5	Исполнительный механизм, открывающий регулирующий орган при прекращении подачи энергии или управляющего сигнала	

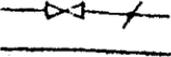
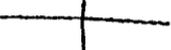
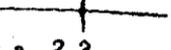
1	2	3
	Исполнительный механизм, закрывающий регулирующий орган при прекращении подачи энергии или управляющего сигнала	
	Исполнительный механизм, который при прекращении подачи энергии или управляющего сигнала оставляет регулирующий орган в неизменном положении	
	Исполнительный механизм с дополнительным ручным приводом	
6	Регулирующий орган (клапан, заслонка)	
7	Линия связи	
8	Пересечение линий связи без соединения друг с другом	
9	Пересечение линий связи с соединением между собой	

Таблица 2.3

Буквенные обозначения (коды) измеряемых величин и функциональных признаков приборов по ГОСТ 21.404-85

Обозначение	Основная величина	Обозначение, уточняющее значение первой буквы	Отображение информации	Формирование выходного сигнала	Дополнительное значение
1	2	3	4	5	6
A	+	-	сигнализация	-	-
B	+	-	-	-	-
C	+	-	-	регулирование, управление	-
D	плотность	разность, перепад	-	-	-
E	любая электрич. величина	-	+	-	-
F	расход	соотношение, доля, дробь	-	-	-
G	размер, положение, перемещение	-	+	-	-
H	ручное воздействие	-	-	-	верхний предел измеряемой величины

1	2	3	4	5	6
I	+	-	показание	-	-
J	+	автоматическое переключение, обегание	-	-	-
K	время, временная программа	-	-	+	-
L	уровень	-	-	-	нижний предел измеряемой величины
M	влажность	-	-	-	-
N	+	-	-	-	-
O	+	-	-	-	-
P	давление, вакуум	-	-	-	-
Q	величина, характеризующая качество: состав, концентрацию и т.п.	интегрирование, суммирование по времени	-	+	-
R	радиоактивность	-	регистрация	-	-
S	скорость, частота	-	-	включение	-
T	температура	-	-	+	-
V	вязкость	-	+	-	-
W	масса	-	-	-	-
X, Y, Z	резервная буква	-	-	+	-

## Дополнительные буквенные обозначения

Наименование	Обозначение	Назначение
1	2	3
Чувствительный элемент	E	устройства первичного преобразования
Дистанционная передача	T	приборы бесшкальные (манометры, дифманометры и др.)

Примечание. Обозначения, отмеченные знаком (+), являются резервными; отмеченные знаком (-) не используются.

	2	3
Станция управления	K	приборы с переключателем
Преобразование, вычислительные функции	Y	для построения преобразователей и вычислительных устройств
Род энергии сигнала:		
электрический	E	обозначения наносятся справа от графического обозначения прибора
пневматический	P	
гидравлический	G	
Форма сигнала:		
аналоговый	A	
дискретный	D	

Т а б л и ц а 2.4

Примеры построения условных обозначений по ГОСТ 21.404-85

№ пп	Наименование	Обозначение
		3
1	Первичный измерительный преобразователь для измерения температуры, установленный по месту (термопара, терморезистор, термобаллон и т.п.)	TE
2	То же для измерения расхода, установленный по месту (диафрагма, сопло, труба Вентури и т.п.)	FE
3	То же для измерения уровня, установленный по месту (датчик электрического или емкостного уровня и т.п.)	LE
4	Прибор для измерения температуры показывающий, установленный по месту (термометр ртутный, термометр манометрический и т.п.)	TI
5	То же для измерения давления (разрежения) (показывающий манометр, дифманометр, тягомер, вакуумметр и т.п.)	PI
6	То же для измерения расхода (дифманометр, ротаметр показывающий и т.п.)	FI
7	То же для измерения уровня (манометр или дифманометр, используемый для измерения уровня)	LI
8	Прибор для измерения температуры бесшкальный, с дистанционной передачей показаний, установленный по месту (термометр манометрический бесшкальный с пневмо- или электропередачей)	TT
9	То же для измерения давления (разрежения), (манометр, дифманометр бесшкальный с пневмо- или электропередачей)	PT

1	2	3
10	Прибор для измерения перепада давления, установленный по месту (например, дифманометр показывающий)	РД
11	Прибор для измерения температуры одноточечный, регистрирующий, установленный на щите (милливольтметр самопишущий, логометр, потенциометр, мост автоматический и т.п.)	ТД
12	То же для измерения давления (например, самопишущий манометр или любой вторичный прибор для регистрации давления или разрежения), установленный на щите	РД
13	Прибор для измерения температуры многоточечный, с автоматическим обегалшим устройством, регистрирующий, установленный на щите (потенциометр многоточечный самопишущий, мост автоматический и т.п.)	ТД
14	Прибор для измерения влажности регистрирующий, установленный на щите (например, вторичный прибор влагомера)	М
15	Регулятор температуры бесшкальный, установленный по месту (например, dilatометрический регулятор температуры)	Т
16	Комплект для измерения температуры регистрирующий, регулирующий, снабженный станцией управления, установленный на щите (например, вторичный прибор и регулирующий блок системы "Старт")	Т
17	Прибор для измерения давления с контактным устройством, установленный по месту (например, реле давления)	Т
18	Прибор для измерения давления (разрежения) показывающий, с контактным устройством, установленный по месту (электроконтактный манометр, вакуумметр и т.п.)	Т
19	Прибор для измерения температуры бесшкальный, с контактным устройством, установленный по месту (например, реле температурное)	Т
20	Пусковая аппаратура для управления электродвигателем (например, магнитный пускатель и т.п.). Применение резервной буквы N должно быть оговорено на поле схемы)	Т
21	Аппаратура, предназначенная для ручного дистанционного управления, установленная на щите (кнопка, ключ управления, задатчик и т.п.)	Т
22	Регулятор уровня с сигнализацией по верхнему и нижнему уровням	Т

1	2	3
23	Переключатель электрических цепей измерения (управления), переключатель для газовых (воздушных) линий, установленный на щите	
24	Вольтметр	 V
25	Амперметр	 A
26	Ваттметр	 W
27	Преобразователь сигнала, установленный на щите (входной сигнал-электрический, выходной сигнал-тоже электрический, - например, преобразователь измерительный для преобразования ТЭДС термомпары в сигнал постоянного тока)	 E/E
28	Преобразователь сигнала, установленный по месту (входной сигнал-пневматический, выходной - электрический)	 P/E

Т а б л и ц а 2.5

Дополнительные обозначения, применяемые для построения преобразователей сигналов и вычислительных устройств

Наименование	Обозначение
Род сигнала:	
электрический	E
пневматический	P
гидравлический	G
Виды сигнала:	
аналоговый	A
дискретный	D
Логарифмирование	lg
Дифференцирование	$dx/dt$
Интегрирование	$\int$
Изменение знака сигнала	x(-1)
Ограничение верхнего значения сигнала	max
Ограничение нижнего значения сигнала	min

### 2.4.3. Изображение схемы автоматизации

Стандарт регламентирует два способа построения схем - раз-

вернутый и упрощенный (рис. 2.3).

При развернутом способе (а) используют прямоугольники расположения ТСА. Упрощенный способ (б) предполагает изображение ТСА вблизи оборудования, на коммуникациях самой технологической схемы одним условным обозначением, без указания датчиков и вспомогательной аппаратуры.

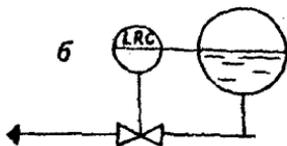
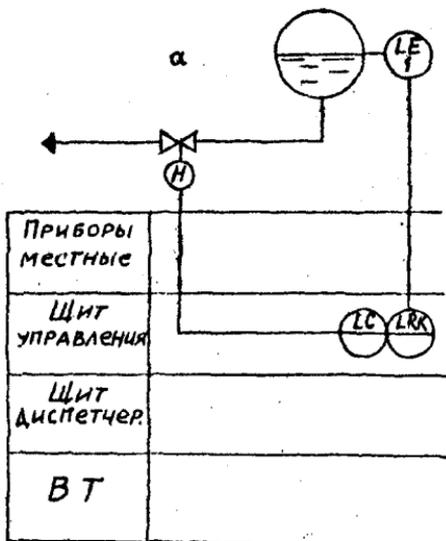


Рис. 2.3. Примеры схем автоматизации (регулирование и регистрация уровня):

а - развернутый способ;  
б - упрощенный способ

Приборы и ТСА, расположенные на щитах и пультах, показывают в нижней части поля развернутой схемы в прямоугольниках произвольных размеров, достаточных для нанесения графических условных обозначений. С левой стороны каждого прямоугольника указывают соответствующее наименование, — например: "Пульт диспетчера", "Щит управления" и т.п. Элементы автоматизации, расположенные вне щитов и конструктивно не связанные с технологическим оборудованием, условно показывают в прямоугольнике "Приборы местные" расположенном в верхнем ряду.

Функциональные связи ТСА между собой и с технологическим

оборудованием показывают на схемах сплошными тонкими линиями - линиями связи. Подвод линий связи к графическому изображению возможен в любой точке - сверху, снизу, сбоку. Допускаются стрелки на линиях связи для пояснения направления импульса и пересечения линий связи со схемой технологического оборудования. Для сложных технологических схем с большим количеством ТСА, когда изображению непрерывных линий связи затрудняет чтение схемы, допускается разрыв линий связи. Оба конца разрыва нумеруются одной и той же арабской цифрой, причем нумерация воле прямоугольников - сквозная, у оборудования (коммуникаций) - произвольная.

Следует указать, что в настоящее время в практике проектирования можно встретить совмещенные схемы, в которых используются одновременно развернутый и упрощенный методы, причем упрощенный метод применяется для изображения локальных подсистем контроля и регуляторов прямого действия. Действительно, изображение, например, термометров, манометров и т.п. вблизи точек отбора импульсов значительно разгружает схему автоматизации от длинных линий связи. При выполнении задания можно использовать такой комбинированный метод построения схемы автоматизации.

Рекомендуется следующая последовательность размещения прямоугольников по вертикали: "Приборы местные", "Щит автоматизации (объекта)", "Щит диспетчера (телемеханика)", "Вычислительная техника". С помощью прямоугольников произвольных размеров изображаются также комплектные устройства с указанием внутри прямоугольника типа устройства.

Расположение всех элементов схемы и связей должно быть таким, чтобы достигалась наибольшая простота и ясность схемы.

Схемы выполняют без соблюдения масштаба; действительное пространственное расположение составных частей не учитывают или учитывают приближенно.

## 2.5. Проектирование принципиальных электрических схем автоматизации

Принципиальные электрические схемы обычно разрабатывают для отдельных самостоятельных элементов или установок системы (например, схему управления электроприводом задвижки и т.п.). На основании этих схем затем можно составить принципиальные

электрические схемы комплексов элементов или установок (например, схему управления насосной установкой). Схемы управления, регулирования, измерения (контроля), сигнализации, блокировки выполняют в соответствии с существующими требованиями государственных стандартов. Линии связи должны состояться из горизонтальных и вертикальных отрезков и иметь наименьшее количество изломов и взаимных пересечений. Расстояния между соседними параллельными линиями связи должны быть не менее 3 мм. Особенностью схем является большое число цепей и множество элементов различного назначения, а также использование условных обозначений, применяемых в схемах других видов, — например, в схемах регулирования.

Группа элементов, представляющих устройство, не имеющее самостоятельной принципиальной схемы, может выделяться штрихпунктирной линией. То же относится к элементам, не входящим в установку, для которой разрабатывается схема.

Схемы, как правило, выполняются для объектов и элементов автоматизации, находящихся условно в отключенном (нерабочем) состоянии.

Устройства могут изображаться на принципиальных электрических схемах совмещенным или разнесенным способами. При совмещенном способе элементы устройства (катушки, контакты и др.) изображают в непосредственной близости друг к другу, показывая их кинематические взаимосвязи. При разнесенном способе элементы устройств изображают в разных местах, что упрощает выполнение схемы. В последнем случае схему составляют из цепей в порядке последовательности действия отдельных элементов (слева-направо или сверху-вниз), преимущественно строчным методом.

Наглядность и простота чтения схемы обеспечиваются выполнением требований и правил выполнения схемы и использованием условных графических обозначений в соответствии со стандартами (перечень ГОСТов приведен в прил. 2, примеры — в табл. 2.6).

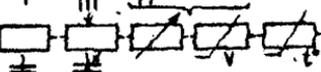
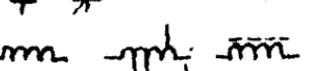
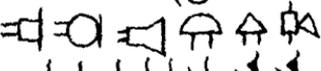
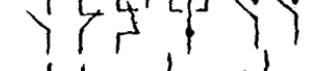
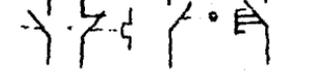
В табл. 2.7 приведены буквенные коды наиболее употребительных элементов электрических цепей в соответствии с ГОСТ 2.710-81.

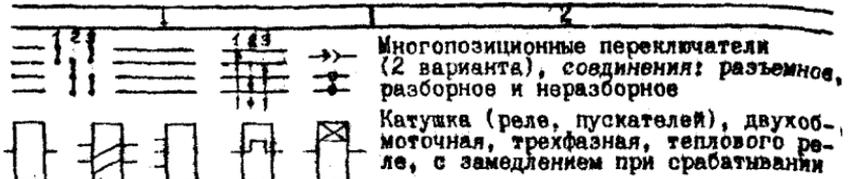
Обязательной частью позиционного обозначения элементов является буквенное обозначение на первом месте и цифровое обозна-

чение его номера - на втором. Дополнительно может быть показана буква, указывающая функцию элемента. Например, КЗН указывает, что используется реле с порядковым номером 3 для сигнализации. Контакты этого реле соответственно могут быть обозначены КЗН:1, КЗН:2 и т.д.

Т а б л и ц а 2.6

Примеры условных графических обозначений  
в электрических цепях

Условное обозначение	Наименование
	<p>Однолинейное и многолинейное изображение кабельной линии из 5 жил, совокупность устройств</p>
	<p>Электрические машины: генератор трехфазный переменного тока, двигатель постоянного тока (2 варианта)</p>
	<p>Трансформатор, автотрансформатор однофазный (2 варианта), магнитный усилитель</p>
	<p>Резистор (общее), переменный, вариатор, терморезистор</p>
	<p>Конденсатор (общее), переменной емкости</p>
	<p>Катушка индуктивности, с отводами, с магнитоэлектрическим сердечником</p>
	<p>Предохранители: пробивной, плавкий, выключатель-предохранитель, экранирование</p>
	<p>Диод, стабилитрон, фотодиод</p>
	<p>Транзистор p-n-p, фоторезистор, электронно-лучевая трубка</p>
	<p>Электровакuumные: диод, триод косвенного накала, стабилитрон</p>
	<p>Лампа (осветительная, сигнальная) газоразрядная с видимым излучением</p>
	<p>Телефон, микрофон, громкоговоритель, звонок, сирена, гудок</p>
	<p>Контакты: замыкающий, размыкающий, переключающий, со средним положением, с самовозвратом, с дугогашением</p>
	<p>Контакты: с механическим воздействием, теплового реле, путевого выключателя, кнопочный</p>



Т а б л и ц а 2.7

Буквенные коды некоторых элементов по ГОСТ 2.710-81

Однобуквенный код	Группа видов элементов	Пример вида элемента	Двухбуквенный код
1	2	3	4
А	Устройство (общее обозначение)	-	-
В	Преобразователи неэлектрических величин в электрические (кроме генераторов и источников питания)	Термопара, тепловой датчик Датчик давления Датчик скорости	ВК ВР ВВ
С	Конденсаторы	-	-
Е	Элементы разные	Нагревательный элемент Лампа осветительная	ЕК ЕЛ
Ф	Разрядники, предохранители, устройства защитные	Предохранитель плавкий Разрядный элемент для защиты по напряжению, разрядник	FU FV
Г	Генераторы, источники питания	Ватарея	ГВ
Н	Элементы индикаторные и сигнальные	Прибор звуковой сигнализации Прибор световой сигнализации	НА НЛ
К	Реле, контакторы, пускатели	Реле токовое Реле электротепловое Контактор магнитный, пускатель Реле времени Реле напряжения	КА КК КМ КТ КВ
И	Двигатели	-	-

Продолжение табл. 2.7

1	2	3	4
P	Приборы, измерительное оборудование	Амперметр	PA
		Регистрирующий прибор	PS
		Часы, измеритель времени	PT
		Вольтметр	PV
		Ваттметр	PW
	Выключатели	Выключатель-автомат	QE
		Разъединитель	QS
R	Резисторы	Термистор	RK
S	Устройства коммутационные в цепях управления, сигнализации и т.п.	Потенциометр	RP
		Выключатель или переключатель	SA
		Выключатель кнопочный	SB
		Выключатель автоматический	SF
		Выключатели, срабатывающие от различных воздействий:	
	от температуры	SK	
	от уровня	SL	
	от давления	SP	
	от положения (путевой)	SQ	
T	Трансформаторы, автотрансформаторы	Трансформатор тока	TA
		Трансформатор напряжения	TV
U	Преобразователи	Генератор частоты, выпрямитель	UZ
V	Приборы электровакуумные полупроводниковые	Диод, стабилитрон	VD
		Лампа	VL
		Тиристор	VS
		Транзистор	VT
Y	Устройства электромагнитные	Электромагнит, сервопривод	YA

### 2.6. Проектирование принципиальных гидравлических и пневматических схем автоматизации

Графическое построение схемы должно давать наглядное представление о последовательности взаимодействия функциональных элементов, которые изображаются в виде прямоугольников или условных обозначений. Буквенные обозначения вписывают внутри пря-

моугольников (табл. 2.8, 2.9). На линиях связей указывают направление потоков рабочей среды. Допускается указывать их параметры (давление, подачу, расход и т.п.). При необходимости на условные обозначения элементов и устройств наносят изображения знаков регулирования. Для упрощения схемы допускается несколько линий связи, не связанных друг с другом, обозначать одной линией, но с разветвлением при подходе к элементам и устройствам. Линии дренажа и слива можно сокращать, указывая их около соответствующего элемента. Линиям связи - трубопроводам должны быть присвоены цифровые позиционные обозначения. Подробные указания по правилам составления схем приведены в ГОСТ 2.704-76\*.

Т а б л и ц а 2.8

Буквенные обозначения элементов гидроавтоматики

Название	Обозначение	Название	Обозначение
Устройство	А	Насос	Н
Аккумулятор	АК	Насос поршневой	НА
Теплообменник	АТ	Насос пластинчатый	НП
Гидробак	Б	Преобразователь	ПГ
Влагоотделитель	ВД	Распределитель	Р
Вентиль	ВН	Реле давления	РД
Гидро-(пневно-)двигатель	Д	Усилитель золотниковый	РЗ
Дроссель	ДР	Усилитель клапанный	РК
Клапан	К	Регулятор потока	РП
Клапан времени	КВ	Ресивер	РС
Клапан давления	КД	Сепаратор	С
Клапан обратный	КО	Сумматор	СП
Клапан предохранительный	КП	Термометр	Т
Клапан редуциционный	КР	Гидротрансформатор	ТР
Компрессор	КМ	Устройство воздухоспускное	УВ
Гидромотор (пневмомотор)	М	Гидроусилитель	УС
Манометр	МН	Фильтр	Ф
Гидромуфта	МФ	Гидроцилиндр (пневмоцилиндр)	Ц

Система гидроавтоматики состоит из источника энергии (автономного или сетевого), аппаратуры управления потоком жидкости и защиты от перегрузок, исполнительного устройства и магистралей с арматурой.

Системы любой сложности обычно комплектуются из элементарных звеньев, количество которых сравнительно невелико.

К числу основных звеньев можно отнести: золотники, клапаны, струйные трубки, устройства типа сопло-заслонка, дроссели регулируемые и нерегулируемые, поршневые и мембранные сервомоторы.

Подача жидкости под рабочим давлением и ее отвод производится через жидкостные магистрали, в качестве которых служат жесткие и эластичные трубопроводы, а также каналы, выполненные в корпусах оборудования. Различают всасывающие, напорные (рабочие) и сливные магистрали.

Для напорных магистралей можно рекомендовать следующие скорости течения жидкости в зависимости от давления:

Давление, МПа	5,0	10,0	15,0	20,0
Скорость, м/с	3,0	4,5	5,5	6,0

Гидравлические регуляторы применяются в локальных АСР с использованием в качестве энергоносителя, как правило, рабочей среды. Наибольшее распространение получили комбинированные - электрогидравлические - регуляторы. Например, регулятор Т-48 с электрогидравлическим преобразователем ПЭГ и регулирующим клапаном РК-1 образуют комплекс, предназначенный для автоматического отпуска теплоты в системах центрального водяного отопления. Гидравлический универсальный регулятор РД-3В предназначен для регулирования давления, уровня, расхода, перепада давления в системах теплоснабжения и на энергетических объектах.

Системы пневмоавтоматики отличаются сравнительной простотой эксплуатации, надежностью работы в условиях агрессивных сред и резких колебаний температуры, неподверженностью радиационным и магнитным воздействиям. Возможность одноканальных систем позволяет упростить пневмопривод. Однако сжимаемость газов (воздуха) приводит к запаздыванию передачи сигнала. Помимо этого пневмоприводы имеют более низкий КПД и повышенные требования к осушке и очистке сжатого газа (воздуха). В ГОСТ 26.015-81 и ГОСТ 13053-76 предусмотрено давление сжатого воздуха питания 0,14 МПа и давление питания исполнительных устройств из ряда: 0,14; 0,25; 0,4 и 0,6 МПа, хотя в отдельных индивидуальных сис-

темах оно может достигать 5 МПа и выше.

Пневмоавтоматика строится на основе широкой номенклатуры различных ТСА, из которых основное развитие получила универсальная система элементов промышленной пневмоавтоматики (УСЭПА). В частности, на основе УСЭПА создан комплекс "Старт", составляющий центральную часть пневматической ветви ГСП.

В связи с отсутствием стандартных условных обозначений пневмоавтоматики в принципиальных схемах используются упрощенные обозначения в виде прямоугольников. ТСА изображают на схемах в отключенном положении. Исполнительные устройства и регулирующие органы изображаются по ГОСТ 21.404-85; отдельные элементы могут быть изображены как аналогичные им электрические устройства (пневмокнопки, контакты пневмореле и др.). Трубные линии связи маркируются цифрами по порядку. В табл. 2.9 представлены некоторые сокращенные буквенные обозначения, которые могут применяться в принципиальных схемах, а в табл. 2.10 - примеры условных графических обозначений, часто встречающихся в принципиальных пневмогидравлических схемах.

Т а б л и ц а 2.9

Буквенные обозначения элементов пневмоавтоматики

Вид элементов	Обозначение	Вид элементов	Обозначение
Регулятор	Р	Кнопочное управление	А
Регулятор соотношения	РС	Кнопочное ручное ДУ	Р
Регулирующий орган	РО	Кнопочное программное ДУ	АП
Исполнительный механизм	ИМ	Датчик	Д
Измерительное устройство	ИУ	Позиционер	П
Регулирующее устройство	РУ	Постоянный дроссель	ПД
Образцовый манометр	ОМ	Регулируемый дроссель	РД
Станция управления	СУ	Программный задатчик	ПЗ
Ручной задатчик	РЗ	Вторичный прибор	ВИП

В общем случае на схемах показывают все ТСА, трубные линии связи, таблицу условных обозначений, перечень ТСА и аппаратуры, поясняющие подписи. Вспомогательные устройства (фильтры, редукторы, запорная арматура и т.п.) могут не показываться. Схемы выполняются с меньшим числом изломов и пересечений линий связи. При наличии одинаковых групп элементов показывают только крайние группы.

В качестве примеров использования в системах ТТВ пневмоавтоматики можно привести терморегуляторы ТТД и ТТБ для регулирования температуры жидких и газообразных сред с помощью dilatометрических и биметаллических датчиков.

Т а б л и ц а 2.10

Примеры условных графических обозначений в пневмогидравлических схемах по ГОСТ 2.781-68

Вид элементов	Обозначения
Распределитель (золотник)	
Проходы (каналы)	
Соединение проходов	
Клапан обратный, дроссели нерегулируемый и регулируемый	
Регуляторы расхода	
Клапаны: нормально закрытый и нормально открытый	
Клапан предохранительный (переливной) гидравлический и пневматический	
Клапан редуциционный и разности давлений	
Распределитель электрогидравлический с пружинным возвратом	
Манометр, дифманометр, расходомер, термометр, уровнемер	

## 2.7. Техника чтения схем

Для чтения схем необходимо, прежде всего, знать принцип действия и устройство изображаемых на них элементов, поэтому предварительно следует изучить этот материал по учебным и наглядным пособиям.

Особое внимание должно быть уделено азбуке схем автоматизации-правилам построения и условным обозначениям.

Можно рекомендовать следующую последовательность при чтении **с х е м а в т о м а т и з а ц и и**:

1) ознакомиться с надписями (основная надпись, примечания, ссылки на другие чертежи) на чертежах;

2) изучить технологический процесс и ознакомиться с пояснительной запиской и проектом автоматизации и технологической части;

3) изучить технологическую часть схемы, определить взаимодействия аппаратов, агрегатов, установок и последовательность этих взаимодействий;

4) выявить основные подсистемы автоматизации – контроля, сигнализации, блокировки, технологической защиты, дистанционного управления, автоматического регулирования, управления, телемеханики, диспетчеризации, вычислительной техники;

5) определить с помощью паспортов (описаний), перечней и спецификаций на ТСА принцип функционирования и характер взаимодействия их между собой и с технологическим оборудованием.

Информация, полученная в результате изучения структурных схем автоматизации, позволит перейти к изучению принципиальных схем автоматизации отдельных устройств.

При чтении **п р и н ц и п и а л ь н ы х с х е м** автоматизации рекомендуется следующая последовательность:

1) определяют вид схемы (кинематическая, гидравлическая, пневматическая, электрическая или комбинированная);

2) определяют систему энергоснабжения всех элементов и приборов, т.е. определяют для каждого из них род тока, номинальное напряжение, давление рабочей среды и т.п.;

3) выявляют по схеме общие коммутационные аппараты, а также аппараты защиты (предохранители, реле максимального тока и минимального напряжения и т.п.);

4) изучают основные цепи каждого элемента и прибора;

5) уточняют назначение каждого элемента схемы, для чего поочередно предполагают, что рассматриваемый элемент отсутствует, оценивая при этом характер изменений;

6) определяют динамику работы системы с использованием диаграмм взаимодействий;

7) при необходимости рассматривают взаимодействие различных подсистем, – например, регулирования и блокировки.

Практически любая сложная принципиальная электрическая схема представляет собой сочетание элементарных цепей и типовых функциональных узлов, в заданной последовательности выполняющих ряд однотипных операций. Поэтому необходимо вначале изучить простейшие схемы включения реле, магнитных пускателей, кнопок и т.п., освоить схему управления электроприводами технологического оборудования, простейшие схемы сигнализации, а затем приступить к изучению типовых схем автоматизации и диспетчеризации объектов систем ТГВ.

При изучении диспетчеризации систем ТГВ надо обратить внимание на связь средств сбора учетной информации от объектов ТГВ, технологических процессов и диспетчерских пунктов.

При изучении вопросов АСУ ТП необходимо обратить внимание на комплекс задач, решаемых системой, и на участие в ней человека как звена этой системы.

Изучая вопросы, связанные с математическим обеспечением АСУ ТП необходимо составить представление о том, что включает в себя это понятие. Необходимо также рассмотреть общую постановку задачи оптимального управления, показатели технико-экономической эффективности автоматизации, затраты на автоматизацию и понятие об окупаемости автоматизации систем ТГВ.

### 3. ПРИМЕРЫ СОСТАВЛЕНИЯ СХЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ

Для получения оптимального технического варианта проектируемого объекта следует проводить разработку технологической части и системы автоматизации совместно, а не путем последовательного проектирования. Такой подход предопределяет для проектировщика-технолога необходимость определенных знаний в области автоматизации разрабатываемых устройств, а также позволяет еще на стадии выбора технологических вариантов задавать оптимальный уровень и требуемое качество автоматизации при минимальных затратах.

#### 3.1. Схемы автоматизации водоподготовки

##### 3.1.1. Краткое описание технологической схемы

Последовательность составления схемы автоматизации рассмотрим на примере фрагмента технологического цикла водоподготовки паровой котельной (рис. 3.1).

Конденсат от основных паровых котлов поступает в конденсатный



бака. Количество поступающего конденсата является переменной величиной в течение года и в течение суток в довольно широком диапазоне. Конденсатный насос перекачивает конденсат в деаэрактор (тепловой аппарат для удаления из воды растворенного в ней воздуха). Подача насоса является величиной постоянной; насос подбирается на обеспечение подачи при расчетной паропроизводительности котельной. В реальных условиях подача насоса выше потребности котлов в питающей воде, вследствие чего насос работает периодически: включается в ходе наполнения бака при достижении среднего уровня воды и выключается при опорожнении бака (нижний уровень). Верхний уровень устанавливается для контроля за вероятностью аварийной ситуации (выход из строя насоса и др.). Для снижения вероятности аварии устанавливаются два насоса, один из которых является основным, а второй, резервный, должен включаться автоматически при аварийном останове основного. При этом необходимо обеспечить включение в основном режиме любого из двух насосов. При технологическом проектировании емкость конденсатного бака и деаэратора определяется из условия изменения уровня воды в деаэраторе в пределах  $\pm 125$  мм в.ст. при периодической подаче воды конденсатным насосом.

Естественные потери конденсата в замкнутом цикле паровой котельной восполняются химически очищенной водопроводной водой, поступающей в деаэрактор. Система химводоочистки (ХВО) не детализована на технологической схеме, а условно показана в виде моноблока. Количество поступающей водопроводной воды определяется из условия поддержания уровня воды в деаэраторе в заданных пределах. Термическая обработка воды в деаэраторе производится с помощью пара, поступающего от вспомогательных котлов, обеспечивающих технологические потребности котельной. Питательная вода должна быть предварительно частично охлаждена для исключения вскипания в коммуникациях. В данном случае в качестве охладителя использована водопроводная вода. Таким образом, вода, питающая вспомогательные котлы, охлаждается от  $104^{\circ}\text{C}$  до  $75^{\circ}\text{C}$  при нагревании в рекуперативных теплообменниках водопроводной воды от  $10^{\circ}\text{C}$  до  $92^{\circ}\text{C}$ .

Из деаэратора обработанная вода поступает к подпиточным насосам (на схеме не показаны), перекачивающим воду в основные паровые котлы высокого давления.

### 3.1.2. Составление схемы автоматизации

Система автоматизации представляет единый комплекс устройств, автоматически обеспечивающий заданный технологический процесс. Однако по функциональному назначению отдельные ее элементы выделяются в виде подсистем (управления, регулирования, сигнализации, блокировки и др.). Такое разделение упрощает проектирование, монтаж и эксплуатацию средств автоматизации. Для рассматриваемого примера можно выделить следующие подсистемы:

1. Подсистема контроля. Измерение основных параметров производится местными показывающими приборами – термометрами  $T1$  (поз. 1-3), манометрами  $P1$  (поз. 15-20), расходомером  $FIQ$  (поз. 1), а также показывающими сигнализаторами давления  $PIS$  и уровня  $LIS$  (поз. 21 и 22). Приборы показаны на схеме двумя способами – развернутым и упрощенным.

2. Подсистема управления конденсатными насосами. С целью обеспечения возможности наладки и удобства эксплуатации предусматривается управление местное с помощью кнопок  $SBI$  и  $SБ2$ , а также автоматическое дистанционное, осуществляемое переключателями  $SA1$ ,  $SA2$ ,  $SA$ . В дальнейшем указанные обозначения приводятся на схеме автоматизации как позиционные обозначения устройств. Переключателем  $SA$  назначают режим работы для каждого насоса (основной-резервный), а переключателями  $SA1$  и  $SA2$  устанавливают местный или автоматический режим управления. В автоматическом режиме работы включение и выключение основного насоса осуществляется регулятором-сигнализатором уровня ЭВСУ-3 (см. позиция 12). Датчиком является электроконтактное устройство из 3 контактов, размещаемых на верхнем уровне воды в конденсатном баке (аварийный уровень), а также на среднем и нижнем уровнях. При наполнении конденсатного бака до среднего уровня происходит замыкание контакта водой – электролитом, вследствие чего срабатывает регулятор 12 и включается основной насос. Уровень в баке понижается, при достижении нижнего значения размыкается контакт датчика уровня, и регулятор 12 выключает насос. Последующее его включение произойдет только при наполнении бака до среднего уровня в вышеприведенной последовательности.

3. Подсистема регулирования давления пара в головке деаэра-

тора включает в себя преобразователь давления в электрический сигнал 9, трехпозиционный регулятор 10, блок электромагнитных пускателей 11 и реверсивный электродвигатель У2. Преобразователь 9 представляет собой бесшкальный электроконтактный манометр. Трехпозиционный пропорциональный регулятор 10 управляет электродвигателем У2 парового клапана путем формирования трех команд: на открытие клапана (при давлении в деаэраторе ниже заданной величины), на закрытие клапана (при давлении пара выше заданного значения), на отсутствие команды (при значении давления, равном заданной величине в пределах нечувствительности прибора). Между регулятором и исполнительным устройством имеется жесткая отрицательная обратная связь с помощью реостата, изменяющего сопротивление при перемещении штока регулирующего органа - клапана. Реостат обратной связи включается в мостовую измерительную схему регулятора по трехпроводной схеме. Для инерционных объектов регулирования обратная связь позволяет "сгладить" запаздывание процесса изменения давления при снижении амплитуды колебания регулируемого давления.

4. Подсистема регулирования уровня воды в деаэраторе включает поплавковый датчик уровня реостатного типа 6, трехпозиционный регулятор 6, блок электромагнитных пускателей 7 и реверсивный электродвигатель У1. Поплавковый датчик при изменении уровня перемещает скользящий контакт реостата, включенного в измерительную схему регулятора. Формирование команд на открытие или закрытие регулирующего органа производится при отклонении уровня ниже или выше заданного значения. Ввиду малой инерционности процесса в систему регулирования не вводится обратная связь.

5. Подсистема технологической сигнализации, как правило, охватывает весь технологический процесс. Схема сигнализации представляет собой часть общей системы сигнализации котельной. Сигнализаторами режима работы отдельных узлов системы являются индикаторные лампы. Лампы НЛ1 и НЛ2 загораются при включении насоса № 1 или № 2. При аварийном автоматическом включении резервного насоса загорается лампа НЛ4. По достижении технологическими параметрами аварийных уровней загораются лампы НЛ5, НЛ6, НЛ7.

Аварийными параметрами являются:

1. Максимальный ( $h = 2500$  мм) и минимальный ( $h = 970$  мм) уровни воды в деаэраторе. Датчиком является дифманометр ДСП-778Н (позиция 22), с помощью которого при достижении указанных экстре-

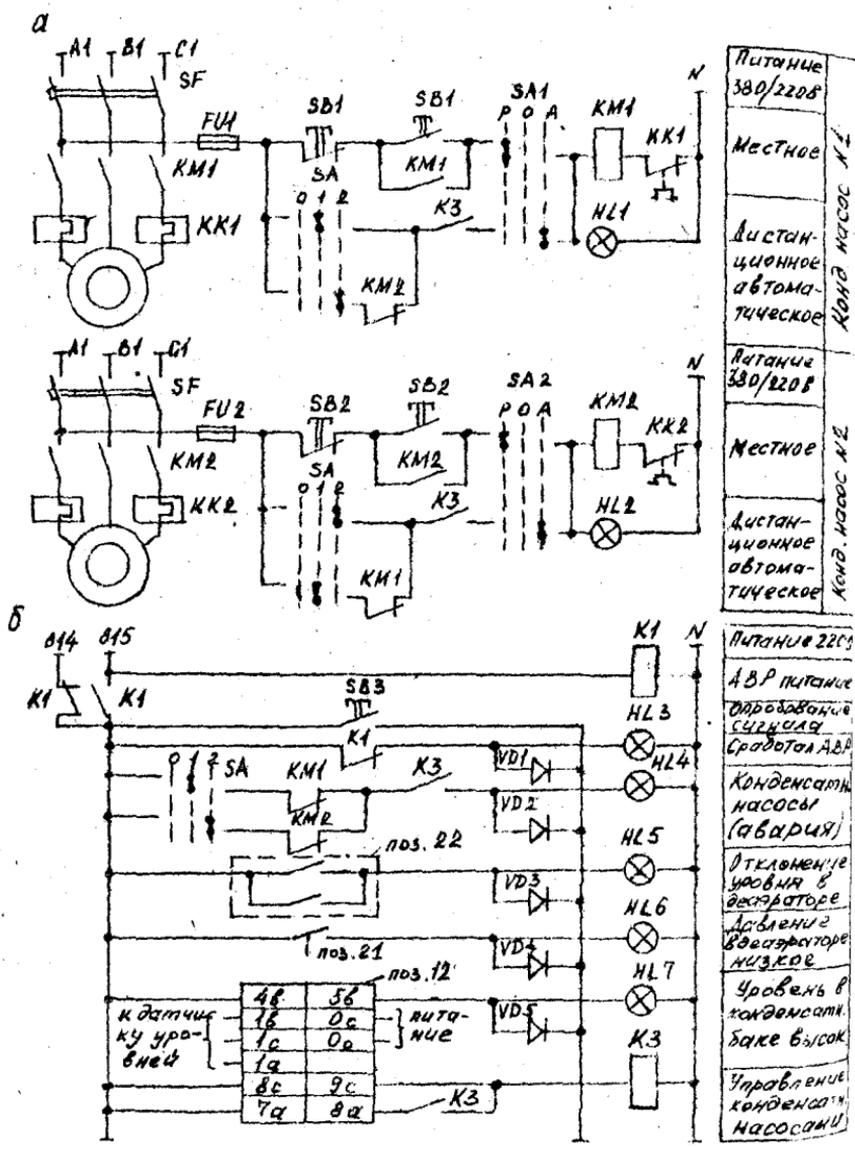


Рис. 3.2. Принципиальная электрическая схема автоматизации водоподготовки паровой котельной

малых значений уровней воды загорается лампа НЛ 5.

2. Низкое допустимое давление пара в головке деаэратора  $p \leq 0,02$  МПа. В этом случае с помощью датчика-реле давления ДД-I-II (поз. 21) включается лампа НЛ 6.

3. Максимальный уровень воды в конденсатном баке. При этом расстояние между отметками крышки бака и уровнем воды составляет не более 200 мм. Достигнув данной отметки, вода замыкает верхний аварийный контакт электроконтактного устройства, соединенного с регулятором-сигнализатором ЭВСУ-3 (поз. 70), с помощью которого загорается лампа НЛ 7.

Сигналы о наличии аварийной ситуации на отдельных участках технологического процесса поступают в общую систему сигнализации. Периодический контроль работоспособности системы сигнализации можно осуществлять путем нажатия кнопки СВЗ. При этом должны загораться вполнакала лампы НЛ 3...НЛ 7.

### 3.2. Принципиальная электрическая схема

Принципиальные схемы выполняются, как правило, на отдельных листах для каждого вида подсистемы автоматизации. С целью упрощения система управления и система сигнализации (рис. 3.2 а, б) приведены на одном листе. Использован разнесенный способ построения схемы, при котором связь между обмоткой и контактами каждого реле указывается с помощью идентичного буквенно-цифрового обозначения. В правой части схемы обычно приводятся строчные поясняющие надписи, горизонтальные границы зоны которых охватывают соответствующие элементы схемы.

#### 3.2.1. Принципиальная электрическая схема управления конденсатными насосами

Выбор управления "местное - дистанционное" производится пакетными переключателями А1 и А2. Каждый из них установлен на щите управления и имеет три положения: "0", "Р", "Д".

В положении "0" все цепи разомкнуты, в положении "Р" замыкается электрическая цепь кнопок ручного включения и выключения (SB1 и SB2) магнитных пускателей КМ1 и КМ2 электродвигателей насосов. При этом исключается вероятность дистанционного автоматического включения, т.к. цепь дистанционного включения пускателя разомкну-

та. Возможно включение каждого в отдельности или обоих насосов совместно путем нажатия кнопок SB1 и SB2, расположенных на щите управления.

В положении "Д" переключателей SA1 и SA2 замыкается цепь дистанционного автоматического управления насосами. Устанавливать переключатель в это положение желательно при предварительной установке в положение "0" переключателя SA, контакты которого управляют обоими насосами и включают цепь сигнализации аварийного включения. Таким образом, установив каждый из переключателей SA1 и SA2 в положение "Д", можно включать основной насос.

Переключением SA в положение "1" или "2" включается в режим работы основного конденсатный насос I или 2, а в режим резервного - насос 2 или I. В цепи дистанционного управления находится контакт КЗ, при замыкании которого включается магнитный пускатель основного насоса. Реле КЗ, находящееся в схеме сигнализации (рис. 3.2 б), размыкает контакт КЗ при нижнем уровне в конденсатном баке. При повышении уровня до средней отметки замыкается контакт КЗ, замыкая при этом цепь магнитного пускателя основного насоса.

Аварийное выключение основного и включение резервного насоса происходит с помощью теплового реле КК1 или КК2. Например, при работе в режиме основного насоса № 2 (SA - в положении "2") цепь магнитного пускателя КМ2 замкнута через контакты SA, КЗ, А2, КК2. Соответственно загорается лампа HL2 и размыкается контакт КМ2 в цепи пускателя КМ1. При аварийной ситуации происходит повышение тока в силовой цепи, а затем - перегрев одного или обоих тепловых элементов электротеплового реле КК2. Контакт КК2 этого реле, включенный в цепь магнитного пускателя КМ2, размыкается, и контакт КМ2 возвращается в исходное замкнутое положение в цепи пускателя КМ1, замыкая последний в электрической цепи: SA, КМ2, КЗ, SA1. При этом гаснет лампа HL 2 и загораются лампы HL 1 и HL 4. Аналогичным образом функционирует схема при работе в основном режиме насоса № 1.

### 3.2.2. Принципиальная электрическая схема технологической сигнализации

Контакты К1 (замкнутый и разомкнутый) питают цепь сигнализации в двух вариантах подключения к сети переменного тока 220 В. В любом случае (при подаче напряжения по линии 814 или 815) про-

исходит подача напряжения в цепь сигнализации при обязательном отключении линий 815 или 814 с помощью реле К1 и его контактов. Лампа НЛ3 загорается при подаче напряжения по линии 814 (аварийное питание) и гаснет при питании системы по линии 815, т.к. при этом напряжение подается на обмотку реле К1, которое замыкает контакт К1 питания системы от линии 815, размыкает замкнутый контакт К1 линии 814 и контакт К1 цепи сигнальной лампы НЛ3.

Лампа НЛ4 загорается при включении резервного насоса. Например, если основным является насос №2, то переключатель SA находится в положении "2". Цепь лампы НЛ4 может замыкаться только контактом КМ2, который при работе насоса №2 будет разомкнут, и лампа НЛ2 отключена. При аварийном выключении насоса №2 и включении резервного насоса №1 контакт КМ2 вернется в исходное замкнутое положение, и загорится лампа НЛ4, указывая на факт автоматического включения резервного насоса.

Лампа НЛ5 загорается при максимальном и минимальном уровнях воды в деаэраторе. Она включается с помощью двух параллельных контактов, находящихся в дифманометре, один из которых замыкается при максимальном уровне, второй - при минимальном.

Лампа НЛ6 включается в цепь контактом, находящимся в датчике - реле давления ДД-I-II, задатчик которого устанавливается на значение 0,02 МПа. При снижении давления пара в деаэраторе до этой величины замыкается контакт датчика, и лампа НЛ6 загорается.

Лампа НЛ7 включается в цепь контактом, находящимся в регуляторе-сигнализаторе уровня ЭРСУ-3. На схеме показана нумерация клемм (4в, 1в...9с, 8а) регулятора, к которым подсоединяются соответствующие провода электрической схемы. При нормальном режиме работы регулятор управляет работой насоса через реле К3, подключенное к его клеммам 9с и 8а. При аварийном повышении уровня воды в баке замыкается цепь между клеммами 4в и 5в и загорается лампа НЛ7. Клеммы 1в, 1с, 1а подключаются к электроконтактному датчику уровня воды.

Для периодического контроля работоспособности схемы сигнализации используется кнопка SB3. При этом проверяется наличие питания в системе автоматизации и работоспособность индикаторных ламп. Каждая из ламп включена в цепь кнопки SB3 через диоды VD1...VD5, поэтому при нажатии кнопки SB3 лампы будут гореть менее ярко, чем при рабочем режиме.

### 3.2.3. Составление перечня элементов схемы

Основные данные об элементах принципиальных схем приводят в перечне элементов.

Пример выполнения перечня элементов для принципиальных электрических схем, показанных на рис. 3.2, приведен в табл. 3.1.

Т а б л и ц а 3.1

Перечень элементов принципиальной электрической схемы

№ позиции	Позиционное обозначение	Наименование	Количество	Примечание
		Щит управления и щит автоматизации		
-	SF	Автоматический выключатель	1	
I	KM1, KKI	Пускатель магнитный	1	
2	KM2, KK2	Пускатель магнитный	1	
-	FU1, FU2	Предохранитель	2	
HL1, HL2	HL1, HL2	Арматура сигнальная	2	
SA1, SA2	SA1, SA 2	Универсальный переключатель	2	
SA	SA	Пакетный переключатель ГПП МЗ-10/Н2 ~ 380 В	1	
SB1, SB2	SB1, SB2	Кнопка управления	4	
SB3	SB3	Кнопка КЕ II93 ~ 500 В, 6А, исп. I, I к-т ТС 10-526407-76	2	
HL3...HL7	HL3...HL7	Лампа сигнальная И220-10, ~ 220 В, 10 Вт к табло световому	5	
-	K1, K3	РПУ2-062223 ~ 220 В, 9ВА, 2э + 2р + 2л	2	
-	VD1...VD5	Диод кремниевый = 500 В, I = 100 мА	5	
		Приборы и аппаратура местные		
22	поз.22	Дифманометр ДСП-778Н	1	
2I	поз.2I	Датчик реле напора ДЦ-I-II	1	
I2	поз. I2	Регулятор-сигнализатор уровня ЭРСУ-3	1	

### 3.3. Принципиальная гидравлическая схема

На рис. 3.3 показана принципиальная гидравлическая схема ре-

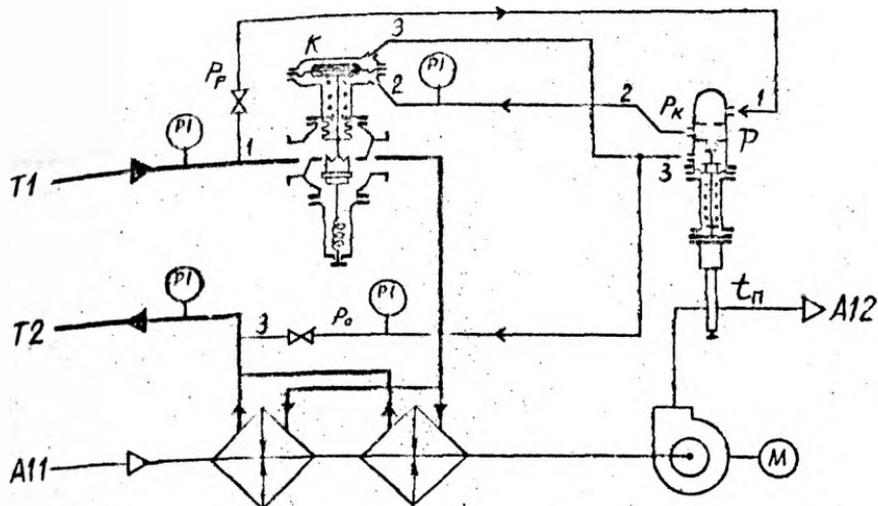


Рис. 3.3. Принципиальная гидравлическая схема регулирования температуры воздуха

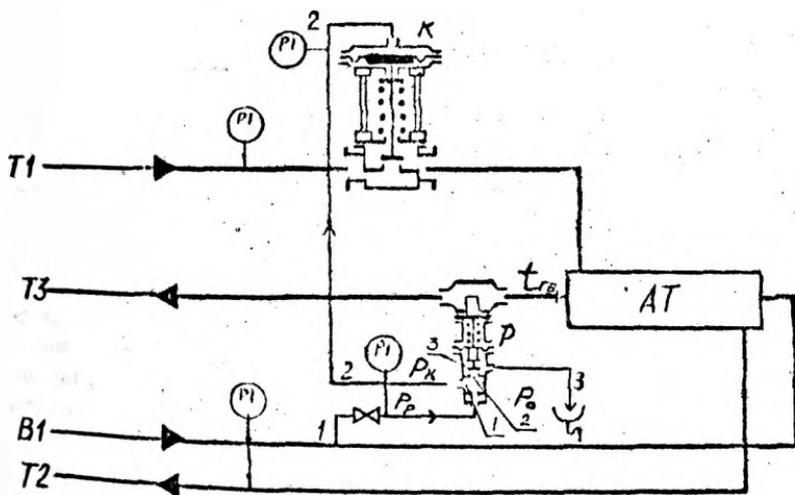


Рис. 3.4. Гидравлический регулятор температуры

гулирования температуры воздуха приточной вентиляционной установки с двумя воздухоподогревателями. В качестве энергоносителя используется теплоноситель системы теплоснабжения воздухоподогревателя. АСР состоит из чувствительно-усилительного блока типа ТРД, дилатометрической чувствительный элемент Р которого устанавливается в воздуховоде за вентилятором, и гидравлического мембранного исполнительного устройства типа УРРД с клапаном К. Оба прибора соединены импульсными линиями связи.

Регулятор действует по принципу "сопло-заслонка" следующим образом. Энергоноситель под рабочим давлением  $P_p$  по линии 1 подается в камеру усилителя и под командным давлением  $P_k$  по линии 2 попадает в нижнюю полость исполнительного устройства. При этом клапан уменьшает подачу теплоносителя к воздухоподогревателям. Давление  $P_k$  зависит от зазора между устьем сопла и заслонкой, соединенной с дилатометрическим датчиком, а величина зазора изменяется в зависимости от температуры приточного воздуха  $t_n$ . При полностью закрытом сопле  $P_k = P_p$ , и клапан закрыт полностью, дальнейшее его перемещение пропорционально открытию сопла, вследствие чего рабочая вода будет попадать в линию связи 3 с меньшим давлением  $P_0$ .

Вариант гидравлического регулятора со сливом энергоносителя показан на рис. 3.4. Манометрический датчик ТМД с усилителем "сопло-заслонка" установлен на подающей магистрали из подогревателя системы горячего водоснабжения. Энергоноситель - водопроводная вода под давлением  $P_p$  попадает в камеру 1 и в случае открытия сопла 2 по сливной магистрали 3 попадает в канализацию под давлением  $P_0$ . Давление в напорной магистрали 2 будет примерно  $P_k = P_0$ , и мембранный клапан РД-1 под действием пружины откроется (подогреватель работает в расчетном режиме). При повышении расчетной температуры  $t_{гв}$ , задаваемой натяжением пружины 4 задающего устройства, сопло начинает перекрываться, давление  $P_k$  увеличивается и достигает  $P_k = P_p$  при полном закрытии сопла. Регулирующий клапан полностью закрывается, температура  $t_{гв}$  начинает падать.

### 3.4. Принципиальная пневматическая схема

Автоматическая система пневмоавтоматики АГК-2У предназначена для управления отопительными водогрейными котлами. Она поддерживает постоянное давление газа перед котлом, разрежение в борова

за котлом, регулирует теплоподачу котла в зависимости от температур наружного воздуха и теплоносителя. На рис. 3.5 показан фрагмент принципиальной схемы автоматизации котла, на котором изображен клапан-отсекатель газа  $PO$ , на мембрану исполнительного устройства  $ИМ$  которого действует импульс командного газа из магистрали  $I$ .

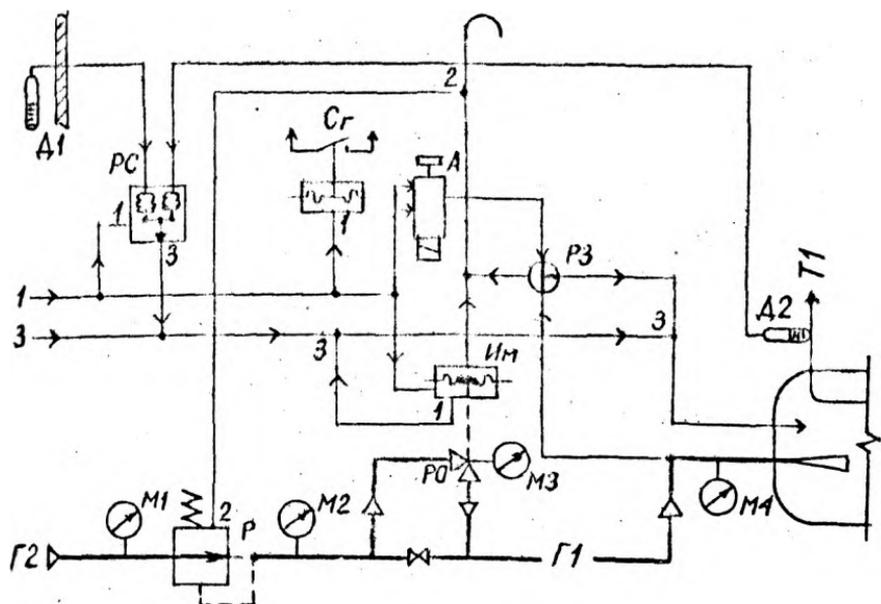


Рис. 3.5. Фрагмент принципиальной схемы автоматизации котла

Действие АСР основано на принципе "сопло-заслонка", когда усилители под воздействием соответствующих сигналов от датчиков сообщают командную магистраль с линией сброса. В этом случае давление в подмембранной полости исполнительного устройства клапана-отсекателя падает, и поступление газа к горелкам прекращается. Таким образом, система срабатывает от воздействия любого из ряда параллельно включенных измерительно-усилительных преобразователей.

Так, при изменении соотношения температур наружного воздуха  $\theta_n$  и теплоносителя  $\theta_t$ , измеряемых манометрическими датчиками  $Д1$  и  $Д2$ , перемещаются сильфоны, которые воздействуют на заслонку регулирующего устройства  $РУ1$ .

Регулирование давления газа производится регулятором прямого действия Р, измерение давления и разрежения в газовой магистрали-манометрами М1 - М4.

В схеме предусмотрена сигнализация отключения котла при мощности РУ2, коммутирующего цепь сигнализации С. Пуск котла осуществляется клапаном А, выбор рода работы - краном РЗ. Подробная схема автоматизации приведена в /1/ на рис. 18.4.

#### 4. МЕТОДИКА РАСЧЕТА РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ РЕГУЛИРУЮЩИХ ОРГАНОВ

##### 4.1. Общие положения

Регулирующий орган (РО) является одним из основных элементов автоматических систем регулирования и предназначен для изменения расхода вещества или энергии, подводимых к объекту регулирования. Различают дозирующие и дроссельные распределительные РО. Дозирующими РО являются насосы, компрессоры, питатели, дозаторы и др. устройства, изменяющие расход вещества путем изменения подачи. Дроссельный РО представляет собой переменное гидравлическое сопротивление в виде шибер, поворотной заслонки, клапана и т.п. В таких устройствах изменение гидравлического сопротивления производится за счет изменения проходного сечения, т.е. путем дросселирования.

##### 4.2. Основные характеристики дроссельных РО

Основным элементом дроссельного РО является затвор, состоящий из неподвижной и подвижной частей. На рис. 4.1 схематично показаны наиболее распространенные типы РО.

Односедельный клапан (рис. 4.1 а) имеет затвор, состоящий из одного седла (неподвижная часть - отверстие) и плунжера (подвижная часть), перекрывающего седло. В таких клапанах на штоке появляется дополнительное усилие, возникающее вследствие давления движущейся жидкости на плунжер. Поэтому такие клапаны используются при низких абсолютных давлениях среды и относительно небольших перепадах давления на клапане.

В двухседельных клапанах (рис. 4.1 б) этот недостаток отсутствует, так как жидкость давит на каждый из плунжеров в противо-

положных направлениях. В этом случае при перемещении штока необходимо преодолеть лишь силы трения. Недостатком двухседельного клапана является проблема его плотного закрытия.

Смесительный клапан (рис. 4.1 в) используется для изменения соотношения потоков без изменения общего расхода.

Дроссельная заслонка (рис. 4.1 г) изменяет расход вещества путем изменения угла поворота в диапазоне от 0 до 60°. При дальнейшем открытии от 60 до 90° сопротивление заслонки остается примерно постоянным, и расход практически не изменяется. Таким образом, угол открытия  $\alpha = 60^\circ$  принято считать углом максимального открытия.

В шиберах (рис. 4.1 д) затвор перемещается перпендикулярно направлению потока. Шибер чаще используется в качестве запорного, а не регулирующего устройства, вследствие значительных усилий, затрачиваемых на перемещение штока.

При перемещении подвижной части затвора (плунжера, заслонки и др.) относительно неподвижной части (седла) между ними изменяется площадь отверстия для прохода жидкости, называемого проходным сечением. Площадь проходного сечения ( $F_{np}$ ) изменяется в зависимости от линейного ( $h$ ) или углового ( $\alpha$ ) перемещения (хода) подвижной части затвора. Зависимость  $F_{np} = f(h)$  называется конструктивной характеристикой. Обычно применяется более удобная форма конструктивной характеристики - в относительных единицах

$$\bar{F}_{np} = f(\bar{\ell}), \quad (4.1)$$

где  $\bar{F}_{np} = F_{np}/F_{\max}$  - относительное проходное сечение ( $\bar{F}_{np} \in 0..1$ );

$F_{\max}$  - проходное сечение при полном открытии, м<sup>2</sup>;

$\bar{\ell} = \ell/\ell_{\max}, \bar{\alpha} = \alpha/\alpha_{\max}$  - степень открытия РО ( $\bar{\ell} \in 0..1$ );

$\ell_{\max}, \alpha_{\max}$  - максимальное значение хода, соответствующее полному открытию РО, м, град.

Конструктивные характеристики, как правило, представляют графически в прямоугольных линейных координатах. При представлении параметров в безразмерном виде ( $\bar{F}_{np}, \bar{\ell}$ ) получаемая характеристика является обобщающей для всех геометрически подобных типоразмеров РО одного вида. Конструктивная характеристика строится обычно с целью определения профиля плунжера для получения необходимых гидравлических характеристик РО. К таким относятся пропускная и расходная характеристики.

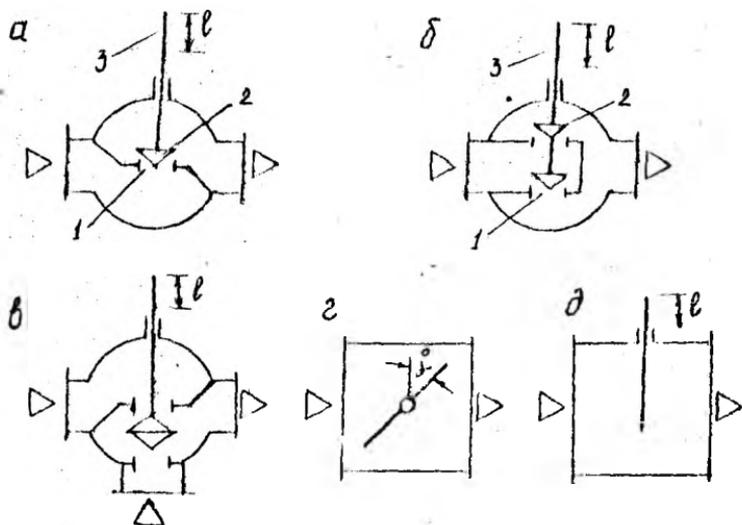


Рис. 4.1. Дроссельные регулирующие органы:  
 а - односедельный клапан; б - двухседельный клапан нормального исполнения; в - смесительный клапан; г - заслонка поворотная; д - шибер

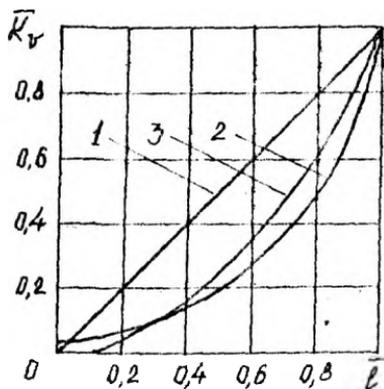


Рис. 4.2. Пропускные характеристики дроссельных РО:  
 1 - линейная; 2 - равнопроцентная; 3 - регулирующей заслонки (нелинейная)

Пропускная характеристика РО отражает зависимость пропускной способности ( $K_V$ ) от величины хода штока или степени открытия РО. Пропускная способность РО ( $K_V$ ) - это величина расхода жидкости в м<sup>3</sup>/ч при стандартных условиях, когда плотность жидкости равна  $\rho = 1000$  кг/м<sup>3</sup>, а разность давлений на РО соответствует  $\Delta P_{PO} = 0,1$  МПа. Каждому положению штока соответствует определенное значение  $K_V$ . При максимальном ходе штока ( $\bar{\ell}_{\text{МАКС}}$ ) величина  $K_V$  является максимальной и называется условной пропускной способностью  $K_{VУ}$ . В безразмерном виде пропускная характеристика устанавливает зависимость относительной пропускной способности  $K_V = K_V / K_{VУ}$  от степени открытия  $\bar{\ell}$  РО

$$K_V = f(\bar{\ell}). \quad (4.2)$$

Пропускная характеристика может быть линейной и нелинейной. Одним из видов нелинейной характеристики является равнопроцентная. На рис. 4.2 графически показаны линейная и равнопроцентная пропускные характеристики РО. При линейной характеристике приращение пропускной способности ( $\Delta K_V$ ) пропорционально приращению хода ( $\Delta \bar{\ell}$ ), а при равнопроцентной приращение пропускной способности на единицу хода ( $\Delta K_V / \Delta \bar{\ell}$ ) пропорционально текущему значению  $K_V$ . Некоторые нелинейные пропускные характеристики могут быть близки к равнопроцентной, как это показано на рис. 4.2 для регулирующей заслонки. Такую характеристику при подборе РО с определенным приближением можно рассматривать как равнопроцентную. Значение  $K_{VУ}$  и вид пропускной характеристики являются основными техническими показателями, по которым производится подбор требуемого типа РО. В прил. 4 приведены показатели некоторых типов РО, выпускаемых промышленностью.

Расходная характеристика РО отражает зависимость расхода жидкости, проходящей через РО и регулируемый участок сети, от хода плунжера. Регулируемым участком является та часть трубопровода с оборудованием, на которую оказывает влияние работа РО. На регулируемом участке возможны различные варианты установки РО. На рис. 4.3 приведены наиболее распространенные из них. Перепад давления на регулируемом участке  $\Delta P_C$  расходуется на преодоление сопротивления линии  $\Delta P_L$  (трубопроводов и арматуры), сопротивления клапана  $\Delta P_{PO}$ , а также включает в себя гидростатическое давление жидкости  $\Delta P_G = \rho g H$ .

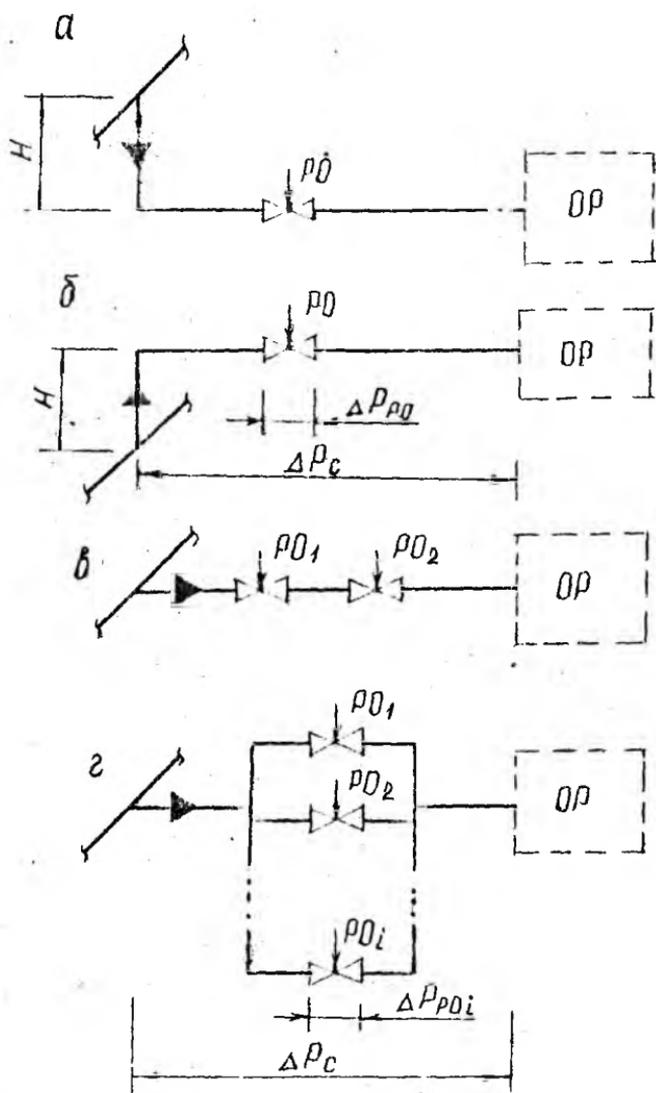


Рис. 4.3. Последовательная (а, б, в) и параллельная (г) установка клапанов на регулируемом участке

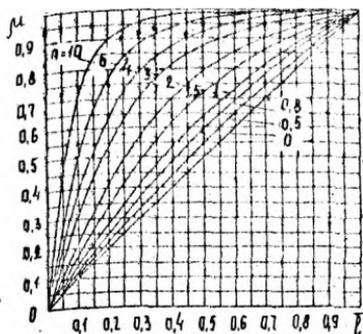


Рис. 4.4. Расходные характеристики РО с линейной пропускной характеристикой

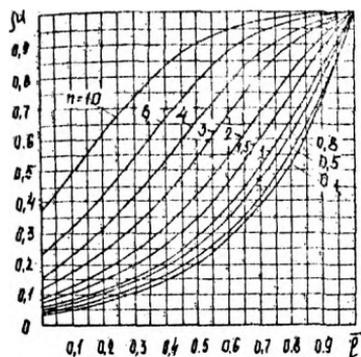


Рис. 4.5. Расходные характеристики РО с равнопроцентной пропускной характеристикой

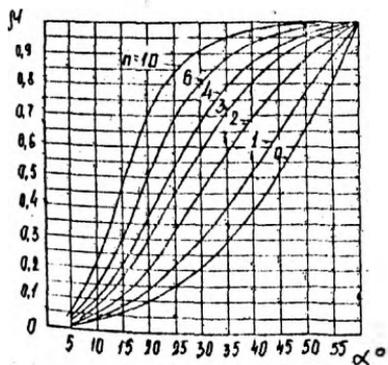


Рис. 4.6. Расходные характеристики поворотной заслонки

$$\Delta P_C = \Delta P_A + \Delta P_{P0} \pm \Delta P_{P_r}. \quad (4.3)$$

Величина  $\Delta P_{P_r}$  имеет положительный знак при верхнем расположении магистрали (рис. 4.3 а) и отрицательный - при нижнем (рис. 4.3 б). Для газа и пара величиной  $\Delta P_{P_r}$  можно пренебречь. Работа P0 происходит при условии постоянства располагаемого давления ( $\Delta P_C = \text{const}$ ). Вследствие перемещения плунжера P0 от максимального значения (при полном открытии P0) до минимального или нулевого (при полном закрытии P0) изменяется расход жидкости через P0 и регулируемый участок соответственно от  $V_{\text{МАКС}}$  до  $V = 0$ . При этом изменяются в противоположном направлении величины  $\Delta P_{P0}$  и  $\Delta P_A$  при условии неизменности  $\Delta P_C$ . Расход жидкости более удобно выразить в виде относительного расхода  $\mu = V/V_{\text{МАКС}}$ . В этом случае расходная характеристика P0 представляется зависимостью относительного расхода от степени открытия

$$\mu = f(\bar{l}). \quad (4.4)$$

Характер этой зависимости определяется долей  $\Delta P_A$  и  $P_{P0}$  в суммарной потере давления  $\Delta P_C$ . При этом, чем выше доля  $\Delta P_A$ , тем выше степень отклонения расходной характеристики от пропускной характеристики P0. Степень этого отклонения принято характеризовать модулем

$$n = \Delta P_A / \Delta P_{P0}, \quad (4.5)$$

где значения  $\Delta P_A$  и  $\Delta P_{P0}$  определяются при полном открытии P0.

На рис. 4.4 и 4.5 приведены в графическом виде расходные характеристики, рассчитанные при различных значениях  $n$  для P0 с линейной и равнопроцентной пропускными характеристиками, на рис. 4.6 - для регулирующей заслонки.

Расходная характеристика, являясь статической характеристикой P0, определяет основные свойства P0 как элемента системы автоматического регулирования и обуславливает значения коэффициента передачи  $K_{P0}$ . Коэффициент передачи P0 представляет собой тангенс угла наклона расходной характеристики  $K_{P0} = d\mu/d\bar{l} = \text{tg}\alpha$  в каждой ее точке. Для P0 с линейной пропускной характеристикой при  $n \rightarrow 0$  расходную характеристику можно считать также линейной во всем диапазоне изменения  $\bar{l} \in 0 \dots 1$  (рис. 4.4); коэффициент усиления  $K_{P0} = \text{idem}$ . Во всех других случаях (рис. 4.4-4.6) расходная характеристика является нелинейной с переменным  $K_{P0}$ . Однако

каждая из нелинейных характеристик в определенном диапазоне изменения относительного расхода имеет участок, по характеру близкий к линейному. Это обстоятельство используется при подборе РО.

#### 4.3. Основные принципы выбора дроссельных РО

Выбор РО может производиться для проектируемой или для существующей установки. В обоих случаях будем рассматривать только вариант при внешнем возмущении, когда можно принимать  $\Delta P_C = \text{const}$  во всем диапазоне изменения  $M$ . Этот вариант является наиболее распространенным в установках ТТВ.

При проектировании установки с РО сначала выбирают по оптимальным условиям РО, определяют его потери  $\Delta P_{PO}$ , а затем подбирают диаметры трубопровода проектируемого регулируемого участка на располагаемое давление  $\Delta P_A = \Delta P_C - \Delta P_{PO} \mp \Delta P_r$ . Расчет затем корректируется, так как на его точность значительно влияет дискретность значений принимаемых диаметров трубопроводов.

При подборе РО для существующего регулируемого участка, когда заданы его размеры и диаметры труб, при заданном располагаемом напоре  $\Delta P_C$  и известных потерях напора  $\Delta P_A$  определяется  $\Delta P_{PO}$  и требуемый характер расходной характеристики. На основании полученных данных подбирается РО необходимого типоразмера с требуемой формой пропускной характеристики.

Основой выбора дроссельного РО является подбор такой расходной характеристики, которая бы обеспечивала практически постоянный коэффициент передачи  $K_{PO}$  в пределах проектируемого диапазона изменения нагрузок. Для первого случая данное условие можно обеспечить, варьируя не только типы РО, но и диаметры трубопроводов регулируемого участка. Во втором случае возможности ограничены только подбором типов РО, однако при необходимости можно изменить величину заданного  $\Delta P_C$ , как правило, в сторону увеличения.

Так как в данном случае рассматривается вариант при внешнем возмущении, то выбирать следует линейный или близкий к ней характер расходной характеристики в заданном диапазоне нагрузок (см. рис. 4.4-4.6). При этом выбор типа пропускной характеристики зависит от модуля  $n$ . Из анализа расходных характеристик предлагаются следующие рекомендации. Если значение  $n \leq 1,5$ , следует выбирать РО с линейной пропускной характеристикой. Если  $n \geq 3$ ,

рекомендуется выбрать РО с равнопроцентной или близкой к ней характеристикой. При  $\eta \in I, 5..3$  может быть выбран РО с любой формой пропускной характеристики, так как они дают примерно одинаковую нелинейность расходной характеристики в полном диапазоне нагрузок.

Таким образом, для первого случая желательно распределить располагаемое давление между потерями в РО и на линии из условия  $\eta \leq I, 5$ . Это условие обеспечивается в том случае, если при полном открытии РО перепад давления на нем ( $\Delta P_{PO}$ ) будет составлять не менее 40% от располагаемого давления ( $\Delta P_C$ ) на регулируемом участке.

При подборе РО следует вычислить требуемую максимальную величину пропускной способности РО  $K_{V\text{макс}}$ , которая обеспечит максимальное (расчетное) значение расхода. По этому значению подбирается РО с условной пропускной способностью  $K_{Vу}$ , соответствующей условию

$$K_{Vу} = (1, 2 \dots 2, 0) K_{V\text{макс}}. \quad (4.6)$$

Множитель (1, 2... 2, 0), называемый коэффициентом запаса, вводится для обеспечения номинального (расчетного) расхода через РО при использовании не более 80-85% хода штока.

Метод подбора зависит от объективных и субъективных факторов, вследствие чего в процессе расчета может быть введено множество уточняющих факторов. При этом степень уточнения не всегда является оправданной. Наиболее важным фактором является вид рабочей жидкости, который в большей степени определяет степень уточнения расчета по различным факторам. В зависимости от вида жидкости по-разному определяются требуемые характеристики РО.

#### 4.4. Основные расчетные выражения для выбора РО

##### 4.4.1. Рабочая среда - вода

Максимальная расчетная пропускная способность определяется по выражению

$$K_{V\text{макс}} = V_{\text{макс}} / \sqrt{10 \Delta P_{PO}}, \quad (4.7)$$

где  $V_{\text{макс}}$  - объемный расход воды, м<sup>3</sup>/ч;

$\Delta P_{PO}$  - перепад давления РО, МПа.

Перепад давления на  $P_0$ , при котором возникает кавитация, определяется по выражению

$$\Delta P_K = K_K (P_1 - P_H), \quad (4.8)$$

где  $P_1$  - давление абсолютное до  $P_0$ , МПа;

$P_H$  - давление абсолютное насыщенных паров при температуре  $T_1$  воды в регулируемом потоке, МПа;

$K_K$  - коэффициент кавитации, определяемый по прил. 5.

#### 4.4.2. Рабочая среда - водяной пар (перегретый и сухой насыщенный)

Критический перепад давления на  $P_0$  без учета влияния переходных патрубков определяется по выражению

$$\Delta P_{KR} = 0,6 \times K_m P_1, \quad (4.9)$$

где  $\chi$  - показатель адиабаты; для перегретого водяного пара

$\chi = 1,30$ , для насыщенного  $\chi = 1,135$ ;

$K_m$  - коэффициент критического расхода, определяемый по прил. 5.

Максимальная расчетная пропускная способность для докритического режима ( $\Delta P_{P0} < \Delta P_{KR}$ ) определяется по формуле:

$$K_{V\text{макс}} = 10 G_{\text{макс}} / \sqrt{\rho_{п2} \Delta P_{P0}}, \quad (4.10)$$

где  $G_{\text{макс}}$  - максимальный расход пара, кг/ч;

$\rho_{п2}$  - плотность пара при температуре  $T_2$  и давлении  $P_2$  (после  $P_0$ ), кг/м<sup>3</sup>;

$\Delta P_{P0}$  - потеря давления на  $P_0$ , МПа.

Для критического режима течения ( $\Delta P_{P0} \geq \Delta P_{KR}$ ) максимальная расчетная пропускная способность определяется по формуле

$$K_{V\text{макс}} = G_{\text{макс}} / (74 \sqrt{\rho_{п1} P_1}), \quad (4.11)$$

где  $\rho_{п1}$  - плотность пара при температуре  $T_1$  и давлении  $P_1$  (перед  $P_0$ ), кг/м<sup>3</sup>;

$P_1$  - давление пара перед  $P_0$ , МПа.

#### 4.4.3. Рабочая среда - газ, воздух

Максимальная расчетная пропускная способность для докритического режима течения газа ( $\Delta P_{P0} < \Delta P_{KR}$ )

$$K_{V \text{ МАКС}} = \frac{G_{\text{МАКС}}}{5,35} \sqrt{\frac{T_1 k'}{\Delta P_{P0} \rho_2 \rho_{\Gamma}}}, \quad (4.12)$$

где  $G_{\text{МАКС}}$  - максимальный расход газа, кг/ч;  
 $\rho_2$  - плотность газа при  $P = 10^5$  кПа,  $T = 273$  К, кг/м<sup>3</sup>;  
 $T_1$  - температура газа перед РО, К;  
 $P_2$  - абсолютное давление газа после РО, МПа;  
 $k'$  - коэффициент сжимаемости,  $k' = \rho_u / \rho_1$ ;  
 $\rho_u, \rho_1$  - соответственно плотность идеального газа и действительная плотность газа при заданных значениях  $P_1$  и  $T_1$ , кг/м<sup>3</sup>.

Для критического режима течения ( $\Delta P_{P0} \geq \Delta P_{кр}$ ) расчетная пропускная способность определяется по выражению

$$K_{V \text{ МАКС}} = \frac{G_{\text{МАКС}}}{2680 P_1} \sqrt{\frac{T_1 K_1}{\rho_{\Gamma}}}. \quad (4.13)$$

#### 4.4.4. Определение эквивалентной пропускной способности

В некоторых случаях бывает невозможно с помощью серийно выпускаемых РО обеспечить требуемые условия регулирования на участке. Например, для создания значительных потерь давления на регулируемом участке приходится устанавливать последовательно несколько РО (см. рис. 4.3 в). При необходимости регулирования расхода в широких пределах приходится проектировать параллельную установку РО (см. рис. 4.3 г).

В этих случаях принято использовать так называемую эквивалентную пропускную способность  $K_{V \text{ экв}}$ , значение которой определяется из выражений:

при параллельной установке РО

$$K_{V \text{ экв}} = K_{V1} + K_{V2} + \dots + K_{Vi}; \quad (4.14)$$

при последовательной установке РО:

$$\frac{1}{K_{V \text{ экв}}^2} = \frac{1}{K_{V1}^2} + \frac{1}{K_{V2}^2} + \dots + \frac{1}{K_{Vi}^2}. \quad (4.15)$$

#### 4.5. Методика выбора РО

##### 4.5.1. Выбор РО для существующего объекта (регулируемого участка)

##### 4.5.1.1. Рабочая среда - вода

Необходимые исходные данные: максимальный объемный расход  $V_{\text{макс}}$  (может быть также задано минимальное значение  $V_{\text{мин}}$ ); располагаемый перепад давления на регулируемом участке  $\Delta P_c$ ; абсолютное (или условное) давление  $P_I$  до РО; температура воды  $T_I$  до РО; абсолютное давление насыщенного пара  $P_H$  при температуре  $T_I$ ; схема системы трубопроводов регулируемого участка с указанием размеров и диаметров или же гидравлическая характеристика системы  $(\Delta P_A \pm \Delta P_G) = f(V)$ . Последняя зависимость иногда в достаточной для дальнейших расчетов степени может быть представлена максимальным значением потерь давления в трубопроводе  $(\Delta P_A + \Delta P_G)$ , соответствующим максимальному расходу  $V_{\text{макс}}$ .

Решение

1. Определяем перепад давления на РО при расчетном расходе

$$\Delta P_{\text{РО}} = \Delta P_c - (\Delta P_A \pm \Delta P_G). \quad (4.16)$$

2. Вычисляем значение модуля

$$\eta = (\Delta P_A \pm \Delta P_G) / \Delta P_{\text{РО}}. \quad (4.17)$$

Для получения близкой к линейной (на заданном диапазоне  $V_{\text{мин}} \dots V_{\text{макс}}$ ) расходной характеристики следует при  $\eta \leq 1,5$  выбирать РО с линейной пропускной характеристикой, а при  $\eta \geq 3$  - с равнопроцентной.

3. По выражению (4.7) определяем максимальную пропускную способность  $K_{V_{\text{макс}}}$ .

4. По каталогу или по прил. 4 предварительно выбираем тип РО (с требуемым типом пропускной характеристики), а также условный диаметр  $d_u$  с пропускной способностью  $K_V$ , соответствующей условию (4.6).

Если нет в каталоге типоразмера РО с требуемыми параметрами, следует изменить задаваемое значение  $\Delta P_c$ , если это позволяют технологические условия. В противном случае необходимо принять установку нескольких РО по последовательной или параллельной схемам (см. рис. 4.3 в, г). В этом случае оценивается эквивалентная про-

пускная способность всех регулирующих органов  $K_{V \text{ экв}}$ , определяемая из выражений (4.14) и (4.15).

5. Определяем перепад давлений на РО, при котором возникает кавитация, по выражению (4.8). При соблюдении неравенства  $\Delta P_K > \Delta P_{PO}$  выбранный РО не будет работать в кавитационном режиме. В противном случае следует выбрать иной РО с ближайшим более высоким  $du$ . Однако и вновь выбранный РО должен соответствовать условию (4.6).

На этом выбор РО можно считать завершенным. Однако для анализа реализации закона регулирования, формируемого регулятором, а также для анализа и проектирования способа сочленения РО с исполнительным механизмом, необходимо построить для выбранного РО расходную характеристику  $M = f(\ell)$  в заданном диапазоне изменения расхода. Методика определения расходной характеристики приведена в разделе 4.5.3.

#### 4.5.1.2. Рабочая среда - водяной пар (перегретый и сухой насыщенный)

Необходимые исходные данные: максимальный  $G_{\text{макс}}$  и минимальный  $G_{\text{мин}}$  расход пара; давление пара в коллекторе (на входе в регулируемый участок)  $P_0$ ; давление пара у объекта регулирования (в конце регулируемого участка)  $P_K$ ; температура пара в коллекторе  $T_0$ ; схема системы трубопроводов регулируемого участка с указанием размеров и диаметров. В упрощенном варианте выбора РО, например, для паропроводов низкого давления, можно ограничиться заданным расчетным значением потерь давления в трубопроводах  $\Delta P_A$  без задания схемы трубопроводов.

Решение

1. Традиционным образом для заданной схемы производим гидравлический расчет паропроводов с целью определения потерь давления  $\Delta P_A$  при расчетном (максимальном) расходе пара.

2. Определяем перепад давления на РО при расчетном расходе

$$\Delta P_{PO} = \Delta P_C - \Delta P_A = (P_0 - P_K) - \Delta P_A. \quad (4.18)$$

3. По выражению (4.9) рассчитываем критический перепад давления на РО. При этом давление перед РО в большинстве случаев может быть принято  $P_I \approx P_0$  или же вычислено на основании данных гидравлического расчета паропроводов. Также можно принимать  $T_I = T_0$ .

4. Определяем максимальную пропускную способность  $K_{V \max}$  по выражению (4.10) или (4.11) в зависимости от соотношения значений  $\Delta P_{P0}$  и  $\Delta P_{Kp}$ .

5. Вычислим значение модуля:

для докритического режима  $n = \Delta P_{\Lambda} / \Delta P_{P0}$ ; (4.19)

для критического режима  $n = \Delta P_{\Lambda} / \Delta P_{Kp}$ . (4.20)

6. Выбираем по каталогу, или прил. 4 тип РО с линейной (при  $n \leq 1,5$ ) или равнопроцентной (при  $n \geq 3$ ) пропускной характеристикой, а также диаметр  $d_u$ , исходя из соблюдения условия (4.6).

При невозможности подобрать нужный типоразмер РО необходимо изменить задаваемое значение  $\Delta P_c$ , а если это невозможно, - принять установку нескольких РО по последовательной или параллельной схемам (см. рис. 4.3 в, г). При этом эквивалентную пропускную способность  $K_{V экв}$  определяем из выражений (4.14) или (4.15).

На этом выбор РО можно считать завершенным. Построение расходной характеристики  $M = f(\ell)$ , необходимое для анализа реализации закона регулирования, формируемого регулятором, а также для проектирования способа сочленения РО с ИИ, производим по методике, приведенной в 4.5.3.

#### 4.5.1.3. Рабочая среда - газ, воздух

Необходимые исходные данные: максимальный  $G_{\max}$  и минимальный  $G_{\min}$  расходы воздуха; давление на входе в регулируемый участок  $P_0$ ; давление в конце регулируемого участка  $P_K$ ; схема системы воздухопроводов с указанием размеров и диаметров. При упрощенном варианте выбора РО может быть задан  $\Delta P_c$  без задания схемы воздухопроводов.

Решение

1. Традиционным образом для данного регулируемого участка производим аэродинамический расчет с целью определения  $\Delta P_{\Lambda}$  при расчетном (максимальном) расходе пара.

2. Определяем перепад давления  $\Delta P_{P0}$  на РО по выражению (4.18).

3. Определяем по выражению (4.9) величину  $\Delta P_{Kp}$  на РО. При этом можно принять  $P_1 \approx P_0$ ,  $P_2 \approx P_K$ ; показатель адиабаты  $\kappa$  принимаем: для одноатомных газов  $\kappa = 1,66$ , для двухатомных  $\kappa = 1,4$ , для трехатомных  $\kappa = 1,3$ .

4. Определяем  $K_{V \text{ макс}}$  по выражению (4.12) или (4.13) в зависимости от режима течения.

Далее методика расчета выполняется согласно указаниям раздела 4.5.1.2, начиная с п.5.

#### 4.5.2. Выбор $P_0$ для проектируемого объекта (регулируемого участка)

Данный вариант является наиболее благоприятным для более близкого достижения желаемого типа расходной характеристики  $P_0$ . В этом случае обычно заранее задаются значения  $n < (L, I, 5)$ . Затем, задавая  $\Delta P_c$ , определяют значения  $\Delta P_{P_0}$  и  $\Delta P_A$ . Под эти значения вышеуказанными способами производят подбор  $P_0$ , а также производят гидравлический расчет трубопроводов с целью определения диаметров трубопроводов, принимая за располагаемое давление полученное значение  $\Delta P_A$ .

Указанные расчеты в силу дискретности существующих диаметров выпускаемых труб могут быть повторены с целью более близкого приближения к желаемому согласованию характеристик  $P_0$  и сети.

#### 4.5.3. Построение расходной характеристики для выбранного $P_0$

Данная методика может рассматриваться как продолжение методики выбора  $P_0$ , изложенной в разделе 4.5.1. Решение производится в следующей последовательности.

1. Определяем для выбранного  $P_0$  максимально возможный расход

$$\text{или } G'_{\text{макс}} = G_{\text{макс}} \cdot (K_{VU} / K_{V \text{ макс}}) \quad (4.21)$$

$$V'_{\text{макс}} = V_{\text{макс}} \cdot (K_{VU} / K_{V \text{ макс}}). \quad (4.22)$$

2. Определяем задаваемые максимальное и минимальное значения относительного расхода по выражениям

$$\mu_{\text{макс}} = G_{\text{макс}} / G'_{\text{макс}} ; \mu_{\text{макс}} = V_{\text{макс}} / V'_{\text{макс}} ; \quad (4.23)$$

$$\mu_{\text{мин}} = G_{\text{мин}} / G'_{\text{макс}} ; \mu_{\text{мин}} = V_{\text{мин}} / V'_{\text{макс}} . \quad (4.24)$$

3. Из расходных характеристик, приведенных на рис. 4.4-4.6,

выбираем необходимую (по типу пропускной характеристики) для выбранного РО с расчетным модулем  $\eta$ . На этой кривой отмечаем точки, соответствующие значениям  $M_{\text{макс}}$  и  $M_{\text{мин}}$ , по которым определяем крайние положения затвора  $\bar{e}_{\text{макс}}$  и  $\bar{e}_{\text{мин}}$ , а также ход затвора  $\Delta \bar{e} = \bar{e}_{\text{макс}} - \bar{e}_{\text{мин}}$ . Кривая между указанными точками и будет являться искомой расходной характеристикой выбранного РО. Данную зависимость нетрудно представить в абсолютных значениях координат с помощью их преобразования по выражениям

$$V = V'_{\text{макс}} \cdot M; \quad G = G'_{\text{макс}} \cdot M; \quad (4.25)$$

$$e = e'_{\text{макс}} \cdot \bar{e}; \quad \alpha = \alpha'_{\text{макс}} \cdot \bar{e} = 60 \cdot \bar{e}. \quad (4.26)$$

#### 4.5.4. Выбор РО по номограммам

Ориентировочно можно осуществить расчет дроссельных РО по универсальным номограммам, приведенным в прил. 3.

### 5. РАСЧЕТ И ВЫБОР СУЖАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ РАСХОДА СРЕДЫ

Наиболее распространенным методом измерения расхода жидких и газообразных сред, протекающих по трубопроводам, является метод переменного перепада давления, возникающего на сужающем устройстве (СУ). В практической работе инженера чаще всего встречаются основные виды расчетов, связанные с применением СУ:

- 1) приближенный расчет СУ;
- 2) расчет градуировочной характеристики СУ.

#### 5.1. Основные сведения

Рассматриваемый метод основан на зависимости перепада давления в СУ, устанавливаемом в трубопроводе, от расхода измеряемой среды. Сужающее устройство в данном случае является первичным преобразователем расхода, в качестве вторичного преобразователя может быть использован дифманометр, шкала которого градуируется в единицах расхода.

Характерной величиной СУ является его модуль  $m$ , выражающий отношение площадей отверстий СУ и трубопровода, равный для круглой формы сечений  $m = d^2/D^2$ .

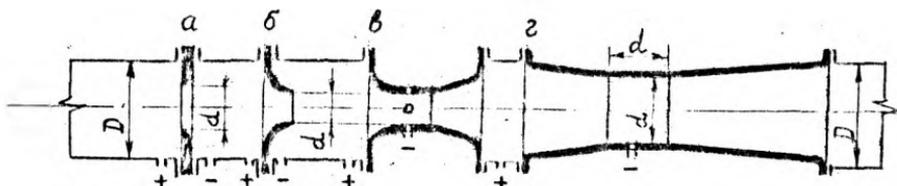


Рис. 5.1. Сужающие устройства:

а - диафрагма; б - сопло; в - сопло Вентури; г - труба Вентури; ( + ), ( - ) - места отбора давлений

В качестве СУ при измерении расхода жидкостей и газов используются, главным образом, диафрагмы, сопла и трубы Вентури. При этом все типы СУ разделяются на стандартные и нестандартные. Стандартными считаются СУ, изготовленные в соответствии с действующими нормативными документами. Стандартная диафрагма представляет собой устройство, выполненное в виде тонкого диска с concentрическим отверстием и острой прямоугольной кромкой со стороны входа потока. Диафрагмы применяются на трубопроводах любых диаметров, больших 50 мм, при соблюдении условия  $0,05 \leq m \leq 0,7$ .

Стандартное сопло выполняется в виде насадки, отверстие которой со стороны входа потока имеет плавно округленную часть. Применяются сопла при соблюдении условия  $0,05 \leq m \leq 0,65$ .

Сопло Вентури выполняется в виде стандартного сопла с удлиненной цилиндрической частью, переходящей непосредственно в диффузор. Условие  $0,05 \leq m \leq 0,6$  и  $d \geq 20$  мм с углом конусности диффузора  $5^\circ \leq \varphi \leq 30^\circ$ . Стандартная труба Вентури имеет входную часть в виде конфузора, среднюю часть - цилиндрическую и выходную - в виде диффузора. Трубы Вентури применяются на трубопроводах диаметром 100-800 мм при условии  $0,2 \leq m \leq 0,5$ . Угол конусности конфузора составляет  $21^\circ$ , диффузора -  $5^\circ \leq \varphi \leq 15^\circ$ .

Все устройства изготавливаются из материалов, физически и химически стойких к рабочему (измеряемому) веществу.

При выборе стандартного СУ нужно иметь в виду следующее: сопла Вентури вызывают меньшие потери давления, чем диафрагмы и сопла; при одних модулях и перепадах сопла позволяют измерять

больший расход, чем диафрагмы; загрязнение СУ влияет на коэффициент расхода в большей степени у диафрагм.

Градуировочная характеристика стандартных СУ  $\Delta p = f(V)$  может быть определена расчетным путем, в то время как аналогичная характеристика нестандартных устройств определяется экспериментальным путем, индивидуально для каждого устройства. Наиболее часто при проведении такого рода измерений в промышленных условиях используется стандартная диафрагма.

## 5.2. Методика расчета СУ

Зависимости, описывающие взаимосвязь между расходом и соответствующим ему перепадом давлений на стандартной СУ (диафрагме), имеют следующий вид:

$$V_M = 0,01252 \alpha \varepsilon d^2 \sqrt{\rho \Delta p} = 0,01252 \varepsilon m D^2 \sqrt{\rho \Delta p}; \quad (1)$$

$$V_0 = 0,01252 \alpha \varepsilon d^2 \sqrt{(\Delta p / \rho)} = 0,01252 \varepsilon m D^2 \sqrt{(\Delta p / \rho)} \quad (2)$$

где  $V_M$  - массовый расход, кг/ч;

$V_0$  - объемный расход, м<sup>3</sup>/ч;

$\alpha$  - коэффициент расхода;

$d$  - диаметр отверстия сужающего устройства в рабочих условиях, мм;

$\Delta p$  - перепад давлений на сужающем устройстве, кг/м<sup>2</sup>;

$\rho$  - плотность вещества, кг/м<sup>3</sup>;

$\varepsilon$  - поправочный множитель, учитывающий расширение измеряемой среды, для несжимаемых сред (например, вода),  $\varepsilon = 1$ ;

$D$  - внутренний диаметр трубопровода в рабочих условиях, мм;

$m$  - модуль сужающего устройства,  $m = (d/D)^2$ .

Значения величин  $\alpha$ ,  $\varepsilon$ ,  $d$ ,  $\rho$  зависят от условий, в которых проводятся измерения (температуры, вязкости среды и т.д.) и определяются на основании справочных данных или расчетным путем.

Приближенный расчет СУ производится, главным образом, с целью выбора СУ, определения диаметра отверстия, проверки величины измеряемого расхода. Причем полученный расход не должен отличаться от заданного более чем на  $\pm 0,5\%$ .

Технические условия на СУ и методика расчета приведены в

5.2.1. Примерная методика расчета диаметра СУ для измерения расхода газа

1. Исходные данные: максимальный расход газа  $V_{\text{макс}}$ ; средний расход газа  $V_0$ ; плотность при нормальных условиях  $\rho_0$ ; температура газа  $t$ ; избыточное давление  $P_{\text{и}}$ ; барометрическое давление окружающей среды  $P_{\text{с}}$ ; допустимая потеря давления на СУ при расходе  $V_{\text{макс}} - P_{\text{пд}}$ ; влажность газа  $\varphi$ ; диаметр трубопровода  $D$ ; материал трубопровода и СУ.

2. Условный диаметр трубопровода выбирают исходя из обеспечения необходимого числа Рейнольдса.

3. Определяют абсолютные значения температуры и давления газа, показатель адиабаты, коэффициент сжимаемости и вязкости, число Рейнольдса, внутренний диаметр трубопровода при рабочей температуре.

4. Определяют дополнительную величину  $C$ . Для сухого газа

$$C = \frac{V_0}{0,2109 D^2} \sqrt{\frac{\rho T K'}{\rho}}$$

5. По значению  $C$  и заданной величине  $P_{\text{пд}}$  по номограммам находят значение  $\Delta P_{\text{и}}$  и приближенное значение  $m$ .

6. Проверяют условие  $Re > Re_{\text{мин}}$ , при его выполнении продолжают расчет.

7. Вычисляют вспомогательную величину  $m d = C / (\varepsilon \sqrt{\Delta p})$ , где  $\varepsilon$  - коэффициент расширения газа;  $\Delta p$  - наибольший перепад давления в СУ, соответствующий  $V_0$ , и находят  $m$ .

8. По найденному  $m$  определяют диаметр отверстия СУ по формуле

$$d_{20} = (D \sqrt{m}) / K_t$$

9. Проверяют правильность расчета при найденных  $m, d, d$  путем вычисления расхода  $V_{\text{макс}}$ , соответствующего  $\Delta P_{\text{и}}$  или  $\Delta p$ .

5.2.2. Примерная методика расчета диаметра СУ для измерения расхода жидкости

1. Исходные данные.

2. Выбирают СУ, тип и разновидность дифманометра, его верх-

ный предел измерений  $V_{пр}$ .

3. Определяют предельный перепад давления дифманометра.

1). При заданной потере давления в СУ при расходе  $V_{макс}$  находят допустимую потерю давления  $P_{лб} = P'_{лб} (V_{пр}/V_{макс})^2$ . Далее подсчитывают дополнительную величину  $C$

$$C = (V_0 \sqrt{P}) / 0,01252 D^2; \quad C = V_m / 0,01252 D^2 \sqrt{P}.$$

По номограммам приложения находят значение  $\Delta P_H$  и приближенное значение  $m$ .

2). Если допустимая потеря на СУ не задана, определяют  $C$ , как указано выше, и по номограмме находят значение  $\Delta P_H$ , соответствующее  $m = 0,2$ .

4. Проверяют условие  $R_e = R_{e_{мин}}$ , и при его выполнении расчет продолжают.

5. Вычисляют величину  $m\alpha = c/\sqrt{\Delta P}$ , где  $\Delta P$  - наибольший перепад давления в СУ, соответствующий  $V_{макс}$ , и соответственно  $m$ .

6. Подсчитывают искомое значение диаметра  $d_{20} = (D\sqrt{m})/K_t$ .

7. Проверяют правильность расчета при найденных  $m$ ,  $d$ ,  $\alpha$  путем вычисления расхода  $V_{макс}$ , соответствующего  $\Delta P_H$  или  $\Delta P$ .

### 5.3. Определение градуировочной характеристики стандартного СУ на ЭВМ ЕС-1841

Целью вычислений по программе "градуировка СУ" является получение уравнений расхода  $V_m = f_1(\Delta P)$  или  $V_0 = f_2(\Delta P)$ . Программа построена по принципу последовательного ввода исходных данных и вычисления по ним величин, необходимых для описания приведенных зависимостей. Блок-схема и текст программы приводятся в прил. 6.

Расчет градуировочной характеристики  $V = f(\Delta P)$  конкретной диафрагмы позволит оперативно выбрать необходимый дифманометр и обеспечить проведение измерений расхода по показаниям перепада давления на сужающем устройстве и полученной градуировочной кривой.

Исходными данными для расчета являются:

$d, D$  - диаметры отверстия сужающего устройства и трубопровода при температуре  $20^\circ C$ ;

$p, t$  - абсолютное давление и температура контролируемой среды (для газов, кроме того, указывается относительная влажность),

- $K'_t, K''_t$  - поправочные множители на расширение материала сужающего устройства и трубопровода от температуры; вводятся, если температура контролируемой среды находится вне диапазона  $20...+60^{\circ}\text{C}$ ;
- $V$  - номинальный расход;
- $\mu$  - динамическая вязкость среды при рабочей температуре;
- $K_{ш}$  - поправочный множитель на шероховатость трубопровода;
- $K_{п}$  - поправочный множитель на притупление входной кромки;
- $\varepsilon$  - поправочный множитель на расширение измеряемой среды (для сжимаемых сред);
- $\rho_1, t_1$  - плотность жидкости и соответствующее значение температуры;
- $\beta$  - средний коэффициент объемного теплового расширения жидкости в температурном диапазоне  $t - t_1$ ;
- $\rho_2$  - плотность газа при нормальных условиях;
- $P$  - рабочее давление газа;
- $K$  - коэффициент сжимаемости газа.

## 6. СОСТАВ И СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

### 6.1. Состав курсовой работы

Курсовая работа состоит из 4-х самостоятельных разделов:

1. Проектирование схемы автоматизации одного из объектов систем теплогазоснабжения, вентиляции и охраны воздушного бассейна.
2. Описание конструктивной схемы, принципа действия одного из технических средств автоматизации.
3. Расчет распределительного регулирующего органа одной из подсистем автоматизации.
4. Расчет сужающего устройства для измерения расхода жидкости, газа или пара и определение его градуировочной характеристики.

### 6.2. Объем курсовой работы

Студент выполняет работу в объеме одного листа форматом А 24 графической части и пояснительной записки до 20 страниц рукописного текста на обеих сторонах стандартного листа писчей бумаги (допускается оформление записки в тетради).

### 6.3. Содержание курсовой работы

#### 1. Содержание графической части:

- а) схема автоматизации объекта;
- б) принципиальная электрическая (пневмогидравлическая) схема автоматизации;
- в) чертежи схемы регулируемого участка, регулирующего органа и его графические характеристики;
- г) конструктивная схема одного из ТСА;
- д) чертеж сужающего устройства;
- е) спецификация оборудования схемы автоматизации.

#### 2. Содержание пояснительной записки:

Техническое задание.

##### 1). Проектирование схемы автоматизации:

- а) краткое описание технологической схемы объекта с указанием назначения и принципа действия основных агрегатов и устройств;
- б) перечень количественных и качественных параметров состояния объекта;
- в) обоснование принятых подсистем автоматизации (со ссылкой на соответствующие СНиП);
- г) краткое описание функционирования каждой из подсистем автоматизации;
- д) подробное описание принципа действия автоматических регуляторов;
- е) краткое описание принципиальной электрической схемы автоматизации.

##### 2). Описание конструктивной схемы ТСА:

- а) описание конструктивной схемы устройств;
- б) описание принципа действия устройства;
- в) основные технические данные.

##### 3). Расчет распределительного регулирующего органа:

- а) исходные данные;
- б) гидравлический расчет регулируемого участка;

- в) определение основных параметров регулирующего органа;
- г) описание построения расходной характеристики регулирующего органа.

4). Расчет сужающего устройства:

- а) исходные данные;
- б) выбор и расчет СУ;
- в) градуировка СУ.

3). Литература.

## Л и т е р а т у р а

### Основная:

1. М у х и н О.А. Автоматизация систем ТТВ.- Мн.: Выш.школа, 1986.- 304 с.
2. К а л м а к о в А.А. и др. Автоматика и автоматизация СТГВ.- М.: Стройиздат, 1986.- 479 с.
3. Ю р м а н о в Б.Н. Автоматизация систем отопления, вентиляции и КВ.- Л.: Стройиздат, 1976.- 232 с.
4. П р е о б р а ж е н с к и й В.Н. Теплотехнические измерения и приборы.- М.: Энергия, 1978.- 704 с.
5. М у х и н О.А. и др. Методические указания по курсу "Автоматика и автоматизация систем ТГВ.- Мн.: ВПИ, 1963.- 54 с.
6. Методические указания по разработке спецразделов /Под ред. Мухина О.А. - Мн.: ВПИ, 1980.- 87 с.; 1987.- 22 с.
7. М у р и н Г.А. Теплотехнические измерения.- М.: Энергия, 1982.- 584 с.; 1968.- 584 с.
8. А р м е н с к и й Е.В., П р о к о ф ь е в П.А., Ф а л к Г.Б. Автоматизированный электропривод.- М.: Выш.школа, 1987.-140 с.
9. М я с к о в с к и й И.Г. Тепловой контроль и автоматизация тепловых процессов.- М.: Стройиздат, 1990.- 255 с.
10. С а ф о н о в А.П. Автоматизация систем центрального теплоснабжения.- М.: Энергия, 1974.- 272 с.
11. М е к л е р В.Я., Р а в в и н Л.С. Автоматическое регулирование санитарно-технических и вентиляционных систем.- М.: Стройиздат, 1982.- 224 с.
12. Н е ф е л о в С.В., Д а в ы д о в Ю.С. Техника автоматическо-

го регулирования в системах вентиляции и КВ.- М.: Стройиздат, 1984.- 328 с.

13. С о т н и к о в А.Г. Автоматизация СКВ и вентиляции.- Л.: Машиностроение, 1984.- 240 с.
14. К а м н е в В.Н. Чтение схем и чертежей электроустановок.- М.: Высш. школа, 1986.- 144 с.
15. Д р а ч н е в В.Г. Диспетчеризация городских систем газоснабжения.- Л.: Недра, 1982.- 198 с.
16. Б о я р с к и й Р.Г., И в а н о в Ю.В. Проектирования, монтаж и эксплуатация систем автоматизации на предприятиях стройиндустрии.- Л.: Стройиздат, 1980.- 280 с.
17. Б е р с е н е в И.С. и др. Автоматика отопительных котлов и агрегатов.- М.: Стройиздат, 1969.- 319 с.
18. Д з е л з и т и с Э.Э. Управление системами кондиционирования микроклимата.- М.: Стройиздат, 1990.- 176 с.
19. М о н а х о в В.И. Измерение расхода и количества жидкости, газа и пара.- М.-Л.: Госэнергоиздат, 1962.- 127 с.
20. К у з ь м и н П.И. Выбор и расчет дроссельных регулирующих органов.- М.-Л.: Госэнергоиздат, 1956.- III с.
21. Б л а г о в Э.Е., И в н и ц к и й Б.Я. Дроссельно-регулирующая арматура ТЭС и АЭС.- М.: Энергоатомиздат, 1990.- 288 с.
22. А р з у м а н о в Э.С. Расчет и выбор регулирующих органов автоматических систем.- М.: Энергия, 1971.- 112 с.
23. Н у д л е р Г.И., Т у л ь ч и н И.К. Автоматизация инженерного оборудования жилых и общественных зданий.- М.: Стройиздат, 1988.- 223 с.

Справочная и нормативная:

24. СНиП 3.05.07-85. Системы автоматизации.
25. Проектирование систем автоматизации теплотехнических процессов / А.С.Клюев, В.В.Глазов и др.- М.: Энергия, 1980.- 512 с.; М.: Энергоатомиздат, 1990.- 464 с.
26. Промышленные приборы и средства автоматизации / Под ред. В.В.Черенкова.- М.: Машиностроение, 1987.- 847 с.
27. Техника чтения схем автоматического управления и технологического контроля / Под ред. А.С.Клюева.- М.: Энергоатомиздат, 1983.- 376 с.

28. Ф а й е р ш т е й н и др. Справочник по автоматизации котельных.- М.: Энергоатомиздат, 1985.- 296 с.
29. В и т а л ь е в В.П., Ф а л и к о в В.С. Приборы и средства автоматизации систем теплоснабжения зданий.- М.: Стройиздат, 1987.- 200 с.
30. Водяные тепловые сети. Справочное пособие / Под ред. Н.К.Громова, Е.П.Шубина.- М.: Энергоатомиздат, 1988.- 376 с.
31. Справочник по наладке и эксплуатации водяных тепловых сетей/ В.И.Манюк и др.- М.: Стройиздат, 1982.- 215 с.
32. РД 50-213-80. Правила измерения расхода газов и жидкостей стандартными сужающими устройствами.- М.: Изд.стандартов, 1982.- 318 с.
33. И в а н о в а Г.М., К у з н е ц о в Н.Д., Ч и с т я - к о в Б.С. Теплотехнические измерения и приборы.- М.: Энергоатомиздат, 1984.- 230 с.
34. Техника проектирования систем автоматизации / Под ред. Л.И.Шипетина.- М.: Машиностроение, 1966.- 703 с.
35. Наладка средств измерения и систем технологического контроля/ Под ред. А.С.Клюева.- М.: Энергоатомиздат, 1990.- 400 с.
36. Г у р е в и ч Д.Ф. Трубопроводная арматура: Справоч.пособие.- Л.: Машиностроение, 1982.- 368 с.
37. Я к у б ч и к П.П. и др. Справочник по инженерному оборудованию жилых и общественных зданий / Под ред. В.С.Дикаревского.- К.: Будівельник, 1989.- 360 с.
38. РСН 73-91. Госстрой Республики Беларусь. Проектирование автоматизированной системы водяного отопления с повторным использованием теплоносителя. Терминология теплоносителя. - Мн., 1991.

## 7. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

1. Для выполнения первого раздела курсовой работы необходимо прежде всего тщательно изучить принципы проектирования автоматизации, технологический процесс; правильно изобразить упрощенную технологическую схему системы, установки или агрегата. Затем изучить требования раздела автоматизации соответствующего СНиП или нормативного документа, из которого выяснить, какими подсистемами автоматизации должен быть оснащен данный объект. После этого, пользуясь методическими принципами построения схем и обязатель-

но - стандартными условными обозначениями, составить схему автоматизации и ее описание. Текст должен содержать краткое описание объекта автоматизации, краткое описание функционирования подсистем автоматизации и характеристику используемых технических средств автоматизации - измерительных приборов, регуляторов, аппаратуры управления.

Следует обратить внимание на взаимосвязь отдельных подсистем автоматизации. Например, очень часто бывает связанными между собой подсистемы блокировки регулирующих органов и дистанционного управления электроприводом. Измерительные приборы подсистем контроля рекомендуется изображать упрощенным способом, т.е. по месту контроля.

На завершающем этапе раздела работы необходимо проявить умение составлять электрические принципиальные схемы управления электроприводов, блокировки, регулирования, используя стандартные условные графические обозначения, буквенно-цифровые коды.

Элементы и устройства изображают на схеме, используя преимущественно разнесенный способ построения схемы. Рекомендуется рисовать цепи в виде параллельных горизонтальных и вертикальных строк. Располагать схему автоматизации следует в левой верхней части чертежа, принципиальную схему - справа от нее или под ней в зависимости от сложности схемы.

2. Конструктивная схема технического средства автоматизации должна быть выполнена с учетом существующих правил ЕСКД и давать четкое представление об устройстве и принципе действия рассматриваемого прибора.

Следует указать, какие материалы используются при изготовлении устройства, а если это - измерительный прибор, - указать условия его применения в системах ТГВ, пределы измерения, погрешности, класс точности и т.п. Иными словами, студент должен обобщить основные знания по измерительной технике и техническим устройствам автоматики, а также объяснить взаимосвязи между элементами устройства.

В записке должны быть даны краткие сведения о том, как устроено, действует, где применяется данное техническое средство автоматизации. При выполнении задания рекомендуется использовать справочную и нормативную литературу.

3. При выборе регулирующего органа следует предварительно

изучить основные параметры, которыми характеризуется РО, освоить методику выбора РО для всех видов рабочей среды. Желательно использовать каталоги РО, не вошедшие в данную работу. При описании расчета необходимо давать подробный анализ получаемых результатов, доказывая их окончательность или необходимость проведения дальнейшего подбора путем последовательного приближения к заданным условиям.

4. Примеры определения массового расхода воды и пара при помощи стандартной диафрагмы и расчет диаметра отверстия стандартного сопла приведены в т. / 7 / с. 357-363.

## 8. ЗАДАНИЯ

### 8.1. Методика выбора заданий

Задания первого и второго разделов работы по проектированию схем автоматизации и описанию ТСА выбираются из прилагаемого перечня заданий и схем.

Варианты первого и второго заданий определяются по таблице, где координатой горизонтального ряда служит первая буква фамилии студента, вертикального - последняя цифра номера зачетной книжки. Например, студент Николаев (последняя цифра - 7), отвечает на 4-й вопрос первого раздела и на 2-й вопрос второго раздела. Вид теплоносителя для теплоснабжения воздухоподогревателей вентиляционных систем и СКВ выбирается по первой букве фамилии (А - И - вода; К - Т - пар; У - Я - электроэнергия).

Таблица вариантов заданий

Первая буква фамилии	Последняя цифра номера зачетной книжки									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
КУХ	00	19	28	37	46	55	64	73	82	91
ИМЧ	99	08	17	26	35	44	53	62	71	80
ЗНЦ	88	97	06	15	24	33	42	51	60	79
ЖСШ	77	86	95	04	13	22	31	40	59	68
ЕПЩ	66	75	12	93	02	11	20	39	48	57
ДРЭ	54	63	84	81	90	09	18	27	36	45
ГОД	43	52	61	70	89	98	07	16	25	34
ВТЯ	32	41	50	69	78	87	36	05	14	23
БЛ	21	30	49	58	67	76	85	94	03	12
АФ	10	29	38	47	56	65	74	83	92	01

## 8.2. Исходные данные

Исходные данные для выполнения заданий 3-го и 4-го разделов выдаются преподавателем-консультантом курсовой работы.

## 8.3. Перечень заданий I-го раздела

### З а д а н и е I

1. Технологическая схема. Задана схема ЦТП при зависимом присоединении систем отопления и при последовательной и смешанной схемах включения водонагревателей горячего водоснабжения: 1 - первая ступень подогрева; 2 - вторая ступень подогрева; 3 - смесительные насосы.

2. Задание. Составить схему автоматизации ЦТП. Следует предусмотреть:

- 1) автоматическое дистанционное и местное управление оборудованием ЦТП;
- 2) регулирование температуры воды в квартальных тепловых сетях в зависимости от температуры наружного воздуха (по графику ЦКР);
- 3) регулирование заданной температуры воды в системе горячего водоснабжения;
- 4) автоматические выключатели смесительных насосов при аварийных режимах работы и блокировку их включения между собой (как правило, устанавливается параллельно два насоса);
- 5) контроль за основными технологическими параметрами с регистрацией некоторых из них, в том числе количества теплоты, поступающей в ЦТП;
- 6) сигнализацию о неисправностях и аварийных параметрах в работе ЦТП: повышение температуры воды на ГВ выше заданного значения, повышение уровня воды в дренажном приемке и др.;
- 7) подключение к диспетчерскому пункту с помощью телемеханики по основным контролируемым параметрам, а также по сигнализации аварийных ситуаций.



## З а д а н и е 2

1. Технологическая схема. Задана схема насосной подстанции на обратной магистрали тепловых сетей: I - насосный агрегат; K - электродвигатель; 3 - подшипник; 4 - клапан автоматической защиты от понижения давления воды во всасывающем коллекторе.

2. Задание. Составить схему автоматизации насосной подстанции. Следует предусмотреть:

1) автоматическое и местное управление оборудованием подстанции;

2) блокировку электродвигателя насосного агрегата и задвижки на напорном патрубке с целью обеспечения запаздывания последней;

3) автоматическое включение резервного насосного агрегата при падении давления в напорном патрубке работающего насосного агрегата и его блокировку;

4) автоматическое открытие клапана 4 при понижении давления во всасывающем коллекторе (при аварии на тепловых сетях);

5) контроль основных параметров - температуры воды, подшипников, расхода воды и др.;

6) сигнализацию о неисправностях в работе подстанции;

7) телемеханическое управление и контроль основных параметров работы насосной подстанции.

## З а д а н и е 3

1. Технологическая схема. Задана схема теплового пункта жилого дома с водоподогревателями и подфасадной системой отопления: I - водоподогреватели первого подогрева; 2 - водоподогреватели второй ступени подогрева.

2. Задание. Составить схему автоматизации теплового пункта жилого здания. Следует предусмотреть:

1) подфасадное регулирование температуры воздуха в помещениях (в контрольных помещениях южного и северного фасадов);

2) автоматическое регулирование заданной температуры горячей воды в системе горячего водоснабжения;

3) контроль основных параметров - температуры воды в подающих и обратных магистралях системы отопления (по фасадам), температуры горячей воды системы горячего водоснабжения, расхода горячей воды, расхода теплоты в тепловом пункте и др.;

4) сигнализацию о неисправностях в работе теплового пункта.

#### З а д а н и е 4

1. Технологическая схема. Задана приточно-вытяжная вентиляция помещения, включающая одну приточную и одну вытяжную установку. Приточная установка имеет оросительную камеру, работающую в адiabатическом режиме увлажнения только в зимний период.

2. Задание. Составить схему автоматизации приточно-вытяжной вентиляции помещения. Следует предусмотреть:

1) автоматическое дистанционное и местное управление приточной установкой;

2) автоматическое и местное управление вытяжной установкой;

3) блокировку вытяжной и приточной установки, обеспечивающую обязательное автоматическое включение вытяжной при включении приточной установки;

4) автоматическое регулирование температуры воздуха в помещении в летний и в зимний периоды года;

5) автоматическую защиту calorиферов от замораживания;

6) контроль основных технологических параметров;

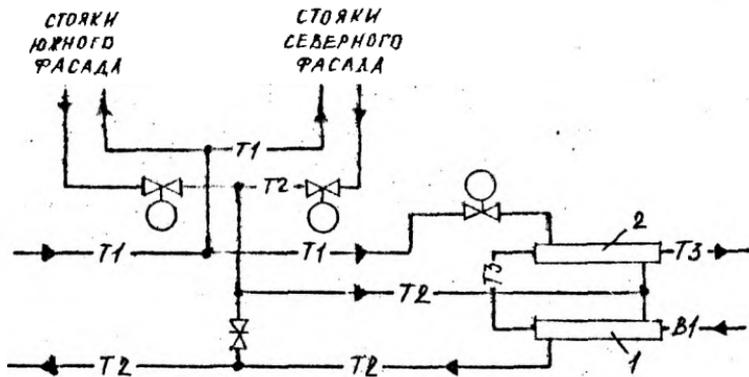
7) сигнализацию о неисправностях в работе системы вентиляции.

#### З а д а н и е 5

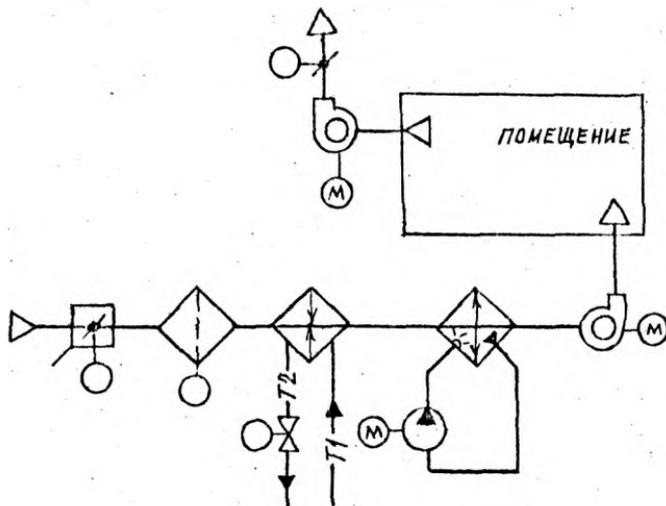
1. Технологическая схема. Задана схема общеобменной приточно-вытяжной системы вентиляции помещения с утилизацией теплоты удаляемого воздуха с помощью регенеративного теплообменника:

1 - вытяжной вентилятор; 2 - приточный вентилятор; 3 - теплоутилизатор регенеративный вращающийся; 4 - calorифер первого подогрева

### Задание 3



### Задание 4



рева; 5 - фильтр; 6 - калорифер второго подогрева; 7 - камера адиабатического увлажнения воздуха.

2. Задание. Составить схему автоматизации приточно-вытяжной вентиляции помещения с утилизацией теплоты удаляемого воздуха. Следует предусмотреть:

1) автоматическое дистанционное управление системой вентиляции и местное управление отдельными агрегатами (вентиляторами, насосами, клапанами и др.);

2) автоматическую блокировку, обеспечивающую технологическую последовательность включения (выключения) отдельных агрегатов системы;

3) автоматическое регулирование температуры воздуха в помещении в зимний и летний периоды года;

4) защиту калорифера первого подогрева от замораживания;

5) контроль основных технологических параметров;

6) сигнализацию работы и неисправностей в работе системы вентиляции.

### З а д а н и е 6

1. Технологическая схема. Задана схема системы вентиляции помещения с использованием центрального кондиционера и вытяжной установки: 1 - калорифер первого подогрева; 2 - фильтр рулонный; 3 - поверхностный воздухоохладитель; 4 - форсуночная камера адиабатического увлажнения воздуха; 5 - калорифер второго подогрева; 6 - приточный вентилятор; 7 - вытяжной вентилятор.

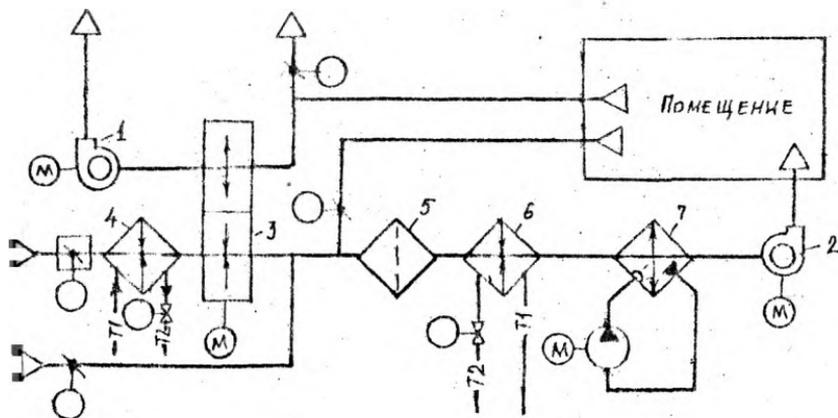
2. Задание. Составить схему автоматизации кондиционера и вытяжной установки. Следует предусмотреть:

1) автоматическое дистанционное управление кондиционером и вытяжной установкой, а также местное управление отдельными агрегатами (вентиляторами, насосами, клапанами и др.);

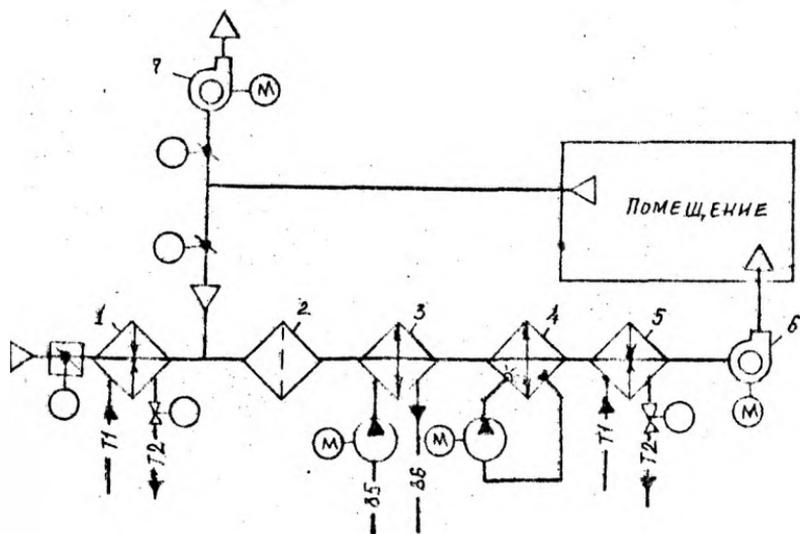
2) автоматическую блокировку, обеспечивающую определенную последовательность включения (выключения) отдельных агрегатов (вытяжного вентилятора, клапанов и др.);

3) автоматическое регулирование температуры и влажности воздуха в помещении в зимний и летний периоды (в условиях значительного тепло- и влаговыделения в помещении в течение года);

### Задание 5



### Задание 6



- 4) автоматическую защиту калорифера первого подогрева от замораживания;
- 5) контроль основных технологических параметров;
- 6) сигнализацию работы и неисправностей в работе системы кондиционирования воздуха.

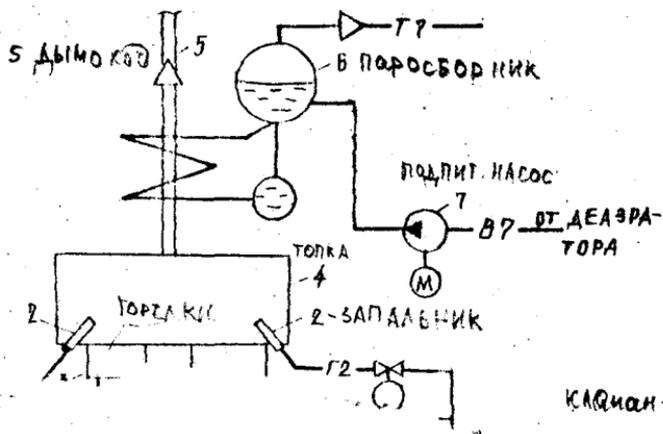
### З а д а н и е 7

1. Технологическая схема. Задана схема холодильной станции, охлаждающей оборотную воду для воздухоохладителей систем кондиционирования воздуха: 1 - компрессор; 2 - конденсатор; 3 - испаритель; 4 - терморегулирующий вентиль; 5 - сборный бак для воды; 6 - бак охлажденной воды; 7 - циркуляционные насосы; 8 - нагнетательные насосы.

2. Задание. Составить схему автоматизации холодильной станции, использующей фреон в качестве хладоносителя. Следует предусмотреть:

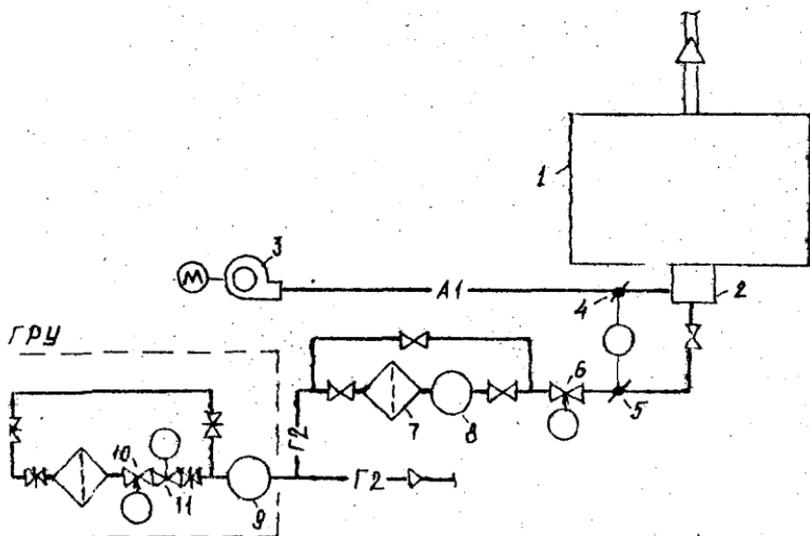
- 1) автоматическое дистанционное управление холодильной станцией и местное управление отдельными агрегатами (компрессором, насосами и др.);
- 2) автоматическую блокировку, обеспечивающую технологическую последовательность включения отдельных агрегатов, а также выключение компрессора при повышении и понижении давления фреона вне заданных пределов;
- 3) автоматическое включение резервного циркуляционного насоса (и нагнетательного насоса) при падении давления в напорном патрубке работающего насоса с блокировкой последнего;
- 4) автоматическое регулирование заданной температуры кипения фреона в испарителе;
- 5) автоматическое включение и выключение циркуляционного и нагнетательного насоса при достижении нижнего или верхнего уровня воды в баке, охлажденной воды в воде в сборном баке;
- 6) контроль основных технологических параметров;
- 7) сигнализацию о работе и неисправности в работе холодильной станции.

### Задание 9



КАРМАН-ОТСЧЕТ

### Задание 8



- 4) автоматическую защиту калорифера первого подогрева от замораживания;
- 5) контроль основных технологических параметров;
- 6) сигнализацию работы и неисправностей в работе системы кондиционирования воздуха.

### З а д а н и е 7

1. Технологическая схема. Задана схема холодильной станции, охлаждающей оборотную воду для воздухоохладителей систем кондиционирования воздуха: I - компрессор; II - конденсатор; III - испаритель; IV - терморегулирующий вентиль; V - сборный бак для воды; VI - бак охлажденной воды; VII - циркуляционные насосы; VIII - нагнетательные насосы.

2. Задание. Составить схему автоматизации холодильной станции, использующей фреон. Регулирование заданной температуры в работе:

1) автоматическую отсечку подачи газа к горелке при повышении температуры в рабочем объеме выше допустимого значения, при падении давления воздуха в воздухопроводе ниже допустимого значения, при повышении давления газа в газопроводе перед горелкой выше допустимого значения, при недостаточном разрежении в объеме печи, при погасании факела;

6) контроль основных технологических параметров;

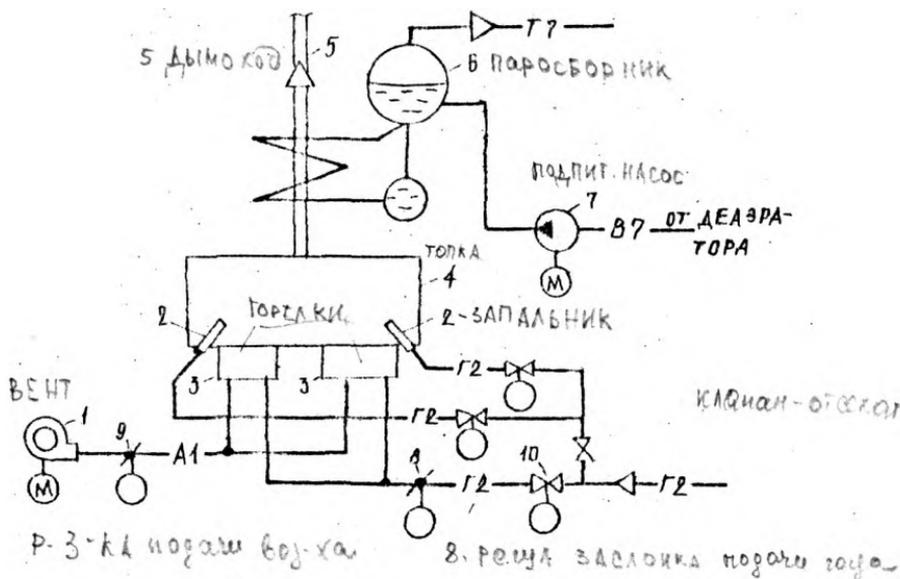
7) сигнализацию работы и неисправностей в работе обжиговой печи.

### З а д а н и е 9

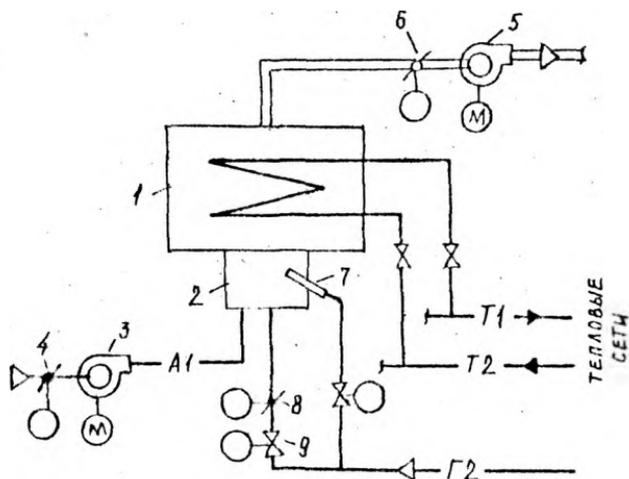
1. Технологическая схема. Задана схема технологических трубопроводов парового котла, работающего на газовом топливе: I - дутьевой вентилятор; 2 - запальник; 3 - горелка; 4 - топка; 5 - дымоход; 6 - паросборник; 7 - подпиточный насос; 8 - регулирующая заслонка подачи газа; 9 - регулирующая заслонка подачи воздуха; 10 - клапан-отсекатель.

2. Задание. Составить схему автоматизации газового котла. Следует предусмотреть:

### Задание 9



### Задание 0



- 1) автоматическое дистанционное управление работой парового котла и местное управление работой отдельных агрегатов;
- 2) автоматическое регулирование давления производимого пара;
- 3) автоматическое регулирование заданного уровня воды в верхнем барабане котла;
- 4) автоматическую отсечку подачи газа при повышении его давления выше допустимого значения, при снижении уровня воды в верхнем барабане ниже допустимого значения, при повышении или понижении давления газа выше или ниже допустимых значений, при недостаточном давлении воздуха в воздухопроводе, при погасании факела, при недостаточном разрежении в топке котла;
- 5) контроль основных технологических параметров, в том числе расхода газа и пара;
- 6) автоматическую сигнализацию работы и неисправностей в работе парового котла.

### З а д а н и е 0

1. Технологическая схема. Задана технологическая схема трубопроводов водогрейного котла, работающего на газовом топливе: 1 - сопло; 2 - горелка; 3 - дутьевой вентилятор; 4 - направляющий аппарат; 5 - дымосос; 6 - направляющий аппарат; 7 - запальник; 8 - регулирующая поворотная заслонка; 9 - клапан-отсекатель.

2. Задание. Составить схему автоматизации водогрейного котла. Следует предусмотреть:

- 1) автоматическое дистанционное управление работой водогрейного котла и местное управление работой отдельных агрегатов;
- 2) автоматическое регулирование температуры сетевой воды в зависимости от температуры наружного воздуха в соответствии с графиком ЦКР;
- 3) автоматическую отсечку подачи газа при повышении температуры воды выше заданного предельно допустимого значения, при повышении давления газа выше допустимого значения, при снижении давления воздуха в воздухопроводе ниже допустимого значения, при недостаточном разрежении в топке, при погасании факела;
- 4) контроль основных технологических параметров, в том числе расхода газа и расхода теплоты в тепловых сетях;

5) автоматическую сигнализацию работы и неисправностей в работе водогрейного котла.

#### 8.4. Перечень заданий 2-го раздела

Приведите конструктивные схемы и описание принципа действия с основными техническими данными:

1) первичных преобразователей температуры с электрическим и механическим выходами;

2) первичных преобразователей давления (разрежения) и расхода жидкости и газа;

3) первичных электрических преобразователей влажности воздуха и газов;

4) гидравлического усилителя с исполнительным устройством (А-Н - золотникового; О-Я - струйного);

5) электронного усилителя (А-Н - лампового, О-Я - полупроводникового);

6) автоматического электрического потенциометра (А-Н) или моста (О-Я);

7) аппаратуры дистанционного управления электроприводом;

8) реле (А-Н - неэлектрического, О-Я - электрического);

9) автоматического регулятора прямого (А-Н) и непрямого (О - Я) действия;

0) автоматического регулятора непрерывного и прерывистого (дискретного) действия.

## Терминология автоматизации

В перечень включены основные термины, не приведенные в СНиП I-2. "Строительная терминология" или получившие частичное толкование.

Термины в количестве 146 наименований расположены в алфавитном порядке в пределах каждого из пяти разделов. Названия терминов приведены преимущественно в единственном числе.

### I. Общие понятия автоматизации

**А в т о м а т** - техническое устройство, выполняющее определенную целевую задачу без непосредственного участия человека длительное время, непрерывно.

**А в т о м а т и з а ц и я** - применение автоматических устройств для выполнения функций управления. Автоматизацией также называют комплекс мероприятий технического и организационного характера, направленных на замену или сокращение затрат живого труда по обеспечению оптимальных режимов функционирования объектов автоматизации.

**А в т о м а т и з и р о в а н н а я с и с т е м а** - совокупность технических устройств, выполняющая целевую задачу с частичным участием человека, человеко-машинная система.

**А в т о м а т и к а** - область науки и техники, занимающаяся проектированием, производством и использованием автоматов и автоматических систем; сокращенное определение различных технических средств автоматизации.

**А в т о м а т и ч е с к а я с и с т е м а** - совокупность технических устройств, выполняющих целевую задачу без участия человека. Человек может выполнять в ней операции настройки, обслуживания, ремонта.

**А в т о м а т и ч е с к о е с р е д с т в о и з м е р е н и й** - средство измерений, производящее в автоматическом режиме измерения и все операции, связанные с обработкой, регистрацией, передачей данных или выработкой управляющего сигнала.

**А в т о м а т и ч е с к о е р е г у л и р о в а н и е** - процесс, заставляющий качественный параметр состояния объекта быть постоянным или изменяться по заданному алгоритму на основе

регулярной информации о поведении объекта. Часто под автоматическим регулированием подразумевают разновидность управления с обратной связью.

**Автоматическое управление** - принудительное автоматическое воздействие на объект с целью функционирования по заданному алгоритму на основе информации (команды) получаемой не от объекта, а извне. Автоматическое управление реализует передачу управляющего воздействия без обратной связи.

**Автоматическое управляющее устройство** или **автоматический регулятор** (от латинского *regulo* - направляю) - устройство или комплекс устройств, осуществляющих задачу автоматического управления (регулирования).

**Аккумулярующая способность** или **коэффициент емкости** - физическое свойство объекта, определяющее скорость изменения параметра при нарушении равновесия в объекте.

**Алгоритм функционирования** - совокупность предписаний, ведущих к правильному выполнению технологического процесса.

**Алгоритм управления** - совокупность предписаний, определяющих характер воздействия на управляемый объект с целью выполнения алгоритма функционирования.

**Блокировка** - обеспечение невозможности одновременного выполнения взаимоисключающих или несоответствующих алгоритму управления действий (команд).

**Блок-схема** - условное обозначение соединения и взаимодействия элементов систем автоматизации.

**Вероятность** - числовая характеристика возможности наступления случайного события при определенных условиях.

**Воздействие** - изменение физической величины, влияющее на поведение объекта автоматизации или элемента системы.

**Воздействие задающее** (см. **настройка**) - механический, электрический и т.п. сигнал, соответствующий заданному значению регулируемой переменной. Вносится при помощи задающего устройства оператором или автоматически по заданной программе.

**Воздействие возмущающее** (**возмущение**) - изменение количественного параметра состояния, влияющее на поведение объекта автоматизации.

ящее на нарушение заданного режима. Может быть внешним и консервативным (внутренним).

**В о з д е й с т в и е у п р а в л я ю щ е е** - изменение количественного параметра состояния объекта, приводящее к достижению заданного режима.

**В р е м я р е г у л и р о в а н и я** - промежуток с момента появления возмущения для возвращения регулируемой величины к заданному значению.

**В х о д, в ы х о д** - точка (место) измерения входной и выходной переменных.

**В х о д н а я п е р е м е н н а я** - физическая величина, изменение которой является причиной изменений в элементе или системе.

**В ы х о д н а я п е р е м е н н а я** - физическая величина, изменение которой является следствием изменения входной переменной. Входная и выходная переменные связаны математической моделью процесса.

**Г р а ф** - графическая модель системы связей между объектами произвольной природы.

**Г С П** - государственная система промышленных приборов и средств автоматизации; систематизирует и классифицирует средства централизованного контроля, управляющие машины и технические средства автоматизации.

**Д и а п а з о н р е г у л и р о в а н и я** - интервал между заданными пределами изменения регулируемой переменной при номинальном рабочем режиме.

**Д и н а м и ч е с к а я п о с т о я н н а я** - временная характеристика инерционности элемента или системы.

**Д и с п е т ч е р и з а ц и я** - система централизованного оперативного контроля, сигнализации и управления на расстоянии, основанная на применении современных средств дистанционной передачи и обработки информации.

**Е м к о с т ь о б ь е к т а а в т о м а т и з а ц и и** - запас энергии, вещества, информации, аккумулируемых в объекте.

**З а д а н н о е з н а ч е н и е** - величина регулируемой переменной, которую стремятся получить в установившемся режиме.

**З а п а з д ы в а н и е** - отставание во времени выходной величины по отношению ко входной.

**З в е н о ( д и н а м и ч е с к о е )** – часть автоматической системы, математическая модель которой описывается дифференциальным уравнением не выше второго порядка.

**И з м е р е н и е** – нахождение значения физической величины опытным путем с помощью специальных технических средств.

**И з м е р и т е л ь н ы й п р и б о р** – средство измерений для выработки сигнала в форме, доступной для непосредственного восприятия наблюдателем.

**И н ф о р м а т и к а** – наука о законах и методах измерения, хранения, переработки информации с применением технических средств.

**И н ф о р м а ц и я** – совокупность сведений, которые ранее не были известны.

**К а н а л** – совокупность устройств, предназначенных для передачи информации.

**К а ч е с т в е н н ы й п а р а м е т р с о с т о я н и я** – физическая величина, определяющая поведение объекта автоматизации, – например: температура, давление, влажность и т.п.

**К а ч е с т в о р е г у л и р о в а н и я** – способность автоматической системы регулирования обеспечивать заданную точность регулируемой величины при наименьшей длительности переходного процесса.

**К в а н т о в а н и е** – преобразование аналоговых величин в дискретные.

**К и б е р н е т и к а** – общая наука о поведении, управлении, получении, преобразовании и передаче информации в любых системах, независимо от их природы и назначения.

**К о д** – совокупность знаков (символов) и система определенных правил, при помощи которых представляют информацию.

**К о л и ч е с т в е н н ы й ( э н е р г е т и ч е с к и й ) п а р а м е т р с о с т о я н и я** – физическая величина, характеризующая поток энергии, вещества, информации и т.п., непрерывно проходящий через данный объект.

**К о м а н д а** – предписание, определяющее шаг процесса выполнения программы.

**К о н т у р у п р а в л е н и я ( р е г у л и р о в а н и я )** – совокупность целей (с обратной связью) в структурной схеме.

**Косвенное измерение** - измерение, при котором искомые значения физической величины находят на основании известной зависимости между этой величиной и величинами прямого измерения.

**Коэффициент преобразования (передачи)** - отношение выходной величины ко входной (иногда его называют коэффициентом усиления).

**Линия связи** - графическое изображение соединения элементов или звеньев, отрезок линии, указывающий на наличие связи.

**Метод измерений** - совокупность приемов использования принципов и средств измерений.

**Микропроцессор** - арифметическое и логическое устройство, выполненное на полупроводниковых интегральных схемах, часто в виде одной ЕИС.

**Модуляция** - изменение параметров физического процесса в соответствии с текущими значениями передаваемого сигнала.

**Надежность** - свойство (способность) системы (элемента) выполнять заданные функции с сохранением своих характеристик весь период эксплуатации. Надежность охватывает безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость. Показатели надежности - вероятность безотказной работы, наработка на отказ, срок службы и др.

**Настройка** - установление определенного, наперед заданного значения физической величины с обеспечением критериев качества и устойчивости регулирования.

**Неравномерность** - диапазон изменения регулируемой величины при перестановке регулирующего органа из одного крайнего положения в другое.

**Нечувствительность** - свойство, при котором входную величину можно изменять на определенное конечное значение, не вызывая заметных изменений выходной величины.

**Обратная связь** - связь, образующая путь передачи воздействий от выхода к входу рассматриваемого участка цепи воздействия (элемента). Различают отрицательные и положительные обратные связи. Отрицательная обратная связь направлена на стабилизацию процесса.

**Объект автоматизации** - аппарат, установка, технологический процесс и т.п., нуждающийся в управляющем

воздействии для выполнения алгоритма функционирования.

**П а р а м е т р** - физическая величина, характеризующая некоторое свойство объекта или режим его функционирования.

**П е р е д а т о ч н а я ф у н к ц и я** - отношение в комплексной форме выходной величины ко входной.

**П е р е х о д н ы й п р о ц е с с** - процесс перехода автоматической системы от одного устойчивого состояния к другому.

**П о г р е ш н о с т ь и з м е р е н и я** - величина, характеризующая степень соответствия измеренных и принятых за эталон физических величин.

**П о д с и с т е м а а в т о м а т и з а ц и и** - система, входящая в общую схему автоматизации объекта и определяющая функционально различную по назначению операцию. Например, подсистемы автоматического контроля, сигнализации, защиты, блокировки, регулирования и т.п. Количество подсистем автоматизации определяет степень автоматизации.

**П о р о г ч у в с т в и т е л ь н о с т и** - наименьшее изменение измеряемой величины, вызывающее заметное изменение выходного сигнала.

**П р и н ц и п и з м е р е н и я** - совокупность физических явлений, на которых основаны измерения.

**П р и н ц и п у п р а в л е н и я** - организация управляющего воздействия на систему с желательным изменением ее состояния. Например, компенсационный, компаундный комбинированный, программный и т.п.

**П р я м о е и з м е р е н и е** - измерение, при котором искомое значение физической величины находят непосредственно из опытных данных.

**Р е г у л и р о в а н и е** - процесс управления с использованием обратной связи.

**Р е г у л и р у е м а я ( у п р а в л я е м а я ) в е л и ч и н а ( п а р а м е т р )** - переменная, значение которой поддерживается постоянным или меняющимся по заданному закону.

**Р е г у л и р у е м а я с р е д а** - среда, параметр которой регулируется.

**Р е г у л и р у ю щ а я с р е д а** - среда, при помощи которой изменяется параметр регулируемой среды.

**Р е г у л я т о р** - см. автоматическое управляющее устройство.

**Р е ж и м** - распределенное, обычно заданное, сочетание условий и параметров работы или течения технологического процесса. Различают статический (стационарный, установившийся, равновесный) и динамический (переходный) режимы.

**С а м о р е г у л и р о в а н и е** (с а м о в ы р а в н и в а н и е) - свойство объекта самостоятельно возвращаться к прежнему или новому устойчивому состоянию после снятия возмущения без воздействия извне (например, регулятора).

**С и г н а л** (и м п у л ь с) - изменение физической величины во времени, несущее сообщение (информацию) о каком-либо событии, явлении, состоянии объекта или команду для передачи по каналу (линии связи). Сигнал может быть непрерывным (аналоговым) и прерывистым (дискретным).

**С и г н а л у н и ф и ц и р о в а н н ы й** - сигнал, у которого вид носителя информации и диапазон его изменения не зависят от вида измеряемой величины и метода измерения.

**С и с т е м а** - совокупность функционально объединенных устройств, оборудования, приборов и др. технических средств со связями между ними.

**С о о б щ е н и е** - совокупность сведений, передаваемых при функционировании системы.

**С п о с о б у п р а в л е н и я** - разновидность управления в зависимости от использования энергии. Различают регуляторы прямого и непрямого действия (без использования и с использованием энергии от постороннего источника - электрической, пневматической, гидравлической).

**С т а т и ч е с к а я х а р а к т е р и с т и к а** - аналитически или графически выраженная зависимость выходной величины от входной. Для объекта различают две статические характеристики - на подаче и на потреблении энергии.

**С т е п е н ь а в т о м а т и з а ц и и** - зависимость оснащения системы подсистемами автоматизации и полноты охвата ими основных, вспомогательных и смежных объектов. Различают частичную, полную и комплексную автоматизацию.

**С т р у к т у р а** - совокупность устойчивых связей объекта - сохранение основных свойств при различных внешних и внутренних воздействиях.

**Т е л е м е х а н и к а** - область науки и техники, охватывающая теорию и технические средства контроля и управления объек-

тами на расстоянии с применением преобразователей сигналов (команд) для эффективного использования каналов связи. Телемеханика включает в любой комбинации телеуправление, телеизмерение и теле-сигнализацию.

**Технические средства автоматизации (ТСА)** - совокупность приборов, механизмов, устройств и цепей, вычислительной техники для выполнения задач автоматизации.

**Точность измерений** - качество измерений, отражающее близость их результатов к истинному значению.

**Точность средств измерений** - качество средства измерений, отражающее близость к нулю его погрешностей.

**Управление** - методы и средства воздействия на характеристики объектов любой физической природы с целью обеспечения алгоритма функционирования.

**Устойчивость регулирования** - способность автоматической системы возвращаться к состоянию установившегося режима после устранения возмущения, нарушившего равновесие.

**Физическая величина** - характеристика одного из свойств физического объекта, общая в качественном отношении для многих объектов, но в количественном отношении индивидуальная для каждого из них.

**Функционирование АСУ** - выполнение системой функций, обеспечивающее достижение заданных целей.

**Элемент** - конструктивно обособленная составная часть системы, выполняющая определенные функции.

**Эргономика** - наука и область техники, изучающая взаимодействие человека и машины.

## 2. Виды автоматических систем управления

**Автоматизированная система (САПР)** - комплекс математических и технических средств, предназначенных для автоматизации процессов проектирования.

**Автоматизированная система управления предприятием (АСУП)** - система

управления производственно-хозяйственной деятельностью предприятия, совокупность административных, организационных, экономико-математических методов, средств вычислительной техники, оргтехники и средств связи, указанных в процессе своего функционирования для принятия соответствующих решений и проверки их исполнения.

Автоматизированная система управления технологическим процессом (АСУТП) - человеко-машинная система для решения задач управления сложными технологическими процессами (см. АСУП). Различают управляющие и информационные АСУТП.

Автоматизированное рабочее место (АРМ) - рабочее место персонала АСУ, оборудованное средствами, обеспечивающими участие человека в реализации автоматизированных функций АСУ.

Автоматическая система регулирования (АСР) - совокупность объекта автоматизации и автоматического регулятора (замкнутая система).

Автоматическая система управления (АСУ) - совокупность объекта автоматизации и автоматического управляющего устройства (разомкнутая система).

Адаптивная система управления - система, приспособляющаяся в ходе функционирования к непредвиденным изменяющимся внешним и внутренним условиям путем смены алгоритма или поиска оптимальных состояний. Различают самонастраивающиеся, самообучающиеся и самоорганизующиеся системы и системы поиска.

Система дистанционного управления электроприводом - комплекс устройств и электрических цепей для управления электрическими двигателями на расстоянии.

Система программного управления - АСР или АСУ с заданным воздействием, изменяющимся во времени по определенному закону.

Система связанного управления - система, имеющая несколько отдельных управляющих устройств, связанных друг с другом внешними связями.

Система следящая - АСР или АСУ с задающим воздействием, изменяющимся в зависимости от известной заранее переменной величины.

Система стабилизации - АСР или АСУ с постоянным во времени задающим воздействием.

### 3. Автоматическое управление объектами теплоснабжения и теплопотребления

Групповое управление - управление тепловыми и гидравлическими режимами группы зданий в групповых, контрольно-распределительных пунктах управления, тепловых распределительных станциях и т.п.

Зонное управление - управление тепловыми и гидравлическими режимами отдельных частей зданий и сооружений. Разновидность - кофасадное управление (регулирование).

Индивидуальное регулирование - регулирование теплового режима отдельного помещения. Различают ручное и автоматическое ИР.

Каскад (ступень) управления - часть системы теплоснабжения и теплопотребления, к которой приложено управляющее воздействие.

Местное управление - управление тепловым и гидравлическим режимами отдельного здания.

Пункт управления - место расположения технических средств автоматизации, - например, ТЭЦ, ГТП, ИТП и т.д.

Телемеханический пункт управления - пункт, с которого осуществляется управление объектами на расстоянии и контроль их состояния.

Централизованное управление - управление тепловыми и гидравлическими режимами в источнике теплоснабжения, - например на ТЭЦ, в котельной.

Управление отпуском теплоты - управление изменением расхода теплоносителя, изменением температуры теплоносителя и комбинированное управление (расходом и изменением температуры теплоносителя).

#### 4. Технические средства автоматизации

**Б л о к** (устройство) **в о с п р и н и м а ю щ и й**, см. датчик.

**Б л о к** (устройство) **з а д а в щ и й** - формирует задающее воздействие и содержит элемент сравнения текущего и заданного значения регулируемой переменной.

**Б л о к** (устройство) **и с п о л н и т е л ь н ы й** - силовой элемент регулятора, преобразующий энергию вспомогательного источника в механическую энергию, перемещения (перестановочное усилие) регулирующего органа. Часто выполняется заодно с регулирующим органом.

**Б л о к** (устройство) **с у м м и р у ю щ и й** (сумматор) - служит для сложения сигналов от нескольких датчиков и выполнения простейших алгебраических операций.

**Б л о к** (устройство) **ф и к с а ц и и** (памяти) - функциональный блок регулятора, фиксирующий на заданный промежуток времени значения внешних, внутренних и контрольных воздействий.

**Б л о к ф у н к ц и о н а л ь н ы й** - конструктивно обособленная часть регулятора, выполняющая определенную функцию.

**Д а т ч и к** - измерительный преобразователь, воспринимающий измеряемую величину, т.е. первый элемент в измерительной цепи.

**И з м е р и т е л ь н ы й п р е о б р а з о в а т е л ь** - средство измерений для выработки сигнала в форме, удобной для передачи, преобразования, обработки (хранения), но не поддающегося непосредственному восприятию наблюдателем.

**П е р в и ч н ы й и з м е р и т е л ь н ы й п р е о б р а з о в а т е л ь** - см. датчик.

**П р о м е ж у т о ч н ы й п р е о б р а з о в а т е л ь** (вторичный прибор) - измерительный преобразователь, занимающий в цепи место после первичного.

**Р е г у л и р у ю щ и й ( у п р а в л я ю щ и й ) о р г а н** - устройство для изменения количественного параметра состояния объекта. Различают распределительные (запорно-регулирующая арматура), управляемые гидромашины, электрические (реостаты,

пускатели и др.) устройства.

**Регулятор а статический (И - интегральный)** - оказывает воздействие на регулирующий орган пропорционально интегралу от отклонения регулируемой величины. Имеет нулевую неравномерность.

**Регулятор двухпозиционный (релейный)** - автоматический регулятор прерывистого (дискретного) действия, регулирующее воздействие которого имеет два значения, соответствующих крайним положениям регулирующего органа.

**Регулятор изодромный (ПИ - пропорционально-интегральный)** - оказывает воздействие на регулирующий орган пропорционально отклонению и интегралу от отклонения регулируемой величины.

**Регулятор импульсный** - автоматический регулятор прерывистого действия, регулирующее воздействие которого представляет модулированную последовательность импульсов.

**Регулятор непрямого действия** - см. способ управления.

**Регулятор прямого действия** - см. способ управления.

**Регулятор с предварением (ПД, ПИД - пропорционально-дифференциальный, пропорционально-интегрально-дифференциальный)** - оказывает воздействие на регулирующий орган с учетом скорости отклонения регулируемой величины (часто регулятор называют дифференциатором).

**Регулятор статический (П - пропорциональный)** - оказывает воздействие на регулирующий орган пропорционально отклонению регулируемой величины. Функционирует с неравномерностью.

**Реле** - устройство для автоматической коммутации электрических цепей и других коммуникаций с двумя состояниями устойчивого равновесия (включено-выключено). Различают реле тепловые, электрические, механические, оптические, акустические и др.

**Сервопривод (сервомотор)** - см. блок исполнительный.

**Усилительно-преобразующее устройство (усилитель)** - устройство, воспроизводя-

щие постоянные и переменные сигналы с последующим их усилением по амплитуде и мощности за счет энергии вспомогательного источника питания. Различают электрические, электронные, гидравлические, пневматические и комбинированные усилители.

**Цепь силовая (главного тока)** - электрическая цепь, соединяющая источник электроснабжения с электродвигателем.

**Цепь управления** - электрическая цепь в системе дистанционного релейно-контакторного управления, замыкание которой при помощи командоаппаратов (кнопок, регуляторов и т.п.) путем срабатывания контактора (магнитного пускателя) приводит к замыканию контактов и соответственно к включению силовой цепи электродвигателя.

**Чувствительный элемент** - см. датчик.

## 5. Схемы автоматизации

**Схема** - графическое изображение с описанием и технико-экономическим обоснованием принятых решений, разъясняющих основные идеи, устройство, принцип и последовательность работы установок, сооружений, сетей и т.п.

**Схема автоматизации** - схема, определяющая функциональную структуру отдельных узлов подсистем автоматизации и оснащение их контрольно-измерительными приборами и ТСА, в том числе средствами телемеханики и вычислительной техники, на основании алгоритмов функционирования и управления в соответствии с ГОСТ 21.404-85.

**Схема мнемоническая** - схема, точно воспроизводящая технологический процесс с подробным символическим изображением и имитацией действия оборудования. Широко применяется в телемеханике и диспетчеризации.

**Схема подключений** - схема, показывающая внешние подключения системы.

**Схема принципиальная** - схема, определяющая полный состав элементов и связей между ними, дающая детальное представление о принципах работы объекта.

**Схема расположения** - схема, определяющая

относительное расположение составных частей установок и, при необходимости, коммуникаций.

**Схема соединений (монтажная)** - показывает соединения составных частей установки, определяет положение приводов, жгутов, кабелей, трубопроводов и др. коммуникаций, которыми осуществляются соединения, места присоединения, ввода.

**Схема структурная** - графическое изображение математической модели автоматической системы в виде соединения звеньев.

**Схема технологическая** - графическое изображение в условных обозначениях соответствующего стандарта отрасти принципиальной схемы объекта автоматизации с указанием основных агрегатов, коммуникаций, регулирующих органов и контрольно-измерительной аппаратуры. Служит базой для составления схемы автоматизации.

Перечень стандартов ЕСКД по правилам выполнения  
принципиальных схем

1. Правила выполнения схем

- ГОСТ 2.701-84. Схемы. Виды и типы  
 ГОСТ 2.702-75\*. Правила выполнения электрических схем  
 ГОСТ 2.703-68. Правила выполнения кинематических схем  
 ГОСТ 2.704-76\*. Правила выполнения гидравлических и пневматических схем  
 ГОСТ 2.708-81. Правила выполнения электрических схем цифровой вычислительной техники  
 ГОСТ 2.709-72. (Переиздание 1983 г. с изменением № I). Система обозначения цепей в электрических схемах  
 ГОСТ 2.710-81. Обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах  
 ГОСТ 2.414-75. Правила выполнения чертежей жгутов, кабелей и проводов  
 ГОСТ 2.415-68. Правила выполнения чертежей изделий с электрическими обмотками  
 ГОСТ 2.416-68. Условные обозначения сердечников магнитопроводов  
 ГОСТ 2.705-70. Правила выполнения электрических схем обмоток и изделий с обмотками

2. Обозначения условные графические в схемах

- ГОСТ 2.721-74. Обозначения общего применения  
 ГОСТ 2.722-68. Машины электрические  
 ГОСТ 2.723-68. Катушки индуктивности, дроссели, трансформаторы, автотрансформаторы и магнитные усилители  
 ГОСТ 2.725-68. Устройства коммутрующие  
 ГОСТ 2.726-68. Токосъемники  
 ГОСТ 2.727-68. Разрядники, предохранители  
 ГОСТ 2.728-74. Резисторы, конденсаторы  
 ГОСТ 2.729-68. Приборы электроизмерительные  
 ГОСТ 2.730-73. Приборы полупроводниковые  
 ГОСТ 2.731-81. Приборы электровакуумные  
 ГОСТ 2.732-68. Источники света  
 ГОСТ 2.733-68. Детекторы ионизирующих излучений  
 ГОСТ 2.734-68. Линии сверхвысокой частоты и их элементы  
 ГОСТ 2.737-68. Устройства связи

- ГОСТ 2.738-68. Элементы телефонной аппаратуры
- ГОСТ 2.742-68. Источники тока электрохимические
- ГОСТ 2.743-82. Элементы цифровой техники
- ГОСТ 2.745-68. Электронагреватели, устройства и установки электротермические
- ГОСТ 2.747-68. Размеры условных графических обозначений
- ГОСТ 2.748-68. Обозначения условные графические электростанций и подстанций в схемах электроснабжения
- ГОСТ 2.750-68. Род тока и напряжения; виды соединения обмоток; формы импульсов
- ГОСТ 2.751-73. Электрические связи, провода, кабели и шины
- ГОСТ 2.752-71. Устройства телемеханики
- ГОСТ 2.753-79. Проводные средства связи ЕАСС
- ГОСТ 2.754-72. Обозначения условные графические электрического оборудования и проводок на планах
- ГОСТ 2.755-74. Устройства коммутационные и контактные соединенныя
- ГОСТ 2.756-76. Воспринимающая часть электромеханических устройств
- ГОСТ 2.757-81. Элементы коммутационного поля коммутационных систем
- ГОСТ 2.758-81. Сигнальная техника
- ГОСТ 2.759-82. Элементы аналоговой техники
- ГОСТ 2.760-82. Электрооборудование и проводка на планах в судостроении
- ГОСТ 2.770-68. Элементы кинематики
- ГОСТ 2.781-68. Элементы гидравлических и пневматических сетей
- ГОСТ 2.785-70. Арматура трубопроводная
- ГОСТ 2.786-70. Элементы сантехнических устройств
- ГОСТ 2.793-79. Элементы и устройства машин и аппаратов химических производств. Общие обозначения
- ГОСТ 21.108-78. Условные графические обозначения и изображения на чертежах генпланов и транспорта
- ГОСТ 21.106-78. Условные обозначения трубопроводов сантехсистем
- ГОСТ 21.404-80. Обозначения условные графические в схемах. Энергетическое оборудование
- ГОСТ 9.015-74. Подземные сооружения. Общие технические требования
- ГОСТ 16443-70. Методы расчета пропускной способности, выбора условного прохода и пропускной характеристики
- ГОСТ 26969-86Е. Диафрагмы стандартные для расходомеров

Универсальные номограммы для расчета дроссельных регулирующих органов

Универсальные номограммы для определения условного прохода дроссельных регулирующих органов, их коэффициентов сопротивления, потери давления в них, а также условного коэффициента сопротивления регулируемых объектов (рис. 1-3) построены по уравнению

$$\Delta = \xi G^2 / 2gF^2.$$

Пример 1

Даны:

$$G_{\text{макс}} = 15 \text{ кг/с}; \quad \rho = 1,1 \text{ кг/м}^3; \quad \Delta = 200 \text{ кг/с}^2;$$

$$\xi = 4.$$

Определить условный проход поворотной застонки  $F_y$ .

По номограмме (рис. 1) на оси расхода из точки  $a$ , соответствующей заданному расходу, восстанавливаем перпендикуляр до пересечения с линией  $\rho = 1,1 \text{ кг/м}^3$  (точка  $b$ ). Из точки  $b$  проводим горизонталь до пересечения с линией  $\Delta = 200 \text{ кг/м}^2$  (точка  $c$ ). Далее из точки  $c$  опускаем перпендикуляр до пересечения с линией  $\xi = 4$  (точка  $d$ ). Из точки  $d$  проводим горизонталь до пересечения с осью  $F_y$  (точка  $e$ ). Точка  $e$  дает искомое значение условного прохода  $F_y = 0,456 \text{ м}^2$ .

Пример 2

Даны:

$$G_{\text{макс}} = 15 \text{ кг/с}; \quad \rho = 1,1 \text{ кг/м}^3; \quad \Delta_{\Lambda} = 200 \text{ кг/м}^2;$$

$$F_y = 0,456 \text{ м}^2.$$

Определить условный коэффициент сопротивления линии, относенной к сечению трубопровода  $\xi$ .

По той же номограмме из точки заданного расхода  $a$  восстанавливаем перпендикуляр до пересечения с линией  $\rho = 1,1$  (точка  $b$ ). Из точки  $b$  проводим горизонталь до пересечения с линией  $\Delta = 200 \text{ кг/м}^2$  (точка  $c$ ). Из точки  $c$  опускаем перпендикуляр до пересечения с горизонтальной линией, проведенной из точки  $e$ , соответствующей  $F_y = 0,456$ . Точка пересечения этих линий  $d$  будет соответствовать искомому условному коэффициенту сопротивления  $\xi_{\Lambda} = 4$ .

Нахождение  $F_{p0}$  ведётся по номограмме аналогично первому примеру. Таким же методом можно определить пропускную способность регулирующего органа  $G$ , кг/с, зная  $\Delta_{p0}$ ,  $\rho$ ,  $\xi_{p0}$ ,  $F_{p0}$ .

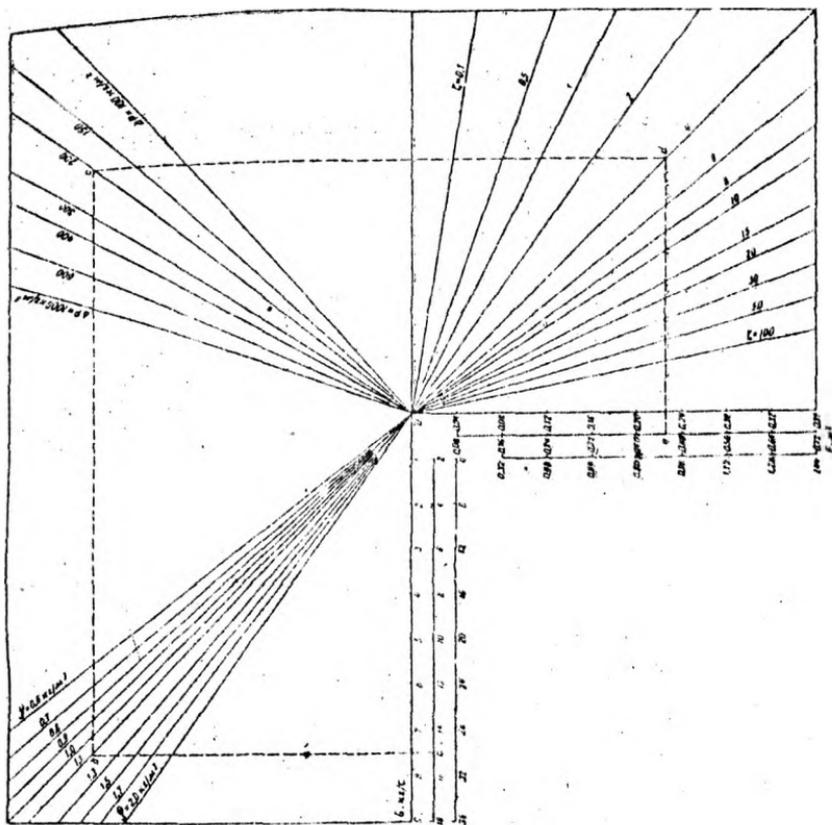


Рис. 1. Номограмма для пара и газа низкого давления

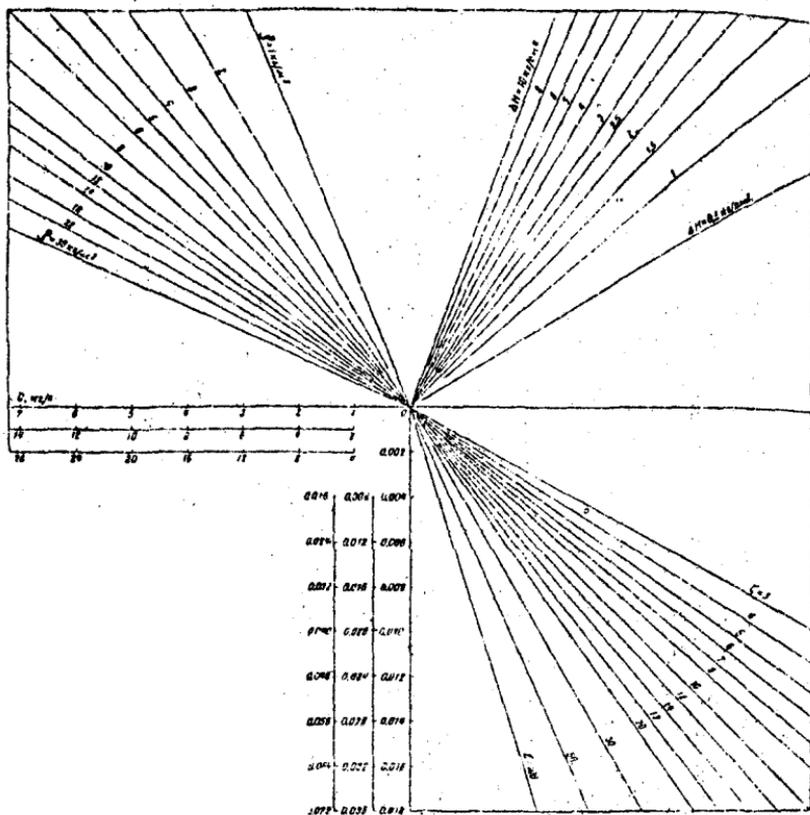


Рис. 2. Номограмма для пара и газа

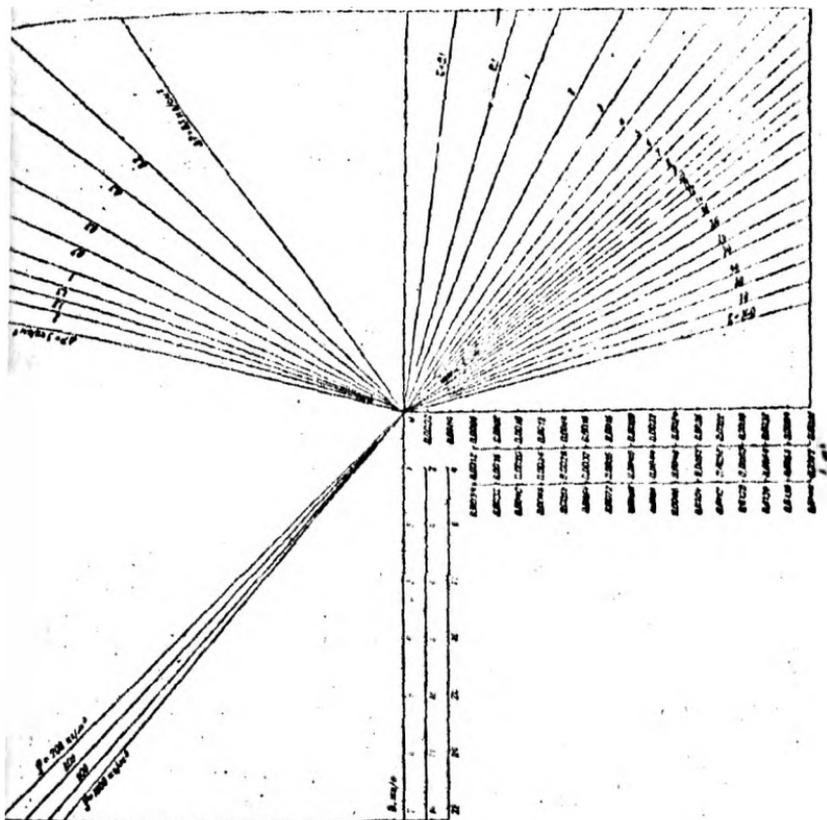


Рис. 3. Номограмма для жидкости

Технические характеристики дроссельных регулирующих органов

№ пп	Номер рисунка	Тип РО	Рабочая среда	Тип пропускной характеристики	Условный диаметр $d_y$ , мм	Условное давление $P_y$ , МПа	$\Delta P_{ро}$ макс., МПа	Пропускная способность $K_{vy}$ , м <sup>3</sup> /ч	Примечания
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	4.1 а	РН-1 од-носедельный с мембранным гидроприводом	вода пар воздух газ	равнопроцентная, линейная	50	1,6	1,6	25	Дроссельная часть может быть нормально открытая (н.о.) и нормально закрытая (н.з.)
					80	1,6		60	
					150	2,5		250	
					200	2,5		400	
					250	2,5		600	
					300	2,5		900	
					350	2,5		1200	
					400	2,5		1600	
					500	2,5		2500	
					600	2,5		3600	
700	2,5	4900							
2	4.1 а	односедельный клапан с электроприводом	вода пар	линейная	15	1,6	1,6	0,1 0,16 0,25	
								0,4 0,6 1,0	
3	4.1 б	25 ч 93Г НЖ двухседельный с электроприводом	вода пар	линейная	15	1,6	1,6	4,0	
					20	1,6		6,3	
					25	1,6		10	
					40	1,6		25	
					50	1,6		40	
					80	1,6		100	
4	4.1	24 ч 914 НЖ двухседельный с электроприводом	вода	линейная	100	1,6	0,4	250	
					150	1,6		630	
					200	1,6		1000	
					250	1,6		1600	
					300	1,6		2500	
				равнопроцентная					

011

## Продолжение прил. 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5	4.1 в	27 ч 905 НЖ смесительный с электроприводом	вода	нелинейная	50	0,6	0,1	56	
					80	0,6	0,1	118	
					100	0,6	0,1	169	
6	4.1 г	дисковый затвор с электроприводом	воздух газ	нелинейная	50	1,0	0,16	100	
					80	1,0	0,16	240	
					100	1,0	0,16	340	
7	4.1 г	ПРЗ заслонка поворотнорегулирующая с электроприводом	воздух вода		15	2,5		10,3	
					20			20	
					25			32	
					30			46	
					50			130	
					80			335	
					100			527	
125	737								
150	1220								

## ПРИЛОЖЕНИЕ 5

Значения коэффициентов  $K_{кзв}$  и  $K_m$  для различных типов регулирующих органов (при значении  $K_{\gamma} = 1,0$ )

№ пп	Тип регулирующего органа	$K_{кзв}$	$K_m$	Примечания
1	Односедельный клапан (рис. 4.1 а)	0,60	0,77	
2	Двухседельный клапан (рис. 4.1 б)	0,52	0,77	
3	Дроссельная заслонка (рис. 4.1 г)	0,36	0,55	при $\alpha = 60^\circ$
4	Шибер (4.1 д)	0,63	0,70	

Программа разработана на языке программирования высокого уровня "БЕЙСИК", вариант 3 а. Блок-схема алгоритма представлена на рис. 1.

В блоке I производится подготовка вычислительного комплекса к работе.

В блоке 2 в ЭВМ вводятся следующие величины:

диаметр  $CU$   $D_1$ ;

диаметр трубопровода  $D_2$ ;

величина рабочей температуры  $T$ ;

поправочные множители на расширение материала  $CU$  и трубопровода от температуры  $K_1, K_2$ ;

номинальная величина расхода  $V$ ;

величина динамической вязкости среды при рабочей температуре  $MI$ .

В блоке 3 вычисляется величина модуля  $M$ .

В блоке 4 производится вычисление числа Рейнольдса  $R$ .

В блоке 5 полученное значение числа Рейнольдса  $R$  сравнивается с  $R_{мин}$ . В случае  $R < R_{мин}$  процедура вычислений по программе прекращается.

В блоке 6 на экран дисплея выводятся следующие величины:

число Рейнольдса  $R$ ;

$\log R$ ;

модуль  $M$ .

В блоке 7 вычисляется расчетный коэффициент расхода  $A$ .

В блоке 8 полученное значение  $A$  выводится на экран дисплея.

В блоке 9 производится вычисление коэффициентов, входящих в уравнения расхода:

$V_1$  (уравнение массового расхода);

$V_2$  (уравнение объемного расхода).

В блоке 10 на экран дисплея выводятся зависимости вида (3), (4) и по требованию осуществляется их печать на алфавитно-цифровом печатающем устройстве (АЦПУ).

В блоке 11 аналогичным образом отображаются графические зависимости вида (3), (4).

В блоке 12 вычисления по программе прекращаются.

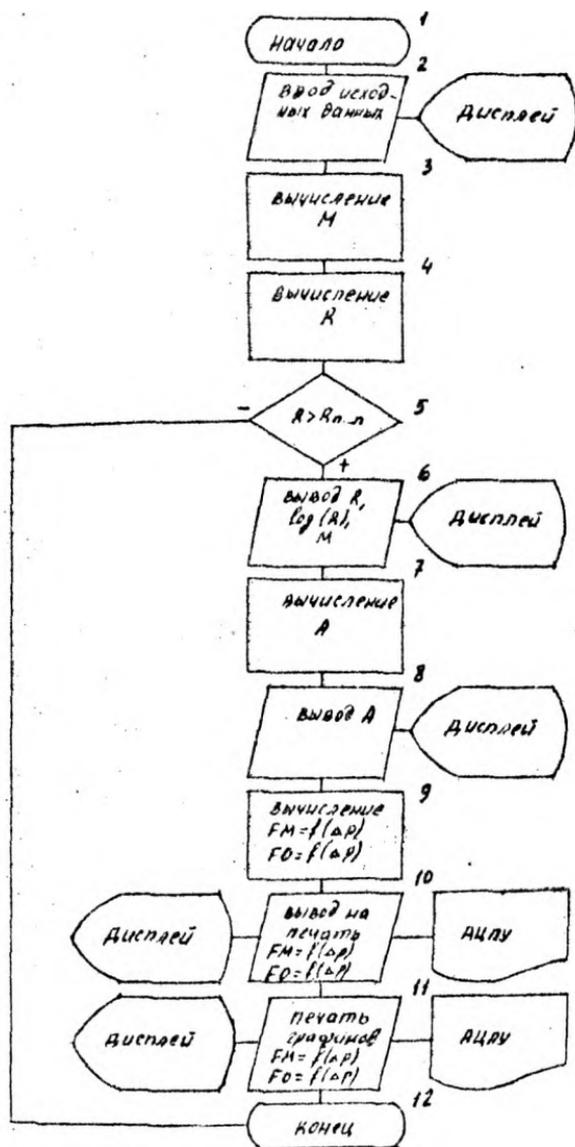


Рис. 1. Блок-схема алгоритма программы

## Порядок работы с программой "ГРАДУИРОВКА СУ"

Подготовьте вычислительный комплекс к работе и произведите загрузку организующей программы.

Произведите в соответствии с алгоритмом загрузку рабочей программы в ОЗУ микроЭВМ. По окончании процесса загрузки подайте команду. При этом на экране дисплея появляется сообщение:

ГРАДУИРОВКА СУ

ВВЕДИТЕ ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

УКАЖИТЕ ВИД КОНТРОЛИРУЕМОЙ СРЕДЫ

Ø - ЖИДКОСТЬ

I - ГАЗ

?

Нажмите на клавиатуре дисплея соответствующую цифровую клавишу и клавишу "Ввод". Индицируется запрос:

ВВЕДИТЕ ДИАМЕТР СУ (ММ) .

Наберите соответствующее число на клавиатуре дисплея и нажмите клавишу "Ввод". Аналогично вводятся и остальные данные, необходимые для процедуры вычислений.

По окончании вычислений на экран дисплея выводятся уравнения расхода и соответствующие им графические зависимости. По требованию осуществляется печать результатов на алфавитно-цифровом печатающем устройстве.

## Программа "Градуировка СУ"

```

5 PRINT#          градуировка су#
10 PRINT#        введите исходные данные#
15 PRINT#        укажите вид контролируемой среды#
20 PRINT#        0-жидкость#
25 PRINT#        1-газ#
30 INPUT S
35 INPUT#        введите диаметр су(мм)#d1
40 INPUT#        введите диаметр трубопровода(мм)#d2
45 PRINT#        введите величину рабочей температуры#
46 INPUT#        (в градусах цельсия)#t
47 K1=1:K2=1
48 IF >-20 THEN 53
50 PRINT#        введите через запятую поправочные множители#
51 PRINT#        на расширение материала с у. и трубопровода от#
52 INPUT#        температуры#k1,k2
53 IF <60 THEN 60
54 PRINT#        введите через запятую поправочные множители#
56 PRINT#        на расширение материала су и трубопровода от#
58 INPUT#        температуры#k1,k2
60 D1=D1*K1:D2=D2*K2:M=(D1/D2)^2
65 PRINT#        выберите единицы измерения расхода#
70 PRINT#        0- в м^3/ч#
72 PRINT#        1- в кг/ч#
75 INPUT
76 INPUT#        введите номинальную величину расхода#t
80 PRINT#        введите величину динамической вязкости среды#
82 INPUT#        (кгс/м^2) при рабочей температуре#m1
83 IF S=0 THEN GOSUB 230
84 IF S=1 THEN GOSUB 265
85 IF RUN THEN R=(.0361*F)/(D2*K1)
90 IF B=0 THEN R=(.0361*F*P)/(D2*K1)
100 IF M>.05 THEN 110
105 GOTO 135
110 IF M<.2 THEN 120
115 GOTO 135
120 R1=5000!:IF R<R1 THEN PRINT#полученное число Рейнольдса r<r min#
125 IF R<R1 THEN STOP
130 GOTO 175
135 IF M>.2 THEN 150
140 PRINT#        полученное число Рейнольдса rнаходится вне диапазона#
141 PRINT#        возможного изменения r#
145 STOP+
150 IF M<=.64 THEN 165
155 PRINT#        значение m>m(max)#
160 STOP
165 R1=10000!:IF R<R1 THEN PRINT#полученное число Рейнольдса r<r min#
170 IF R<R1 THEN STOP
175 PRINT#B.2#        число Рейнольдса r#t
177 PRINT#A.3#        lg(r)=#lg(r)
178 PRINT#        модуль m#m

```

```

180 PRINT# на основании полученного значения  $l_q(r)$  выберите#
185 PRINT# исходный коэффициент расхода  $a(i)$ , используя#
186 PRINT# зависимость  $a(i)=f(r)$ #
190 INPUT# введите исходный коэффициент расхода  $a(i)$ #a
195 PRINT# введите поправочный множитель  $k_p$  на притупление#
196 INPUT# входной кромки#k3
200 PRINT# введите поправочный множитель  $k_w$  на шероховатость#
202 INPUT# трубопровода#k4
205 =*3*k4
207 PRINT# расчетный коэффициент расхода  $a^*$ #a
208 IF S=0 THEN E=1
209 IF S=0 THEN 270
210 PRINT# введите поправочный множитель  $e$  на расширение#
212 PRINT# измеряемой среды#
215 PRINT# для диафрагм 0.97<e<1#
220 INPUT#e#e:goto 290
230 PRINT# введите значение плотности жидкости (кг/м3)#
235 PRINT# и соответствующее ей значение температуры (°C)#
240 INPUT# p=#p1 input#t1=#t1
245 PRINT# введите величину среднего коэффициента объемного#
247 PRINT# теплового расширения жидкости в температурном#
250 PRINT# интервале  $t-t_1$  ( $t$ -рабочая температура среды)#
255 INPUT b1
260 p=p*(1-b1*(t-t1)):return
265 INPUT# введите значение плотности газа (кг/м3) при н.у.#p
270 INPUT# введите величину рабочего давления(мпа)#p1
275 D=.1+1
280 INPUT# введите коэффициент сжимаемости газа#k5
285 P=(P*D*293.15)/((273.15+t)*.1*k5)
288 RETURN
290 U1=.01252*A*E*M*(D2^2)*SQR(P)
295 U2=.01252*A*E*M*(D2^2)*SQR(1/P)
300 PRINT# уравнение массового расхода#
310 PRINT 15.4
315 PRINT#fm=#u1:#*sq(p2-p1)#
320 PRINT# уравнение объемного расхода#
325 PRINT#f0=#u2:#*sq(p2-p1)#
326 PRINT#0# нужна ли печать результатов?#
327 PRINT#1-да,0-нет#:INPUT u
328 IF U=1 THEN PRINT#1
329 IF U=1 THEN 300
330 PRINT#0:INPUT# введите величину максимального расхода#f2
335 IF B=0 THEN X=((F2/U2)^2)
340 IF B=1 THEN X=((F2/U1)^2)
342 IF B=0 THEN I1=U2*SQR(X+X/5)
343 IF B=1 THEN I1=U1*SQR(X+X/5)
345 X=X+X/5:Z=X/20
347 Z1=6*Z
349 I=I1
360 IF I>10 THEN 370
365 I=I*10:GOTO 360
370 IF I<80 THEN 380
375 I=I/10:GOTO 360
380 H=I1/1

```

```

381 PRINT#1          масштабный коэффициент по расходу=f/h
382 IF B=1 THEN PRINT#1 градуировочная характеристика с у f-массовый
385 IF B=0 THEN 430
390 PRINT#1          .....f (l)
395 FOR A1=1 TO 20
397   Z1=Z1+Z
400   F4=U1*SQRT(Z1)
405 PRINT TAB A1#14.2#Z1;TAB(F4/h)#X#16.4#F4
415 NEXT A1
420 PRINT#1          p2-p1(кгс/м^2)
421 PRINT#0#1       нужна ли печать результатов?
422 PRINT#1          1-да,0-нет
423 INPUT U
424 IF U=1 THEN PRINT#1
425 IF U=1 THEN 381
426 GOTO 495
435 PRINT#1          градуировочная характеристика      су f-объемный (м^3/ч)
440 PRINT#1          .....f(h^3/4)
445 FOR A1=1 TO 20
447   Z1=Z1+Z
450   F4=U2*SQRT(Z1)
455 PRINT TAB A1#14.2#Z1;TAB(F4/h)#X#16.4#F4
465 NEXT A1
470 PRINT#1          p2-p1(кгс/м^2)
475 PRINT#0#1       нужна ли печать результатов?
480 PRINT#1          1-да,0-нет#input U
485 IF U=1 THEN PRINT#1
490 IF U=1 THEN 381
495 STOP
500 END

```

## С о д е р ж а н и е

В в е д е н и е .....	3	
1. ГОСУДАРСТВЕННАЯ СИСТЕМА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРИБОРОВ И СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ (ГСП).....	4	
2. МЕТОДИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ СХЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ.....	10	
2.1. Общие положения.....	10	
2.2. Стадии проектирования схем автоматизации.....	12	
2.3. Проектирование структурных схем.....	13	
2.4. Проектирование схем автоматизации.....	15	
2.4.1. Изображение технологической схемы.....	16	
2.4.2. Изображение приборов и средств автоматизации.....	18	
2.4.3. Изображение схемы автоматизации.....	25	
2.5. Проектирование принципиальных электрических схем автоматизации.....	27	
2.6. Проектирование принципиальных гидравлических и пневматических схем автоматизации.....	31	
2.7. Техника чтения схем.....	35	5
3. ПРИМЕРЫ СОСТАВЛЕНИЯ СХЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ.....	37	
3.1. Схема автоматизации водоподготовки.....	37	
3.1.1. Краткое описание технологической схемы.....	37	
3.1.2. Составление схемы автоматизации.....	40	
3.2. Принципиальная электрическая схема.....	43	
3.2.1. Принципиальная электрическая схема управления конденсатными насосами.....	43	
3.2.2. Принципиальная электрическая схема технологической сигнализации.....	44	4
3.2.3. Составление перечня элементов схем.....	46	
3.3. Принципиальная гидравлическая схема.....	46	
3.4. Принципиальная пневматическая схема.....	48	6
4. МЕТОДИКА РАСЧЕТА РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ РЕГУЛИРУЮЩИХ ОРГАНОВ.....	50	
4.1. Общие положения.....	50	
4.2. Основные характеристики дроссельных РО.....	50	
4.3. Основные принципы выбора дроссельных РО.....	57	
4.4. Основные расчетные выражения для выбора РО.....	58	
4.4.1. Рабочая среда - вода.....	58	

4.4.2. Рабочая среда - водяной пар (перегретый и сухой насыщенный).....	59
4.4.3. Рабочая среда - газ, воздух.....	59
4.4.4. Определение эквивалентной пропускной способности.....	60
4.5. Методика выбора РО.....	61
4.5.1. Выбор РО для существующего объекта (регулируемого участка).....	61
4.5.2. Выбор РО для проектируемого объекта (регулируемого участка).....	64
4.5.3. Построение расходной характеристики для выбранного РО.....	64
4.5.4. Выбор РО по номограммам.....	65
5. РАСЧЕТ И ВЫБОР СУЖАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ РАСХОДА СРЕДЫ.....	65
5.1. Основные сведения.....	65
5.2. Методика расчета СУ.....	67
5.2.1. Примерная методика расчета диаметра СУ для измерения расхода газа.....	68
5.2.2. Примерная методика расчета диаметра СУ для измерения расхода жидкости.....	68
5.3. Определение градуировочной характеристики стандартного СУ на ЭВМ ЕС 1841.....	69
6. СОСТАВ И СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОЙ РАБОТЫ.....	70
6.1. Состав курсовой работы.....	70
6.2. Объем курсовой работы.....	70
6.3. Содержание курсовой работы.....	71
Л и т е р а т у р а.....	72
7. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ.....	74
8. ЗАДАНИЯ.....	76
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	90