

Федеральное агентство по образованию Российской Федерации  
Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Ивановский государственный химико-технологический университет»

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ  
АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ**

*Методические указания к выполнению лабораторных работ  
для студентов специальности  
«Автоматизация технологических процессов и производств»*

Составитель Е.В. Ерофеева

Иваново 2007

Составитель Е.В. Ерофеева

УДК 658.512.011.56

Проектирование автоматизированных систем: Методические указания к выполнению лабораторных работ для студентов специальности «Автоматизация технологических процессов и производств» / Сост. Е.В. Ерофеева; Иван. гос. хим.-технол. ун-т. Иваново, 2007. 36 с.

В методических указаниях изложены объем и порядок выполнения лабораторных работ по курсу «Проектирование автоматизированных систем», даны задания к работам, приведены примеры оформления проектной документации и краткие сведения о нормативных документах, используемых при проектировании систем автоматизации химико-технологических процессов.

Методические указания предназначены для студентов как очной, так и заочной формы обучения.

Табл. 5. Ил. 15. Библиогр.: 7 назв.

Рецензент кандидат технических наук Е.М. Шадрина (Ивановский государственный химико-технологический университет).

## **ВВЕДЕНИЕ**

Данные методические указания предназначены для выполнения лабораторного практикума по курсу «Проектирование автоматизированных систем» студентами ИГХТУ специальности 220301 «Автоматизация технологических процессов и производств».

Современные системы автоматизации в химической промышленности, как правило, являются сложными системами. Искусством проектирования таких систем студенты овладевают постепенно, шаг за шагом, выбирая наилучшие технические решения, обеспечивающие качество процессов управления, надежность, живучесть и безопасность систем автоматизации. В сфере промышленного производства в настоящее время практический интерес представляют как локальные системы контроля, регулирования и управления, так и автоматизированные системы управления технологическими процессами - АСУТП. В лабораторном практикуме особое внимание уделено разработке схем автоматизации и рабочей документации с применением микропроцессорных контроллеров.

Цель данного методического указания помочь студентам получить начальные навыки по проектированию систем автоматизации химико-технологических процессов.

## Лабораторная работа № 1

### Тема работы: Исследование аппарата (технологического процесса) как объекта автоматизации

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

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

димых для расчета технико-экономических показателей так же следует контролировать такие параметры как количество потребляемой электроэнергии, тепло- и хладоносителей и т.п.

К выбору сигнализируемых величин следует приступить после анализа объекта в отношении его взрыво- и пожароопасности, токсичности и агрессивности перерабатываемых продуктов и других специфических особенностей производства. Сигнализации подлежат параметры, изменение которых может привести к аварии или серьезному нарушению технологического процесса. К ним относятся, например, концентрация взрывоопасных веществ в воздухе производственных помещений, уровень жидкости или сыпучих материалов, давление, температура и т.д. Таким образом, необходимо предусматривать технологическую сигнализацию, которая выполняет роль предупреждения аварийных ситуаций и сигнализацию «положения», которая информирует о состоянии контролируемых объектов и элементов управления.

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

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

- наименование контролируемых и регулируемых параметров с указанием их номинальных значений и допустимых отклонений, в случае программного регулирования прилагается программа изменения параметров;

- для каждого измеряемого параметра указывают на оборудовании точки отбора измерительных импульсов и места установки первичных измерительных преобразователей (датчиков);

- наименование управляющих (регулирующих) воздействия и места установки регулирующих органов, диаметр трубопроводов;

- характеристику технологических сред и местах установки первичных измерительных преобразователей и регулирующих органов по их коррозионной активности, пожаро- и взрывоопасности.

## ПЕРЕЧЕНЬ КОНТРОЛИРУЕМЫХ И РЕГУЛИРУЕМЫХ ПАРАМЕТРОВ

.....  
наименование объекта управления

Таблица 1

№	Наименование параметра, место отбора измерительного импульса	Заданное значение параметра, допустимые отклонения	Отображение информации				регулирование	Наименование регулирующего воздействия, место установки регул. органа. Усл. проход трубопровода	Характеристика среды в местах установки			
			по-казание	ре-ги-стра-ция	сум-ми-рова-ние	сиг-на-ли-зация			датчиков		регулир. органов	
									агрес-сивная	пожаро-и взры-воопас-ная	агрес-сивная	пожаро-и взры-воопас-ная
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Величина рН среды в аппарате	11,5 ± 0,5 ед. рН	+	+	-	+	+	Изменение подачи разбавителя	+	-	-	-

## Лабораторная работа № 2

### Тема работы: Выбор комплекса технических средств системы управления

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

Структурные схемы измерения и управления относятся к конструктивным структурным схемам с элементами функциональных признаков. Эти структурные схемы рекомендуется выполнять в соответствии с руководящим техническим материалом «Автоматизированные системы управления технологическими процессами. Структурные схемы управления и контроля. Методика оформления» (РТМ 252.40-76 Минприбора).

На структурной схеме отображаются в общем виде основные решения проекта по функциональной, организационной и технической структуре автоматизированной системы управления технологическими процессами (АСУ ТП) с соблюдением иерархии системы, взаимосвязей между пунктами контроля и управления, оперативным персоналом и технологическим объектом управления. Принятые при выполнении структурной схемы принципы организации оперативного управления технологическим объектом, состав и обозначения отдельных элементов структурной схемы должны сохраняться во всех проектных документах на АСУ ТП, в которых они конкретизируются и детализируются.

Размеры всех условных обозначений не регламентируются и выбираются по усмотрению исполнителя с соблюдением одинаковых размеров для однотипных изображений. В тексте и надписях не допускается сокращения слов, за исключением общепринятых, а также установленных в соответствующих стандартах.

### ***Структурные схемы комплексов технических средств и средств автоматизации.***

В задании необходимо произвести выбор и компоновку агрегатированных комплексов технических средств и средств автоматизации, т. е. на базе типовых технических средств разработать структурную схему технологического контроля и управления определенными параметрами данного объекта автоматизации. Структурные схемы комплексов технических средств и средств автоматизации конкретизируют технические решения, принятые при разработке структурных схем измерения и управления.

На структурной схеме агрегатированные и модульные элементы комплекса технических средств и средств автоматизации изображают в виде прямоугольников с соответствующими надписями или с указанием в них условных обозначений. Расшифровка этих обозначений с указанием их функций производится в таблице, помещённой на чертеже схемы. Связи между элементами схемы изображаются линиями со стрелками, показывающими направление прохождения сигналов.

Пример структурной схемы КТС АСУ ТП участка беления представлен на рис. 1. При разработке данной схемы были приняты следующие проектные решения. На нижнем уровне системы управления применены датчики электрические с унифицированными токовыми выходными сигналами (выходные сигналы аналоговые для датчиков температуры, расхода, рН и т.д.; для датчика метража – выходной сигнал дискретный); пневматические регулирующие и отсечные клапаны с мембранными исполнительными механизмами, работающие с электропневмопреобразователями и электропневмореле. Средний уровень представлен технологическим контроллером моноблочным – ТКМ-52, состоящим из процессорного модуля, модулей ввода-вывода и блока клавиатуры и индикации.

Верхний уровень представляет собой станцию управления инженера-технолога, реализованную на базе персональной ЭВМ, снабженную пультом управления, видеотерминалом и печатающим устройством.

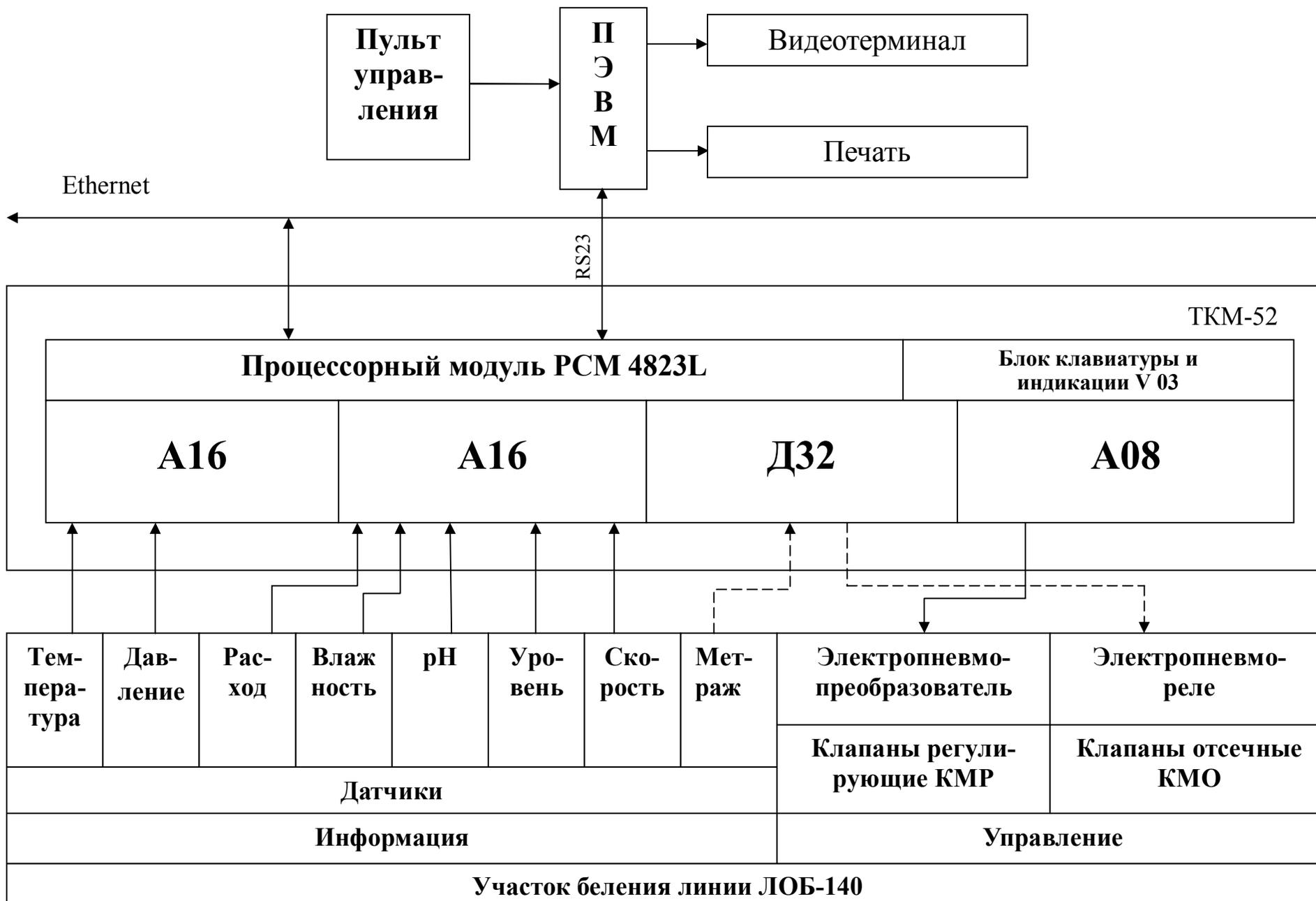


Рис. 1. Структурная схема КТС АСУТП участка беления

## Лабораторная работа № 3

### Тема работы: Разработка схем автоматизации

*Задание к работе: Разработать и оформить схемы автоматизации (локальная схема автоматизации и схема автоматизации с применением МПК). Составить спецификации на приборы и средства автоматизации.*

#### **Схемы автоматизации.**

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

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

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

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

Результатом составления схем автоматизации являются:

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

Технологические коммуникации и трубопроводы жидкости и газа изображают условными обозначениями в соответствии с приложением 3 ГОСТ 14.202.

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

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

Схемы автоматизации могут быть выполнены двумя способами:

- 1) развернуто с изображением МПК, щитов, пультов управления, при помощи условных прямоугольников (как правило, в нижней части чертежа), в пределах которого показываются устанавливаемые на них средства автоматизации (см. рис. 3 и 4);
- 2) упрощено с изображением средств автоматизации на технологических схемах вблизи отборных и приемных устройств без построения прямоугольников, условно изображающих щиты, пульта и т.д. (см. рис. 2).

Преимуществом первого способа является большая наглядность, в значительной степени облегчающая чтение схемы. Приборы, встраиваемые в

технологические коммуникации, показывают в разрыве линии изображения трубопроводов; приборы, устанавливаемые на технологическом оборудовании показывают рядом. Остальные технические средства показывают условными графическими обозначениями в прямоугольниках в нижней части схемы. Прямоугольники, изображающие МПК, щиты, пульта располагают в такой последовательности, что бы обеспечивалась простота и ясность схемы и минимум пересечений линий связи. В каждом прямоугольнике с левой стороны дается его наименование (заголовок).

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

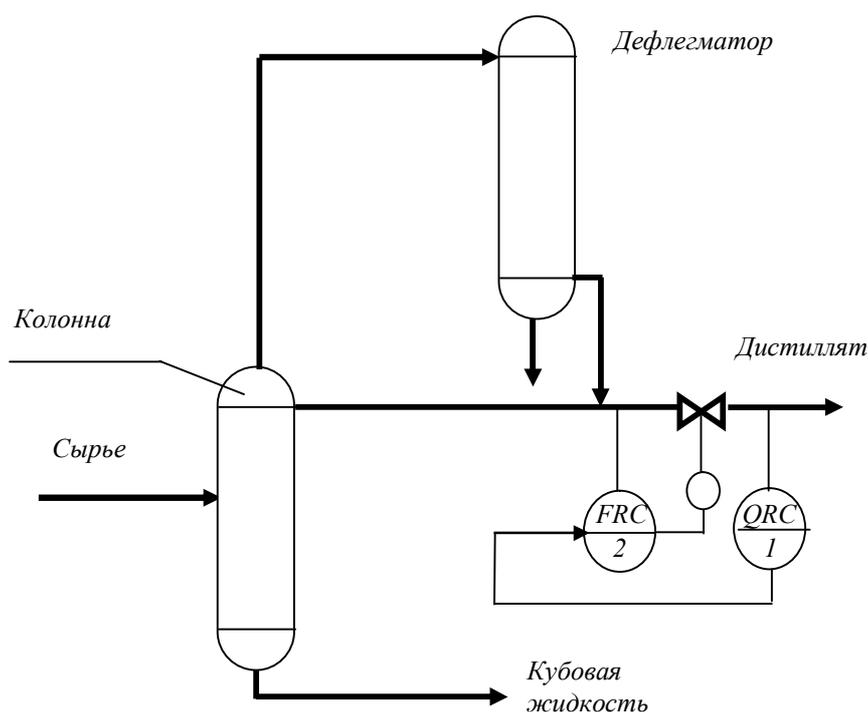
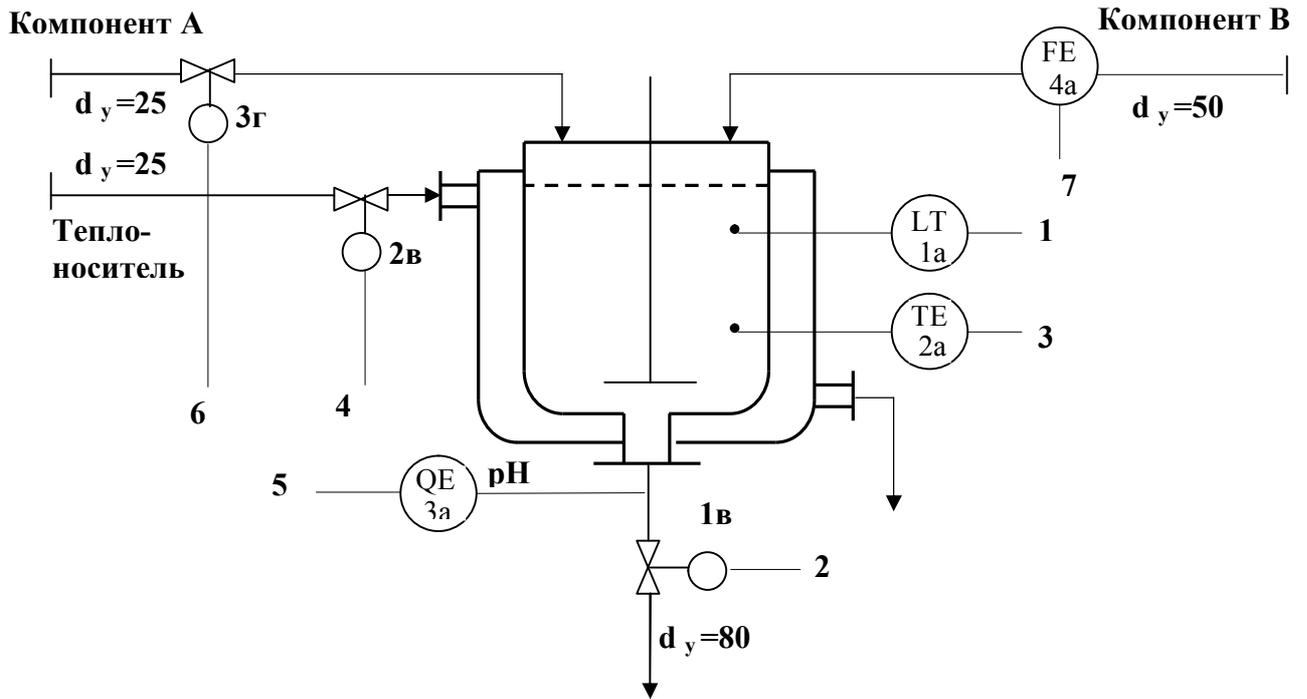
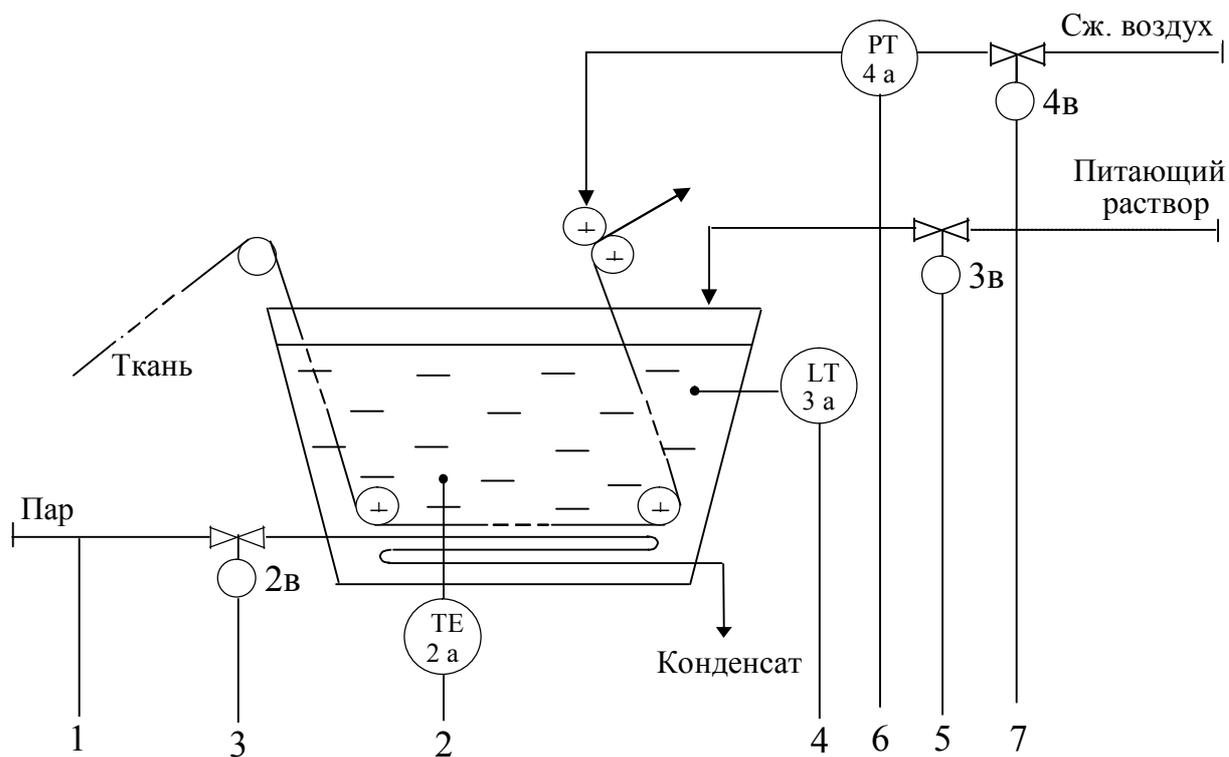


Рис. 2. Пример выполнения упрощенной схемы автоматизации



		1	2	3	4	5	6	7	
		$1 \pm 0,1 \text{ м}$		$65 \pm 3^{\circ}\text{C}$		$5,5 \pm 0,5 \text{ сед}$		$2 \pm 2,5 \text{ м}^3/\text{ч}$	
Приборы по месту						QT 3б pH		FT 4б	
Стенд преобразователей			LY 1б E/p		TY 2б E/p		QY 3в E/p		
Пульт управления	МПК "ТКМ - 52"	Аналоговый вход	•		•		•	•	
		Аналоговый выход		•		•		•	
		Дискретный вход							
		Дискретный выход							
	ПЭВМ	Видеотерминал	•		•		•		•
		Печать			•		•		•
Пульт управления			•		•		•		

Рис. 3. Схема автоматизации емкостного аппарата с применением МПК



	1	2	3	4	5	6	7
<b>Приборы по месту</b>	PT 1 а	TE 2 а		LT 3 а		PT 4 а	
<b>Щит КИПиА</b>	PIR 16	TIRC 26		LIRC 36		PIRC 46	

Рис. 4. Схема автоматизации пропиточной машины

## **Составление спецификации на приборы и средства автоматизации**

Спецификация на приборы и средства автоматизации выполняется по форме, представленной в табл. 2. Эта форма может быть рекомендована только для учебных работ.

В правой графе "Номер позиции" указывают позицию приборов и средств автоматизации по схеме автоматизации. В графе "Наименование и краткая характеристика" указывается название прибора, его технические характеристики и особенности. Например, датчик для измерения гидростатического давления (уровня). В графе "Тип прибора" указывается марка прибора, например, Метран-100-ДГ. В графе "Примечание" при необходимости указывают "Поставляется в комплекте", "Разработка специального конструкторского бюро" или "Разработка ИГХТУ" и так далее.

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

Таблица 2

### **Спецификация на приборы и средства автоматизации**

<b>№ позиции по схеме автом.</b>	<b>Наименование и краткая характеристика прибора</b>	<b>Тип прибора (марка)</b>	<b>Кол-во</b>	<b>Прим.</b>

### **Краткое описание схемы автоматизации**

В лабораторной работе студент должен объяснить в сжатой форме какие задачи по автоматизации данного технологического объекта были поставлены и каким образом решены. Подробное описание того, как проходит сигнал от точки измерения через функциональные блоки до места приложения управляющего воздействия (регулирующего органа) нужно сделать только для тех контуров, которые являются наиболее ответственными и сложными.

## **Лабораторная работа № 4**

**Тема работы: Разработка принципиальных электрических и пневматических схем питания приборов и средств автоматизации**

*Задание к работе: Разработать и оформить принципиальные электрические и пневматические схемы питания приборов и средств автоматизации, составить перечень элементов схем (по схеме автоматизации с применением МПК).*

### **Принципиальные электрические схемы.**

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

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

### **Графическое оформление принципиальных электрических схем.**

Условные графические обозначения элементов схем. Графические обозначения элементов схем устанавливаются группой стандартов «Обозначения условные графические в схемах»: ГОСТ 2.721-74 (обозначения общего применения) и рядом других ГОСТов.

Общие правила выполнения схем определяются стандартами: ГОСТ 2.701-84 «Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению»; ГОСТ

2.702-75 «Правила выполнения электрических схем»; ГОСТ 2.708-81 «Правила выполнения электрических схем цифровой вычислительной техники».

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

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

### **Обозначение цепей.**

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

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

Чтение принципиальных схем и особенно эксплуатация электрических установок значительно упрощается, если при разработке схемы производить

обозначение цепей по функциональному признаку в зависимости от их назначения. Так, например, может быть рекомендовано для цепей управления, регулирования и измерения использовать группу чисел 1-399, для цепей сигнализации 400-799, для цепей питания 800-999. Вместо групп цифр функциональная принадлежность цепей принципиальной схемы может быть выражена и условно принятыми буквами.

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

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

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

На рис. 5 представлен фрагмент принципиальной электрической схемы распределительной сети. В лабораторной работе студент должен в соответствии со схемой автоматизации с применением МПК разработать схему электропитания приборов и средств автоматизации. Схема дополняется перечнем элементов, где предусмотрено позиционное обозначение, наименование, краткая характеристика и количество всех электропотребителей схемы электропитания (см. табл. 3).

Таблица 3

Перечень элементов принципиальной электрической  
схемы распределительной сети

Позиц. обозначения	Наименование и краткая характеристика	Кол-во	Примечание

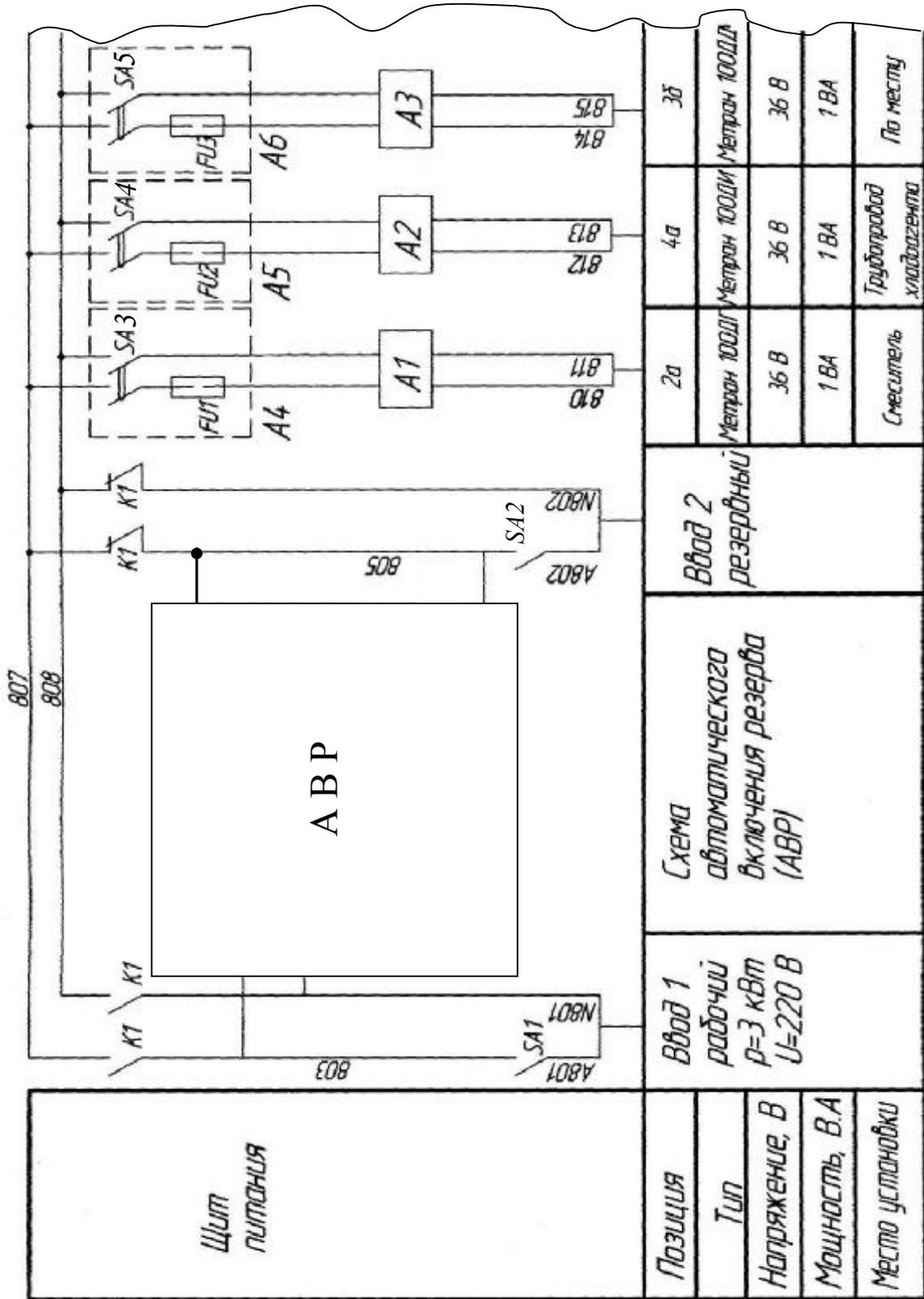


Рис. 5. Пример выполнения принципиальной электрической схемы распределительной сети

## **Оформление принципиальных пневматических схем.**

Принципиальные пневматические схемы составляют на основании функциональных схем автоматизации, исходя из заданных алгоритмов функционирования отдельных узлов контроля, сигнализации, автоматического регулирования и управления и общих технических требований, предъявляемых к автоматизированному объекту. Принципиальные схемы пневмопитания выполняются, если в системе управления присутствуют пневматические приборы и средства автоматизации. В последнее время пневматические приборы и средства автоматизации вытесняются электроавтоматикой, но регулирующие органы с пневмоприводом не сдают своих позиций и по-прежнему широко выпускаются как отечественной, так и зарубежной промышленностью.

На рис. 6 дан пример выполнения принципиальной схемы пневмопитания, где запитаны два пневмоприемника: электропневмопреобразователь ЭП-1324 и электропневмореле Р-50А.

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

Исполнительные механизмы и регулирующие органы, как правило, изображаются условными обозначениями по ГОСТ 21.404-85. При выполнении принципиальных пневматических схем питания аппаратуру и трубопроводы схем пневмопитания рекомендуется изображать условными графическими обозначениями в соответствии со следующими ГОСТами: фильтр воздуха – ГОСТ 2.780-68; редуктор давления воздуха – ГОСТ 2.785-70; вентиль запорный (кран проходной) – ГОСТ 2.785-70; кран трехходовой – ГОСТ 2.785-70; манометр контрольный – ГОСТ 21.404-85; трубопровод сжатого воздуха – ГОСТ 2.784-70.

Трубные линии связи на принципиальных пневматических схемах показываются сплошной основной линией, а встречающиеся в некоторых схемах электрические цепи – штрих пунктирной. Маркируются трубные линии

связи на принципиальных пневматических схемах цифрами по порядку. Все номера, присвоенные пневматическим линиям связи в принципиальных схемах, сохраняются во всех остальных схемах проекта.

В разрабатываемых принципиальных пневматических схемах могут применяться следующие сокращенные позиционные обозначения приборов и средств пневмоавтоматики: Р–регулятор (в схемах питания - редуктор); РС – регулятор соотношения; КР–корректирующий регулятор; РО – регулирующий орган; ВИП – вторичный измерительный прибор; Д – датчик; ИУ – измерительное устройство; ИМ – исполнительный механизм; СУ– станция управления; РЗ – ручной задатчик; П – позиционер; Ф – фильтр (в схемах питания); В – вентиль (в схемах питания) и т.д.

Во второй части позиционного обозначения обычно указывается порядковый номер элемента в пределах элементов данного вида, например: Д1, Ф2 и т.д. Все поименованные элементы схемы (редукторы, фильтры, манометры, вентили и т.д.) должны быть внесены в перечень аппаратуры пневмопитания (см. табл. 4). В перечне должно быть дано обозначение элемента схемы, его наименование и техническая характеристика, тип, количество. В примечании обычно указывается комплектность поставки.

Воздуховоды на принципиальной пневматической схеме питания позиционного обозначения или маркировки не имеют. Однако на всех коллекторах и воздухопроводах от источника питания до последнего запорного органа на ответвлениях к пневмоприемникам должен быть указан размер условного прохода трубопровода.

Таблица 4

#### Перечень аппаратуры пневмопитания

Обозначение	Наименование, техническая характеристика	Тип	Кол-во	Примечание

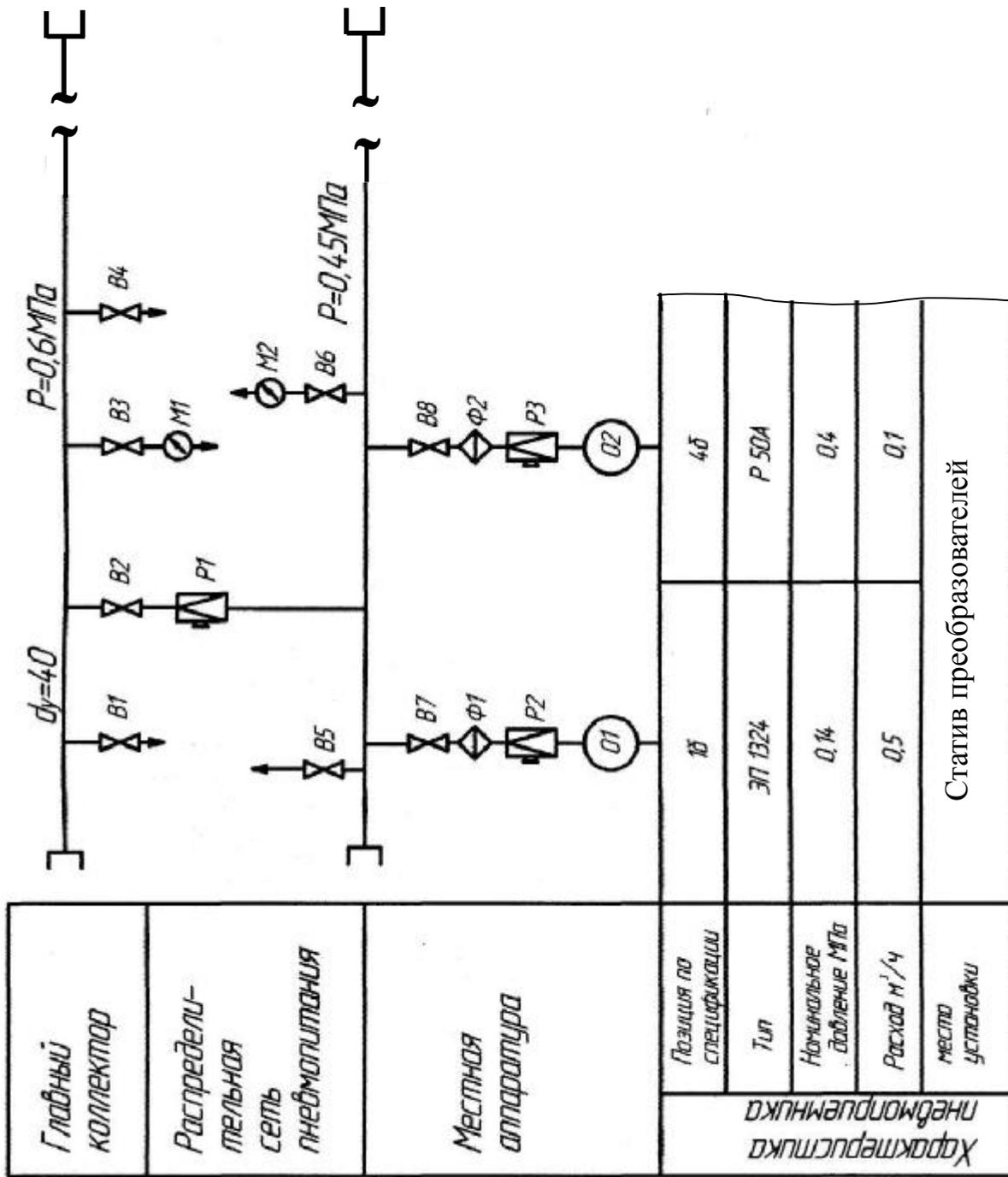


Рис. 6. Пример выполнения принципиальной схемы пневмпитания

## Лабораторная работа № 5

### Тема работы: Разработка схем внешних проводок

*Задание к работе: Разработать и оформить схему внешних проводок, составить перечень элементов (по схеме автоматизации с применением МПК).*

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

Схемы соединений и подключения внешних проводок выполняют на основании следующих материалов:

- схем автоматизации технологических процессов;
- принципиальных электрических и пневматических схем автоматизации;
- эксплуатационной документации на приборы и средства автоматизации, примененные в проекте;
- таблиц соединений и подключения проводок щитов и пультов, выполняемых в соответствии с указаниями РМ4-107-77;
- чертежей расположения технологического, сантехнического, энергетического и др. оборудования и трубопроводов с отборными и приемными устройствами, а также строительных чертежей со всеми необходимыми для прокладки внешних проводок закладными и приварными конструкциями, туннелями, каналами, проемами и т. д.

Схемы соединений внешних проводок в общем случае должна содержать: первичные приборы; щиты; пульты; стивы; внещитовые приборы; групповые установки приборов; внешние электрические и трубные проводки; защитное зануление систем автоматизации; технические требования; пере-

чень элементов. Пример схемы приведен на рис 7. В данной схеме задействованы датчики температуры, расхода, концентрации, клапан пневматический регулирующий (поз. 1в), две соединительные клеммные коробки – КСК-8 и пневматическая соединительная коробка – СК-7. Датчик температуры подключен по трехпроводной схеме, датчики расхода и концентрации по четырехпроводной схеме. Информация от датчиков поступает на МПК. Питание датчиков с унифицированным выходным сигналом осуществляется от щита питания.

Первичные приборы и исполнительные устройства изображаются вверху под таблицей с поясняющими надписями (или в зеркальном изображении внизу над таблицей поясняющих надписей) по ГОСТ 21.404-85 (или ОСТ 36-27-77).

Щиты, пульты, стивы, МПК изображают в виде прямоугольников в средней части чертежа (при расположении таблицы с поясняющими надписями сверху и снизу поля чертежа) или в нижней части поля чертежа (при расположении таблицы только сверху). Внутри прямоугольника указывается наименование щита, пульта, стива, МПК. Размеры прямоугольников произвольные, достаточные для размещения на них информации.

Выбор приводов и кабелей, а также способа выполнения электропроводки производят в соответствии с указаниями руководящего материала РМ4-6-84 «Проектирование электрических и трубных проводок систем автоматизации. Часть 1. Электрические проводки».

Выбор труб производят в соответствии с указаниями руководящего материала РМ4-6-79 «Проектирование электрических и трубных проводок. Часть 2. Трубные проводки».

Пневматические соединительные коробки изображают в виде прямоугольника. В местах ввода одиночных труб показывают переборочные соединители, а в месте ввода пневмокабеля – сальники. На полках линии-выноски указывают типы соединителей и сальников. Электрические соединительные коробки изображают в виде прямоугольника, внутри которого

размещают сборки зажимов с необходимой нумерацией и показывают подключение к ним жил кабелей (проводов) с соответствующей маркировкой. Рядом также указываются типы сальников.

Около графических обозначений соединительных и протяжных коробок указывают их обозначения и порядковый номер, например, КСК-24 №1. Кроме этого, для каждой проводки приводят ее техническую характеристику: для проводов – марку, сечение, расцветку (при необходимости), а также длину; для кабелей – марку, количество и сечение жил и при необходимости количество занятых жил, которое указывают в прямоугольнике, справа от обозначения данных кабеля; для металлорукава – тип и длину; для трубы – диаметр, толщину стенки и длину; для пневмокабелей – марку, количество труб, их диаметр, толщину стенки и длину.

Схема дополняется перечнем элементов схемы внешних проводок (см. табл. 5). В перечне должны быть указаны в следующей последовательности: кабели, провода, трубопроводы, соединительные и протяжные коробки, запорная арматура. Для всех элементов должно быть приведено позиционное обозначение в соответствии со схемой; наименование и краткая характеристика, количество, либо метраж (если речь идет о кабельной продукции, проводах и т.д.).

Таблица 5

Перечень элементов схемы внешних проводок

Позиц. обозначения	Наименование и краткая характеристика	Кол-во	Примечание
	Кабель контрольный с медными жилами, изоляция из поливинилхлоридного пластиката,		
	оболочка из поливинилхлоридного пластиката		
1-3, 5, 6	КВВГ 4 × 1,0	50 м	
7	КВВГ 5 × 1,0	20 м	
4	КВВГ 10 × 1,0	20 м	

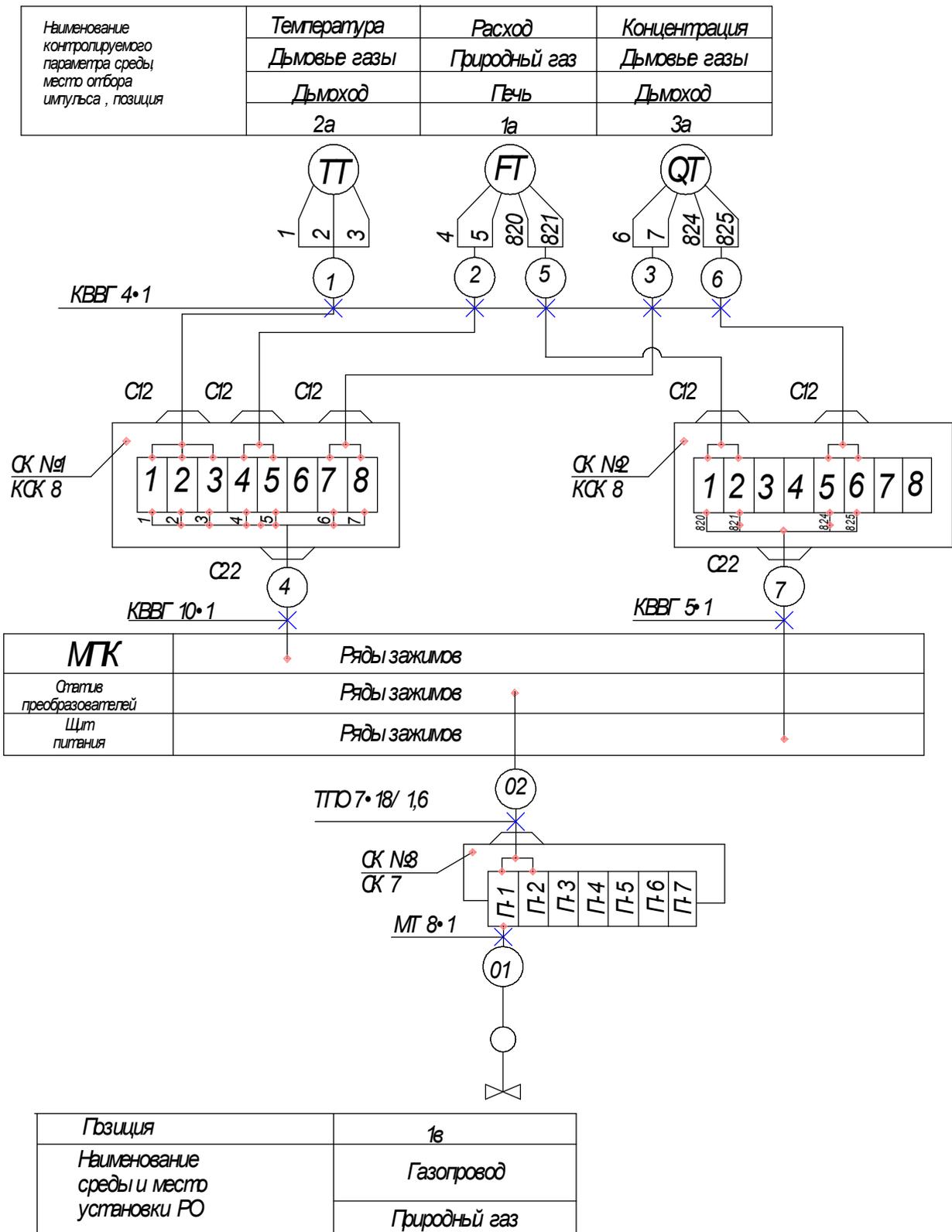


Рис. 7. Пример выполнения схемы внешних проводов

**Задание № 1 (рис. 8)**

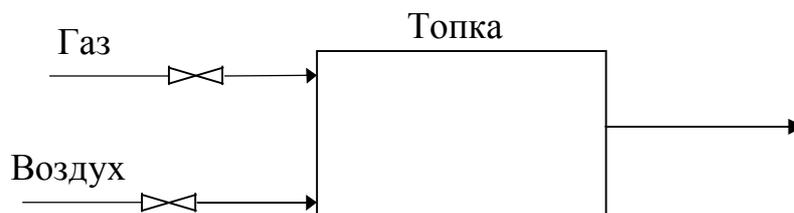


Рис. 8. Технологическая схема топки

Предусмотреть: измерение расхода газа и воздуха на горелку; регулирование соотношения газ-воздух  $1\div 3$ ; регулирование температуры в топке —  $1000 \pm 10$  °С; блокировку подачи газа при падении разрежения в топке — 50 кПА.

**Задание № 2 (рис. 8)**

Предусмотреть: измерение расхода газа; регулирование соотношения газ-воздух  $1\div 3$ ; регулирование температуры в топке —  $900 \pm 10$  °С; блокировку подачи газа при отсутствии давления в линии подачи газа.

**Задание № 3 (рис. 9)**

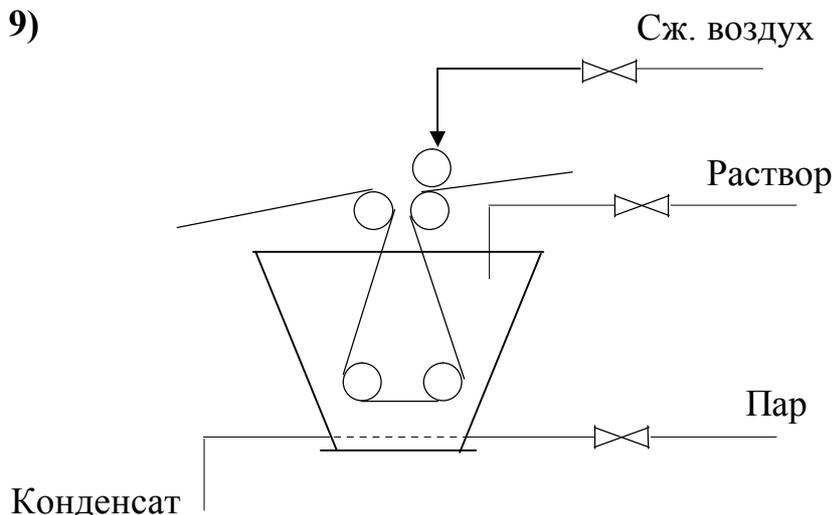


Рис. 9. Технологическая схема плюсовки

Предусмотреть: регулирование температуры в плюсовке —  $40 \pm 2$  °С; регулирование уровня в ванне  $0,8 \pm 0,02$  м; расход пара — контроль и суммирование; блокировку подачи сжатого воздуха, раствора и пара при обрыве ткани.

#### Задание № 4 (рис. 9)

Предусмотреть: регулирование температуры в плюсовке  $-30 \pm 2$  °С; контроль уровня в ванне  $0,8 - 0,9$  м; регулирование влажности ткани после отжима  $80 \pm 2$  % за счет подачи сжатого воздуха к двухвальному отжиму; блокировку подачи пара при падении давления на паропроводе ниже  $0,3$  МПа.

#### Задание № 5 (рис. 9)

Предусмотреть: контролирование температуры в плюсовке  $40 - 50$  °С; регулирование уровня в ванне  $0,8 \pm 0,02$  м; регулирование расхода сжатого воздуха к двухвальному отжиму; контролирование давления на паропроводе  $0,6 \pm 0,02$  МПа; блокировку подачи пара при падении давления на паропроводе ниже  $0,3$  МПа и температуре в красильной ванне ниже  $40$  °С.

#### Задание № 6 (рис. 10)

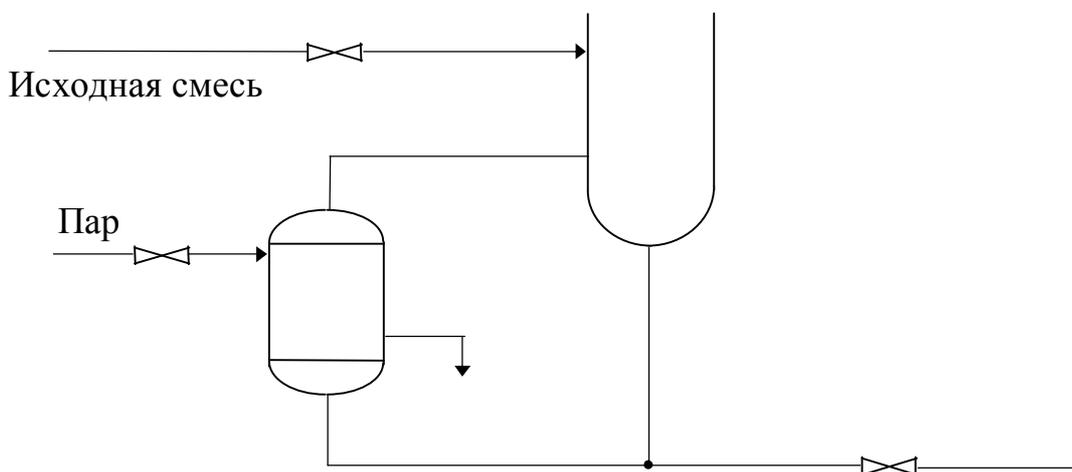


Рис. 10. Технологическая схема низа ректификационной колонны

Предусмотреть: регулирование температуры в колонне  $80 \pm 5$  °С; регулирование уровня в кубе колонны  $400 \pm 40$  мм; контроль суммарного расхода исходной смеси на аппарат; блокировку подачи пара и исходной смеси при температуре в колонне ниже  $75$  °С.

#### Задание № 7 (рис. 10)

Предусмотреть: регулирование температуры в колонне  $80 \pm 5$  °С; регулирование уровня в кубе колонны  $400 \pm 40$  мм; регулирование расхода исходной смеси  $0,5 \pm 0,02$  л/мин; блокировку подачи пара при падении давления на паропроводе ниже  $0,5$  МПа.

### Задание № 8 (рис. 10)

Предусмотреть: регулирование температуры в колонне  $90 \pm 5$  °С.; контроль и сигнализация уровня в кубе колонны 200 - 300 мм; регулирование расхода исходной смеси  $0,7 \pm 0,02$  л/мин; блокировку подачи пара при расходе исходной смеси ниже  $0,68$  л/мин.

### Задание № 9 (рис. 11)

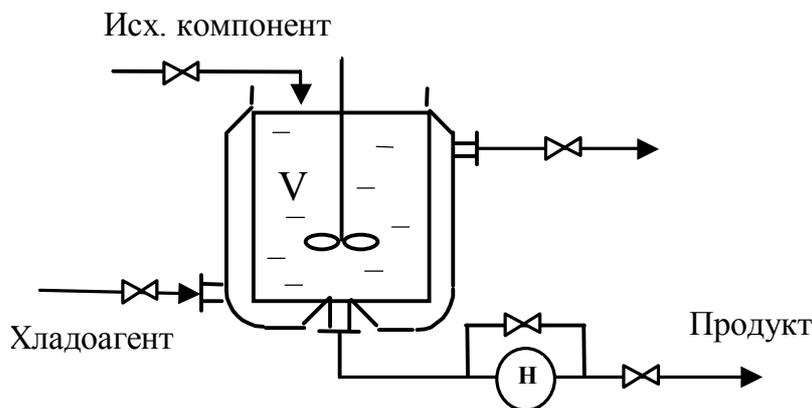


Рис. 11. Технологическая схема ёмкостного химического реактора

Предусмотреть: регулирование температуры в реакторе  $80 \pm 5$  °С.; контролирование и сигнализация уровня среды в реакторе  $1,6 \pm 0,2$  м; контролирование расхода исходной смеси на реактор  $14 \div 16$  м<sup>3</sup>/ч; блокировку подачи исходной смеси на реактор при падении расхода хладоагента ниже  $5$  м<sup>3</sup>/ч.

### Задание № 10 (рис. 11)

Предусмотреть: регулирование температуры в реакторе  $50 \pm 5$  °С.; контролирование уровня среды в реакторе  $1,2 \pm 0,2$  м; контролирование расхода исходной смеси на реактор  $12 \div 13$  м<sup>3</sup>/ч и суммарного расхода хладоагента в рубашку; блокировку подачи исходного компонента и хладоагента при повышении температуры в реакторе выше  $55$  °С.

### Задание № 11 (рис. 11)

Предусмотреть: регулирование температуры в реакторе  $60 \pm 5$  °С.; контролирование уровня среды в реакторе  $1,2 \pm 0,2$  м; контролирование расхода исходной смеси на реактор  $10 \div 12$  м<sup>3</sup>/ч и давления хладоагента перед реактором  $0,53 \div 0,6$  МПа; блокировку подачи исходной смеси и хладоагента на реактор при расходе исходной смеси ниже  $10$  м<sup>3</sup>/ч.

### Задание № 12 (рис. 12)

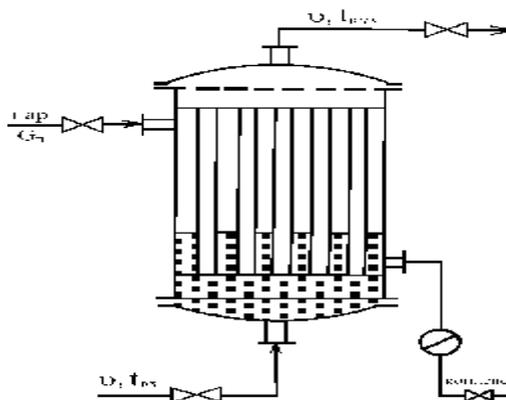


Рис. 12. Технологическая схема кожухотрубного теплообменника

Предусмотреть: регулирование температуры среды на выходе из теплообменника  $65 \pm 5$  °С; регулирование расхода исходной среды на теплообменник  $45 \pm 5$  м<sup>3</sup>/ч; контролирование суммарного расхода пара на теплообменник; блокировку подачи исходной среды и пара при падении давления на паропроводе ниже 0,5 МПа.

### Задание № 13 (рис. 12)

Предусмотреть: регулирование температуры среды на выходе из теплообменника  $70 \pm 5$  °С; регулирование расхода исходной среды на теплообменник  $40 \pm 5$  м<sup>3</sup>/ч; контролирование расхода пара на теплообменник  $8 \div 10$  м<sup>3</sup>/ч; блокировку подачи исходной смеси при падении температуры на выходе теплообменника ниже 65 °С.

### Задание № 14 (рис. 12)

Предусмотреть: регулирование температуры среды на выходе из теплообменника  $75 \pm 5$  °С; регулирование расхода исходной среды на теплообменник  $80 \pm 5$  м<sup>3</sup>/ч; контролирование давления на паропроводе 0,3-0,4 МПа; блокировку подачи исходной среды и пара при понижении расхода исходной среды на теплообменник ниже 75 м<sup>3</sup>/ч.

### Задание № 15 (рис. 13)

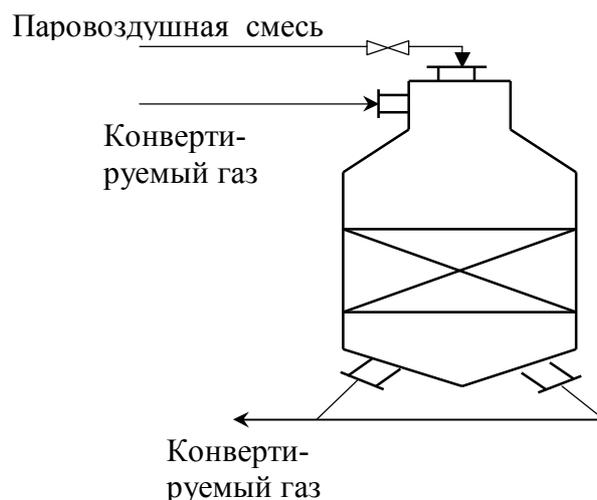


Рис. 13. Шахтный реактор вторичного риформинга паровоздушной конверсии метана

Предусмотреть: регулирование расхода паровоздушной смеси на реактор  $5000 \pm 30 \text{ м}^3/\text{ч}$ ; контролирование температуры конвертируемого газа на входе в реактор (меньше  $800 \text{ }^\circ\text{C}$ ); блокировка подачи конвертируемого газа при концентрации метана в конвертируемом газе на выходе больше 5 об. %.

### Задание № 16 (рис. 13)

Предусмотреть: регулирование расхода паровоздушной смеси на реактор  $2500 \pm 30 \text{ м}^3/\text{ч}$ ; контролирование концентрации метана конвертируемого газа на выходе (меньше 5 об. %) реактора; блокировку подачи паровоздушной смеси на реактор при температуре конвертируемого газа на входе в реактор выше  $800 \text{ }^\circ\text{C}$ .

### Задание № 17 (рис. 13)

Предусмотреть: регулирование расхода паровоздушной смеси на реактор  $2000 \pm 20 \text{ м}^3/\text{ч}$ ; контролирование температуры паровоздушной смеси на входе в реактор (меньше  $482 \text{ }^\circ\text{C}$ ); блокировку подачи конвертируемого газа при концентрации метана в конвертируемом газе на входе больше 10 об. %.

### Задание № 18 (рис. 13)

Предусмотреть: регулирование расхода паровоздушной смеси на реактор  $3000 \pm 30 \text{ м}^3/\text{ч}$ ; контролирование концентрации метана конвертируемого газа на выходе (меньше 5 об. %) реактора; блокировку подачи конвертируемого газа на реактор при перепаде давления конвертируемого газа на входе и выходе меньше  $0,9 \text{ кгс}/\text{см}^2$ .

### Задание № 19 (рис. 13)

Предусмотреть: регулирование расхода паровоздушной смеси на реактор  $3500 \pm 35 \text{ м}^3/\text{ч}$ ; контролирование температуры паровоздушной смеси на входе в реактор (меньше  $482 \text{ }^\circ\text{C}$ ); контролирование концентрации метана конвертируемого газа на выходе (меньше 5 об. %) реактора; блокировку подачи паровоздушной смеси на реактор при температуре паровоздушной смеси выше  $482 \text{ }^\circ\text{C}$

### Задание № 20 (рис. 14)

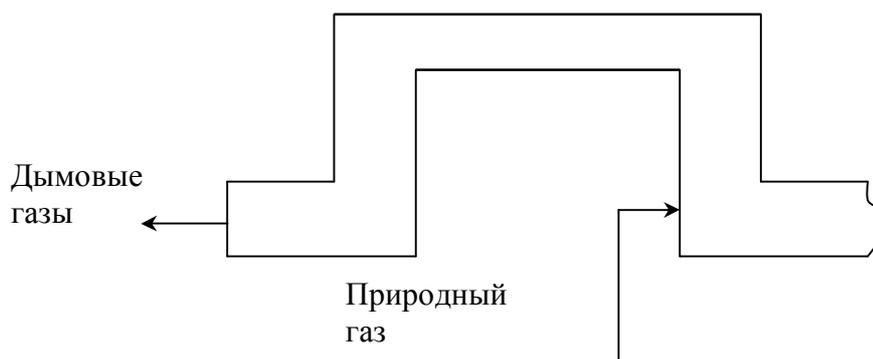


Рис. 14. Печь первичного риформинга

Предусмотреть: регулирование расхода природного газа на печь  $40000 \pm 30 \text{ м}^3/\text{ч}$ ; контролирование и сигнализация температуры дымовых газов на выходе печи  $200 \div 260 \text{ }^\circ\text{C}$ ; контролирование концентрации  $\text{O}_2$  в дымовых газах на выходе печи (меньше 0,6 об. %); блокировку подачи природного газа при отсутствии давления в линии подачи природного газа.

### Задание № 21 (рис. 14)

Предусмотреть: регулирование расхода природного газа на печь  $20000 \pm 20 \text{ м}^3/\text{ч}$ ; контролирование температуры дымовых газов на выходе печи (меньше  $260 \text{ }^\circ\text{C}$ ); контроль за суммарным количеством природного газа поступающего в печь; блокировку подачи природного газа на печь при концентрации  $\text{O}_2$  в дымовых газах выше 0,5 % об.

### Задание № 22 (рис. 14)

Предусмотреть: регулирование расхода природного газа на печь  $30000 \pm 30 \text{ м}^3/\text{ч}$ ; контролирование концентрации  $\text{O}_2$  в дымовых газах на выходе печи (меньше 0,4 об. %); блокировку подачи природного газа на печь при температуре дымовых газов выше  $260 \text{ }^\circ\text{C}$ .

### Задание № 23 (рис. 15)

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

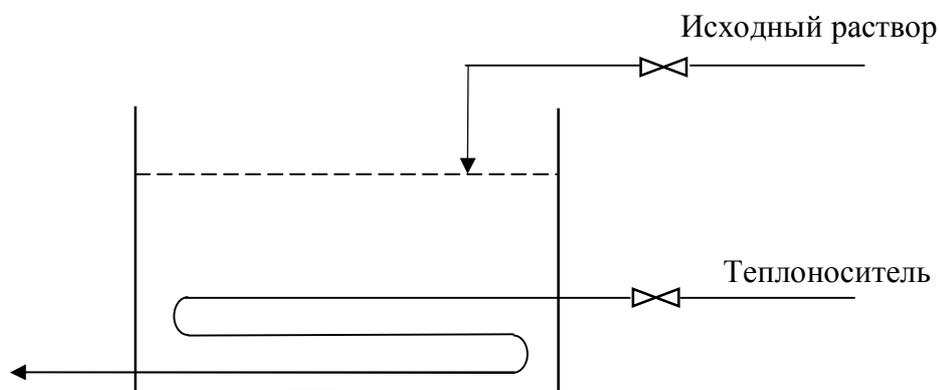


Рис. 15. Технологическая схема ванны никелирования

### Задание № 24 (рис. 15)

Предусмотреть: регулирование уровня в ванне  $800 \pm 20$  мм за счет подачи исходного раствора; регулирование температуры в ванне –  $160 \pm 5$  °С; контролирование и сигнализация давления на линии подачи теплоносителя 0,3 - 0,4 МПа; блокировку подачи исходного раствора при температуре выше  $165$  °С.

### Задание № 25 (рис. 15)

Предусмотреть: контролирование и сигнализацию уровня в ванне  $1\ 500 \pm 20$  мм; регулирование температуры в ванне –  $160 \pm 5$  °С; контролирование расхода теплоносителя в змеевике ванны  $2 \div 3$  м<sup>3</sup>/ч; блокировку подачи исходного раствора и теплоносителя при падении давления в линии подачи теплоносителя (ниже 0,2 МПа).

### Задание № 26 (рис. 15)

Предусмотреть: контролирование и сигнализацию уровня в ванне  $1500 \pm 20$  мм; регулирование температуры в ванне –  $150 \pm 5$  °С; контролирование суммарного расхода теплоносителя поступающего в змеевик ванны; блокировку подачи исходного раствора и теплоносителя при падении давления в линии подачи теплоносителя (ниже 0,2 МПа).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Проектирование систем автоматизации технологических процессов: Справочное пособие/А.С.Клюев, Б.В.-Глазов, А.Х.Дубровекий, А.А.Клюев; Под ред. А.С.Клюева, 2-е изд., перераб. и доп.-М: Энергоатомиздат, 1990. 464 с.
2. Емельянов А.И., Капник О.В. Проектирование систем автоматизации технологических процессов: Справ. пособие по содержанию и оформлению проектов. 3-изд. М.: Энергоатомиздат, 1983. 400 с.
3. Справочник проектировщика АСУТП /Г.Л. Смиляпский, Л.З. Амлинский, В.Я. Баранов и др.; Под ред. Г.Л. Смилянского. М.: Машиностроение, 1983. 527 с.
4. Радионов В.Д., Терехов В.А., Яковлев В.Б. Технические средства АСУ ТП: Учеб. пособие для вузов по спец. "Автоматизация и управление техническими системами" / Под ред. В.Б. Яковлева. М: Высш. шк., 1989. 263 с.
5. Аристова Н.И., Корнеева А.И. Промышленные программно-аппаратные средства на отечественном рынке АСУТП. Науч. тех. лит. издат., 2001г. - 399с.
6. Клюев А.С., Таланов В.Д., Демин А.М. Проектирование систем автоматизации / Под. ред. А.С. Клюева. М.: Фирма «Испо-Сервис», 1998. - 123 с.
7. Проектирование систем автоматизации химико-технологических процессов: Учеб. пособие/ Н.А. Супрунов; Иван. гос. хим.-технол. ун-т, Иваново, 2002. 92 с.

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Введение .....</b>	<b>3</b>
<b>Лабораторная работа № 1. Исследование аппарата (технологического процесса) как объекта автоматизации.....</b>	<b>4</b>
<b>Лабораторная работа № 2. Выбор комплекса технических средств системы управления.....</b>	<b>7</b>
<b>Лабораторная работа № 3. Разработка схем автоматизации.....</b>	<b>10</b>
<b>Лабораторная работа № 4. Разработка принципиальных электрических и пневматических схем питания приборов и средств автоматизации.....</b>	<b>16</b>
<b>Лабораторная работа № 5. Разработка схем внешних проводок.....</b>	<b>23</b>
<b>Приложение.....</b>	<b>27</b>
<b>Список литературы.....</b>	<b>34</b>

Составитель

Ерофеева Елена Владимировна

## **Проектирование автоматизированных систем**

Методические указания

*Методические указания к выполнению лабораторных работ  
для студентов специальности  
«Автоматизация технологических процессов и производств»*

Редактор

Подписано в печать . Формат . Бумага писчая.

Печать плоская. Усл. печ. л. 2, Уч.-изд. л. 2, . Тираж 100 экз.

Заказ

Ивановский государственный химико-технологический университет  
153460, г. Иваново, пр. Ф. Энгельса, 7.

Отпечатано на полиграфическом оборудовании кафедры экономики и финансов ГОУВПО "ИГХТУ"

153460, г. Иваново, пр. Ф. Энгельса, 14.